V. D. SZIROTYUK

Fizika

Tankönyv az általános oktatási rendszerű tanintézetek 8. osztálya számára

Ajánlotta Ukrajna Oktatási és Tudományos Minisztériuma



Ez a tankönyv a 2008. évi összukrajnai tankönyvpályázat nyertese, amelyet Ukrajna Oktatási és Tudományos Minisztériuma hirdetett meg a tizenkétosztályos iskolák tankönyvellátása céljából

ЧОПСЬКА
СЕРЕДНЯ ШКОЛА № 2

ЛЬВІВ
"СВІТ"
2008

УДК 53(075)
ББК 22.3я721
С40

Перекладено з видання:
Сиротюк В. Д. Фізика: Підруч. для 8 класу загальноосвіт. навч. закл. / В. Д. Сиротюк. – К.: Зодіак-ЕКО, 2008

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(Наказ Міністерства освіти і науки України від 17. 03 .2007 р., протокол № 179)

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Відповідальні за підготовку до видання підручника:
О. В. Хоменко, головний спеціаліст Міністерства освіти і науки України;
І. А. Юрчук, методист вищої категорії Інституту інноваційних технологій і змісту освіти Міністерства освіти і науки України

ТВОРЧА ГРУПА РОЗРОБНИКІВ ПІДРУЧНИКА

Юрій КУЗНЕЦОВ – керівник проекту, розробник концепції: структури і дизайну;
Володимир СИРОТЮК – автор тексту і методичного апарату;
Олег КОСТЕНКО – заступник керівника проекту;
Костянтин ДМИТРЕНКО – редактор-організатор;
Андрій ВІКСЕНКО – розробник макета, художнього оформлення, художник обкладинки;
Олена ГУЛА – комп'ютерний дизайн;
Валентина МАКСИМОВСЬКА – організатор виробничого процесу;
Галина КУЗНЕЦОВА – економічний супровід проекту;
Роман КОСТЕНКО – маркетингові дослідження підручника;
Андрій КУЗНЕЦОВ – моніторинг апробації підручника

Сиротюк В. Д.
С40 Фізика: Підручник для 8 кл. загальноосвітніх навчальних закладів із навчанням угорською мовою / Переклад угорською мовою О. О. Балог, А. А. Штерр. – Львів: Світ, 2008. – 240 с.: іл.
ISBN 978-966-603-583-0.

УДК 53(075)
ББК 22.3я721

ISBN 978-966-603-583-0 (угор.)
ISBN 978-966-7090-60-9 (укр.)

© В. Д. Сиротюк, 2008
© Видавництво "Зодіак-ЕКО", 2008
© Художнє оформлення. А. М. Віксенко, 2008
© Концепції: структури, дизайну, художнього оформлення – Ю. Б. Кузнецов. 2008
© О. О. Балог, А. А. Штерр, переклад, 2008

TARTALOM



1. FEJEZET MECHANIKAI MOZGÁS

1. §. A mechanikai mozgás ... 8
2. §. A mozgás viszonylagossága ... 9
3. §. Haladó mozgás. Mozgáspálya. A megtett út ... 10
4. §. Egyenletes és változó mozgás ... 11
5. §. A mozgás sebessége és a sebesség mértékegységei ... 12
6. §. A változó mozgás átlagsebessége ... 15
7. §. Az egyenletes mozgás grafikus ábrázolása ... 16
1. sz. laboratóriumi munka. A test mozgássebességének mérése ... 18
Feladatok és gyakorlatok ... 19
8. §. A test forgó mozgása. A forgás periódusa ... 23
2. sz. laboratóriumi munka. Mechanikus sztroboszkóp készítése periodikus folyamatok tanulmányozása céljából ... 25
9. §. Rezgő mozgás. A rezgések amplitúdója, periódusa és frekvenciája ... 26
3. sz. laboratóriumi munka. A fonálinga lengéseinek tanulmányozása ... 29
Feladatok és gyakorlatok ... 29
10. §. A hang. A hang jellemzői ... 31
4. sz. laboratóriumi munka. A hang tulajdonságainak tanulmányozása ... 34
11. §. A hang terjedési sebessége ... 35
12. §. Infra- és ultrahang ... 38
13. §. Hangok hatása az élő szervezetekre ... 41
Feladatok és gyakorlatok ... 43
Történelmi tájékoztató ... 46
Ellenőrizzétek tudásotokat!
Ellenőrző kérdések ... 46
Amit már tudok, és amire már képes vagyok ... 47
Tesztfeladatok ... 48



2. FEJEZET A TESTEK KÖLCSÖNHATÁSA

14. §. A testek kölcsönhatása ... 52
15. §. A testek tehetetlensége ... 53
16. §. A test tömege ... 55
Feladatok és gyakorlatok ... 58
17. §. Az erő ... 60
18. §. A nehézségi erő ... 61
19. §. Rugalmassági erő. Hooke törvénye. A test súlya. Súlytalanság ... 64
Feladatok és gyakorlatok ... 67
20. §. Dinamométerek. Az erő mérése ... 70
5. sz. laboratóriumi munka. Dinamométer készítése ... 71
6. sz. laboratóriumi munka. Erő mérése dinamométerrel. A testek súlyának mérése ... 72

21. §. Súrlódási erő. Csúszó súrlódási együttható ... 73
7. sz. laboratóriumi munka. A csúszó súrlódási együttható meghatározása ... 77
22. §. Az eredő erő. A test mozgása több erő hatására ... 78
Feladatok és gyakorlatok ... 79
23. §. Nyomás és nyomóerő. A nyomás mértékegységei ... 81
Feladatok és gyakorlatok ... 84
24. §. Folyadékok és gázok nyomása. Pascal törvénye ... 85
Feladatok és gyakorlatok ... 89
25. §. Hidraulikus gépek ... 91
26. §. Közlekedőedények ... 93
27. §. Légnyomás. Légnyomás mérése ... 97
28. §. Manométerek (Nyomásmérők) ... 101
29. §. Folyadékszivattyúk ... 103
Feladatok és gyakorlatok ... 104
30. §. A felhajtóerő ... 108
31. §. A testek úszásának feltételei ... 111
32. §. Hidrosztatikus mérlegelés ... 116
8. sz. laboratóriumi munka. Az anyag sűrűségének meghatározása hidrosztatikus mérlegeléssel ... 117
Feladatok és gyakorlatok ... 118
Történelmi tájékoztató ... 121
Ellenőrizzétek tudásotokat!
Ellenőrző kérdések ... 124
Amit már tudok, és amire már képes vagyok ... 124
Tesztfeladatok ... 126



3. FEJEZET MUNKA ÉS ENERGIA

33. §. A mechanikai munka. A munka mértékegységei ... 130
34. §. A teljesítmény. A teljesítmény mértékegységei ... 131
Feladatok és gyakorlatok ... 132
35. §. Mozgási és helyzeti energia ... 134
36. §. A mechanikai energia megmaradásának törvénye ... 138
Feladatok és gyakorlatok ... 140
37. §. Gépek és mechanizmusok ... 143
38. §. Egyszerű gépek ... 145
39. §. Az emelő egyensúlyának feltétele. Forgatónyomaték ... 148
9. sz. laboratóriumi munka. Az emelő egyensúlyi feltételeinek vizsgálata ... 150
40. §. A mechanika aranyszabálya ... 151
41. §. A gépek hatásfoka ... 152
10. sz. laboratóriumi munka. A lejtő hatásfokának meghatározása ... 153
Feladatok és gyakorlatok ... 154
Történelmi tájékoztató ... 157
Ellenőrizzétek tudásotokat!
Ellenőrző kérdések ... 159
Amit már tudok, és amire már képes vagyok ... 159
Tesztfeladatok ... 160

4. FEJEZET HŐMENNYISÉG. HŐERŐGÉPEK



42. §. Hőmozgás. A test hőmérséklete. A hőmérséklet mérése ... 164
11. sz. laboratóriumi munka. A test hőmérsékletének mérése különböző hőmérőkkel ... 167
43. §. A belső energia és megváltoztatásának módjai. Hőcsere ... 169
44. §. A hőcsere fajtái ... 172
Feladatok és gyakorlatok ... 177
45. §. Hőmennyiség. Az anyag fajhője ... 180
46. §. Hőmérleg ... 185
12. sz. laboratóriumi munka. A hőegyensúly vizsgálata különböző hőmérsékletű vízmennyiségek összekeverésekor ... 186
13. sz. laboratóriumi munka. Az anyag fajhőjének meghatározása ... 187
Feladatok és gyakorlatok ... 188
47. §. A szilárd testek olvadása és fagyása. Fajlagos olvadáshő ... 190
Feladatok és gyakorlatok ... 195
48.§. A folyadékok párolgása és lecsapódása. Fajlagos párolgáshő ... 196
Feladatok és gyakorlatok ... 200
49. §. A tüzelőanyagok égése. A tüzelőanyagok fajlagos égéshője ... 202
Feladatok és gyakorlatok ... 205
50. §. Hőerőgépek. A hőerőgépek alkalmazásának ökológiai problémái ... 208
51. §. Az energiamegmaradás törvénye a mechanikai és hőfolyamatokban ... 214
52. §. A hőforrás hatásfoka ... 215
14. sz. laboratóriumi munka. A hőforrás hatásfokának meghatározása ... 216
Feladatok és gyakorlatok ... 216
Történelmi tájékoztató ... 219
Ellenőrizzétek tudásotokat!
Ellenőrző kérdések ... 221
Amit már tudok, és amire már képes vagyok ... 221
Tesztfeladatok ... 222

SEGÉDANYAGOK

Fizikai feladatok a környezetünkben ... 225
Fizikai szakkifejezések szótára ... 229
Feladatok és gyakorlatok megoldásai ... 232
Feleletek az *Amit már tudok, és amire már képes vagyok* c. részhez ... 234
Feleletek a *Fizikai feladatok a környezetünkben* c. részhez ... 234
Tárgymutató ... 237

Ifjú barátaim!

Most nyitottátok ki azt a könyvet, melyet a tanév folyamán használni fogtok. Reméljük, ez a könyv kielégíti a környező világ sokszínű jelenségei iránt megmutatkozó természetes kíváncsiságotokat.

Hetedik osztályos fizikai tanulmányaitok során, nyilvánvalóan, sok új és érdekes dolgot megtudtatok a környező világ törvényszerűségeiről, a természeti jelenségekről, arról, miként hasznosítják a fizikai kutatások eredményeit a technikában és a mindennapi életben. Meggyőződtetek arról, hogy a tankönyvet figyelmesen, elmélyülten és rendszeresen kell használni. Megtanultátok alkalmazni a fizikai kísérleti eszközöket, már tudtok kísérleteket végezni és megfigyeléseket folytatni.

A kezetekben tartott könyvben a legalapvetőbb mechanikai és hőjelenségeket tekintjük át. Az elméleti anyag segít megérteni és megmagyarázni ezeket a jelenségeket. Figyeljetek a *dőlt* betűtípussal nyomtatott szavakra. Ezek fizikai szakkifejezések, melyeket meg kell jegyezni. A szabályok, meghatározások (definíciók) és a fontos fizikai törvények **félkövér** betűtípussal vannak nyomtatva. Ezeket is meg kell jegyezni és tudni kell őket alkalmazni.

A tankönyv számos illusztrációt, kísérletleírást tartalmaz, melyeket vagy önállóan vagy a tanár segítségével elvégezhettek. Megtalálhatók olyan megfigyelések leírásai, melyek a tanult fizikai jelenségek mélyebb megértését segítik. A paragrafusok végén található *Történelmi tájékoztató* című rész kétségkívül bővíti általános műveltségeteket, látókörötöket.

A *Feladatok és gyakorlatok* rubrikában a fontosabb feladattípusok és gyakorlatok mintamegoldásai találhatók. A tankönyv különböző nehézségi fokozatú feladatokat, gyakorlatokat és kérdéssorozatokat tartalmaz: A – begyakorló szintű és B – alkotói (kreativitás fejlesztő) szintű.

Az egyes témák tudásszintjének ellenőrzését segítik a fejezetek végén található *Ellenőrző kérdések*, *Tesztfeladatok* és az *Amit már tudok, és amire már képes vagyok* feladatok. A megszerzett tudásotok gyakorlati alkalmazására tanítanak benneteket a *Fizikai feladatok a környezetünkben* rubrika.

Az általatok elvégzett **laboratóriumi munkák** a fizikai jelenségek törvényszerűségeinek mélyebb megértésével, a szakszerű kísérletezés és a mérőműszerek használatának tudásával vérteznek fel benneteket.

Azok számára, akik többet szeretnének tudni, hasznosnak bizonyulnak majd az *Ezt jó tudni* rovatban fellelhető információk.

Ha netán elfelejtettétek valamelyik fizikai szakkifejezést, használjátok a könyv végén található *Fizikai szakkifejezések szótárát*.

Fizikai megfigyelések és kísérletek végzésekor legyetek figyelmesek, tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat.

Sok sikert kívánunk a tudás megszerzéséhez!



MECHANIKAI MOZGÁS

- A mechanikai mozgás
- A mozgás viszonylagossága
- Haladó mozgás
- Mozgáspálya
- A megtett út
- Egyenletes és változó mozgás
- A test mozgásának sebessége
- A test forgó mozgása
- A forgás periódusa
- Rezgő mozgás
- A rezgés amplitúdója, periódusa és frekvenciája
- Ingák
- Matematikai inga
- Hang
- A hang jellemzői
- A hang terjedési sebessége
- Infrahang és ultrahang
- A hangok hatása az élő szervezetekre



1. §. A MECHANIKAI MOZGÁS

A testek mechanikai mozgása a legegyszerűbb fizikai jelenségek egyike. Tapasztalatból tudjuk, hogy a bennünket körülvevő testek mozognak vagy nyugalomban vannak. Mozognak az emberek, repülnek a madarak és a repülőgépek, úsznak a halak stb. Nyugalomban vannak a fák, az épületek, a villamos távvezeték tartóoszlopai. Vajon hogyan állapítható meg bármely esetben, hogy egy test mozog-e vagy sem, különösen akkor, ha az a test távol van tőlünk és mi, például nem halljuk a gépkocsi motorjának hangját és nem látjuk, forognak-e annak kerekei?

• **Megfigyelés.** Kövessük nyomon a gépkocsi helyzetét az úttesten valamely nyugalomban levő tárgyhoz, például valamely út menti fához viszonyítva. Amennyiben a gépkocsi és a fa közötti távolság idővel változik, ebből arra következtetünk, hogy a gépkocsi mozog. Ha a gépkocsi helyzete a fához viszonyítva nem változik, azt mondjuk, hogy a gépkocsi nem mozog, azaz nyugalomban van.

Ugyanígy állapítjuk meg, mozog-e vagy nyugalomban van a vonat, a hajó vagy bármely más test.

A test helyzetének változását az idő múlásával más testekhez viszonyítva mechanikai mozgásnak nevezzük.

A mechanikai mozgás példájaként tekinthetjük a bolygók mozgását a Nap körül, a felhők mozgását az égen, a vízét a folyókban és tengerekben, a gépek és munkapadok egyes részeinek mozgását, az emberek és állatok helyzetváltoztatását, a madarak repülését.

De vajon milyen szerepet játszanak a test méretei mozgásának leírásakor? Bizonyos esetekben a test és részei méretének pontosítását lehetetlen megkerülni. Például, amikor gépkocsival a garázsba készülnek behajtani, a garázs és a gépkocsi méretei fontos szerepet játszanak a vezető számára. Ugyanakkor számos esetben a test méreteit figyelmen kívül hagyják. Ha például az említett gépkocsi Kijevből Poltavába tart, és a mozgás idejét kell meghatároznunk, számunkra teljesen mindegy, mekkorák a méretei.

Amennyiben a test méretei sokkal kisebbek, mint az a távolság, amit mozgásideje alatt megtesz, úgy a mozgás vizsgálatának egyszerűsítése céljából a test méretei elhanyagolhatók, vagyis a valóságos mérettel rendelkező testet helyettesítjük annak fizikai modelljével – az **anyagi ponttal. Az anyagi pont a mértani ponthoz hasonlítható méret nélküli tárgy, melynek tömege ugyanakkor megegyezik a vizsgált test tömegével.**

A továbbiakban a vizsgált test mozgásától függően a testet anyagi pontnak fogjuk tekinteni, vagy olyannak, ami anyagi pontok sokaságából áll.

KÉRDÉSEK

1. Mit nevezünk mechanikai mozgásnak?
2. Hozzatok fel példákat a mechanikai mozgásra!
3. Mely esetekben tekinthető a test anyagi pontnak?
4. Hogy hívják másképpen az anyagi pontot?
5. Tekinthető-e anyagi pontnak a földgömb?

2. §. A MOZGÁS VISZONYLAGOSSÁGA

Már tudjátok, hogy a mechanikai mozgás a test más testekhez viszonyított helyzetváltozása az idő múlásával. Például a csónak mozog a folyó- vagy a tóparthoz viszonyítva, a gépkocsi az úttesthez viszonyítva, az emberek mozognak a fákhoz vagy az épületekhez viszonyítva, a szerszámkés a géptalphoz viszonyítva, az űrhajó a Földhöz vagy más bolygókhoz viszonyítva.

A testek mozgása mindig relatív, azaz viszonylagos. A természetben minden test mozog, ebből kifolyólag bármely mozgás vagy nyugalom viszonylagos, vagyis a test mozgásállapota attól függ, melyik más testhez viszonyítjuk ezt az állapotot.

• **1. megfigyelés.** Képzeljünk el egy utast, aki vasúti fülkében utazik. Mit mondhatunk ennek az utasnak a mozgásállapotáról? A fülkében vele utazó szomszédja szerint nyugalomban van, merthogy ül a helyén, ugyanakkor a vasúti töltés mellett álló személy, aki mellett elhalad a vonat, azt állítja, hogy az utas mozog. És valóban, mindkettőnek igaza van: a vele utazó szomszéd az utas helyzetét a kocsiban található tárgyakhoz viszonyítva szemlélte, a töltés mellett álló viszont a vasúti sínekhez vagy a Földhöz vagy saját magához viszonyítva.

Abból kifolyólag, hogy a két megfigyelő más-más testhez viszonyítva szemlélte az utas helyzetét, így eltérő következtetésre jutottak.

• **2. megfigyelés.** Az utas egy zárt vasúti fülkében ül, ahonnan csak a fülke falait és lefüggönyözött zárt ablakait látja. Meg tudja-e állapítani a kocsi mozgásállapotát? Amennyiben a kocsi lassan, rázkódás nélkül, zajmentesen, kanyar nélküli sínpályán halad, lehetetlen megállapítania, hogy a kocsi mozog-e vagy sem. Oda kell menni az ablakhoz és meg kell nézni, változik-e az idő múlásával a kocsi helyzete az épületekhez vagy a sínpálya mellett lévő más mozdulatlan testekhez viszonyítva és csak ezek után lehet kijelenteni, hogy a kocsi mozog-e vagy egy helyben áll.

• **3. megfigyelés.** Vasúti fülkében ültök egy megállóban. A szomszédos sínpáron áll egy szerelvény, amely teljesen eltakarja az állomás létesítményeit. Mindenki emlékszik arra, hogy amikor a szomszédos szerelvény ablakai kezdenek „elhúzni" mellettetek, az első pillanatban úgy tűnik, elindult a kocsitok. Csak némi idő elteltével, amikor meglátjátok, hogy az állomás épülete a helyén áll, látjátok be tévedéseteket, azt, hogy a szomszédos szerelvény ment el.

Ez a tévedés természetes, oka a mozgás és a nyugalom viszonylagosságában rejlik: a ti kocsitok a Földhöz viszonyítva mozdulatlan, a szomszédos szerelvény pedig mozog, de ha a szerelvényt vesszük mozdulatlannak, a szerelvény és a kocsi kölcsönös helyzetének változásából az következik, hogy a ti kocsitok mozdult el.

Ily módon, annak megállapításához, hogy egy test mozog-e vagy sem, ki kell jelölni, mely testhez viszonyítva vizsgáljuk a mozgást.

Azt a testet, amelyhez viszonyítva vizsgáljuk a mozgást, vonatkoztatási testnek nevezzük.

A vonatkoztatási testet tetszés szerint választhatjuk. A különféle mozgások tanulmányozásakor vonatkoztatási testnek választjuk majd a Földet, a gőzhajót, a vonatot vagy bármely más testet, mely mozdulatlan a Földhöz viszonyítva, mint például a fizikai szaktanterem kísérleti asztala.

Tehát, hogy elmondhassuk egy testről, mozog-e (például a teherautó) vagy nyugalomban van, elsősorban választani kell egy vonatkoztatási testet, azután meg kell vizsgálni, változik-e a tanulmányozott test helyzete hozzá viszonyítva.

A mechanikai mozgás tulajdonságait, azon belül a mozgás és nyugalom viszonylagosságát, a neves olasz tudós Galileo Galilei (1564–1642) tanulmányozta.

KÉRDÉSEK

1. Milyen mozgást nevezünk viszonylagosnak?
2. Melyik testet nevezzük vonatkoztatási testnek?
3. Hogyan állapítható meg, hogy egy test mozog-e vagy nyugalomban van?
4. Ki az, aki mozog: az autóbuszon utazó utas, vagy az az ember, aki a buszmegállóban áll?
5. Mi mozog valójában: a Föld a Nap körül vagy a Nap a Föld körül?

3. §. HALADÓ MOZGÁS. MOZGÁSPÁLYA. A MEGTETT ÚT

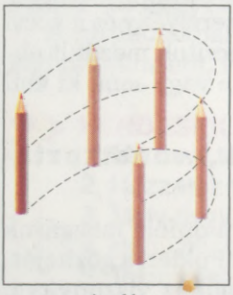
A testek mechanikai mozgásának számos fajtája létezik a természetben, a technikában, a mindennapi életben. Valamennyi mozgásfajta között a legegyszerűbb a haladó mozgás.

Az egyenes úton haladó gépkocsi mozgása, a dugattyú mozgása a gépkocsi motorjának hengerében, az asztalfiók mozgása, melyet húzunk kifelé az asztalból – mind a haladó mozgás példái. Haladó mozgáskor a mozgó testben kijelölt bármely egyenes irányított szakasz, például egy léc az asztalfiókból, mozgás közben is párhuzamos marad eredeti irányával. Az 1. ábra egy ceruza haladó mozgását szemlélteti – látható, hogy a ceruza különböző pillanatokban mutatott helyzetei párhuzamosak.

Ha folyamatosan megjelöljük a térben a mozgó test valamely anyagi pontjának helyzetét, egy vonalat kapunk, melyet **mozgáspályának** nevezünk.

A mozgáspálya az a képzeletbeli vonal, amelyet mozgása közben leír az anyagi pont.

Az 1. ábra a ceruza három pontjának mozgáspályáját mutatja haladó mozgása közben. Látható, hogy ezek a pályák azonos alakúak és egyforma hosszúak. Éppen ezért, a test haladó mozgásának tanulmányozásához elegendő egyetlen pontjának mozgását tanulmányozni.



1. ábra



2. ábra

Ha egy anyagi pont egyenes vonalon mozog, akkor mozgását **egyenes vonalúnak** nevezzük, ha pedig a mozgáspálya görbe vonal **görbe vonalúnak**.

A test mozgáspályáját gyakorta szemléletesen megfigyelhetjük pl. a ceruza rajzolás közben nyomot hagy a papíron – ez a ceruzabél hegyének mozgáspályája (2. ábra). A repülőgép mozgáspályáját az égbolton maga után hagyott ködcsík mutatja (3. ábra).

A mozgáspálya alakja függ a vonatkoztatási test kiválasztásától. Például a Hold mozgáspályája a Földhöz viszonyítva körvonal, a Naphoz viszonyítva azonban egy nagyon bonyolult alakú vonal.

A továbbiakban, ha nem lesz megadva más vonatkoztatási test, akkor a testek mozgását a Földhöz viszonyítva fogjuk vizsgálni.

Amikor egy test a pályáján mozog, a bejárt pályaszakasz hossza idővel növekszik.



3. ábra

A mozgáspálya szakaszainak hosszát, melyet a mozgó test bizonyos idő alatt bejárt, megtett útnak nevezzük.

A megtett utat kis l[1] betűvel jelöljük. A megtett út SI (Systeme International – Nemzetközi Mértékrendszer) mértékegysége az **egy méter (1 m)**.

A gyakorlatban a megtett út értékének megadására más mértékegységeket is használnak:

1 m = 100 cm = 1000 mm;
1 km = 1000 m = 100 000 cm = 1 000 000 mm;
1 cm = 0,01 m;
1 mm = 0,001 m.

KÉRDÉSEK

1. Milyen mozgást nevezünk haladónak? Mondjatok példákat haladó mozgásra!
2. Mi a mozgáspálya?
3. Mi a megtett út? A megtett út mely mértékegységeit ismeritek?

4. § EGYENLETES ÉS VÁLTOZÓ MOZGÁS

Amennyiben a test az első másodperc alatt 5 m utat tett meg, a második másodperc alatt szintén 5 m-t, a harmadik alatt is 5 m-t stb., vagyis bármelyik 1 másodperc alatt a test által megtett út egyenlő, az ilyen mozgás egyenletes.

• **Kísérlet.** Vegyünk egy 1 m hosszú, 1 cm átmérőjű üvegcsövet (4. ábra). Zárjuk le dugóval a cső mindkét végét, miután előzőleg feltöltöttük a csövet vízzel úgy, hogy a csőben egy légbuborék is maradjon. Állítsuk a csövet függőleges vagy enyhén dőlt helyzetbe, ügyelve arra, hogy kezdetben a légbuborék a cső alján helyezkedjen el. A buborék lassan emelkedni kezd a csőben, s így kényelmesen figyelhetjük mozgásának jellegét. A kísérlet során meggyőződhetünk arról, hogy a buborék egyenlő időközök alatt egyenlő utakat tesz meg. Vagyis a buborék mozgása egyenletes.



4. ábra

Egyenletes mozgásnak nevezzük az olyan mozgást, amikor a test tetszőleges egyenlő időközök alatt egyenlő utakat tesz meg.

[1] A tudományos és oktatási szakirodalomban a megtett utat jelölik még kis *s* betűvel is.

Az egyenletes mozgás példájaként említhetjük a földfelszín pontjainak mozgását a földtengely körüli forgásából adódóan. Egyenletesnek tekinthetjük az óramutató pontjainak mozgását, egyenletes lehet a gépkocsi mozgása is az egyenes és sima úton.

A természetben megfigyelhető mozgások többsége azonban nem egyenletes, azaz változó. A megállóból induló autóbusz például egyenlő időközök alatt egyre nagyobb utat tesz meg, a megállóhoz közeledve pedig épp fordítva. A sportversenyen részt vevő futó az egyforma köröket nem azonos idő alatt futja le. A futó és az autóbusz mozgása a változó mozgás példái.

Változó mozgás közben a test egyenlő időközök alatt nem egyenlő utakat tesz meg.

KÉRDÉSEK

1. Milyen mozgást nevezünk egyenletesnek? Hozzatok fel példákat az egyenleteshez közeli mozgásokra!
2. Milyen mozgást nevezünk változónak? Mondjatok példákat!

5. §. A MOZGÁS SEBESSÉGE ÉS A SEBESSÉG MÉRTÉKEGYSÉGEI

A tengeren egyenletesen mozgó csónakot megelőzi az ugyancsak egyenletesen úszó delfin. Mi a különbség e két egyenletes mozgás – a csónak és a delfin mozgása között? A különbség abban van, hogy a delfin gyorsabban mozog a csónaknál. A repülőgép gyorsabban repül, mint ahogy a vonat halad, de lassabban, mint a Föld műholdjai. Ez pedig azt jelenti, hogy ugyanannyi idő alatt a delfin úszva nagyobb utat tesz meg, mint a csónak, a repülőgép nagyobb távolságra repül, mint amit megtesz a vonat, a műhold hosszabb utat tesz meg, mint a repülőgép.

A csónak, a delfin, a vonat, a repülőgép és a műhold mozgásának különbözősége a **sebességük** különbségéből adódik. Ilyenkor azt mondjuk, hogy az a test, amely egységnyi idő alatt nagyobb utat tesz meg, nagyobb sebességgel mozog.

A test egyenletes mozgásának sebessége fizikai mennyiség, amely megmutatja, mekkora utat tesz meg a test egységnyi idő alatt.

Például, ha a gépkocsi óránként 60 km utat tesz meg, a repülőgép pedig 600 km-t repül egy óra alatt, úgy mondják, hogy a gépkocsi sebessége 60 km óránként, a repülőgép sebessége pedig 600 km óránként.

A test mozgásának sebességét kis v betűvel jelölik. A sebesség SI mértékegysége az **egy méter per szekundum** ($1\ \frac{m}{s}$).

$1\ \frac{m}{s}$ a test olyan mozgásának sebessége, amikor a test 1 s alatt 1 m utat tesz meg.

Ezenkívül használják még a következő sebességegységeket:

$1\frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0{,}01\frac{\text{m}}{\text{s}}$; $1\frac{\text{km}}{\text{s}} = 1000\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $1\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000\,\text{m}}{3600\,\text{s}} = 0{,}28\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Ahhoz, hogy meghatározzuk a test egyenletes mozgásának sebességét, a test által valamely időköz alatt megtett utat el kell osztani ezen időköz nagyságával.

$$v = \frac{l}{t},$$

ahol v a test mozgásának sebessége, l a test által megtett út, t a mozgásidő.

Más fizikai mennyiségekkel ellentétben a sebesség csak bizonyos értékhatárok közötti értékeket vehet fel: 0-tól (amikor a test nyugalomban van) a fény terjedési sebességéig légüres térben, melynek értéke $300\,000\frac{\text{km}}{\text{s}}$.

Az átlagos tempóban gyalogló ember sebessége $1\frac{\text{m}}{\text{s}}$. A hosszútávfutó sebessége eléri a $7\frac{\text{m}}{\text{s}}$-ot, rövid távon pedig akár a $10\frac{\text{m}}{\text{s}}$-ot. A kerékpáros képes $14\frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel haladni. Az úszó sebessége $2\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Ezek a sebességértékek elenyészően csekélyek az állatvilág képviselőinél tapasztalt sebességekhez képest. Ha egy atléta lábai olyan gyorsan mozognának, mint a hangya lábai, a futó sebessége elérné az $1500\frac{\text{km}}{\text{h}}$-t. A leggyorsabb ember mozgássebessége háromszor kisebb a gepárd sebességénél. A vízben az ember 18-szor lassabban úszik, mint az óceánok leggyorsabb lakója – a kardhal. A 130 tonna tömegű kékbálna is képes a $37\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességet elérni. Összehasonlításképpen: a motorcsónak sebessége $30\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Azonban az ember létrehozott olyan szállító- és közlekedési eszközöket, amelyek képesek igen nagy sebességgel mozogni. A gepárd már nem versenyezhet a személygépkocsival, a vonattal vagy a motorkerékpárral. A speciális versenyautók sebessége pedig eléri a $284\frac{\text{m}}{\text{s}}$-ot is ($1022{,}4\frac{\text{km}}{\text{h}}$). A helikopterek és repülőgépek alaposan maguk mögött hagyják a legnagyobb sebességgel repülő madarat – a sast. A más bolygók elérését célzó űreszközöket pedig 10 és 17 $\frac{\text{km}}{\text{s}}$ közötti sebességűre gyorsítják fel.

A test mozgássebességét nem csak a számértéke jellemzi, hanem annak iránya is. Például, hogy megtudjuk hol lesz 5 órai utazás után a Kijevből elindult utas, nem elég a sebesség számértékét tudni, azt is kell tudni, milyen irányba tart (a sebesség irányát).

Azokat a mennyiségeket, melyekre jellemző a térbeli irányítottság, **vektormennyiségeknek** vagy egyszerűen **vektoroknak** nevezzük.

A test mozgásának sebessége vektormennyiség.

Ábrákon a sebesség-vektort nyíllal ábrázolják, melynek iránya megegyezik a sebesség (azaz a mozgás) irányával, hossza pedig valamilyen léptékben a sebesség értékét adja (5. ábra).



5. ábra

Ismerve az egyenletes mozgás sebességét, meghatározható az út, melyet a test bizonyos idő alatt megtesz. Legyen például a kerékpáros mozgásának sebessége $5\frac{m}{s}$. Ez azt jelenti, hogy másodpercenként 5 m utat tesz meg. Mivel a kerékpáros mozgása egyenletes, így 10 s alatt 10-szer hosszabb utat tesz meg, vagyis az $5\frac{m}{s}$-ot megszorozzuk a 10 s-mal és megkapjuk az 50 m-t.

Hogy meghatározzuk az utat, melyet a test egyenletes mozgása alatt megtesz, a test mozgássebességét meg kell szorozni mozgásának idejével:

$$l = vt.$$

Ha tudjuk a megtett utat és a test egyenletes mozgásának sebességét, meghatározhatjuk mozgásának idejét. Mennyi idő alatt ússza át például az úszó a 200 m széles tavat, ha az úszó $2\frac{m}{s}$ sebességgel úszik?

Egy másodperc alatt az úszó 2 m-t tesz meg. Ahhoz, hogy meghatározzuk hány másodpercet fordít a 200 m-es táv megtételére, tisztázni kell, a 2 m hányszor foglaltatik a 200 m-ben. Ehhez a 200-at el kell osztani 2-vel, és így 100-at kapunk. Tehát a tó átúszására fordított idő 100 s, vagyis 1 min 40 s.

A test mozgásidejének meghatározásához a test által megtett utat el kell osztani a mozgás sebességével:

$$t = \frac{l}{v}.$$

EZT JÓ TUDNI

- Az amerikai gyík $11\frac{km}{h}$ sebességgel úgy futkároz a víz felszínén, mintha az szilárd talaj lenne. Hogy az ember is képes legyen erre, ahhoz talpának esernyő méretűnek kellene lennie, s másodpercenként 20 lépést kellene megtennie.
- Ausztráliában évente rendeznek olyan versenyt, melyben nem mindennapi futók vesznek részt – földi giliszták – a leggyorsabb lábatlanok, melyek sebessége $15\frac{m}{h}$.
- A homokfutrinka bogárnak jó a látása, de amikor $8\frac{km}{h}$ sebességgel fut, semmit sem lát. Ha ez a bogár ember nagyságú lenne, a 100 métert 0,5 s alatt futná le.
- A cápa 10-szer gyorsabban úszik, mint az ember. A sebessége eléri az $50\frac{km}{h}$-t. A garnélarák ollójával a sörétes golyó sebességével csap le (az ütés időtartama 0,005 s).
- A botanika tankönyvekben sok érdekes anyagot találtok. Például azt, hogy a víz sebessége a tűlevelűek törzsében $0{,}5-1\frac{cm}{h}$, a lomblevelűekben pedig sokkal nagyobb, eléri a $40\frac{cm}{h}$. Ez a sebesség számos külső tényezőtől függ, elsősorban a környezet hőmérsékletétől.

KÉRDÉSEK

1. Mi a különbség az úszó, a gepárd, a sas és a repülőgép egyenletes mozgása között?
2. Mit ad meg a test egyenletes mozgásának sebessége?
3. Miként határozható meg a test sebessége a megtett út és a mozgásidő ismeretében?
4. Nevezzétek meg a sebesség mértékegységeit!
5. A test mozgássebessége vektormennyiség. Mit értünk ezen?

6. §. A VÁLTOZÓ MOZGÁS ÁTLAGSEBESSÉGE

Ha egy test nem egyenletesen mozog, úgy egyenlő időközök alatt nem egyenlő (különböző) utakat tesz meg. Ebből az következik, hogy a test mozgásának sebessége időközönként változik.

Az élő és élettelen természetben egyaránt a sebességértékek széles határok között váltakoznak. Ezek közül néhányat feltüntettünk az 1. táblázatban.

1. táblázat

Sebességértékek a természetben, $\frac{m}{s}$

Csiga	0,0014	Hang a levegőben (0 °C-on)	331
Légy	5	Hold a Föld körül	1 000
Seregély	20	Föld a Nap körül	30 000
Strucc	22	Fény a légüres térben	300 000 000

Az 1. táblázatban feltüntetett mozgások közül nem mindegyik egyenletes. Csak a hang és a fény terjedési sebessége állandó, az is csak bizonyos feltételek mellett. A többi test sebessége változik mozgás közben. Ezeknél a feltüntetett érték a közepes, vagy éppen az általuk elérhető legnagyobb érték.

Tehát, a nem egyenletes – változónak nevezett – mozgás ideje alatt a test sebessége a pálya különböző pontjaiban jelentős mértékben különbözhet, azonban a számítások egyszerűsítése érdekében gyakorta az út egy bizonyos szakaszára vagy egy bizonyos időközre vonatkoztatott átlagsebességgel számolnak, feltételesen, mintha a mozgás egyenletes lenne.

A test mozgásának átlagsebességét a megtett út és az út megtételére fordított időköz aránya adja meg.

$$v_{átl} = \frac{l}{t},$$

ahol $v_{átl}$ a test mozgásának átlagsebessége, l a test által megtett teljes út, t az út megtételére fordított teljes idő.

Természetesen, az így kapott átlagsebesség értéke legtöbbször nem egyenlő a pálya egyes szakaszain mért sebességértékekkel. Változó mozgásának ideje alatt a test sebessége az egyes szakaszokon kisebb, míg más szakaszokon nagyobb. A repülőgép például felszálláskor növeli sebességét, azután egy ideig állandó sebességgel repül, majd a leszállás előtt csökkenti sebességét.

EZT JÓ TUDNI

Ha egyenes vonalon haladva (a sebesség zárójelben van feltüntetve) próbálnánk eljutni a Holdra, az utazás időtartama így alakulna:

- gyalog (5 $\frac{km}{h}$) – 8 év 280 nap;
- kerékpárral (30 $\frac{km}{h}$) – 1 év 163 nap;
- gépkocsival (100 $\frac{km}{h}$) – 160 nap;
- űrhajóval (28 000 $\frac{km}{h}$) – 13 óra 43 perc.

KÉRDÉSEK

1. Milyen sebességre gondolnak, amikor azt mondják, hogy a repülőgép sebessége 700 $\frac{km}{h}$?
2. Hogyan határozzák meg a változó mozgás átlagsebességét?
3. Hogyan lehet kiszámítani a test által megtett utat, ha ismerjük a mozgás sebességét és idejét?
4. Miként számítható ki a test mozgásának ideje, ha tudjuk az általa megtett utat és mozgásának sebességét?

7. §. AZ EGYENLETES MOZGÁS GRAFIKUS ÁBRÁZOLÁSA

Mint tudjuk, a természetben minden test mozgásban van. A testek mozgása a legkülönfélébb, sok esetben nagyon bonyolult pályákon történik. Ez lehet egyenletes vagy éppen változó. A továbbiakban áttekintjük a tanulmányozás és leírás szempontjából legegyszerűbb mozgásfajtát: az **egyenes vonalú egyenletes mozgást**.

A egyenes vonalú mozgás olyan mozgás, melynek mozgáspályája egy egyenes vonal. Az egyenes vonalú mozgás példája a gépkocsi emelkedő, lejtő, kanyar nélküli autópályán való mozgása.

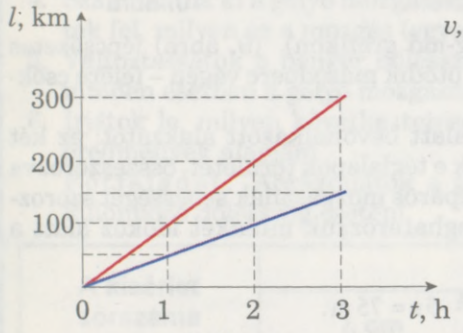
Egyenes vonalú egyenletes mozgásnak nevezzük az olyan mozgást, amikor a test tetszőleges egyenlő időközök alatt egyenlő utakat tesz meg egyenes pályán.

Az egyenes vonalú egyenletes mozgást sokkal kényelmesebb ábrázolni és tanulmányozni grafikusan, a megtett út időfüggését (mozgásgrafikon) és a sebesség időfüggését (sebességgrafikon) kifejező grafikonok formájában.

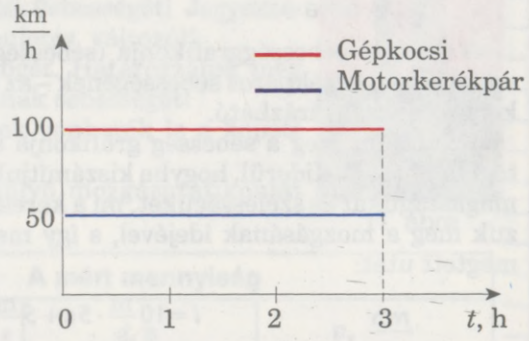
Lássunk egy **példát**. A Kijevből Odesszába tartó gépkocsi sebessége legyen 100 $\frac{km}{h}$, a motorkerékpáré pedig 50 $\frac{km}{h}$. Ahhoz, hogy megszerkesszük a gépkocsi által megtett út időfüggését ábrázoló grafikont, fel kell használnunk az $l = vt$ képletet és kitölteni az alábbi táblázatot (17. old.).

Mozgásidő t, h (óra)	Megtett út l, km	
	Gépkocsi	Motorkerékpár
0	0	0
1	100	50
2	200	100
3	300	150

Ezután a megfelelő léptékű koordináta-rendszer függőleges tengelyén felvesszük a megtett út l értékeit, a vízszintes tengelyén pedig az utaknak megfelelő mozgásidő t értékeket, majd megjelöljük a koordinátasíkon a pontokat és megrajzoljuk az út-idő grafikont (6. ábra).



6. ábra



7. ábra

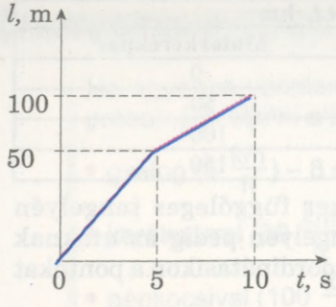
Amint az ábra is mutatja, az út-idő grafikon, másként **mozgásgrafikon,** a koordinátasík kezdőpontján (az origón) átmenő egyenes vonal és bizonyos szöget zár be az idő tengelyével, mégpedig a hajlásszög annál kisebb, minél kisebb a mozgás sebessége. A gépkocsi sebessége nagyobb a motorkerékpár sebességénél, ezért a gépkocsi mozgásgrafikonja nagyobb szöget zár be az idő tengelyével. Úgy is szoktunk fogalmazni, hogy nagyobb a meredeksége.

A sebesség-idő grafikon, másként **sebességgrafikon** ábrázolásához a függőleges tengelyen megjelöljük a sebességértékeket v, a vízszintes tengelyen pedig a megfelelő időértékeket t, majd megjelöljük a koordinátasíkon a pontokat és összekötjük őket folytonos vonallal. A gépkocsi és a motorkerékpár esetében is egy-egy egyenes vonalat kapunk, melyek párhuzamosak az idő tengelyével (7. ábra). Ez szemléletesen mutatja, hogy az egyenletes mozgás állandó sebességű mozgás (a sebesség független az időtől).

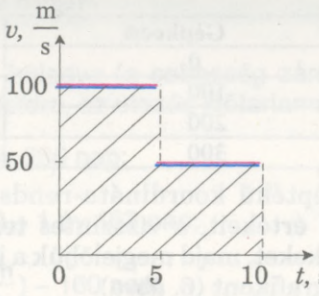
Nézzünk egy másik esetet. Egy kerékpáros 5 másodpercig $10\frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel mozog, majd a következő 5 másodpercben $5\frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel. Ábrázoljuk a kerékpáros által megtett útnak és a kerékpáros sebességének grafikonjait az idő függvényében (mozgásgrafikon és sebességgrafikon). Az ábrázolást az előző példához hasonlóan hajtjuk végre, azaz először táblázatot készítünk:

Mozgásidő t, s	0	5	10
Megtett út l, m	0	50	75

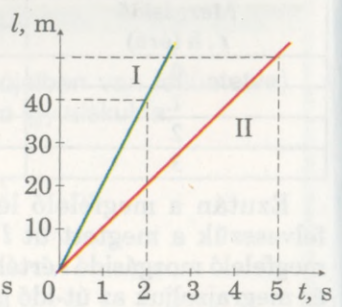
A mozgásgrafikonból (8. ábra) kitűnik, hogy a kerékpáros az ötödik másodperc végén csökkentette sebességét, s ebből kifolyólag a grafikon meredeksége csökkent. Az ilyen mozgás grafikonja töröttvonal.



8. ábra



9. ábra



10. ábra

A mozgás sebességgrafikonja (sebesség-idő grafikon) (9. ábra) lépcsőzetes vonal, ami a kerékpáros sebességének – az ötödik másodperc végén – felére csökkenésével magyarázható.

Vizsgáljuk meg a sebesség grafikonja alatt bevonalkázott alakzatot: ez két téglalapból áll. Kiderül, hogyha kiszámítjuk e téglalapok területét, összeszorozva magasságukat és szélességüket, mi a kerékpáros mozgásának sebességét szorozzuk meg a mozgásának idejével, s így meghatározzuk mindkét időköz alatt a megtett utat:

$$l = 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5\,\text{s} + 5\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5\,\text{s} = 75\,\text{m}.$$

A számításokból látszik, hogy az eredmény megegyezik a táblázati értékekkel.

A bemutatott példákból következik, hogy a mozgásgrafikon és a sebességgrafikon alapján hiánytalanul meghatározható a test mozgásának típusa, sebessége és a test által megtett út.

A 10. ábrán látható grafikonokat szemlélve elmondhatjuk, hogy azok két test (I) és (II) mozgásgrafikonjai, melyek egyenes vonalú egyenletes mozgást végeznek, méghozzá az (I) test sebessége nagyobb, mint a (II) testé. A grafikonok alapján megállapítható, hogy az (I) test sebessége $20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$, a másiké pedig $10\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

KÉRDÉSEK

1. Hogyan ábrázolható az egyenletes mozgás?
2. Milyen fizikai mennyiség határozható meg a sebességgrafikon alapján?
3. Jellemezzétek az (I) és (II) testek mozgását a 10. ábra grafikonjai alapján!

1. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA — A TEST MOZGÁSSEBESSÉGÉNEK MÉRÉSE

- **A munka célja:** megtanulni megmérni a mozgó test sebességét.
- **Eszközök és anyagok:** mérőhenger, gumidugó, gyurma, desztillált víz, stopperóra.

A munka menete:

1. Készítsetek gyurmából golyót, melynek átmérője valamivel kisebb a mérőhenger belső átmérőjénél!
2. Tegyétek a golyót a mérőhengerbe és töltsétek meg desztillált vízzel, majd zárjátok le a gumidugóval (11. ábra)!
3. Fordítsátok fel a mérőhengert, mire a golyó lassan ereszkedni kezd. A hengeren látható skálabeosztások alapján jegyezzétek fel a golyó helyzetét meghatározott időpillanatokban, amit a stopperről olvastok le. A kapott mérési eredményeket írjátok be a táblázatba!
4. Számítsátok ki a golyó mozgásának sebességét! Jegyezzétek fel, milyen ez a mozgás (egyenletes, változó)!
5. Változtassátok a henger dőlésszögét. Határozzátok meg minden esetben a golyó mozgásának sebességét!
6. Írjátok le, milyen következtetések vonhatók le a kapott eredmények alapján!

Pótfeladat. Ábrázoljátok a golyó mozgásgrafikonját különböző dőlésszög esetén!



11. ábra

A kísérlet sorszáma	A mért mennyiség		
	l, cm	t, s	v, $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$
1			
2			
3			

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. Tekinthetjük-e a kerékpáros mozgását egyenletesnek, ha az első 5 perc alatt az általa megtett út 5 km, a rákövetkező 10 perc alatt pedig 10 km?

Felelet: igen, mert a kerékpáros állandó $1\frac{\text{km}}{\text{perc}}$ sebességgel haladt.

2. Egy gépkocsi a 144 km-es utat 2 h alatt tette meg. Határozzátok meg a gépkocsi mozgásának sebességét, feltéve, hogy mozgása egyenletes!

Adva:
$l = 144$ km
$t = 2$ h

$v - ?$

Megoldás:

A gépkocsi sebességének kiszámítására alkalmazzuk a $v = \frac{l}{t}$ képletet:

$$v = \frac{144\ \text{km}}{2\ \text{h}} = 72\ \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

Ahhoz, hogy meghatározzuk a sebességet méter per másodpercben, fejezzük ki az utat méterekben, az időt pedig másodpercben:
144 km = 144 000 m; 2 h = 7200 s.

Akkor $v = \frac{144\,000\ \text{m}}{7200\ \text{s}} = 20\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Felelet: a gépkocsi mozgásának sebessége 72 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ vagy 20 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

A szint

1. Folytassátok a mondatot!
   - A test helyzetének változását az idő múlásával más testekhez viszonyítva ..... mozgásnak nevezzük.
   - Azt a testet, amelyhez viszonyítva vizsgájuk a mozgást .... nevezzük.
   - .... nevezzük az olyan mozgást, amikor a test tetszőleges .... időközök alatt egyenlő utakat tesz meg.
2. Az itt felsorolt mondatokból válasszátok ki azokat, melyek a mechanikai mozgás példáinak tekinthetők: a fecske rovarokat kap el a levegőben; világít az elektromos izzólámpa; a szél levegőbe emeli a papírlapot; sárgulnak a fák levelei; elaludt a gyermek.
3. Mozgó vasúti fülkében ül az utas. A felsoroltak közül mely testekhez viszonyítva mozdulatlan ez az utas: a) a vasúti kocsihoz; b) a Földhöz; c) a kocsi kerekeihez; d) a fülkében vele együtt utazókhoz?
4. Egy csónak úszik a folyón. Miért van az, hogy nagy ködben, amikor nem látni a partot, nem lehet megállapítani a csónak mozgásának irányát?
5. Mozog vagy nyugalomban van a 12. ábrán látható gépkocsi?
6. Gabona szállítására a tárolókban, szén és ércek szállítására a bányákban, és számos más esetben használnak hevederes szállítószalagot. Milyen mozgásállapotban van a szén a szállítószalaghoz viszonyítva? A görgőkhöz viszonyítva? Milyen az egyes széndarabok mozgáspályája?



12. ábra

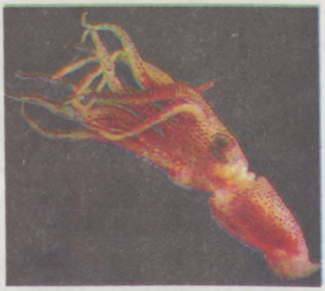
7. Milyen alakú a víz felszínén úszó tengeralattjáró mozgáspályája (13. ábra)?
8. A felsoroltak közül mely mozgásokat tekinthetjük egyenletesnek és melyeket változónak: a metró mozgólépcsőjének mozgása; a repülőgép mozgása a felszállópályán; a villanyvonat mozgása induláskor és a nyílt pályán; a gépkocsi mozgása az autópályán; az esőcsepp mozgása?



13. ábra

9. A gépkocsi 1 óra alatt 60 km-t tesz meg, 30 perc alatt 30 km-t, 15 perc alatt 15 km-t. Milyen mozgást végez a gépkocsi?
10. A Föld Nap körüli keringésének sebessége 108 000 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Fejezzétek ki ezt méter per szekundumban!

11. A pálya egyenes szakaszán a tehervonat 72 $\frac{km}{h}$, a személyvonat pedig 20 $\frac{m}{s}$ sebességgel mozog. Egyenlő-e a vonatok sebessége?
12. A kalmár (14. ábra) a rakétához hasonlóan mozog, a szájával beszívott vizet nagy erővel lövelli ki, ezért mozgása a mélyvízben nagyon gyors. Mekkora a kalmár sebessége, ha 160 m-t 10 s alatt úszik?
13. Mekkora átlagsebességgel mozog a gépkocsi, ha a városi közlekedésben 20 perc alatt 12 km-t tett meg? Miért beszélünk adott esetben átlagsebességről?
14. Mekkora a 15. ábrán látható sebességmérő skálabeosztásának értéke? Mekkora sebességet mutat a készülék?



14. ábra



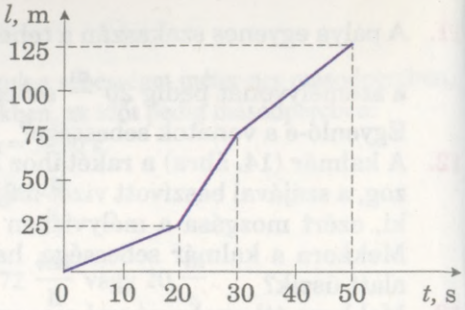
15. ábra

B szint

15. V. Berezsnij *Csillagvilágok* c. könyvében így írja le az antenna javítására készülő űrhajós kilépését az űrhajóból: „Csodák csodája! Neki úgy tűnik, hogy a rakéta egy helyben áll, teljesen mozdulatlanul!... Hogy lehet ez – a rakéta 12 km/s sebességgel száguld, gondoljunk csak bele! – a mozgás mégsem érzékelhető." Miért nem érzékelte az űrhajós a rakéta mozgását? Milyen mozgásállapotban volt az űrhajós a rakétához viszonyítva?
16. Egy könyv fekszik a mozgó vonat egyik fülkéjének asztalán. Mozgásban vagy nyugalomban van-e a könyv: a) az asztalhoz viszonyítva; b) a sínekhez viszonyítva; c) a folyón átívelő hídhoz viszonyítva? Hogyan változnak a feleletek, ha a vonat az állomáson áll?
17. Milyen pályán mozog az elejtett golyó? Milyen lesz a függőlegesen feldobott golyó pályája?
18. Az alább felsorolt mozgások közül melyik egyenes vonalú, és melyik görbe vonalú: az ingaóra ingájának mozgása; láda mozgása a vízszinteshez viszonyítva valamely szög alatt elhelyezett deszkán; az áru mozgása a szállítószalagon; a belső égésű motor dugattyújának mozgása; a Föld mozgása a Nap körül; a Mars irányába tartó űrhajó mozgása?
19. Milyen alakú pályát ír le mozgása közben az óramutató végpontja?
20. A 100 cm hosszú vízzel telt csőben légbuborék mozog. A buborék mozgásának sebessége függ a cső vízszintessel alkotott hajlásszögétől. Az egyik esetben a buborék megtett 10 cm-t 1 s alatt, 20 cm-t 2 s alatt, 40 cm-t 4 s alatt, 60 cm-t 6 s alatt; a másik esetben 8 cm-t 2 s alatt, 20 cm-t 5 s alatt, 85 cm-t 25 s alatt. Melyik esetben volt egyenletes a buborék mozgása?
21. Az egyenletes mozgást végző autóbusz 5 perc alatt 4,5 km-t tett meg, a személyautó pedig 10 s alatt 300 m-t. Melyik közlekedési eszköz mozgott gyorsabban?
22. Határozzátok meg saját átlagsebességeteket gyaloglásnál! Ehhez lépjetek le 60 vagy 100 métert, s jegyezzétek fel a mozgás idejét!



16. ábra



17. ábra

23. 1985-ben a Voyager repülőgéppel (16. ábra) sikerült először leszállás és utántankolás nélkül körberepülni a Földet. A repülőgép 126 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ utazósebességgel tette meg az utat. Mennyi ideig volt a gép a levegőben?

24. Az első űrhajós, Jurij Gagarin a Vosztok nevű űrhajón 7,8 $\frac{\text{km}}{\text{s}}$ sebességgel 89 perc és 6 másodperc alatt repülte körbe a Földet. Mekkora utat tett meg eközben az űrhajó?

25. Egy lépésetek közepes hosszának ismeretében számítsátok ki, milyen sebességgel haladtok. Ehhez számoljátok meg, hány lépést tesztek egy perc alatt!

26. Mozgás közben a gépkocsi sebességmérőjének mutatója folyamatosan a 45-ös beosztáson áll. Milyen mozgást végez a gépkocsi? Milyen egységekben méri a sebességmérő a gépkocsi sebességét?

27. A Föld Nap körüli mozgásának sebessége 30 $\frac{\text{km}}{\text{s}}$. Mekkora utat tesz meg a Föld egy iskolai tanítási óra alatt (45 perc)?

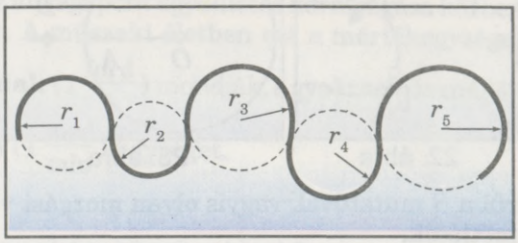
28. A rádiójelek terjedési sebessége 300 000 $\frac{\text{km}}{\text{s}}$. Mennyi idő múlva érkezik vissza a Holdról a megfigyelő által küldött rádiójel, ha a Hold 384 400 km távolságra van a Földtől?

29. Lembergből Kijev irányába elindult egy tehergépkocsi 90 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel, és egy személygépkocsi 120 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel. Rajzoljátok meg a gépkocsik mozgás- és sebességgrafikonjait, ha a mozgásidejük 5 óra!

30. A test mozgásgrafikonja (17. ábra) alapján határozzátok meg:
1) mozgásának idejét; 2) a test által megtett utat; 3) mozgásának sebességét útszakaszonként!
Szerkesszétek meg a test mozgásának sebességgrafikonját!

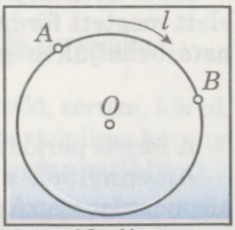
8. §. A TEST FORGÓ MOZGÁSA. A FORGÁS PERIÓDUSA

Mi eddig az egyenes vonalú mozgást tanulmányoztuk, holott a természetben és a technikában gyakran találkozhatunk a testek bonyolultabb mozgásaival – ilyenek a görbe vonalú mozgások, amikor a test mozgáspályája görbe vonal. Bármely görbe vonalú pályát hozzávetőlegesen különböző sugarú körívek összességeként képzelhetjük el, azaz egyes szakaszait megfelelő sugarú körívekkel helyettesíthetjük (18. ábra). Ebből kifolyólag, a körvonalon való mozgás tanulmányozása után bármilyen más görbe vonalú mozgást tanulmányozhatunk. Ráadásul a lehetséges görbe vonalú mozgások közül a műszaki életben széles körű alkalmazásra talált a gépek és berendezések elemeinek forgó mozgása, például forognak a gépek és munkapadok fogaskerekei, az esztergapadon megmunkálandó alkatrész, a motorok tengelyei, a gépek kerekei, a marókés, a fúró stb. A gépelemek minden pontja körpályán mozog. E két sajátosságból kifolyólag feltétlenül szükséges a körpályán való mozgás, nevezetesen az egyenletes körmozgás tanulmányozása.



18. ábra

Az anyagi pont körpályán való mozgását állandó nagyságú, de változó irányú sebességgel, egyenletes körmozgásnak nevezzük.



19. ábra

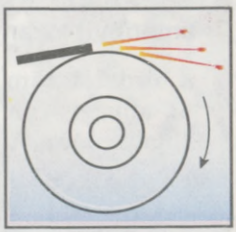
Tegyük fel, hogy a test egyenletesen mozog a körvonalon az A pontból a B pontba (19. ábra). Mivel az általa megtett út az l hosszúságú ív, ezért a sebességét a következő képlettel határozhatjuk meg:

$$v = \frac{l}{t},$$

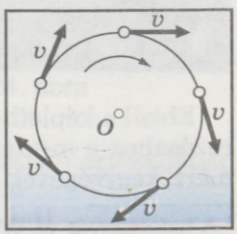
ahol v a körvonalon való mozgás sebessége; l a test által megtett út (az ív hossza); t a mozgásidő.

A sebesség irányát legegyszerűbb kísérlettel meghatározni.

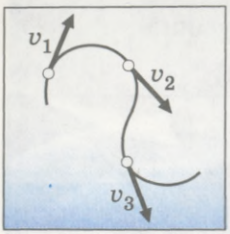
1. kísérlet. Érintsünk vasrudat a forgó csiszolókoronghoz. Azt látjuk, hogy a szikrák a korong kör pereméhez húzott érintő irányába repülnek (20. ábra). Ugyanezt tapasztaljuk a korong bármely más pontjában. Ám minden szikra egy izzó, a korongról levált részecske ugyanazzal a sebességgel repül, mellyel a leválás előtti utolsó pillanatban rendelkezett a korongon.


20. ábra

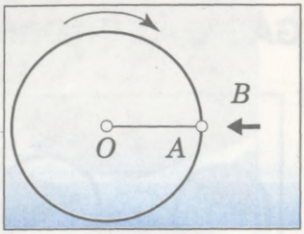
Tehát körmozgás esetén az anyagi pont sebessége a körvonal bármely pontjában az adott pontba húzott érintő irányával esik egybe (21. ábra), s a 18. ábrán látható elképzelések figyelembevételével ezt a következtetést kiterjeszthetjük bármilyen görbe vonalú mozgásra (22. ábra).



21. ábra



22. ábra



23. ábra

◆ **2. kísérlet.** Erősítsünk vízszintes O tengelyre egy furnérkorongot (23. ábra), melyen meg van jelölve az OA sugár. Az A ponttal szemben helyezzünk el egy B mutatót, s kezdjük el lassan és egyenletesen forgatni a korongot. Azt tapasztaljuk, hogy az A pont minden fordulatnál újra és újra szembekerül a B mutatóval, vagyis olyan mozgást végez, mely bizonyos időközönként ismétlődik.

Az olyan mozgást, melyek során az anyagi pont meghatározott helyzetei egyenlő időközönként ismétlődnek, periodikus mozgásnak nevezzük.

Az egyenletes körmozgás – periodikus mozgás. A periodikus mozgás jellemzésére szolgálnak az olyan mennyiségek, mint a **forgás periódusa** és a **fordulatszám**.

A forgás periódusa az az időköz, mely alatt az egyenletes körmozgást végző anyagi pont egy teljes fordulatot tesz meg.

A forgás periódusának jele T.

Ha N betűvel jelöljük az egyenletes körmozgást végző anyagi pont által t idő alatt megtett fordulatok számát, úgy a forgás periódusát a következő képlettel határozhatjuk meg:

$$T = \frac{t}{N}.$$

A forgás periódusának mértékegysége az SI-ben **egy másodperc (1 s).**

Amennyiben a forgás periódusa egyenlő 1 s-mal, akkor az egyenletes körmozgást végző anyagi pont egy fordulatot 1 s alatt tesz meg.

A fordulatszám az egységnyi idő alatt megtett fordulatok száma, amennyit az anyagi pont egyenletes körmozgása közben megtesz.

A fordulatszám betűjele a kis n[1] betű.

Az anyagi pont fordulatszámának kiszámításához a t időköz alatt megtett fordulatok számát el kell osztani ezen időköz nagyságával:

$$n = \frac{N}{t}.$$

Összehasonlítva a forgás periódusa T és a fordulatszám n meghatározására szolgáló képleteket, látható, hogy ezek a mennyiségek egymás fordított értékei:

$$n = \frac{1}{T}.$$

Ebből a képletből látható, hogy a fordulatszám mértékegységének meghatározásához a mértékegység nélküli egyet el kell osztani a forgás periódusának mértékegységével, azaz a másodperccel.

[1] A tudományos és oktatási szakirodalomban a fordulatszámot jelölik még a görög kis ν (nü) betűvel is.

A fordulatszám SI mértékegysége **egy osztva másodperccel** ($1\frac{1}{s}$). Az $1\ \frac{1}{s}$ olyan forgás fordulatszáma, amikor az anyagi pont egyenletes körmozgása közben 1 teljes fordulatot tesz meg 1 s alatt. A műszaki életben ezt a mértékegységet néha **egy fordulat per szekundumnak** ($1\frac{\text{ford}}{s}$) mondják, s gyakran használják még az **egy fordulat per minutum** ($1\frac{\text{ford}}{\text{min}}$) egységet.

KÉRDÉSEK

1. Milyen mozgást nevezünk egyenletes körmozgásnak?
2. Milyen irányú az egyenletes körmozgást végző test sebessége?
3. Milyen mozgást nevezünk periodikusnak? Milyen mennyiségek szolgálnak jellemzésére?
4. Mit nevezünk a forgás periódusának? Mi a periódus SI mértékegysége?
5. Mit mutat a fordulatszám? Mi a mértékegysége az SI-ben?

2. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

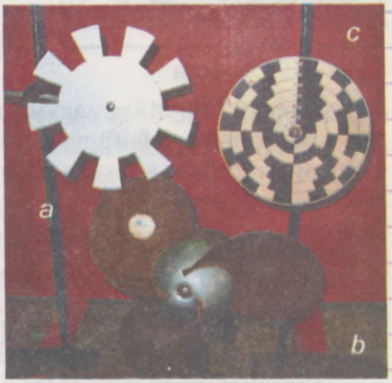
MECHANIKUS SZTROBOSZKÓP KÉSZÍTÉSE PERIODIKUS FOLYAMATOK TANULMÁNYOZÁSA CÉLJÁBÓL

- **A munka célja:** mechanikus sztroboszkóp elkészítése és periodikus folyamatok vizsgálata.
- **Eszközök és anyagok:** fapálca, rajzszeg, egy ív tömör karton, olló, ceruza, körző, mikromotor tengelyére szerelt sztroboszkópikus korong és megjelölt lapátú ventillátor (egy az egész osztályra).

A munka menete

Sztroboszkóp – periodikus folyamatok tanulmányozására szolgáló eszköz.

1. Készítsétek el a 24. *a* ábrán bemutatott legegyszerűbb sztroboszkópot!
2. Hozzátok forgásba a sztroboszkópot és résein keresztül figyeljétek a megjelölt lapátú ventillátor forgását (24. *b* ábra)! Írjátok le a látottakat! Mikor tűnik a ventillátor mozdulatlannak? Mikor tűnik a ventillátor forgása megegyezőnek az óramutató járásával? És mikor az óramutató járásával ellentétes irányúnak?
3. Tanulmányozzátok a sztroboszkópikus korong (24. *c* ábra) forgását! Írjátok le a megfigyelt jelenséget! A mikromotor fordulatszáma alapján értékeljétek ki az elkészült sztroboszkóp legnagyobb fordulatszámát!
4. Magyarázzátok meg az észlelt sztroboszkópikus hatásokat!



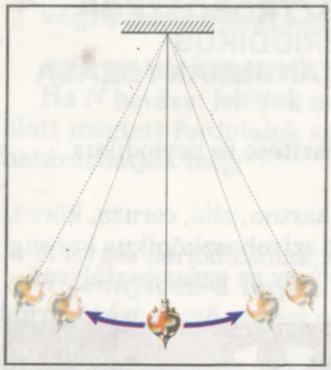
24. ábra

9. §. REZGŐ MOZGÁS. A REZGÉSEK AMPLITÚDÓJA, PERIÓDUSA ÉS FREKVENCIÁJA

A rezgő mozgás (rezgések, lengések[1]) a legelterjedtebb jelenségek egyike a természetben és a műszaki életben.

• **Megfigyelések.** Ha fúj a szél, kilengenek a magas épületek és a nagyfeszültségű villamos távvezetékek, lengéseket végez a felhúzott ingaóra ingája, rugós felfüggesztésének köszönhetően lengéseket végez a mozgó gépkocsi. A földrengés tulajdonképpen a földkéreg rezgése; a dagály és apály a tengerek és óceánok vízszintjének ingadozásai (a Hold és a Föld kölcsönös vonzásának következménye); az erekben lüktetve áramló vér az emberi szívizom periodikus összehúzódásának következménye.

A rezgésekkel, lengésekkel kapcsolatos jelenségeket a fizika egyik külön ága, a rezgéselmélet tanulmányozza. A hajó- és repülőgépgyártással foglalkozó szakembereknek, más ipari és közlekedési szakembereknek, a rádiótechnikai és hangtechnikai eszközök tervezőinek szükségük van a rezgésekkel kapcsolatos folyamatok ismeretére.



25. ábra

◆ **1. kísérlet.** A rezgések megfigyelésére és tanulmányozására, valamint a különféle eszközökben gyakorlati alkalmazás céljából ingákat használnak. A legegyszerűbb inga: egyik végén rögzített fonálra függesztett golyó. Ha a golyót kilendítjük egyensúlyi helyzetéből és elengedjük, az balról jobbra, majd jobbról balra kezd el mozogni mindaddig, amíg a lengések meg nem szűnnek (25. ábra). Az ilyen ingát a fizikában **matematikai ingának** nevezik.

Vajon mely tulajdonságok a rezgő mozgás legjellemzőbb ismertetőjelei? Az elvégzett kísérlet alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy rezgése vagy lengése közben a test bizonyos mozgásállapotai ismétlődnek, vagy majdnem ismétlődnek. Egy teljes lengés megtétele után, vagyis megtéve az utat a bal szélső helyzetből a jobb szélsőbe, majd vissza, a felfüggesztett test ugyanezt a mozgást megismétli. Már tudjuk, hogy amennyiben a test mozgása időközönként ismétlődik, az ilyen mozgást periodikusnak nevezzük.

A mechanikai rezgés olyan mozgás, mely közben a test helyzete és mozgásának sebessége jó közelítéssel meghatározott időközönként ismétlődik.

Ismétlődő mozgást végez a belső égésű motor dugattyúja, a hullámokon ringatózó csónak, a fejtőkalapács ütőrúdja, az osztályozógép szitája. Ezek mind a mechanikai rezgések példái.

A matematikai inga több, egymással kölcsönhatásban lévő testből áll, úgy mint a Föld és a golyó, a golyó és a fonál, a fonál és a felfüggesztési pont. Amennyiben más testek hatása az ingára elhanyagolható, azt mondják, hogy az ingát alkotó testek **rezgőrendszert** alkotnak. Ha a rezgőrendszert kilendítjük egyen-

[1] A *rezgés* és *lengés* szavak fizikai tartalma azonos. A köznyelvben a gyors lengéseket rezgésnek, a lassúakat lengésnek nevezzük.

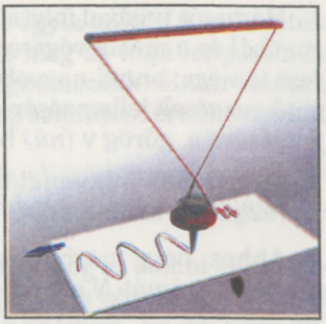
súlyi állapotából, vagyis a golyót kimozdítjuk nyugalmi helyzetéből és elengedjük, úgy a továbbiakban a lengések külső beavatkozás nélkül fognak folytatódni a rendszert alkotó testek kölcsönhatásából adódóan.

Azokat a rezgéseket, amelyek a rezgőrendszert alkotó testek kölcsönhatásából adódóan mennek végbe, szabad rezgéseknek nevezzük.

Az általunk vizsgált fonálra függesztett golyó (fonálinga) lengései szabad rezgések.

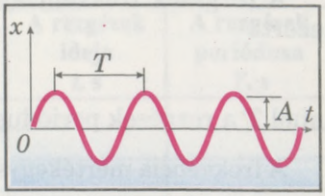
Milyen alaki tulajdonságokkal rendelkeznek ezek a rezgések és mely fizikai mennyiségek jellemzik őket?

◆ **2. kísérlet.** Vegyünk egy olyan ingát, melynél a golyó helyett egy furattal ellátott nehezék van felfüggesztve. Egy ilyen eszköz segítségével „lerajzoltatjuk" a lengéseket (26. ábra). Helyezzünk a nehezék furatába egy filctollat, lendítsük ki egyensúlyi helyzetéből, és engedjük el. Az inga lengéseket végez, a filctoll pedig az aláhelyezett és egyenletesen mozgatott papírlapon nyomot hagy.



26. ábra

A kísérlet eredményeként egy megrajzolt vonal formájában megkapjuk a rezgések grafikonját (27. ábra), vagyis az egyensúlyi helyzettől való kitérés időfüggését. Később részletesen fogjuk tanulmányozni ezt a nagyon fontos hullámos vonalat, melynek **szinuszvonal** (v. szinuszgörbe) a neve.



27. ábra

Amint az a 27. ábrán látható, az inga meghatározott időpillanatokban az egyensúlyi helyzetétől valamely legnagyobb távolságra tér ki. Ezt a legnagyobb kitérést a **rezgés amplitúdójának** nevezzük.

A rezgés amplitúdója a rezgő testnek az egyensúlyi helyzetétől mért legnagyobb kitérése.

A rezgés amplitúdójának jele az A betű. Mértékegysége az SI-ben az **egy méter (1 m)**. Az amplitúdó értéke csak attól függ, mekkora távolságra volt kitérítve egyensúlyi helyzetéből a test a lengések megkezdése előtt.

Egy teljes rezgést (lengést) az inga meghatározott idő alatt tesz meg. Egy teljes rezgés megtételére fordított időt a **rezgés periódusának (rezgésidőnek)** nevezik.

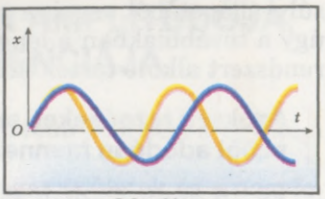
A rezgés periódusa az a legkisebb időköz, melynek elteltével a test meghatározott mozgásállapota teljes egészében ismétlődik.

A rezgés periódusát T betűvel jelölik. Mértékegysége az SI-ben az **egy másodperc (1 s)**.

Ha valamely t idő alatt lejátszódott N teljes rezgés, ahhoz, hogy meghatározzuk a rezgés periódusát T, a t időtartam hosszát el kell osztani N-nel. Vagyis,

$$T = \frac{t}{N}.$$

◆ **3. kísérlet.** Most vegyünk egy a 2. kísérletben szereplőhöz hasonló ingát, de a nehezékét függesszük hosszabb fonálra. Az új inga esetében is ugyanúgy „lerajzoltatjuk" a rezgések grafikonját és összehasonlítjuk a 2. kísérletben kapott grafikonnal. Azt tapasztaljuk, hogy minél hosszabb a fonál, annál nagyobb a rezgések periódusa (28. ábra).



28. ábra

Az fonálinga periódusa függ annak hosszától. Minél hosszabb az inga, annál nagyobb rezgéseinek periódusa.

Ha rugós ingával folytatnánk a kísérleteket, ami egyik végén rögzített spirális rugóból és a másik végére erősített testből áll, kiderülne, hogy minél nagyobb a test tömege, annál nagyobb a rugós inga rezgéseinek periódusa.

A rezgések jellemzésére szolgál még a rezgésszám (vagy frekvencia), melynek jelölésére a görög **ν** *(nü)* betűt szokás használni.

A rezgések frekvenciáját a rezgőrendszer által egységnyi idő alatt végzett rezgések száma adja.

Ahhoz, hogy meghatározzuk a rezgések frekvenciáját ν, a t idő alatt végzett rezgések számát N el kell osztani a t időköz hosszával:

$$\nu = \frac{N}{t}, \text{ vagy } \nu = \frac{1}{t}.$$

A rezgések frekvenciája és periódusa egymás fordított értékei (reciprokai), ezért:

$$T = \frac{1}{\nu},$$

ahol T a rezgések periódusa; ν a rezgések frekvenciája.

A frekvencia mértékegysége az SI-ben **egy hertz (1 Hz).** $1\ \text{Hz} = 1\frac{1}{\text{s}}$. A mértékegységet **Heinrich Hertz** (1857–1894) neves német fizikusról nevezték el. Amennyiben a rezgések frekvenciája ν = 1 Hz, ez azt jelenti, hogy egy másodperc alatt egy rezgés megy végbe. Megközelítően ilyen frekvenciával dobog az emberi szív. Ha a frekvencia 50 Hz, úgy egy másodperc alatt 50 rezgés megy végbe.

EZT JÓ TUDNI

• A vizsgálatok kimutatták, hogy az egér szíve percenként 600-at dobban, míg a bálna szíve csak 15-öt. Mindazonáltal mindkét állat szíve az életük folyamán közel 750 milliószor húzódik össze. A tudósok úgy gondolják, hogy minden emlős (kivéve az embert) átlagos élettartama a szívverések számával mérve, közelítően azonos.

KÉRDÉSEK

1. Mi a rezgés? Hozzatok fel példákat mechanikai rezgésekre!
2. Mit nevezünk a rezgések periódusának?
3. Hogyan határozható meg gyakorlatilag a rezgés periódusa?
4. Mit mutat a rezgés frekvenciája?
5. Milyen összefüggés van a rezgések periódusa és frekvenciája között?

3. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

A FONÁLINGA LENGÉSEINEK TANULMÁNYOZÁSA

- **A munka célja:** kísérletileg meghatározni, mitől függ az inga lengéseinek periódusa.
- **Eszközök és anyagok:** különböző tömegű golyók, fonál, stopper, állvány.

A munka menete:

1. Függesszétek fel egy 30–40 cm hosszú fonálra az egyik golyót! Lendítsétek ki a golyót egyensúlyi helyzetéből! Számoljátok meg az inga lengéseit és mérjétek az időt, mely alatt ezek a lengések végbementek! Határozzátok meg az inga lengéseinek periódusát! A mérési és számítási eredményeket foglaljátok táblázatba!
2. Ugyanerre a fonálra függesszetek fel egy másik, eltérő tömegű golyót. Ismételjétek meg az előző kísérletet! Az eredményeket foglaljátok táblázatba. Vonjatok le következtetéseket!
3. Változtassátok meg a fonál hosszát és ismételjétek meg az előbbi kísérleteket! Az eredményeket írjátok a táblázatba! Vonjatok le következtetéseket!
4. Ellenőrizzétek, változik-e az inga lengéseinek periódusa, ha az ingát különböző szögre térítjük ki a rezgések megkezdése előtt!

A kísérlet sorszáma	A fonál hossza l, cm	A golyó tömege m, g	A rezgések száma N	A rezgések ideje t, s	A rezgések periódusa T, s
1	$l_1 =$	$m_1 =$			
2		$m_2 =$			
3	$l_2 =$	$m_1 =$			
4		$m_2 =$			

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

Ha forgás közben a csiszolókorong peremén levő pontok sebessége eléri a $95\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$-ot, felmerül annak veszélye, hogy a korong részekre szakad. Szabad-e $100\ \frac{1}{\text{s}}$ fordulatszámmal forgásba hozni ezt a korongot, ha sugara 20 cm?

Adva:

$v_{sz} = 95\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$r = 20\ \text{cm} = 0{,}20\ \text{m}$

Megoldás.

Az adatok között v_{sz} az a sebességérték, melynek elérésekor a korong szétszakadhat;

$n = 100\ \frac{1}{s}$

v –?

v az a sebesség, mellyel a korong peremén levő pontok valójában mozogni *fognak a megadott fordulatszám elérésekor.*

Ez a sebességérték egyenlő: $v = \frac{l}{t}$.

Egy fordulat esetére a megtett út: $l = 2\pi r$ ahol $\pi = 3{,}14$;

$t = T$ és $v = \frac{2\pi r}{T}$, $n = \frac{1}{T}$, akkor $v = 2\pi rn$.

Behelyettesítve a számértékeket, azt kapjuk, hogy:

$v = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}20\ \text{m} \cdot 100\ \frac{1}{s} = 125{,}6\ \frac{\text{m}}{s}$.

Felelet: a kapott sebességérték nagyobb, mint amelynél a korong részekre szakadhat. Tehát, a csiszolókorongot nem szabad $100\frac{1}{s}$ fordulatszámmal forgatni.

A szint

31. Egy korong forgásának periódusa 14 s. Mit értünk ezalatt?
32. A körmozgást végző test fordulatszáma $10\ \frac{1}{s}$. Mit jelent ez?
33. Milyen pályán repül el a zsinóron forgatott kő, ha a zsinór hirtelen elszakad?
34. Számítsátok ki az esztergapad tengelye forgásának periódusát, ha fordulatszáma $125\ \frac{1}{s}$!
35. Számítsátok ki a Föld egyenlítői pontjának sebességét a Föld napi forgásából adódóan! A Föld sugara 6400 km.
36. A légkalapács vésőrúdja rezgéseinek periódusa 0,02 s. Mekkora a vésőrúd rezgéseinek frekvenciája?

B szint

37. A 16 cm átmérőjű tárcsa 300 fordulatot tesz meg 3 perc alatt. Számítsátok ki a tárcsa fordulatszámát, és a perempontjai egyenletes mozgásának sebességét!
38. Határozzátok meg az egyenletes forgást végző kerék sugarát, ha a kerékabroncs pontjainak sebessége $10\frac{\text{m}}{s}$, fordulatszáma pedig $4\frac{1}{s}$!
39. Mekkora sebességgel mozog a kerékpár kerekének alsó pontja, középpontja (tengelye) és felső pontja a Földhöz viszonyítva, ha a kerékpár haladó mozgásának sebessége $5\frac{\text{m}}{s}$?
40. Határozzátok meg a saját órátok másodpercmutatója végpontjának sebességét! Mennyi a mutató fordulatszáma?
41. Jellemezzétek a *forgás periódusa* és a *fordulatszám* fizikai mennyiségeket!

10. §. A HANG. A HANG JELLEMZŐI

A hangok világában élünk: halljuk az emberek hangját, a madarak énekét, a hangszerek hangját, az erdő zúgását, viharban a mennydörgést stb.

Mi a hang? Hogyan keletkezik? Miben különbözik egyik hang a másiktól?

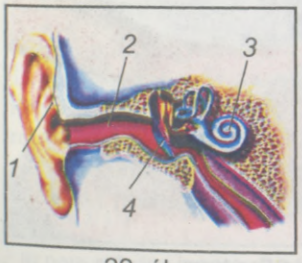
A fizikának azt a részét, amely hangjelenségekkel foglalkozik, **akusztikának** nevezik.

A szemünkkel, ami a fényt érzékeli, megfigyelhetünk a víz felületén hullámokat, mint mozgó hegyek és völgyek sorozatát. A gázokban, a folyadékok vagy szilárd testek belsejében terjedő hullámokat az ember, bizonyos feltételek mellett a fülével érzékeli. Az emberi fül a hangrezgéseket érzékelő csodálatos szerv (29. ábra). A fül három részből áll: külső fül, középfül és belső fül. A külső fül részei a fülkagyló *1* és a külső hallójárat *2*. Ezek arra szolgálnak, hogy a hanghullámokat a dobhártyára *4* irányítsák. A dobhártya és a hozzá kapcsolódó három hallócsontocska – ez a középfül. Ők továbbítják a hangrezgéseket a belső fülbe az ovális ablakot lezáró vékony hártyán át a csigát *3* kitöltő folyadékhoz. Itt a hangrezgéseket az érzékelő szőrsejtek (receptorok) idegimpulzusok sorozatává alakítják, amit a hallóideg az agyhoz továbbít.

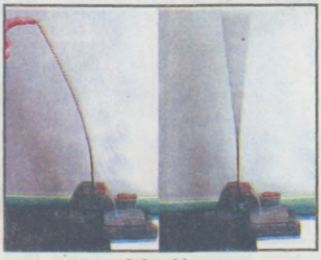
◆ **1. kísérlet.** Egy hosszú acélvonalzó egyik végét fogjuk satuba vagy szorítsuk erősen oda az asztal széléhez. A vonalzó szabad végét lendítsük ki egyensúlyi helyzetéből, majd engedjük el, a vonalzó rezgéseket fog végezni (30. ábra). Ha a vonalzó túlságosan hosszú, semmit sem fogunk hallani. Fogjuk rövidebbre a vonalzó kiálló részét, s a vonalzó elkezd hangot adni.

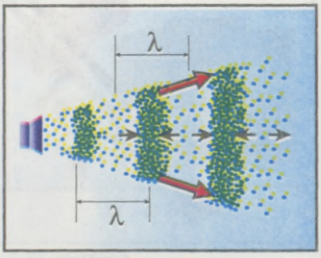
A rezgéseket végző acélvonalzó az egyik oldalával határos levegőréteget összesűríti, s ugyanakkor a másik oldalával határos levegőréteget ritkítja (31. ábra). Ezek a sűrűsödések és ritkulások idővel váltakoznak és **hanghullámok** formájában terjednek tova mindkét irányba ahhoz hasonlóan, ahogy a tó vízébe dobott kő helyétől terjednek tova a hullámok a víz felületén. A fülünkhöz érkező hanghullám kényszeríti rezgésekre a belső fülhöz tartozó dobhártyát *4*.

Az emberi fül csak azokat a rezgéseket érzékeli hangként, amelyek frekvenciája 16–17 Hz és 20 000 Hz között van. Az ilyen rezgéseket hang- vagy akusztikai rezgéseknek mondják. Az előbbi kísérletben azt tapasztaltuk, hogy minél rövidebb a vonalzó rezgő vége, annál nagyobb rezgésének frekvenciája. Ezért volt az, hogy akkor kezdtünk hangot hallani, mikor rövidebbre fogtuk a vonalzó végét.



29. ábra


30. ábra



31. ábra

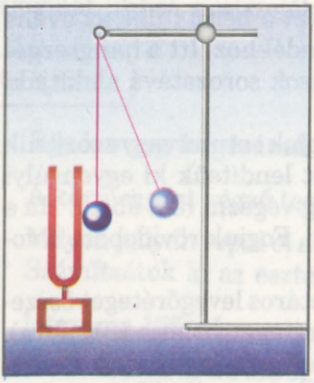
Bármely szilárd, cseppfolyós vagy gáznemű test, amely hangfrekvenciával rezeg, hanghullámokat kelt a környező közegben.



32. ábra

A hangok, melyeket naponta hallunk, nagyon változatosak, sokfélék. Megkülönböztetünk zenei hangokat és zajokat. Az előbbiekhez soroljuk az énekhangot, a hegedűhúr által keltett hangot (32. ábra), a gitár és a cselló, a fúvós vagy más hangszerek hangját, sőt a fütyülést is. Zajok keletkeznek vihar közben, zajt keltenek a működő motorok, zaj a levelek susogása. Az emberek hangképző szerveikkel képesek zenei hangokat kelteni, és természetesen zajokat is.

Vajon fizikai szemszögből miben különböznek a zenei hangok a zajoktól, és mivel magyarázható a zenei hangok sokfélesége?

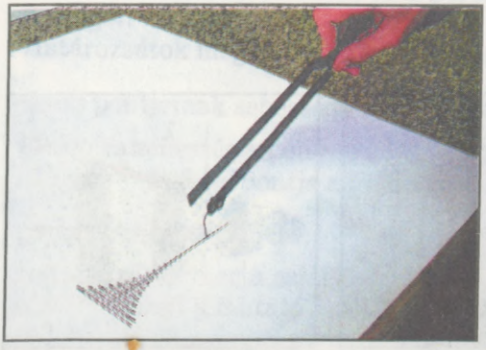


33. ábra

◆ **2. kísérlet.** Vegyünk egy hangvillát és ütköztessük egyik szárát a kilendített golyóval (33. ábra). A megszólaló hang a 440 Hz frekvenciájú normál zenei *A* skálahang. A szárak rezgéseinek csillapodása következtében a hang egyre gyengül, halkul. Tehát a hanghullámot a villa szárai hozzák létre, melyek rezgéseket végeznek. E rezgések jellegét megismerhetjük, ha a hangvilla egyik szárához ceruzabelet erősítünk, és a rezgő hangvillát egyenletesen végighúzzuk egy papírlapon. A papíron egy hullámos vonal jelenik meg (34. ábra), ami hasonlít az általunk már ismert szinuszvonalra. Ilyen esetben azt mondják, hogy a hangvilla szárai **harmonikus rezgéseket** végeznek.

A harmonikus rezgést végző test által keltett hangot zenei (tiszta) hangnak nevezzük.

Hangzásra a zenei hangok különböznek hangerősségben (hangosságban) és hangmagasságban.



34. ábra



35. ábra

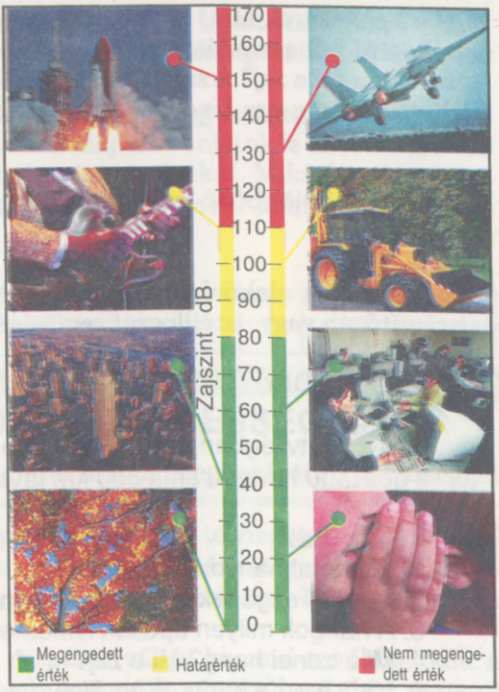
A hang erőssége[1] a rezgés amplitúdójától függ. Minél erősebben ütjük meg a hangvillát, annál hangosabb hangot hallat, mivel az erősebb ütés nagyobb amplitúdójú rezgéseket kelt.

A hang erőssége (hangossága) a hanghullámban terjedő hangrezgések amplitúdójától függ.

A különböző erősségű hangokkal kapcsolatban nem azt mondják, hogy hányszor, hanem hány egységgel hangosabb.

A hangosság mértékegysége az SI-ben az **egy decibel (1 dB)**. Nevét Alexander Graham Bell (1847–1922) neves amerikai tudósról kapta, aki feltalálta a telefont és hallókészüléket is szerkesztett a halláskárosultak számára.

A hang erősségét speciális műszerrel – szonométerrel mérik (35. ábra). A levélsusogás hangossága 10 dB, a suttogásé 20 dB, a nagyvárosi utcazaj hangossága 70 dB stb. (36. ábra).



36. ábra

Az emberi fül érzékenysége függ a hang frekvenciájától. Azonos amplitúdójú hangrezgések különböző hangosságúnak tűnnek, amennyiben különböző a frekvenciájuk. Az emberi fül legérzékenyebb a 3500 Hz körüli rezgésekre.

◆ **3. kísérlet.** Vegyünk néhány különböző méretű hangvillát. Egymás után rezgésre késztetve őket, a hangvilla egyik szárához erősített ceruzabéllel egyenletesen végighúzzuk a papírlapon. Összevetve a kapott eredményeket látjuk, hogy minél magasabb a hang, annál kisebb a rezgések periódusa, s ennek megfelelően, annál nagyobb a hangvilla szárai rezgésének frekvenciája.

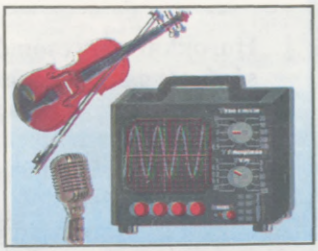


37. *a* ábra

A hangmagasság függ a rezgések frekvenciájától.

Ugyanezt figyelhetjük meg a rezgő húrok esetében. Ha jobban kifeszítjük a gitár vagy a hegedű húrját, növelve ezáltal rezgéseinek frekvenciáját, nő a hangmagasság is.

A hangrezgések, melyeket hangvillák hoznak létre (például a normál zenei *A* skálahang frekvenciája 440 Hz)



37. *b* ábra

[1] Itt nem a fizikai inger erősségéről, hanem a hangérzet erősségéről van szó.

vagy a hangszerek által keltett hangrezgések, megfigyelhetők számítógép vagy oszcillográf felhasználásával (37. *a*, *b* ábra).

És vajon mi a zaj? A zaj abban különbözik a zenei hangtól, hogy a zajnak nem feleltethető meg egy bizonyos rezgésszám (frekvencia), azaz bizonyos hangmagasság.

A zaj sok, különböző frekvenciájú és amplitúdójú hangrezgés rendszertelen keveréke.

Hogy milyen alakúak ezek a rezgések, úgyszintén megfigyelhetők mikrofon és számítógép vagy oszcillográf segítségével.

EZT JÓ TUDNI

- Az állatvilágban a leghangosabb a kék bálna. Képes kiadni 188 dB hangosságú hangot, amit 850 km távolságból is hallani lehet.

KÉRDÉSEK

1. Mit tanulmányoz a hangtan?
2. Milyen rezgéseket neveznek hang- vagy akusztikai rezgéseknek?
3. A hangok milyen típusait ismeritek?
4. Mi a zenei hang? Mi a zaj?
5. Mitől függ a hangosság, illetve a hangmagasság?

4. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA — A HANG TULAJDONSÁGAINAK TANULMÁNYOZÁSA

- **A munka célja:** a hang jellegzetességeinek kísérleti tanulmányozása.
- **Eszközök és anyagok:** hosszú fapálca, evőkanál, cérna, háromliteres befőttesüveg, mechanikus szerkezetű óra, gumizsinór, állvány, egy darab kartonpapír, üvegpalack, víz.

A munka menete:

1. Hurokkal vagy csomózással erősítsétek az evőkanalat egy 70–80 cm hosszúságú cérnadarab közepére, s a cérna végeit hagyjátok szabadon. A cérna végeiből csináljatok kis csomókat, helyezzétek azokat füleitekbe, s ujjaitokkal leszorítva tartsátok ott. Kissé előrehajolva hozzátok lengésbe a kanalat úgy, hogy közben ütődjön neki az asztal szélének. Mit tapasztaltok? Vonjatok le következtetést!
2. Fogjátok a háromliteres befőttesüveget és helyezzétek bele a mechanikus órát. Tegyétek az üveget az asztalra, a fületek pedig legyen alacsonyabban, mint az üveg szája. Vegyétek a kartonlapot, helyezzétek az üveg szája fölé, s változtassátok dőlésszögét. Vonjatok le következtetést a hangérzetetek alapján!

3. Fogjátok a gumizsinórt és rögzítsétek az állványon. Ujjaitokkal pengessétek, mint egy húrt, közben változtassátok feszességét. Mit tapasztaltok? Vonjatok le következtetést!
4. Vegyetek különböző sűrűségű fésűket. A karton vagy levelezőlap szélét húzzátok végig a fésű fogain. Hangérzetetek alapján vonjatok le következtetést!
5. Vigyázva kocogtassátok meg kanállal az üres palackot. Miközben kocogtatjátok, fokozatosan töltsétek fel vízzel. Hangérzetetek alapján vonjatok le következtetést!

11. §. A HANG TERJEDÉSI SEBESSÉGE

A többi hullámhoz hasonlóan a hanghullámok is meghatározott sebességgel terjednek.

• 1. megfigyelés. Mindenki megfigyelte már, hogy a tó vizébe esett kő beesési helyétől bizonyos sebességgel hullámhegyek és hullámvölgyek formájában hullámok haladnak a part felé, s bizonyos idő múlva elérik azt. Tehát, mi is az a hullám?

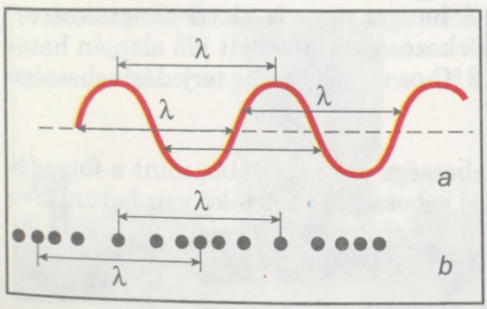
A kő becsapódása a vízrészecskék rezgését váltja ki, ami továbbadódik a folyadék szomszédos részeinek, melyek a maguk részéről szintén rezegni kezdenek, és így tovább.

Mechanikai hullámnak nevezzük a rezgések terjedését rugalmas közegben.

A rezgés periódusával T megegyező idő alatt a hullámhegy v sebességgel haladva bizonyos utat tesz meg, amit a görög λ (lambda) betűvel jelölünk és a hullám hosszának nevezzük, vagyis

$$\lambda = vT.$$

A hullámhossz az a távolság, amelyet a hullámban terjedő rezgés tetszőleges állapota (hullámhegy, hullámvölgy) a rezgés egy periódusideje alatt megtesz.



38. ábra



39. ábra

A víz felszínén viszonylag egyszerű megmérni a hullám hosszát: ez két szomszédos hullámhegy vagy hullámvölgy közötti távolság (38. *a* ábra). Hogy meghatározzuk a hullám terjedési sebességét v, a hullámhosszt el kell osztani a rezgés periódusával (vagy megszorozni a rezgés frekvenciájával, mivelhogy $\nu = \frac{1}{T}$):

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu .$$

• **2. megfigyelés.** Biztosan észrevettétek már, hogy villámláskor a fényvillanás megelőzi a dörgést. Ha a vihar távoli, a késedelem több tíz másodperc is lehet. A késedelem oka, hogy a hanghullámnak időre van szüksége, hogy a villámlás helyétől eljusson a fülünkhöz.

A **hanghullám** a levegőrétegek periodikusan váltakozó sűrűsödési és ritkulási állapotainak terjedése a térben, melyeket olyan hangforrás rezgései idéznek elő, mint például a hangvilla szárai. A 38. *b* ábrán látható, hogy a hullámhossz ebben az esetben egyenlő a levegő két szomszédos sűrűsödési vagy ritkulási helye közötti távolsággal. Ugyanúgy, mint a víz felületi hullámai esetében, a hang terjedési sebességét a következő képlettel számíthatjuk ki:

$$v_h = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu ,$$

ahol v_h a hang terjedési sebessége az adott közegben; λ a hullámhossz; T a rezgés periódusa; ν a rezgés frekvenciája.

A hang terjedési sebessége attól a közegtől függ, amelyben terjed. 1822-ben D. Arago (1786–1853), G. Prony (1755–1839) és J. Gay-Lussac (1778–1850) francia tudósok megállapították, hogy 10 °C hőmérsékleten a hanghullámok terjedési sebessége a levegőben $337{,}2\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Ismerve a hang terjedési sebességét a levegőben, a megadott képletek alapján kiszámíthatók azok a hullámhossz-értékek, melyek az emberi fül hallhatósági határait képezik:

$\nu_a = 20$ Hz esetében a hullámhossz $\lambda_a \approx 17$ m;

$\nu_f = 20\,000$ Hz esetében a hullámhossz $\lambda_f \approx 1{,}7$ cm.

A hang terjedési sebessége a vízben nagyobb, mint a levegőben. Ezt elsőként a Genfi-tó vizében mérték meg Svájcban 1827-ben. Az egyik csónakban puskaport robbantottak s ezzel egy időben ráütöttek egy víz alatti harangra (39. ábra). A másik csónak 14 km-re volt az elsőtől. A hangot egy víz alatti hangtölcsérrel fogták fel. A fényvillanás és a hang megérkezése között eltelt idő alapján határozták meg a hang terjedési sebességét. A 8 °C-os vízben a hang terjedési sebessége $1435\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Szilárd testekben a hang terjedési sebessége még nagyobb, mint a folyadékokban. A 2. táblázatban a hang terjedési sebességének értéke van feltüntetve különböző közegekben.

2. táblázat

A hang terjedési sebessége különböző közegekben

Szilárd test	v, $\frac{m}{s}$	Folyadék (20 °C-on)	v, $\frac{m}{s}$	Gáz (0 °C-on)	v, $\frac{m}{s}$
Alumínium	6260	Aceton	1192	Nitrogén	334
Vas	5850	Benzin	1170	Hidrogén	1284
Jég	3980	Víz	1460	Levegő	331
Gumi	1040	Tengervíz	1451	Hélium	965
Üveg	5990	Glicerin	1923	Oxigén	316
Porcelán	5340	Higany	1451	Metán	429
Ebonit	2405	Szesz	1180	Széndioxid	259

A 2. táblázatban a hang terjedési sebessége különböző közegekben meghatározott hőmérsékletekre van megadva, mivel a hang terjedési sebessége adott közegben függ annak hőmérsékletétől.

Így például a hang terjedési sebessége a folyadékokban a hőmérséklet növekedésével csökken (kivétel a víz), a gázokban, ezzel szemben, állandó nyomás mellett a hang terjedési sebességének értéke a hőmérséklet növekedésével nő.

Korszerű műszaki megoldások lehetővé teszik a hang terjedési sebességének nagy pontosságú meghatározását (40. ábra).

A hang terjedési sebessége adott közegben függ annak hőmérsékletétől.

◆ **Kísérlet.** Helyezzünk hangforrást a légszivattyú harangja alá (41. ábra), és kezdjük el kiszivattyúzni a levegőt. Ahogy a harang alatt csökken a levegő mennyisége, a hang egyre halkul, és végül teljesen megszűnik.

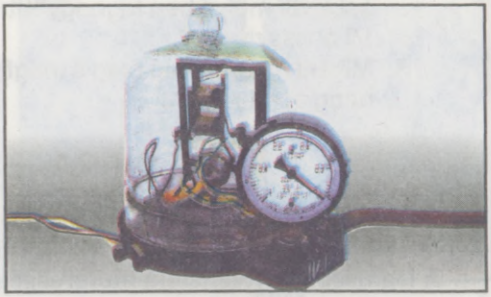
Ilyen kísérletet elsőként Robert Boyle végzett 1660-ban. Kimutatta, hogy a légüres térben, amit **vákuumnak** neveznek, a hang egyáltalán nem terjed. Ezzel bizonyította, hogy a hanghullámok létrejöttéhez anyagi közegre van szükség.

Vannak olyan anyagok, melyek rosszul vezetik a hangot, mivel ezekben a rezgések hamar lecsillapodnak. Például a pórusos faltáblákat, habosított műanyagot hangszigetelésre használják, vagyis, hogy a külső hangok ne jussanak be a helyiségbe.

A hanghullám valamely közegben való terjedésekor előbb-utóbb eléri ennek a közegnek a határát, ami mögött egy másik közeg van. *Ez a másik közeg más*



40. ábra



41. ábra

részecskékből áll, s így abban a hang terjedési sebessége is más. A két közeg határán megfigyelhető a hanghullámok visszaverődése ahhoz hasonlóan, ahogy a fény is visszaverődik a levegő és tükör határán.

Mivel magyarázható a hanghullám visszaverődése? A visszaverődés oka, hogy a hanghullámban terjedő rezgések, elérve a két közeg határát, átadódnak a szomszédos közeg részecskéinek. Ezek a részecskék maguk is új (másodlagos) hanghullám forrásául szolgálnak. A másodlagos hullámok nem csak a második közegben terjednek tova, hanem az elsőben is, ahonnan az elsődleges hullámok érkeztek. Ez a visszavert hullám.

A hang visszaverődésével kapcsolatos a mindenki által jól ismert jelenség – a visszhang. A jelenség lényege abban áll, hogy a hangforrásból kiinduló hang elérve valamely akadályt (épp a levegőtől eltérő másik közeg tekinthető akadálynak, ilyen egy épületfal, erdőszél stb.), visszaverődik annak felületéről, majd visszatér keletkezésének helyére.

Ha az eredeti hang és a visszavert hang nem egyszerre ér a hallgatóhoz, akkor az kétszer hallja a hangot. Vannak esetek, amikor a hang többször is visszaverődik, s ilyenkor többször hallható (például a hosszan elnyújtott mennydörgés).

A hanghullámok visszaverődése szolgál alapjául annak a módszernek, amelynek segítségével a tárgyak távolsága, illetve azok térbeli helyzete meghatározható. Tételezzük fel, hogy valamely időpillanatban a hangforrás rövid ideig hangrezgéseket kelt. A hang terjedése közben eléri az akadályt és visszaverődik onnan. Ha a hangforrás mellett elhelyeztek egy hangérzékelőt is, az bizonyos idő elteltével regisztrálni fogja a visszavert hangot. Ha megmérjük a hang kibocsátása és visszatérése közötti időközt, és ismerjük a hang terjedési sebességét az adott közegben, s ha figyelembe vesszük, hogy a hang a keresett távot kétszer tette meg (az akadály irányába és vissza), akkor az akadály és a hangforrás közötti távolság:

$$l = \frac{v_h t}{2},$$

ahol l a hangforrás és az akadály (visszaverő felület) közötti távolság; v_h a hangsebesség az adott közegben; t az az időköz, mely alatt a hang elérte az akadályt és visszaért a forráshoz.

KÉRDÉSEK

1. Miként határozható meg a hanghullámok terjedési sebessége?
2. Mitől függ a hanghullámok terjedési sebessége?
3. A 2. táblázat felhasználásával határozzátok meg, melyik anyagban legkisebb és melyikben legnagyobb a hang terjedési sebessége!
4. Mi a visszhang?
5. Miként határozható meg a megfigyelő és valamely akadály közötti távolság hang segítségével?

12. §. INFRA- ÉS ULTRAHANG

Számotokra már ismert tény, hogy a 16 és 20 000 Hz közötti rezgéseket érzékeli az emberi fül, ezért hívjuk ezeket hangrezgéseknek.

A legkisebb frekvenciájú hangrezgéseknél alacsonyabb frekvenciájú rezgéseket infrahangoknak nevezzük (a latin *infra* – aluli szóból).

Az infrahangok olyan rezgések, amelyek frekvenciája a hallható hangok alsó frekvenciájánál 16 Hz-nél kisebb.

Az emberi fül az infrahangokat nem érzékeli. Infrahangok viharok, zivatarok, földrengések közben keletkeznek. Az infrahangnak, bár hangként nem észlelhető, van fiziológiai hatása az emberi szervezetre. Az ember szenved a légi és tengeri betegségtől, melyeket az infrahang tartományú rázkódások idéznek elő. A speciális generátorokkal létrehozott infrahangok emberre gyakorolt hatásait vizsgáló orvosi kutatások arról tanúskodnak, hogy az infrahangok hosszabb ideig tartó hatásának helyrehozhatatlan következményei lehetnek.

A közegek alig nyelik el az infrahangokat, ebből kifolyólag képesek igen nagy távolságra tovaterjedni. A **szeizmográfnak** nevezett készülék alkalmas az infrahangok érzékelésére. Ezeket használják a földrengések előrejelzésére, a Föld belső szerkezetének tanulmányozására, ásványi kincsek lelőhelyeinek felderítésére (42. ábra).

A legmagasabb frekvenciájú hangrezgéseknél nagyobb frekvenciájú rezgéseket **ultrahangoknak** mondjuk (a latin *ultra* – túli szóból).

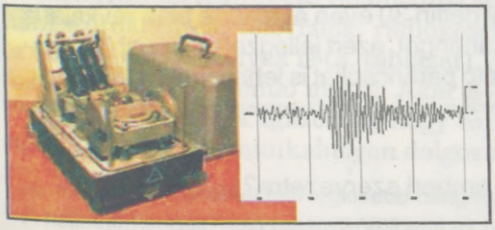
Az ultrahangok olyan rezgések, amelyek frekvenciája a hallható hangok felső frekvenciájánál 20 000 Hz-nél nagyobb.

Az ultrahangokat alkalmazzák a kemény és szuperkemény anyagok megmunkálására. Víz és apró szemcséjű por – csiszolópor – keverékét juttatják a megmunkálandó alkatrészek felületére. Ennek részecskéi az ultrahanggal való besugárzás hatására nagyfrekvenciájú rezgéseket végeznek s így bombázzák a megmunkálandó felületet. Ennek köszönhetően bonyolult alakú mélyedések, furatok alakíthatók ki. Így állítanak elő tetszőleges formájú alakzatokat kő, fém, porcelán stb. tárgyak felületén.

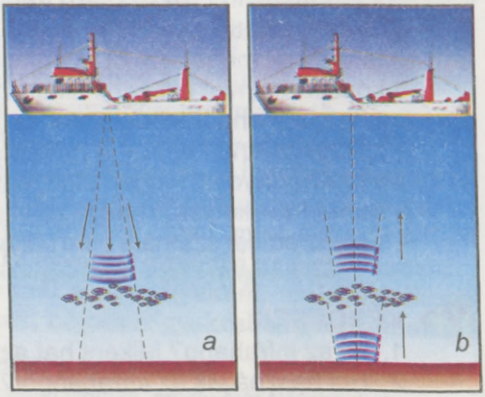
Már tudjuk, hogy a visszhang felhasználásával meghatározható a tárgyak, akadályok távolsága, illetve azok térbeli helyzete. A hallható hang erre nem alkalmas, mivel a hangforrástól az minden irányba terjed, s így a visszavert hangok is minden irányból érkeznek.

A visszhang segítségével történő helymeghatározás során nem hallható hangot, hanem ultrahangot használnak, aminek sokkal nagyobb a frekvenciája, azaz egészen rövid a hullámhossza. Ez lehetővé teszi a fénynyalábokhoz hasonló egészen keskeny ultrahang nyaláb létrehozását, s ezáltal a kiválasztott tárgy távolságának és térbeli helyzetének meghatározását.

Ezen az elven működik a tengerek és óceánok mélységének, illetve víz alatti objektumok meghatározására szolgáló **visszhanglokátor**. A hajókon elhelyezett



42. ábra



43. ábra



44. *a* ábra



44. *b* ábra

hangsugárzó készülék periodikus hangimpulzusokat bocsát ki a tengerfenék irányába (43. *a* ábra). A visszavert hullámokat az érzékelők felfogják (43. *b* ábra) és a számítógép képernyőjén megjelenik a meder domborzata. Amikor az ultrahang útjába valamilyen akadály, például halraj kerül, akkor ez szintén megjelenik a képernyőn.

A műszaki életben sokszor szükség van olyan folyadékok keverékére, amelyek normális körülmények között nem keverednek (például higany és víz). Ha azonban a higanyt és vizet tartalmazó lombikot bizonyos ideig ultrahang sugárzásnak vetik alá, létrejön egy tartós hosszú ideig fennmaradó folyadékelegy. Iparvállalatok ultrahangot használnak a víz és olaj elegyének létrehozására.

Tudósok megállapították, hogy a legegyszerűbb élőlények ultrahang hatására hamar elpusztulnak. Az ultrahangnak ezt a tulajdonságát használják fel a víz, tej és más élelmiszerek csírátlanítására, fertőtlenítésére. Egyes hidegvérű állatok, például halak, békák, ebihalak bénulásának és pusztulásának is ultrahang az okozója.

Az egészségügyben az ultrahangot gyógyászati (44. *a* ábra) és diagnosztikai céllal használják (44. *b* ábra).

EZT JÓ TUDNI

- Jáva szigetén nő a királyi primula (kankalin), amely abban különbözik a többi primulától, hogy csak vulkánkitörés előtt virágzik, s ezzel felhívja az emberek figyelmét a közelgő veszélyre.
- P. Langevin (1872–1946) francia tudós több mint 80 évvel ezelőtt szabadalmaztatta a világon az első ultrahangos echolokátort (szonárt). De a természet megelőzte őt. A denevérek és a cethalak a térben történő tájékozódásra mint élő echolokátorok működnek, mivel képesek széles sávban ultrahangot kibocsátani és felfogni. A delfin is pontosan meg tudja különböztetni a sziklát a halrajtól. Új-Zélandon, a sok apró sziget között vezető bonyolult tengeri úton, egy delfin 30 éven át töltötte be a révkalauz szerepét. A kutyák is hallják az ultrahangot, ezért jellegzetes síppal (Galton-síp), az ember számára nem hallható parancsokat is lehet adni a kutyáknak.

KÉRDÉSEK

1. Mi az infrahang? Miként hat az emberi szervezetre?
2. Hol használják az infrahangot?
3. Mi az ultrahang? Mondjatok példákat az ultrahang alkalmazására!

13. § HANGOK HATÁSA AZ ÉLŐ SZERVEZETEKRE

Az ember egészségére leginkább negatívan ható fizikai tényezők között rendkívüli káros hatásai miatt szerepel a hangos zaj. Az ember a zajt kellemetlen, nemkívánatos hangként érzékeli, ami zavarja a normális munkavégzésben, a szükséges információ megszerzésében, a pihenésben. A tudósok megállapításai szerint még a kis intenzitású zaj is munkaképesség-csökkenést, halláskárosodást okoz, megváltoztatja az agykéreg, a szív- és érrendszer, illetve a központi idegrendszer funkcionális képességeit. A zaj az emberre ingerlően hat, nagy mennyiségű hormon kerül a vérbe, ami félelemérzést, veszélyérzetet, agressziót stb. vált ki.

A zaj egy bonyolult fizikai jelenség, ami különböző magasságú és erősségű hangok rendszertelen keveréke. Ez a környezet fizikai szennyeződésének egyik formája, amihez gyakorlatilag a szervezet képtelen alkalmazkodni. A zaj tehát komoly környezeti szennyeződés, emiatt az állam részéről szükség van ennek speciális törvényekkel alátámasztott ellenőrzésére.

A lakosság zajvédelmének jogi alapjait képezik Ukrajna törvényei: *A lakosság közegészségügyi és járványügyi jólétének biztosításáról, A természetes környezet megőrzéséről, A légkör megőrzéséről, Az ökológiai szakértői vizsgálatokról* stb.

A zajvédelem eszközei: a zajvédő falak építése, elnyelő szűrők beiktatása, zajtalan gépek létrehozása, a termelési technológiák és a közlekedési eszközök megváltoztatása. Közlekedési pályák, villamos- és vasúti vágányok zöldesítésével az utcai zaj már 25 %-kal csökkenthető. A zajszintet, annak erejét (intenzitásszintjét – hangosságszintjét) **decibelekben (dB)** mérik. A decibel egy dimenzió nélküli mértékegység, mint például a százalék. Az emberi hallástartomány 0 (hallásküszöb[1]) és 130 dB (fájdalomküszöb[2]) közé esik. A zajszintet speciális készülékkel, zajszintmérővel mérik.

A feltételektől függően a hangerősség megengedett határai 45 és 85 dB közzé esik. A 70 dB-nek megfelelő folyamatosan fennálló zaj a belső elválasztású mirigyek és az idegrendszer működési zavarait váltják ki, 90 dB esetében halláskárosodás lép fel, 120 dB-nél pedig elviselhetetlen fizikai fájdalmat okoz.

A különböző rendeltetésű helyiségekben a megengedett zajszint-határok a következők:

- alvásra, pihenésre használt helyiségekben 30 – 40 dB;
- szellemi tevékenységre használt helyiségekben 40 – 50 dB;
- laboratóriumokban (kutatómunkához), számítógépteremben stb. 50 – 60 dB;
- üzemcsarnokokban, garázsokban, üzletekben stb. 50 – 70 dB.

Zajforrásnak tekinthető valamennyi közlekedési eszköz, az ipari létesítmények, hangszórók, liftek, televíziók, rádiókészülékek, hangszerek, emberek csoportja és még egyes személyek is (3. táblázat). A túlzott zaj olyan, mint a szervezetben fokozatosan felgyülemlő méreg. Akár 8–12 évvel megrövidíti az élettartamot.

Orvosi kutatások igazolják, hogy azoknál a személyeknél, akik foglalkozásuknál fogva zajos munkahelyen dolgoznak, négyszer gyakrabban fordulnak elő

[1] Az emberi füllel érzékelhető legkisebb hangnyomás a hallásküszöb.

[2] A hallható hangok felső határa körülbelül az a hangnyomás, amely már fájdalmat okoz, ez a fájdalomküszöb.

a különféle gyomorbetegségek (gyomorhurut, gyomorfekély stb.), mint másoknál. Sokkal több közöttük a halláskárosult és a süket. Az erős és hosszan tartó zaj hatására a szellemi tevékenység teljesítménye 60%-al, a fizikai tevékenységé pedig 30%-al csökken.

Kiderült, hogy a 27 év alatti fiatalok sokkal nagyobb intenzitású zajt képesek elviselni, mint a 40–50 év felettiek. De a statisztikák szerint azok a fiatalok, akik rajongói voltak a hangos zenének (koncerteken és otthon), 30 éves kor után már halláskárosultak, sérült az idegrendszerük és más betegségek hordozói.

3. táblázat

Különböző intenzitású zaj egészségre gyakorolt hatása

Zajforrás	A hangintenzitás szintje, dB	A szervezetre gyakorolt hatása
Hallásküszöb	0	
Levélzizegés	10	
Halk suttogás 1 méterről	15	
Csendes kert	20	
Óraketyegés	30	Nem zavar az alvásban
Éjszakai város, városi lakás	35	Megengedett egészségügyi norma
Csendes beszéd	40	
A csapból kifolyó víz zaja	45	Hathatós szellemi munka
Írógép zaja	50	
Hangszóró hangja	55	
Személygépkocsi által keltett zaj 1 m távolságból	60	Munkaképesség-csökkenés
Hangos beszéd	65	
Nagyvárosi utcazaj	70	Káros a pszichikumra, vegetatív idegrendszerre; aritmia
Nyomda	75	
Kiabálás 1 méterről; moped	80	
Mosógép, motorkerékpár hangtompítóval	85	Halláskárosodás, belső elválasztású és idegrendszeri zavarok
Igen nagy hangerővel játszó zenekar	100	Agresszió, gyomorfekély, magas vérnyomás
A gépkocsi szirénája, helikopter	110	
Rock-koncert	115	
Légkalapács (1 méterről)	120	Agysejtek sérülése
Ágyúlövés	125	
Felszálló repülőgép	130	Fájdalomküszöb
Rakétaindítás	150	

Szakértők által végzett mérések tanúsítják, hogy a modern rock együttesek koncertjein az első sorokban a hangintenzitás szintje eléri a 118–120 dB-t, s a hátsó sorokban is a 100–110 dB-t. Az orvosok szerint egy-egy ilyen koncert után a hallgatók 10%-ánál a belső fülben (idegvégződésekben) visszafordíthatatlan károsodás lép fel. Megállapítást nyert a zene igen intenzív hatása az ember vegetatív idegrendszerére, szívére, vérkeringésére, légzőszerveire.

Régóta tudott tény, hogy a nyugodt, halk, harmonikus zene pozitív hatással van az ember szervezetére. Létezik úgynevezett zeneterápia, amikor különféle egészségjavító eljárásokat kellemes monoton dallamok, halk vízcsobogás, a tenger halk morajlása, madárének, nyugodt szimfonikus zene hangjai kísérik.

KÉRDÉSEK

1. Mi a zaj? Mondjatok példákat!
2. Miként hat a zaj az ember egészségére?
3. Milyen hangok vannak pozitív hatással az ember idegrendszerére?

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. Meghalljuk-e a robbanás hangját, ha az a Holdon történt?

Felelet: nem, mivel a Holdon nincs légkör. A hang légüres térben nem terjed.

2. Rendezzétek a hangszereket hangmagasságuk szerint növekvő sorrendbe (a zárójelben látható számok a másodpercenkénti rezgések számát, a frekvenciát mutatják): hegedű (640 Hz), cselló (216 Hz), nagybőgő (196 Hz), mélyhegedű (415 Hz).

Felelet: nagybőgő (196 Hz), cselló (216 Hz), mélyhegedű (415 Hz), hegedű (640 Hz).

3. A fiú saját kiáltásának visszaverődő visszhangját a kiáltás után 2 másodperc múlva hallotta meg. Milyen messze volt a fiú az erdőtől?

Adva:

$t = 2\ \text{s}$

$v_h = 331\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$l - ?$

Megoldás:

Használjuk a következő képletet: $l = \frac{v_h t}{2}$.

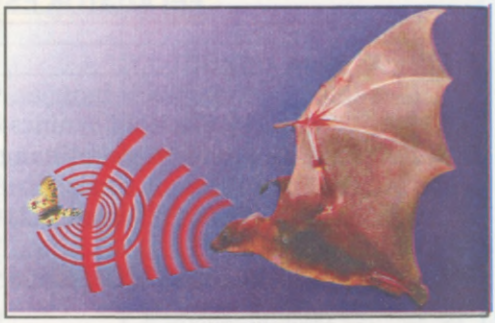
Helyettesítsük be a számértékeket: $l = \frac{331\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2\ \text{s}}{2} = 331\ \text{m}$.

Felelet: $l = 331\ \text{m}$.

A szint

42. Magyarázzátok meg a hang keletkezését a hegedű, zongora, trombita, dob esetében! Hogyan változtatja meg a zenész a hangmagasságot az egyes hangszereken?
43. Lehet-e bármely test hangforrás?
44. Hogyan keletkezik a vízcsobogás?
45. Hogyan állapítják meg van-e belső repedés a vasúti kocsi kerekében, vagy az üvegből, porcelánból készült edényekben?

46. Kocsivizsgálók a vasútállomásokon a kocsikerék állapotát úgy vizsgálják, hogy kalapáccsal ráütnek a kerékpántra. Miért teszik ezt? Mire figyel ilyenkor a kocsivizsgáló?
47. A hullámforrástól tovaterjedő rezgéseket az ember csak akkor érzékeli hangként, ha azok rezgéseinek száma 1 másodperc alatt nem kevesebb 16-nál és nem több 20 000-nél. Határozzátok meg e rezgések periódusát!
48. A dongóméh vagy a szúnyog lengeti szárnyait nagyobb gyakorisággal?
49. Miért van az, hogy a dörgést mindig később halljuk, mint ahogy látjuk a villámot? Milyen messze van a villámtól a megfigyelő, ha annak hangját 10 s múlva hallotta meg?
50. Ha vasúti sínre helyezzük fülünket, meghalljuk a távoli szerelvény kerekeinek kattogását. Hogyan lehetséges ez?
51. Miért hallunk rosszul, hà fülünkben vatta van?
52. Az olvasótermek padlóját puha szőnyeggel borítják be. Miért?
53. Miért van az, hogy a vonatkerék zakatolásának hangját különösen fülsüketítőnek érezzük az alagútban?
54. Hol könnyebb a hangforrás helyét meghatározni: sík terepen vagy a hegyek között, a mezőn vagy a faluban?
55. Hallja-e az ember az infrahangot? Miért?
56. Milyen hang a 9 Hz frekvenciájú rezgés? Mekkora e rezgés periódusa?
57. Mi a magyarázata annak, hogy a denevérek (45. ábra) teljes sötétben sem ütköznek neki az akadályoknak?



45. ábra

58. Az 1 MHz frekvenciájú ultrahang képes 6 m mélyre hatolni az acélöntvénybe. Mennyi időre van ehhez szüksége?

B szint

59. A belső égésű motor hibájának felderítése céljából a szerelő az egyik fülét egy acélrúd végére tapasztja, míg a rúd másik végét ráhelyezi a működő motorra. Miért csinálja ezt?
60. Ahhoz, hogy a nagy magasságú hegyen az emberek hallják egymást, hangosabban kell beszélniük. Miért? Magyarázzátok meg!
61. Miért tesznek a hallássérültek hallótölcsért a fülükhöz? Az ember melyik érzékszervéről van szó a feladatban? Milyen felépítésű az ember hallószerve?
62. A légy 1 s alatt 330 szárnycsapást végez, a lepke kettőt. A légy vagy a lepke szárnyainak rezgései keltenek hallható hangot? Mennyi a légy és a lepke szárnyrezgéseinek periódusa?
63. Mennyi idő alatt jut el a hang a tanári asztaltól a hátsó padig?
64. Két vasútállomás között a távolság 16,6 km. Mennyi idő alatt jut el a hang az egyik állomástól a másikig a levegőben; a sínekben? A levegő hőmérséklete 0 °C. A hang terjedési sebessége az acélban $5500\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

65. A rádió- és televízió-stúdiók falait hangelnyelő anyaggal vonják be. Miért?
66. A dörgés villámláskor keletkező hang. Mivel magyarázható, hogy a dörgést hosszan elnyújtottnak halljuk akkor is, ha a villám csak nagyon rövid ideig tart?
67. A palack feltöltésekor a vékony vízsugár (46. ábra) zajt – hangot – kelt, melyben felismerhető bizonyos hangmagasság. A feltöltődés folyamán ez a hangmagasság változik. Magasabb vagy mélyebb lesz a hang? Mi ennek a magyarázata?
68. Hallgassátok meg az ébresztőóra csörgését a szobában és kinn a szabadban. Magyarázzátok meg az észlelt különbséget!
69. Éjjel vagy ködös időben, magas sziklákkal szegélyezett tengerpart közelében úszó halászhajó időközönként rövid kürtjeleket hallat. Miért?
70. Mivel magyarázható, hogy kisebb helyiségben nem hallható visszhang? Miért nem lehet hang után tájékozódni az erdőben?


46. ábra

71. A szakértő méhész hang alapján meg tudja állapítani, hogy a méhek mézzel vagy méz nélkül repülnek. Honnan tudják ezt megállapítani?
72. Gyakori, hogy zárt tartálykocsik, tárolóedények és hordók folyadékszintjének meghatározását hangzásuk alapján végzik. Mivel magyarázható, hogy másféle hangot hallat a tartály, ha a feltöltött vagy az üres részén kopognak?
73. A szép, dallamos zene jótékonyan hat az ember szervezetére, csökkenti a fáradtságérzetet, pihentet. Ezzel szemben a motorok működése közben keletkező hangok károsak, ezért hangtompítók felszerelésével küzdenek ellenük. Miért?
74. Mivel magyarázható, hogy a macskák vagy más állatok földrengés előtt elhagyják az épületeket, a bálnák és a delfinek pedig messze kiúsznak a tengerre?
75. Visszhangos mélységmérő készülékkel meghatározták, hogy a hangjel kibocsátásától a tengerfenékről visszavert hang érzékeléséig eltelt idő 3 s. Milyen mély ott a tenger, ha tudjuk, hogy a hang terjedési sebessége a vízben $1450 \frac{m}{s}$?
76. Miért van az, hogy a hajókon nem hang-, hanem ultrahang lokátorokat (szonár) alkalmaznak (lásd a 43. ábrát)?
77. Ultrahang alkalmazásával végzik a gabonakártevők irtását. Mivel magyarázható, hogy az ultrahang hatással van a rovarokra? Miért van az, hogy sokféle rovar elpusztul ultrahang hatására?

TÖRTÉNELMI TÁJÉKOZTATÓ

Több mint kétezer évvel ezelőtt Arisztotelész (384–322 i. e.) a következőket írta: „Mivel a természet a mozgás és a változás forrása, vizsgálódásaink tárgya pedig a természet, nem hagyhatjuk tisztázatlannak, hogy mi a mozgás, mert ha nem ismerjük meg a mozgást, nem ismerjük meg a természetet." A mozgás alatt Arisztotelész azokat a változásokat értette, melyek a testtel történnek meg, vagyis a test helyzetének változását más testekhez viszonyítva. A filozófus szerint a bonyolultabb mozgás magába foglalja az azt megelőző, kevésbé összetett mozgást. Lássunk néhány példát Arisztotelész ezen kijelentéseire. A legegyszerűbb a mechanikai mozgás, vagyis a test helyzetének más testekhez viszonyított helyzetváltoztatása az idő múlásával. A mechanikai mozgáson kívül léteznek sokkal bonyolultabb mozgások, úgymint hőmozgás, elektromos vagy atomi. És ezek a mozgások már magukba foglalják a legegyszerűbb mozgást (hőmozgás esetében a részecskék a mechanika törvényei szerint mozognak).

Galileo Galilei (1564–1642) olasz fizikus és csillagász alapvető vizsgálatokat végzett a mechanikai mozgással kapcsolatosan. Megfogalmazta a relativitás elvét az egyenes vonalú egyenletes mozgásra. Tanulmányozta a testek szabadesését, s arra a megállapításra jutott, hogy a test egyenletesen növekvő sebességgel esik a földre. Azonban szükség volt a még csak elméleti feltevés (hipotézis) kísérleti úton történő igazolására.

A szabadesés tanulmányozása közben meg kellett küzdenie az időmérés bonyolult feladatával. Megtalálta annak módját, hogyan lassíthatja le az esés folyamatát: a test mozgását kis hajlásszögű lejtőn vizsgálta. Galilei elméletben tudta, hogy eközben csak a mozgás léptéke változhat, s így elvégezte ezeket a kísérleteket. Egy kemény fadarabban, szigorúan egyenes, fényesre csiszolt falú vájatot készített. Ezt a vízszinteshez viszonyítva bizonyos szög alatt elhelyezve, bronzból készült golyót görgetett le a vájatban. Megmérte a különböző hosszúságú útszakaszok megtételére fordított időt. Mivel akkor még nem létezett pontos időmérő eszköz, Galilei egy nagy tartályból vékony csövön keresztül kifolyó víz mennyiségét mérte meg, ami aközben folyt ki, mialatt a golyó a vájat egyik pontjától a másik pontjáig mozgott. Megállapította, hogy hipotézisének megfelelően az egyenletesen növekvő sebességgel mozgó golyó mozgásideje pontosan arányos a megtett út négyzetgyökével.

ELLENŐRIZZÉTEK TUDÁSOTOKAT!

Ellenőrző kérdések

1. A mechanikai mozgás mely fajtáit ismeritek? Miben különböznek egymástól?
2. Jól ismert dolog, hogy sűrű ködben könnyű eltévedni, mivel nem látjuk a tárgyakat, melyekhez viszonyítva mozgunk. Miért van az, hogy az erdőben, ahol sok fa van, szintén könnyen eltévedünk?
3. Miben különbözhet két test egyenes vonalú egyenletes mozgása, ha azok azonos utakat tettek meg?
4. Hogyan határozható meg a lejtőn legördülő test átlagsebessége? Mely mennyiségeket kell ehhez megmérni, és milyen eszközökre van szükség?
5. Mondjatok példákat görbe vonalú mozgásra, egyebek mellett a körmozgásra!

Ne jegyzetelj a könyvbe!

6. Képes-e minden test rezgő mozgásra?
7. Nevezzétek meg a rezgő mozgást jellemző fizikai mennyiségeket!
8. Milyen összefüggés áll fenn a hangsebesség, a hullámhossz és a hullámban terjedő hangrezgés frekvenciája között?
9. Milyen sűrűségű közegben nagyobb a hang terjedési sebessége?
10. Mely közegekben jöhetnek létre infrahang-rezgések?
11. Mely közegekben nem terjed az ultrahang?
12. Milyen módjait ismeritek a helyiségek zajcsökkentésének?

Amit már tudok, és amire már képes vagyok

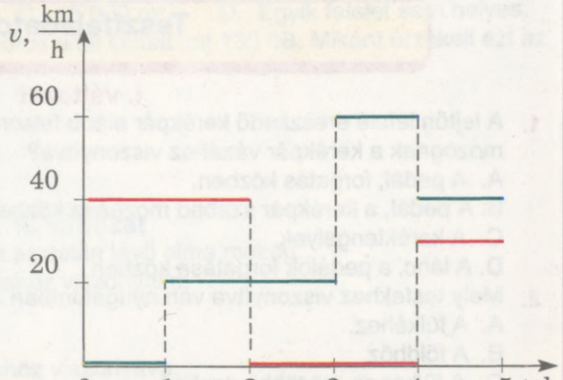
Én tudom a megtett út, az idő, a mozgássebesség mértékegységeit.

1. A pontok helyére írjátok be a hiányzó számokat:
1 km = ... m; 1 cm = ... m; 1 m = ... mm; 100 m = ... cm = ... mm;
1 h = ... s; 30 s = ... h; 15 min = ... s; 3 h = ... min = ... s;

$18\frac{\text{km}}{\text{h}} = \ldots \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $20\frac{\text{m}}{\text{s}} = \ldots \frac{\text{km}}{\text{h}}$; $20\frac{\text{cm}}{\text{s}} = \ldots \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $9\frac{\text{km}}{\text{s}} = \ldots \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Én már képes vagyok az egyenletes mozgás leírására és grafikonjának ábrázolására.

2. Két motorkerékpáros indul azonos helyről azonos irányba egyenes pályán. Sebességgrafikonjaik a 47. ábrán láthatók.
1. Mekkora sebességgel mozognak a motorosok az első, második, harmadik, negyedik, ötödik órában?
2. Melyik motoros sebessége volt a legnagyobb? Legkisebb? Mikor volt ez?
3. Melyik motoros és mikor nem mozgott?
4. Mekkora utat tett meg mindegyikük 1, 2, 3, 4, 5 óra alatt?
5. Rajzoljátok meg a motorosok mozgásgrafikonjait (út-idő grafikonját)!
6. Határozzátok meg a motorosok átlagsebességeit a teljes útszakaszra!



47. ábra

Én tudom, hogyan számíthatók ki az egyes fizikai mennyiségek.

3. Számítsátok ki a bányaakna mélységét, ha az aknába dobott kő becsapódásának hangja a becsapódás pillanatától számítva 6 s múlva ért a felszínre! A hang terjedési sebességét vegyétek 340 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$-nak.
4. A légkalapács vésőrúdja rezgéseinek periódusa 0,02 s. Mekkora a vésőrúd rezgéseinek frekvenciája?
5. Milyen messze van a hangforrástól az akadály, ha a hang 5 s múlva tért vissza a forráshoz?

Én tudom, hol alkalmazzák a gyakorlatban a fizikai jelenségeket.

6. Hogyan működik a szeizmográf?
7. Hol alkalmazzák az ultrahang rezgéseket?
8. Miért ütögetik a kocsivizsgálók kalapáccsal a vasúti kocsi kerekének kerékpántját a megállókban?

Én képes vagyok kísérletek elvégzésére.

9. Végezzétek el a következő kísérletet: egy 40–50 cm hosszú fémvonalzó egyik végét helyezzétek az asztal szélére és szorítsátok le egy fadarabbal vagy egy könyvvel. A vonalzó szabad végét húzzátok le vagy fel, majd engedjétek el. A vonalzó szabad végét egyre rövidebbre hagyva, ismételjétek a műveletet mindaddig, míg búgó hangot nem halltok. Mikor rezeg a vonalzó gyorsabban, ha szabad vége rövidebb vagy amikor hosszabb? Mikor vált hallhatóvá a hang: kisebb vagy nagyobb rezgésszám esetén? Mi a neve a vonalzó szabad vége rezgés közbeni legnagyobb kitérésének?

Én képes vagyok eszközök létrehozására.

10. Gondoljatok ki olyan eszközt, amellyel megmérhető a test által megtett út görbe vonalú mozgás esetén.

Én képes vagyok laboratóriumi munkák elvégzésére.

11. Laboratóriumi munka végzésekor a tanuló megállapította, hogy az inga 50 lengést végzett 45 s alatt. Mekkora az inga lengéseinek periódusa?

Tesztfeladatok

I. változat

1. A lejtőn lefelé ereszkedő kerékpár alább felsorolt alkatrészei közül melyek mozognak a kerékpár vázához viszonyítva?
   A. A pedál, forgatás közben.
   B. A pedál, a kerékpár szabad mozgása közben.
   C. A keréktengelyek.
   D. A lánc, a pedálok forgatása közben.
2. Mely testekhez viszonyítva van nyugalomban a mozgó vasúti fülkében ülő utas?
   A. A fülkéhez.
   B. A földhöz.
   C. A fülkében ülő többi utashoz.
   D. A kocsikerekekhez.
3. Egy személyvonat minden félórában 60 km-t, 15 perc alatt 30 km-t, 1 perc alatt 2 km-t tesz meg. Milyen ez a mozgás?
   A. Egyenletes.
   B. Változó.
   C. Görbe vonalú.
   D. Körmozgás.
4. Az egyik repülőgép sebessége $540\frac{\text{km}}{\text{h}}$, a másiké $130\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Melyik repülőgép sebessége nagyobb?
   A. Az elsőé.
   B. A másodiké.
   C. Egyenlő.

Ne jegyzetelj a tankönyvbe!

5. Egy gépkocsi 20 $\frac{m}{s}$ sebességgel megtett 2 km-t, azután 4,5 km-t 15 $\frac{m}{s}$ sebességgel. Mekkora a gépkocsi átlagsebessége az egész út folyamán?

   A. 17 $\frac{m}{s}$. B. 16,35 $\frac{m}{s}$. C. 16,25 $\frac{m}{s}$. D. 16 $\frac{m}{s}$.

6. Egy test 5 s alatt 20 fordulatot végez. Mekkora a test forgásának periódusa?
   A. 0,20 s. B. 4 s. C. 0,25 s. D. 100 s.
7. Függ-e az inga lengéseinek periódusa az inga hosszától?
   A. Igen.
   B. Nem.
   C. Csak bizonyos esetekben.
8. Az egyik inga hossza 2 m, a másiké 4 m. Melyik inga lengéseinek periódusa nagyobb?
   A. Az elsőé. B. A másodiké. C. Egyenlő.
9. Ki csapkod szárnyaival gyakrabban repülése közben: a szúnyog vagy a légy?
   A. A légy. B. A szúnyog. C. Egyformán.
10. A hangvillán a következő felirat látható 440. Mekkora a hangvilla szárai rezgéseinek periódusa?
    A. 0,0030 s. B. 400 s. C. 0,00227 s.
11. Viharban egy ember a villám felvillanása után 15 s elteltével hallotta meg a dörgést. Az embertől milyen messze történt a kisülés?
    A. 5000 m. B. 4965 m. C. 15 000 m. D. Egyik felelet sem helyes.
12. A repülőgép felszállásakor a motorok által keltett zaj 130 dB. Miként érzékeli ezt az ember?
    A. Kellemes érzést vált ki.
    B. Fájdalomérzést vált ki.
    C. Sehogy.

II. változat

1. A mozgó vasúti kocsi fülkéjének asztalán lévő alma mozog...
   A. A kocsi folyosóján sétáló utashoz viszonyítva.
   B. A mozdonyhoz viszonyítva.
   C. A Földhöz viszonyítva.
   D. Egy másik fülkében ülő utashoz viszonyítva.
2. Az alább felsorolt testek közül melyik van nyugalomban az adott pillanatban a Földhöz viszonyítva?
   A. A mozgó traktor hernyótalpának a talajjal érintkező része.
   B. A mozgó traktor hernyótalpának a felső része.
   C. A Nap.
   D. A mozgó kerékpár kerekének tengelye.
3. Egy gépkocsi fél óra alatt 30 km-t tett meg, éspedig az első 15 perc alatt 20 km-t, a következő alatt 10 km-t. Milyen mozgás ez?
   A. Egyenletes. B. Változó. C. Görbe vonalú. D. Körmozgás.
4. Az egyik gépkocsi sebessége 72 $\frac{km}{h}$, a másiké 25 $\frac{m}{s}$. Melyik gépkocsi mozgásának sebessége nagyobb?
   A. Az elsőé. B. A másodiké. C. Sebességük azonos.

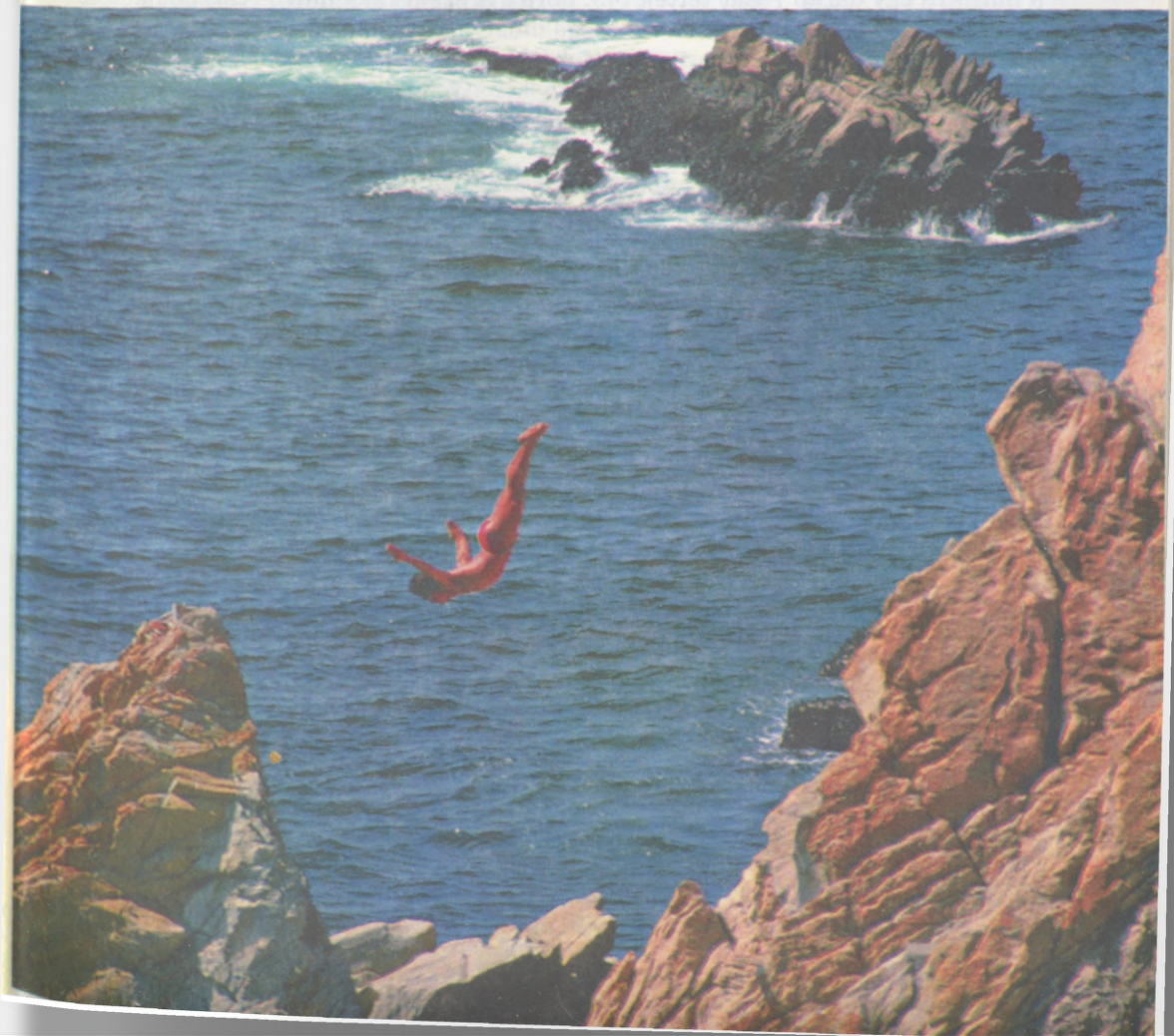
5. A gépkocsi sebességmérője 0,2 órán át 60 $\frac{km}{h}$ sebességet mutatott, majd 0,1 óráig 80 $\frac{km}{h}$-t és megint 0,2 órán át 40 $\frac{km}{h}$ sebességet. Határozzátok meg a gépkocsi átlagsebességét az egész út folyamán!
   A. 60 $\frac{km}{h}$. B. 62 $\frac{km}{h}$. C. 59,5 $\frac{km}{h}$. D. Itt nincs helyes felelet.
6. Egy forgó test 10 s alatt 100 fordulatot tesz. Mennyi a fordulatszáma?
   A. 100 Hz. B. 10 Hz. C. 1 Hz.
7. Függ-e az inga lengéseinek periódusa lengéseinek frekvenciájától?
   A. Igen. B. Nem. C. Csak bizonyos esetekben.
8. Az egyik inga lengéseinek frekvenciája 5 Hz, a másiké 2 Hz. Melyik inga hosszabb?
   A. Az első. B. Egyforma hosszúak. C. A második.
9. A méhecske kirepült virágport gyűjteni. Megváltozik-e szárnycsapásainak gyakorisága (frekvenciája) munkája során?
   A. Nem változik meg. B. Csökken. C. Növekszik.
10. A hangvilla rezgéseinek periódusa 0,002 s. Mennyi rezgéseinek frekvenciája?
    A. 500 Hz. B. 440 Hz. C. 450 Hz. D. Itt nincs helyes felelet.
11. Hajóról szonárral mérve a tenger mélységét meghatározták, hogy a jel kisugárzásának pillanata és a tengerfenéktől visszaverődött jel vételének pillanata között 0,6 s telt el. Mekkora a tenger mélysége?
    A. 435,3 m. B. 870,6 m. C. 600 m. D. Itt nincs helyes felelet.
12. A személygépkocsi motorjának zajszintje 1 m-re a gépkocsitól 60 dB. Milyen hatással van ez az emberre?
    A. Jó kedvre deríti. B. Csökkenti munkaképességét. C. Nincs hatással az emberre.

Ne jegyzetelj a tankönyvbe!



A TESTEK KÖLCSÖNHATÁSA

- A testek kölcsönhatása. A testek tehetetlensége
- A test tömege
- Az erő és mértékegységei
- Rugalmassági erő
- Hooke törvénye
- Dinamométerek
- A nehézségi erő
- A test súlya. Súlytalanság
- Az erő mérése
- Súrlódási erő
- Csúszó súrlódási együttható
- Nyomás és nyomóerő
- A folyadékok és gázok nyomása
- Pascal törvénye
- Hidraulikus gép
- Közlekedő edények
- A légnyomás
- Manométerek
- Folyadékszivattyúk
- A felhajtóerő
- A testek úszásának feltételei
- Hidrosztatikai mérlegelés (sűrűségmérés)



14. § A TESTEK KÖLCSÖNHATÁSA

Az előző fejezetben az egyenletes és a változó mozgást tanulmányoztuk, melyek mindegyike lehet a pálya formájától függően egyenes vonalú vagy görbe vonalú. Egyenes vonalú egyenletes mozgás esetében a test állandó nagyságú és irányú sebességgel mozog. A változó mozgás sebessége változik az idő múlásával. Most azokat a jelenségeket vizsgáljuk meg, melyek következtében a test megváltoztatja sebességének nagyságát vagy annak irányát.

• **Megfigyelés.** Mindennapos megfigyeléseink igazolják: ahhoz, hogy egy test mozogni kezdjen (vagyis sebességre tegyen szert) az szükséges, hogy egy másik test hasson rá. Például a futballpályán nyugalomban lévő labda csak akkor jön mozgásba, ha nekiütközik egy másik labda vagy belerúgnak (48. ábra). Tehát, amíg a labdára nem hatnak más testek, addig az nem változtatja meg sebességét, nem jön mozgásba a Földhöz viszonyítva.

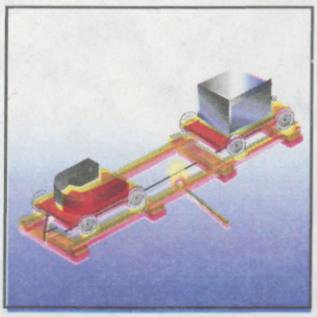
◆ **1. kísérlet.** Vízszintes deszkalapra helyezett két szekérke egyikére mágnest, a másikra egy darab vasat tettek (49. ábra). A szekérkék hátsó részéhez kötött és a deszkalap alatt áthúzott cérna megakadályozza közeledésüket. Ha átégetjük (vagy elvágjuk) a cérnát, mindkét szekérke mozogni kezd egymással szembe, megváltoztatva sebességüket nullától egy bizonyos értékig. Sebességük megváltozásának oka abban rejlik, hogy a mágnes és a vasdarab vonzzák egymást, vagyis kölcsönösen hatnak egymásra.

◆ **2. kísérlet.** Lökjük meg a vízszintes asztallapra helyezett acélgolyót, ettől az egyenes vonalú egyenletes mozgásba jön. Most helyezzünk egy mágnest a golyó elé a feltételezett mozgáspályája közelébe. Azt látjuk, hogy a mágnes és az acélgolyó kölcsönhatása következtében nem csak növekszik a golyó sebessége, hanem a mágnes felé fordul, vagyis megváltozik mozgásának iránya (50. ábra).

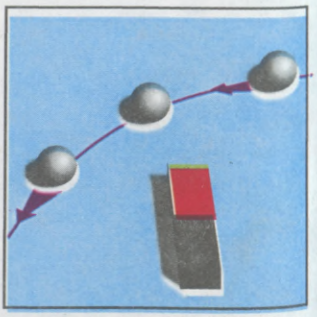
◆ **3. kísérlet.** Rögzítsük a rugó egyik végét a játékautóhoz (51. ábra), a másik végét pedig az asztal széléhez erősített rúdhoz. Húzzuk el az autót a rúdtól. Kezünk hatására a rugó vége is mozgásba jön és a rugó megnyúlik. Ha ezután elengedjük az autót, a megnyújtott rugó elkezd összehúzódni és az előbbi mozgásával ellentétes irányú mozgásba hozza az autót. A kísérlet elején kölcsönhatásban volt a kezünk és az autó a rugóval, minek következtében megváltozott sebességük, a rugó pedig megnyúlt. Miután elengedtük az autót kölcsönhatottak az autó és a rugó, ebből kifolyólag megváltozott sebességük, s a rugó összehúzódott.



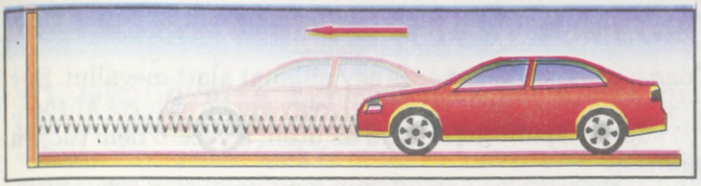
48. ábra



49. ábra



50. ábra



51. ábra



52. ábra

A testek kölcsönhatásakor nemcsak a test egészének változhat meg a sebessége, hanem akár egyes részeinek is. Ez történik például, amikor a kezünkben tartott teniszlabdát összenyomjuk (52. ábra). A labda egyes részeinek különböző elmozdulása következtében összenyomódik és megváltoztatja alakját (deformálódik). Eközben a kéz ujjainak alakja is megváltozik.



53. ábra

A fényképen (53. ábra) azt látjuk, amint egy golyó átüt egy acéllemezt. Ebben az esetben a golyó és a lemez kölcsönhatása játszódott le, minek következtében mindketten deformálódtak, s a golyónak még a sebessége is megváltozott.

A testek kölcsönhatásuk következtében megváltoztatják sebességüket és mozgásuk irányát, valamint deformálódnak.

KÉRDÉSEK

1. Mondjatok példákat, amelyek szemléltetik, hogy két test kölcsönhatásakor megváltozik mindkettő sebessége!
2. Ismertessetek olyan kísérleteket, amelyek igazolják, hogy a kölcsönható testek deformálódnak!
3. A golyó átütötte a deszkalapot. Hatással volt-e a deszkalap a golyóra? Miért?
4. A korcsolyázó sima jeges úton eldob egy nagy jégtömböt. Mi történik eközben a korcsolyázóval? Miért?

15. § A TESTEK TEHETETLENSÉGE

Az előző kísérletek alapján általunk levont következtetéseket a mindennapi tapasztalatok is igazolják: a test mozgásának sebességértékét és annak irányát csak más testtel való kölcsönhatás révén képes megváltoztatni.

Lássunk most egy olyan esetet, amikor a test a megfigyelés elején már mozog. Azt fogjuk tapasztalni, hogy a test mozgássebességének csökkenése és a test megállása magától nem mehet végbe, ezt csak egy másik test hatása válthatja ki.

• **1. megfigyelés.** Bizonyára már nemegyszer megfigyeltétek, hogy az utasok hirtelen fékezéskor előrebuknak vagy a közlekedési eszköz oldalához szorulnak az éles kanyarban.

• **2. megfigyelés.** Amikor tornaórán a 60 m-es távot futjátok, igyekeztek a legnagyobb sebességet elérni. A célba érve tovább már nem kellene futni,

mégis még néhány métert futtok, mert nem vagytok képesek azonnal megállni.

Az emberhez hasonlóan a gépkocsi sem képes egy pillanat alatt megállni. Egy bizonyos ideig még mozog, akár kikapcsolt motorral vagy éppen fékezés közben. Ezért nem szabad mozgó gépkocsi előtt átszaladni az úton: a vezető nem tudja a gépkocsit hirtelen megállítani.

◆ **Kísérlet.** Tegyünk a lejtő tetejére egy könnyű szekérkét a ráhelyezett fahasábbal, majd engedjük el (54. *a* ábra). A szekérke egyre növekvő sebességgel elindul lefelé, majd elérve a lejtő alján lévő akadályt, hirtelen megáll. Azt látjuk, hogy a szekérkére helyezett, de nem rögzített fahasáb tovább mozog (54. *b* ábra).

A felsorolt példákból is látható, hogy minden test rendelkezik a sebességét és annak irányát megtartani igyekvő tulajdonsággal, s ezeket más test hatására sem képes egy pillanat alatt megváltoztatni. Ennek alapján feltételezhető, hogy külső hatás hiányában a test bármennyi ideig megtartja sebességét és annak irányát.

A testnek azt a tulajdonságát, hogy más testek hatásának hiányában képes megtartani sebességét, tehetetlenségnek nevezzük.

Minden test megtartja sebességét, míg más testek nem hatnak rá. Ezt a jelenséget a tehetetlenség megnyilvánulásának vagy röviden tehetetlenségnek nevezzük.

A tehetetlenséget, mint fizikai jelenséget Galileo Galilei olasz tudós ismerte fel. Saját megfigyelései és megfontolásai alapján a következő megállapítást tette: **amennyiben a testre más testek nem hatnak, akkor nyugalomban marad, vagy egyenes vonalú egyenletes mozgást végez.** Erre mondják, hogy a test **tehetetlenségénél fogva** mozog.

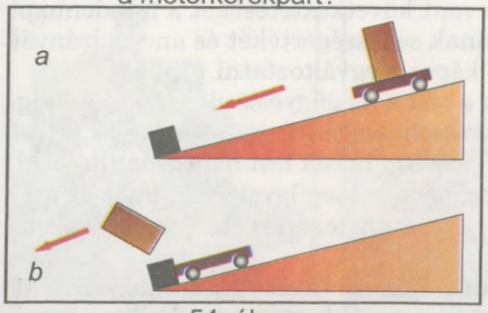
Tanulmányaink során a tehetetlenség fogalmával még **inercia** (*inertia* latin eredetű szó, jelentése: erőtlenség, tétlenség) alakban is fogunk találkozni.

A tehetetlenség jelenségét széleskörűen alkalmazzák a mindennapi és a műszaki életben. A kalapácsnyél cseréjekor például a fejet ráhelyezik a nyélre, majd (55. ábra) egy másik kalapáccsal ütik az új nyelet, vagy a nyél másik végét ütögetik egy mozdulatlan, nehéz tárgyhoz.

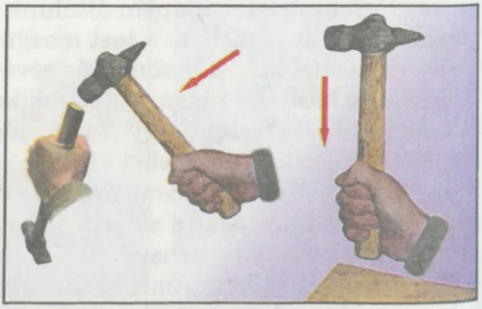
A tehetetlenség egy másik példája a molekulák mozgása: minden molekula más molekulákkal történő két ütközés közötti időközben tehetetlenségénél fogva mozog.

KÉRDÉSEK

1. Mi a tehetetlenség?
2. Ki fedezte fel a tehetetlenséget?
3. Hogyan mozogna a test, ha mozgását semmi sem akadályozná?
4. Miért nem lehet egy pillanat alatt megállítani a mozgó vonatot, a gépkocsit, a motorkerékpárt?



54. ábra


55. ábra

16. §. A TEST TÖMEGE

• **1. megfigyelés.** Egy labda esik a földre, majd visszapattan onnan, ez két test kölcsönhatásának példája. Már tudjuk, hogy a testek kölcsönhatásának következménye sebességük és mozgásuk irányának megváltozása. Valóban, a labda az ütközés után majdnem ugyanolyan sebességgel, de ellentétes irányba pattan vissza a földtől. A Föld állapotában ugyanakkor semmilyen érzékelhető változás nem tapasztalható, habár valójában van változás, csak végtelen kicsi.

Ez a példa szemléletesen mutatja, hogy a testek kölcsönhatásának eredménye minden test esetében más, és függ magának a testnek a tulajdonságaitól. A mindennapos tapasztalat és kísérletek arról tanúskodnak, hogy kölcsönhatáskor a különböző testek ugyanakkora sebességváltozása nem azonos idő alatt megy végbe. Egyeseknél ez rövidebb, másoknál hosszabb ideig történik meg. A sebességét lassabban változtató test mozgása inkább hasonlít a tehetetlenségénél fogva való mozgáshoz, s ezért az ilyen testre azt mondják, hogy nagyobb a **tehetetlenségének mértéke**. Ilyen értelemben a **tehetetlenség** a test mérhető tulajdonsága is.

Tehetetlenségen a test azon tulajdonságát értjük, mely abban nyilvánul meg, hogy bármely más testtel való kölcsönhatása közben a sebességének megváltozásához bizonyos időre van szüksége.

Minden test rendelkezik tehetetlenségének mértékével.
A tehetetlenség mértékéül a test **tömege** szolgál.

A test tömege olyan fizikai mennyiség, amely tehetetlenségének mértékéül szolgál. Minél nagyobb a test tömege, annál nagyobb a tehetetlensége.

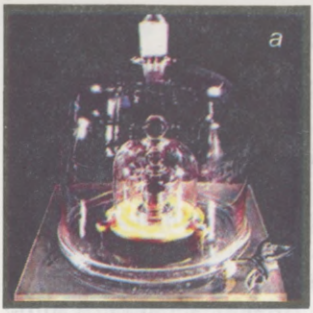
A tömeg mennyiségi meghatározásának többféle módja van. Mindezek alapjául a tehetetlenség szolgál, amely kivétel nélkül minden test sajátja. A gyakorlatban azonban a legcélszerűbbnek mutatkozik a tömeg mérésének az a módja, amely valamennyi test és a Föld közötti kölcsönhatáson alapszik.

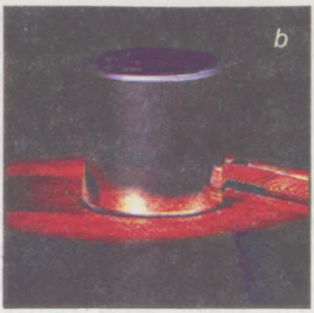
• **2. megfigyelés.** Bizonyára számtalanszor megfigyeltétek, hogyan esnek az esőcseppek, a hópelyhek, hogyan szállnak alá a porszemcsék, vagy bármely Föld fölé emelt és elengedett test. Mindez azzal magyarázható, hogy a Föld vonzza a vízcseppet, a hópelyhet, a porszemcséket és bármely más fizikai testet, vagyis ezek kölcsönhatásban vannak a Földdel. Kísérletek kimutatták, hogy ez a kölcsönhatás annál erősebb, minél nagyobb a test tömege.

◆ **Kísérlet.** Egyik kezünkbe vegyünk egy gyufásdobozt, a másikba egy darab fát (56. ábra). Nagyobb terhelést érez az a kezünk, amelyik a fadarabot tartja, vagyis a fadarab nehezebb, mint a gyufásdoboz. Tehát a fadarabnak nagyobb a tömege, mint a doboznak, mivel nagyobb erővel vonzza a Föld.



56. ábra





57. ábra



58. ábra

Amennyiben a testek tömege közel azonos, vagy ha a test túl kicsi vagy túl nagy, tömegüket már nem lehet ezzel a módszerrel összehasonlítani. Mégis, hogyan lehet megfelelő pontossággal megmérni a test tömegét?

A test tömegének mérésére speciális eszközt használnak. Ez a **mérleg**. Üzletekben, gyógyszertárakban, postahivatalokban különböző felépítésű mérlegeket használnak az élelmiszerek, gyógyszerek, küldemények tömegének mérésére.

A test tömegének mérleggel történő mérését **mérlegelésnek** nevezik.

A tömeg betűjele az m (a latin *massa* kezdőbetűje). A tömeg mértékegysége az SI-ben az **egy kilogramm (1 kg)**.

A tömegegység mintapéldányát (tömegetalont) (57. *a* ábra) Franciaországban, Párizs egyik külvárosában, Sévresben őrzik. Ez egy platina-irídium ötvözetből készített 39 mm átmérőjű, 39 mm magasságú tömör henger (57. *b* ábra). A tömegetalonról igen nagy pontosságú másolatokat készítettek a világ valamennyi országa számára.

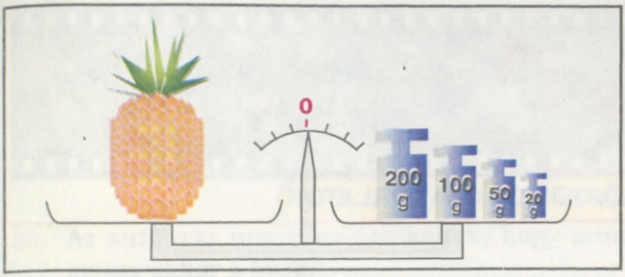
A gyakorlatban használják még a tömegegység többszöröseit és törtrészeit is: tonna (t), gramm (g), milligramm (mg):

$$1\ \text{t} = 1000\ \text{kg};\ 1\ \text{g} = 0{,}001\ \text{kg};\ 1\ \text{mg} = 0{,}000001\ \text{kg};$$
$$1\ \text{kg} = 0{,}001\ \text{t};\ 1\ \text{kg} = 1000\ \text{g};\ 1\ \text{kg} = 1\ 000\ 000\ \text{mg}.$$

Az iskolai laboratóriumi mérleg (karos mérleg) fő része a mérlegkar (58. ábra), amely szabadon elfordulhat a közepén elhelyezett tengelye körül (a következő fejezetben megtudjátok, hogy az ilyen felépítésű szerkezet az **emelő**, amely egy egyszerű gép). A mérlegkar végein vannak felfüggesztve a mérleg serpenyői. A test tömegének mérése karos mérleggel azon alapszik, hogy a mérlegkar akkor lesz egyensúlyban, ha a serpenyőkbe helyezett testek tömege egyenlő. Ekkor a mérlegkar vízszintes állású, a mérleg mutatója pedig a nulla beosztásra mutat. Vagyis mérlegeléskor a test tömegét összehasonlítják az etalon (ismert tömegű test) tömegével.

Példa. Tegyük a mérleg egyik serpenyőjébe azt a testet, melynek tömegét meg akarjuk mérni, a másikba pedig az ismert tömegű mérlegsúlyokat (59. ábra). A mérlegsúlyokat úgy válasszuk meg, hogy a mérleg egyensúlyba kerüljön. Összeszámoljuk a testet egyensúlyozó mérlegsúlyok össztömegét. Ez lesz a keresett tömeg, vagyis az ábrán látható esetben 370 g.

$$m = 370\ \text{g} = 0{,}370\ \text{kg}.$$



59. ábra



60. ábra

Mérlegeléshez különböző tömegű súlyokat tartalmazó speciális súlykészletet használnak. A 60. ábrán az iskolai laboratóriumi mérleg súlykészlete látható. Ebben 9 mérlegsúly van, amelyek tömege külön-külön 100, 50, 20, 20, 10, 5, 2, 2 és 1 g. Ezekkel bármely, grammokban egész számmal kifejezhető tömeg lemérhető 1-től 210 g-ig. Az 1 g-nál kisebb tömegű súlyok anyaga alumínium. Tömegük 500, 200, 200, 100, 50, 20, 20 és 10 mg.

Speciális mérlegek használatával megmérhető a nagyobb tömegű, vagy akár az igen kis tömegű test is. A 4. táblázatban feltüntettük az élő természet néhány képviselőjének és néhány ember alkotta tárgy tömegét.

4. táblázat

Élő természet	A test tömege	Ember alkotta tárgy	A test tömege
Szúnyog	7 mg	Integrált áramkör	900 mg
Búzaszem	30 mg	Az első műhold	83 kg
Ember	70 kg	ZAZ Tavrija gépkocsi	710 kg
Strucc	100 kg	K–700-as traktor	11 t
Bölény	1000 kg	Villanymozdony	200 t
Elefánt	7 t	A Mrija repülőgép a Burán űrhajóval	560 t
Bálna	150 t		

EZT JÓ TUDNI

• A mértékrendszerhez tartozó egységeken kívül vannak más tömegegységek is. Így például a drágakövek tömegét karátokban szokás mérni: 1 karát = 0,2 g. A Kijevi Rusz idejében a tömeg mértékegysége a grivna volt, ami körülbelül 410 g-nak felelt meg. Ezt az egységet később fontnak nevezték el: 1 font = 0,025 pud = 32 lat = 96 zolotnyik = 9216 szemer = = 0,4 kg. Nagyon elterjedt egység volt a pud (16,38 kg). Gyógyszerek mérésére használták a grán-t (vagy granum-ot): 1 grán = 0,6 g. Hagyománytiszteletből még alkalmazzák az unciát, melynek értéke az alkalmazási területtől függően 28–31 gramm.

KÉRDÉSEK

1. Mit értünk a test tömege alatt?
2. Hogyan mérhető meg a test tömege?
3. Mi a mérlegelés?
4. Milyen tömegegységeket ismertek?

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. Az asztalon egy könyv fekszik. Milyen más testekkel való kölcsönhatás következtében van nyugalomban ez a könyv?

Felelet: a könyv kölcsönhatásban van a Földdel és az asztallappal.

2. Mivel magyarázható, hogy nekifutásból távolabbra lehet ugrani, mint helyből?

Felelet: a tehetetlenséggel.

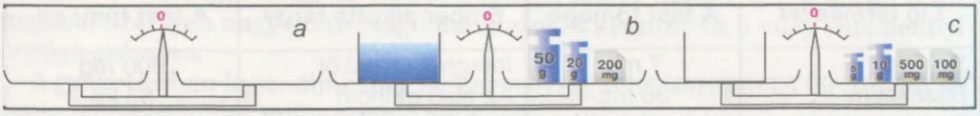
3. A 61. *a*, *b*, *c* ábrán a víz tömegének mérlegeléssel történő mérési folyamata látható. Mennyi a vízzel telt pohár tömege? Mennyi az üres pohár tömege? Mennyi a víz tömege a pohárban?

Felelet:

a) a mérleg egyensúlyba lett hozva;

b) a vízzel telt pohár tömege 70 g 200 mg = 70,2 g = 0,0702 kg;

c) az üres pohár tömege 15 g 600 mg = 15,6 g = 0,0156 kg; a víz tömege a pohárban 54 g 600 mg = 54,6 g = 0,0546 kg.



61. ábra

A szint

78. Nyugalomban marad-e a csónak, ha az ember a csónakból a partra ugrik? Miért?
79. Szöget ütnek a falba. Milyen testek kölcsönhatásáról beszélhetünk ebben az esetben?
80. Miért nehéz széllel szemben menni? Milyen fizikai testekkel van kölcsönhatásban ilyenkor az ember?
81. A fa egyik vékony gallyán ül egy madár. Mi történik a gallyal a madár felrepülésének pillanatában?
82. Lövéskor a puska visszarúg, azaz érezhető ütést mér a vadász vállára. Mivel magyarázható ez a jelenség?
83. Mivel magyarázható, hogy a legtöbb kerékpáron a fékberendezés a hátsó kereken van, és nem az elsőn?
84. Milyen jelenség megnyilvánulása látható a 62. ábrán, ahol a sportoló a talajtól elszakadva repül előre?
85. A vízcseppek elszakadnak a növény ágaitól, a kézről pedig lerázzák őket. Miben különbözik egymástól e két jelenség?

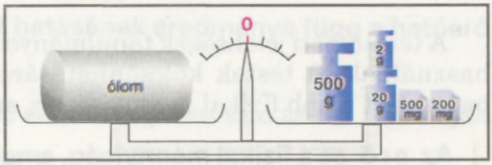


62. ábra



63. ábra

86. Az autóbusz utasai az érzékelték, hogy mindenki elhajlik balra. Hogyan mozog ekkor a busz?
87. Botlás után az ember akár el is eshet. Miért? Milyen irányba esik?
88. Mivel magyarázható, hogy a gépkocsi eleje hirtelen fékezéskor lejjebb ereszkedik?
89. Kanyarban a gépkocsivezető, a motorkerékpáros, a kerékpáros csökkentik járművük sebességét. Miért?
90. A itt felsorolt tömegértékek közül melyik jellemző a 63. ábrán látható egyes élőlényekre: 50 t, 4 t, 500 kg, 70 kg, 350 g, 13 g?
91. Határozzátok meg az ólomhenger tömegét (64. ábra)!
92. Figyeljétek meg az üzletben a kereskedelmi asztali mérleg skáláját, határozzátok meg a skálabeosztás értékét, és magyarázzátok meg, miért nem engedélyezett 50 g-nál kisebb tömegű árú mérése azon a mérlegen?



64. ábra

B szint

93. Miért van az, hogy a csónakban ülve, lábbal az ülésnek támaszkodva, nem lehet helyéről elmozdítani a csónakot? Kölcsönhatásban van ekkor az ember és a csónak?
94. Hogy mozgás közben csökkentsék a rázkódást, a gépkocsi alvázán rugós felfüggesztést alkalmaznak. Mi történik a rugókkal, ha a gépkocsit rakománnyal terhelik, vagy amikor a gépkocsi kátyús úton halad?
95. Végezzétek el a következő kísérletet: mozgó vonaton (buszon vagy gépkocsiban) dobjatok fel függőlegesen egy almát. Visszaesik az alma a kezetekbe? Magyarázzátok meg a kísérlet eredményét!
96. A kutya elől menekülő nyúl, amikor a kutya már-már elkapja, hirtelen oldalirányú ugrásokat tesz. Ilyen körülmények között a kutyának nem könnyű elkapni a nyulat, bár gyorsabban fut, mint a nyúl. Miért?
97. Végezzétek el a következő kísérletet: tegyetek az asztallap szélére egy papírlapot. Helyezzetek a papírlapra néhány könyvet úgy, hogy a papírlap széle kissé kiálljon. Mi történik a könyvekkel, ha a papírlapot lassan húzzátok ki a könyvek alól? Ha hirtelen kirántjátok? Ismételjétek meg a kísérletet úgy,



65. ábra

hogy a papírlapra csak egy füzetet tesztek, vagy csak néhány pénzérmét. Azonos eredményt mutat a kísérlet minden esetben? A feleletet írjátok be a füzetbe!

98. Hogyan lehet mérlegeléssel meghatározni, hány szög van a ládában, ha tudjuk, hogy a szögek láda nélküli össztömege 15 kg?

99. Ajánlott levelek, értéklevelek és nyomtatványként postázandó küldemények feladásakor a postahivatalban ezek tömegét speciális mérleggel (65. ábra) mérik meg 1 grammnyi pontossággal. A postabélyeget a mérés után ragasztják a küldeményre. Újra kell-e mérni a levelek tömegét, ha a postabélyegek tömege 20 és 150 mg között ingadozik?

100. Mérjétek meg a szalvéta által felitatott víz tömegét! Rendelkezésre áll: szalvéta, víz, mérleg.

101. Határozzátok meg a huzaltekercsben lévő rézhuzal hosszát, annak letekerése nélkül, csak mérlegeléssel.

102. A kikötőhöz közeledve kikapcsolják a hajó motorját. Miért? Felhasználható-e a tehetetlenség jelensége üzemanyag megtakarítására? Hogyan?

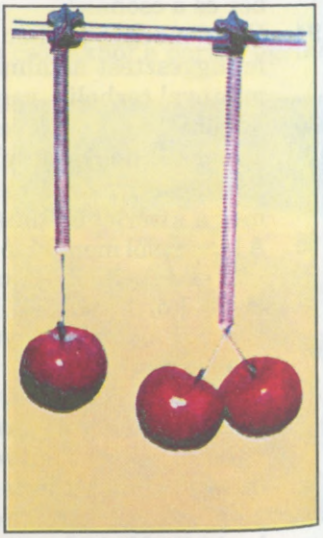
17. §. AZ ERŐ

A természeti jelenségek tanulmányozásakor különféle fizikai mennyiségeket használnak. A testek kölcsönhatásának minőségi és mennyiségi leírásához bevezetett újabb fizikai mennyiség az **erő**.

Az erő az a fizikai mennyiség, amely a testek kölcsönhatásának mértéke, és a testek vagy részeik sebességváltozásának oka.

• **Megfigyelés.** Ha megnézzük például a kéz és a röplabda kölcsönhatását, azt mondjuk, hogy a labda valamely erővel hat a kézre, vagy a kéz erővel hat a labdára.

◆ **Kísérlet.** Függesszünk fel rugóra egy almát (66. ábra). A rugó megnyúlik. Ha két almát függesztünk rá, a rugó jobban megnyúlik. Tehát két alma nagyobb erővel hat a rugóra, mint egy alma.



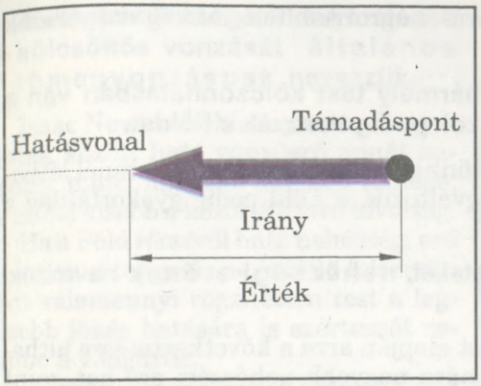
66. ábra

Az egyik test másik testre gyakorolt hatásának eredménye függ a hatóerő nagyságától.

Minél jobban szorul az ajtó a keretben, annál nagyobb erővel kell azt tolni vagy húzni, hogy kinyissuk.

Hogy könnyebb legyen kinyitni az ajtót, a kilincset a sarokvastól lehetőleg minél messzebb erősítik az ajtószárnyra. Próbáljátok kinyitni az ajtót a sarokvashoz közel hatva rá. Meggyőződhettek róla, hogy azt sokkal nehezebb kinyitni, mint a kilincs segítségével.

Az egyik test másik testre gyakorolt hatásának eredménye függ a hatóerő támadáspontjától.



67. ábra



68. ábra

Ahhoz, hogy az erő hatásának megfelelő eredménye legyen, például megnyúljon vagy összenyomódjon a rugó, bezáródjon vagy kinyíljon az ajtó, a hatóerő irányának különbözőnek kell lenni.

Az egyik test másik testre gyakorolt hatásának eredménye függ a hatóerő irányától.

Az erőt grafikusan egyik végén nyíllal ellátott egyenes szakasszal ábrázolják (67. ábra).

A szakasz elejét az erő támadáspontjába helyezik. A szakasz hossza bizonyos léptékben az erő nagyságát, azaz számbeli értékét adja. A nyíl az erő irányát mutatja.

Azokat a mennyiségeket, amelyeknek számbeli értékükön kívül térbeli irányuk is van, **vektormennyiségeknek** nevezzük (*vector* latin eredetű szó – jelentése vivő, szállító).

Az erő betűjele a latin *F* betű.

A 68. ábrán a sportolónő megfeszített íjjal lövésre készül. Ebben az esetben a sportolónő keze jobbra irányuló *F* erővel hat az íjhúrra, az íjhúr pedig ugyanilyen számértékű, de balra irányuló erővel hat a sportolónő kezére. Ezek az erők tehát egyenlő nagyságúak, de ellentétes irányúak.

KÉRDÉSEK

1. Mi az erő?
2. Mitől függ az egyik test hatása a másikra?
3. Hogyan ábrázolják az erőt grafikusan? Mi a betűjele?

18. § A NEHÉZSÉGI ERŐ

Mivel magyarázható, hogy minden feldobott test visszaesik a Földre? Miért van az, hogy szánkón könnyedén lesiklunk a domboldalon, felfelé pedig húzni kell?

Dobjunk fel egy labdát. A labda felemelkedik egy bizonyos magasságig, majd elkezd lefelé mozogni és leesik a Földre. A repülőgépből kiugrott ejtőernyős lefelé esik, még akkor is, ha már kinyitotta az ernyőt. Az esőfelhő megjelenése után

sűrű eső kezd hullani a Földre. Bármekkorát is ugrunk felfelé, mindig visszaesünk a Földre.

A Földön vagy földközelben lévő bármely test kölcsönhatásban van a Földdel: a Föld vonzza a testeket, azok pedig vonzzák a Földet.

Mivel a Föld tömege igen nagy, a kölcsönhatás következtében szemmel láthatóan a testek sebessége és helyzete megváltozik, a Föld pedig gyakorlatilag a helyén marad.

Azt az erőt, amellyel a Föld vonzza a testeket, nehézségi erőnek nevezzük.

Mitől függ a nehézségi erő értéke?

Az almákkal korábban végzett kísérlet alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy a rugóra függesztett két almára nagyobb nehézségi erő hat, mint egyre, mivel két alma tömege nagyobb, mint egy alma tömege. Minél nagyobb a test tömege, annál nagyobb nehézségi erő hat rá.

A nehézségi erő betűjele: F_n.

A többi erőhöz hasonlóan a nehézségi erő mértékegysége az SI-ben az **egy newton (1 N)**. Az egységet Isaac Newtonról (1643–1727), a nagy angol tudósról nevezték el, aki elsőként fogalmazta meg a testek mozgásának alaptörvényeit és a tömegvonzás törvényét.

1 newton (1 N) erő megközelítőleg azzal a nehézségi erővel egyenlő, amely a 102 g tömegű testre hat.

Ebből következik, hogy az 1 kg tömegű testre ható nehézségi erő 9,81 N, vagyis $F_n = 9{,}81$ N.

Hogyan számítható ki newtonokban valamely tetszőleges tömegű testre ható nehézségi erő?

Minthogy az 1 kg tömegű testre 9,81 N nagyságú nehézségi erő hat, úgy az m tömegű testre ható nehézségi erő m-szer nagyobb.

Ahhoz, hogy kiszámítsuk a testre ható F_n nehézségi erőt, a $g = 9{,}81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ állandót (ennek értéke kismértékben függ a földrajzi helytől) meg kell szorozni a test kilogrammokban kifejezett m tömegével:

$$F_n = gm.$$

Nem csak a Földön vagy földközelben lévő testek és a Föld között hat vonzóerő. Minden test vonzza egymást. Vonzzák egymást például a Föld és a Hold, a Nap és a Föld, s a többi bolygó, hajók a tengeren, a szobában lévő tárgyak. A Föld és a Hold kölcsönös vonzása idézi elő az árapály jelenségét (69. ábra.), arra kényszerítve az óceánok óriási víztömegét, hogy napjában kétszer több méter magasra emelkedjék.

A nehézségi erőnek köszönhető, hogy a légkör megmarad a Föld körül, hogy a folyók fentről lefelé folynak, hogy a Hold a Föld közelében maradt, hogy a bolygók keringenek a Nap körül.



69. ábra

A világmindenség minden testének kölcsönös vonzását általános tömegvonzásnak nevezzük.

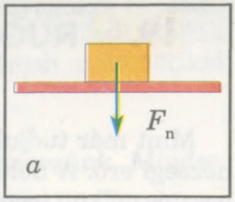
Isaac Newton bebizonyította, hogy a testek között ható vonzóerő annál nagyobb, minél nagyobb a testek tömege, és minél kisebb a közöttük lévő távolság.

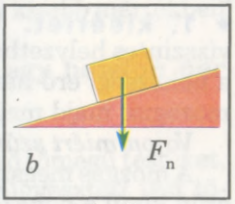
Ha a Föld részéről ható nehézségi erő váratlanul megszűnne, a Föld felszínén lévő valamennyi rögzítetlen test a legkisebb lökés hatására is szerteszét repülne a világűrbe.

De vajon milyen irányú a nehézségi erő?



70. ábra





71. ábra

• **Kísérlet.** Vegyünk egy függőónt vagy fonálra függesztett bármilyen testet (70. ábra). Azt tapasztaljuk, hogy a függőón a nehézségi erő hatására mindig a Föld felé irányuló egyenes mentén helyezkedik el. Ezt az irányt nevezik függőleges iránynak.

Elvégezve ezt a kísérletet a Föld felszínének legkülönbözőbb pontján, a tudósok meggyőződtek arról, hogy a nehézségi erő mindig a Föld középpontja felé irányul.

A nehézségi erőt az erő támadáspontjából kiinduló függőlegesen lefelé mutató nyíllal ábrázolják (71. *a*, *b* ábra).

EZT JÓ TUDNI

• Nemcsak a bolygók és holdjaik keringenek a Nap körül, hanem kisebb bolygók is, amelyeket aszteroidáknak is neveznek. Ezek legnagyobbika a törpebolygóként nyilvántartott Ceres, amelynek sugara majdnem 20-szor, tömege pedig 7500-szor kisebb, mint a Föld megfelelő mérete. A nehézségi erő olyan kicsi ezen a bolygón, hogy amennyiben az ember elrugaszkodna a felszínétől, el is hagyná a bolygót. Az aszteroidák között nagyság szerint negyedik a Veszta. Ennek tömege 60 000-szer kisebb a Föld tömegénél.

• K. E. Ciolkovszkij, az űrhajózás elméletének megteremtője az *Út a csillagokhoz* című elbeszélésében a következőképpen írja le az ember tartózkodását ezen a bolygón: „A Földön különösebb nehézség nélkül képes vagyok vinni még egy, velem azonos súlyú embert. A Vesztán ugyanilyen könnyedén elviszek 30-szor többet. A Földön felugrok 50 cm magasra. A Vesztán ugyanilyen erővel az ugrás már 30 m lenne. Ez egy tízemeletes ház vagy egy jól megtermett fenyőfa magassága. Ott könnyedén átugornék folyó szélességű árkokat vagy gödröket, 15 m magas fákat vagy épületeket. S mindezt helyből."

KÉRDÉSEK

1. Mi az oka annak, hogy a Földön minden magára hagyott test lefelé esik?
2. Milyen erőt nevezünk nehézségi erőnek?
3. Milyen képlettel számítható ki a nehézségi erő?
4. Hogyan változik meg a testre ható nehézségi erő, ha a test tömegét kétszeresére növeljük?
5. Milyen irányú a nehézségi erő?

19. §. RUGALMASSÁGI ERŐ. HOOKE TÖRVÉNYE. A TEST SÚLYA. SÚLYTALANSÁG

Mint már tudjuk, a Földön és földközelben levő valamennyi testre hat a nehézségi erő. A nehézségi erő hatására esnek a Földre a támaszték vagy felfüggesztés nélküli testek, mint például az esőcseppek, a feldobott kő, a hulló falevelek.

◆ **1. kísérlet.** Helyezzünk két támasztékra egy acéllemezt. A lemez most vízszintes helyzetben van (72. *a* ábra). Ha a lemez közepére nehezéket helyezünk, a nehézségi erő hatására a súly és vele a lemez közepe bizonyos ideig lefelé fog mozogni, majd megáll (72. *b* ábra).

Vajon miért szűnt meg a nehezék és a lemez mozgása?

A mozgás megszűnését azzal magyarázhatjuk, hogy a lefelé irányuló nehézségi erőn kívül a nehezékre még egy felfelé irányuló másik erő is hatni kezdett.

De honnan ered ez a másik erő?

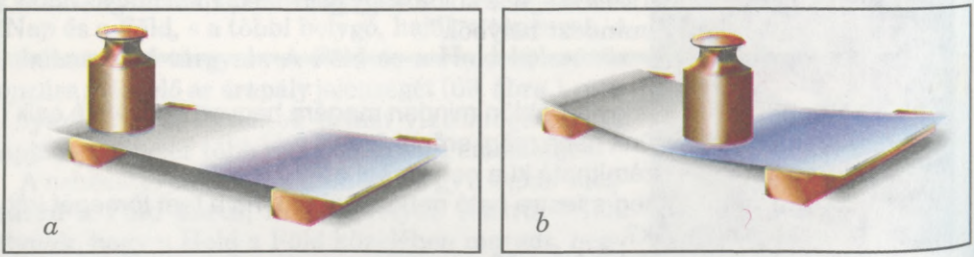
A test alakjának és méretének változását alakváltozásnak, **deformációnak** nevezik. A nehezék lefelé tartó mozgása következtében a lemez meghajlott, azaz deformálódott. Ennek eredményeképpen egy másik erő jelent meg, amellyel a lemez hat a rajta levő súlyra. Ez az erő felfelé irányul, vagyis a nehézségi erővel ellentétes irányú. Ezt az erőt **rugalmassági erőnek** nevezik. Amikor a rugalmassági erő egyenlővé válik a nehezékre ható nehézségi erővel, a támaszték és a nehezék nyugalomba jut.

A rugalmassági erő az az erő, amely a test deformációja következtében jön létre és iránya ellentétes a test részecskéi elmozdulásának irányával.

A deformáció egyik fajtája a hajlítás. Minél jobban meghajlik a támaszték, annál nagyobb lesz a támaszték részéről a nehezékre ható rugalmassági erő. A nehezék lemezre helyezése előtt ez az erő nem létezett. Ráhelyezés után a nehezék mozgása közben egyre jobban meghajlította a lemezt, s ezzel együtt fokozatosan nőtt a rugalmassági erő is.

A rugalmas testek (rugók) tulajdonságait több mint 300 évvel ezelőtt részletesen tanulmányozta **Robert Hooke** (1635–1703) angol természettudós. Az ő kutatásai tették lehetővé a később róla elnevezett törvény megfogalmazását. **Hooke törvénye**:

A rugalmassági erő egyenesen arányos a test (rugó) alakváltozásának (meghosszabbodásának) mértékével, és ellentétes irányú a test részecskéi elmozdulásának irányával.



72. ábra

Fontos hangsúlyozni, hogy ez a törvény csak a rugalmas anyagokra teljesül. Ha a deformált test megnyúlását, vagyis hosszának változását x betűvel jelöljük (73. *b* ábra), a rugalmassági erőt pedig F_{rug}, akkor Hooke törvényét matematikai alakban is felírhatjuk:

$$F_{rug} = kx,$$

ahol k arányossági tényező, amit a **rugó merevségének** nevezünk. Minden test rendelkezik valamilyen rugómerevséggel.

Minél nagyobb a test (rugó, huzal, rúd stb.) merevsége, annál kisebb mértékben változtatja hosszát egy adott erő hatására.

Az SI mértékrendszerben a merevség mértékegysége az **egy newton per méter** ($1\frac{N}{m}$).

Hooke törvénye segítségével összehasonlíthatjuk a különböző tömegű testeket, valójában megmérhetjük súlyukat. Minél nagyobb a rugóra függesztett test tömege, a rugó annál jobban megnyúlik. Ezen az elven működik az erő mérésére szolgáló készülék – a **dinamométer**.

♦ **2. kísérlet.** Helyezzük a testet egy támasztékra (73. *a* ábra). Kölcsönhatásuk közben nem csak a támaszték deformálódik, hanem a ráhelyezett test is, melyet vonz a Föld. Az alakváltozást szenvedett test bizonyos erővel nyomja a támasztékot. Ezt az erőt a **test súlyának** nevezzük. Betűjele ***P***. Ha a testet egy rugóra függesztjük fel, maga a test is deformálódik s eközben megnyújtja a rugót, amelyikben megfelelő rugalmassági erő ébred (73. *b* ábra). A test hat a felfüggesztésre. Most ez az erő lesz a **test *P* súlya**.

A test súlya az az erő, amellyel a Föld vonzása következtében a test nyomja az alátámasztást vagy húzza a felfüggesztést.

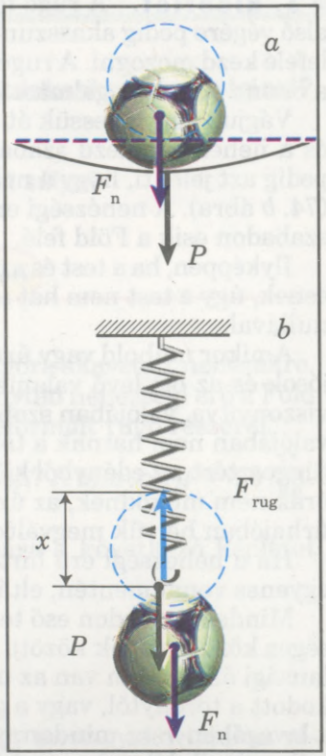
Ne tévesszük össze a nehézségi erőt a test súlyával. A nehézségi erő magára a testre hat a Föld részéről, a test súlya pedig rugalmassági erő révén az alátámasztásra vagy a felfüggesztésre hat.

Amennyiben a vízszintes alátámasztás vagy a felfüggesztés a testtel együtt nyugalomban van vagy egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, a test súlya számbelileg egyenlő a nehézségi erővel, és ugyanúgy számítjuk ki:

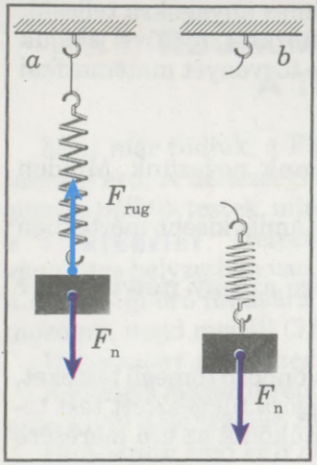
$$P = gm,$$

ahol P a test súlya; $g = 9{,}81\ \frac{N}{kg}$; m a test tömege.

Néha összetévesztik a test súlyát annak tömegével – ez hiba. Először is ezek fizikai mennyiségek, melyek közül a súly irányított mennyiség, azaz vektor, ellenben a tömegnek csak számértéke van. Ezek a mennyiségek a test különböző tulajdonságait jellemzik, és más a mértékegységük is: a súlyé *newton*, a tömegé *kilogramm*. Másodszor, minden testnek meghatározott állandó tömege van, míg a test súlya változhat,



73. ábra



74. ábra

amennyiben a támaszték vagy a felfüggesztés változó (nem egyenletes) mozgást végez. Ilyenkor a test súlya növekedhet vagy éppen csökkenhet a nyugalmi állapotban mért súlyához képest, vagy akár el is tűnhet, tehát nulla lesz (ez a **súlytalansági** állapot). Például emelődaruval nagyobb terhek emelésekor számolni kell azzal, hogy hirtelen rándítás esetén a teher súlya megnő, és a tartókötél elszakadhat. Az orvosi mérleg mérleghídján állva tapasztalhatjuk, hogy változik a mérleg jelzése, ha leguggolunk vagy hadonászunk a kezünkkel.

A test súlya bármely támasztékra hat, legyen az a padló, amelyen járunk, a szék, amelyiken ülünk, vagy a mászókötél, amelyikbe kapaszkodunk. A támaszték rendeltetése megakadályozni a test mozgását a nehézségi erő hatására.

1957. október 4-ével, amikor egy űrrakéta Föld körüli pályára állította az első műholdat, megkezdődött a világűr meghódításának korszaka. Már járt ember a Holdon, expedíció készül a Marsra. Gyakorta halljuk a rádióban, televízióban, olvassuk az újságok és folyóiratok hasábjain, hogy az űrhajósok a Föld körül keringő űrhajóban különleges állapotban vannak, amit **súlytalansági** állapotnak hívnak.

Miféle állapot ez? Megfigyelhető-e a Földön?

◆ **3. kísérlet.** A rugó felső végét kössük cérnával a mozdulatlan kampóhoz, alsó végére pedig akasszunk nehezéket (74. *a* ábra). Ez a nehézségi erő hatására lefelé kezd mozogni. A rugó deformálódni kezd (megnyúlik), egészen addig, amíg a benne ébredt rugalmassági erő nem ellensúlyozza a nehézségi erőt.

Vágjuk vagy égessük át a cérnát, amely a rugót és a nehezéket tartja. A rugó és a nehezék elkezd szabadon esni, ekkor a rugó deformációja megszűnik, ez pedig azt jelenti, hogy a nehezék elvesztette súlyát és nem hat a felfüggesztésre (74. *b* ábra). A nehézségi erő természetesen nem tűnt el, hanem hatására a test szabadon esik a Föld felé.

Ilyképpen, ha a test és a támaszték (felfüggesztés) azonos sebességgel szabadon esnek, úgy a test nem hat a támasztékra (felfüggesztésre), tehát a súlya egyenlő nullával.

Amikor műhold vagy űrállomás kering a Föld körül, maga az űrhajó, az űrhajósok és az ott levő valamennyi tárgy azonos sebességgel mozognak a Földhöz viszonyítva, valójában szabadon esnek. Ebből kifolyólag az alátámasztott testek valójában nem hatnak a támasztékra, a felfüggesztett testek nem feszítik a felfüggesztést, az edényből kiöntött víz hatalmas vízcsepp alakjában lebeg, az ingaórák nem működnek, az űrhajósok erőfeszítés nélkül képesek úszva, lebegve az űrhajóban helyük megváltoztatására.

Ha a nehézségi erő hirtelen eltűnne, úgy az űrhajó tehetetlenségénél fogva egyenes vonal mentén, eltávolodna a Földtől a világűrbe.

Minden szabadon eső test súlytalansági állapotban van. Amennyiben közönséges körülmények között nem vesszük figyelembe a légellenállást, úgy súlytalansági állapotban van az uszodában műugrást végző sportoló miután elrugaszkodott a toronytól, vagy a gumiasztalon gyakorlatozó légtornász, amikor éppen a levegőben van; mindannyian súlytalansági állapotban vagyunk futás közben, mikor egyik lábunk sem éri a talajt.

EZT JÓ TUDNI

- A régmúltban egyes anyagok (nevezetesen a tiszafa) rugalmas tulajdonságainak felismerése lehetővé tették elődeinknek, hogy feltalálják az íjat, azt a kézifegyvert, amellyel kihasználva a kifeszített íjhúr rugalmassági erejét, messzire kilőhették a nyílvesszőt.
- A közel 12 ezer évvel ezelőtt feltalált íj évszázadokon keresztül a legfontosabb fegyvere volt a világot benépesítő szinte valamennyi törzsnek, népcsoportnak. A tűzfegyver feltalálása előtt az íj volt a leghatékonyabb harci eszköz. Angol íjászok képesek voltak percenként 14 nyílvesszőt kilőni, ami az íj tömeges alkalmazása esetén a harcban egész nyílvessző felhőt hozott létre. Például a kilőtt nyílvesszők száma az Azincourt-i (*ejtsd:* azénkur) csatában (a százéves háború idején: 1415. október 25.) megközelítette a 6 milliót.
- E rettenetes fegyver széles körű alkalmazása a középkorban a társadalom bizonyos köreinek megalapozott tiltakozását váltotta ki. 1139-ben a Rómába összehívott lateráni zsinat a keresztények közötti használatát betiltotta. Mindazonáltal az „íjleszerelés" nem járt sikerrel, és az íjat, mint harci fegyvert, az emberek továbbra is alkalmazták még közel 500 éven keresztül.
- Manapság nálunk az íjászat már csak egyike a sportágaknak.

KÉRDÉSEK

1. Milyen erőt nevezünk rugalmassági erőnek? Mikor keletkezik rugalmassági erő?
2. Fogalmazzátok meg Hooke törvényét!
3. Mit értünk a rugó merevségén?
4. Mi a test súlya? Hogyan mérik? Állandó-e a test súlya?
5. Mi a súlytalanság? Hol tapasztalható?

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. Nevezzétek meg, milyen erők hatnak a spirális rugóra akasztott nehezékre.

Felelet: a nehezékre hat a függőlegesen lefelé irányuló nehézségi erő a Föld részéről, és az ellentétes irányú rugalmassági erő a deformált rugó részéről.

2. Mekkora a 383 kg tömegű űreszköz súlya a Marson? A Marson $g = 3{,}9 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Adva:
$m = 383$ kg
$g = 3{,}9 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$
$P - ?$

Megoldás.
Az űreszköz súlyának kiszámítására a következő képletet használjuk: $P = gm$.

$$P = 3{,}9 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 383 \text{ kg} = 1493{,}7 \text{ N}.$$

Felelet: $P = 1493{,}7$ N.

3. Az űrhajós a súlytalanság állapotában is kell hogy tornagyakorlatokat végezzen. Szüksége van-e ehhez súlyzókra?

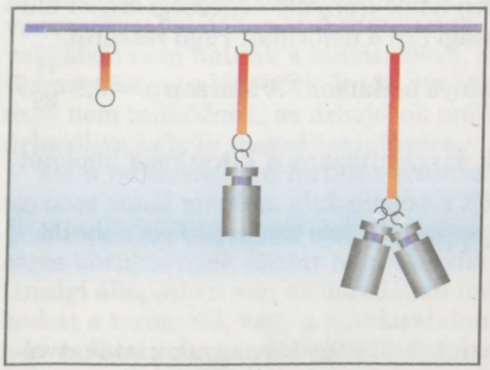
Felelet: súlytalansági állapotban a súlyzó emelgetésével járó szokásos gyakorlatok értelmüket vesztik, ugyanakkor a súlyzók tehetetlenségének leküzdését célzó gyakorlatokat lehet végezni (lengetés, forgatás, karok széttárása stb.). Mindazonáltal a súlyzó csak egy fölösleges teher, valószínűbb hogy lecserélik expanderre.

A szint

103. Nevezzétek meg azt az erőt, amely folyamatosan hat a testre földi körülmények között a Föld bármely pontján!
104. Miért esnek az elejtett testek a Föld felé? Milyen erő hat e testekre?
105. Milyen erők idézik elő jégeső során a felhőkben képződött jégszemcsék esését a Földre? Mely fizikai testek kölcsönhatása megy végbe az adott esetben?
106. A híddaru nagy teher emelésekor a terhet mindig lassan mozgatja. Mi ennek a magyarázata?
107. Milyen erők hatnak a falevelekre lombhulláskor?
108. Milyen erők hatnak a teherre, amikor az ejtőernyővel ereszkedik alá? Mely testek kölcsönhatásáról beszélhetünk adott esetben?
109. Az egyik kalapács tömege 1,4 kg, a másiké pedig 875 g. Melyik kalapácsra hat nagyobb nehézségi erő, és hányszor nagyobb?
110. Magyarázzátok meg a kísérlet (75. ábra) eredményét!
111. Milyen erő hatására repül ki a nyílvessző az íjból (76. ábra)?
112. Van-e súlyuk a folyadékoknak és a gázoknak?
113. Mekkora a Földön a 76 kg tömegű ember súlya?
114. Mennyi a súlya 10 kg tömegű víznek?
115. A test súlya 750 N. Mekkora a tömege?
116. Vásároltak a boltban 1 kg kenyeret, 400 g vajat, 1 kg 600 g felvágottat és 2 kg cukrot. Határozzátok meg a vásárolt áru összsúlyát!
117. Az egyik szék súlya 95 N, a másiké 0,095 kN. Melyik szék tömege nagyobb?
118. Vajon mindig azonos a test súlya a rá ható nehézségi erővel?
119. Van-e mindig súlya a testnek?

B szint

120. Mikor felemelték a nehéz gerendát a laza talajról, a talajon bemélyedés maradt. Milyen erő hatására keletkezett ez a bemélyedés?
121. Végezzétek el a következő kísérletet: tegyetek üvegedénybe egy marék földet, öntsetek rá vizet és alaposan keverjétek össze egy pálcikával. Figyeljétek



75. ábra



76. ábra

meg a földdarabkák mozgását a vízben! Ezután hagyjátok a keveréket leülepedni. Mely részecskék rakódnak az edény aljára elsőként? Sokáig marad zavaros a víz? Hogyan magyarázzuk ezt a jelenséget?

122. Figyeljétek meg a motorkerékpár, a gépkocsi, a traktor rugós lengéscsillapítóit. Miben különböznek ezek egymástól?

123. Neil Armstrong az első ember, aki 1969. július 20-án a Hold felszínére lépett (77. ábra). Számítsátok ki az űrhajós súlyát a Holdon, ha tudjuk, hogy súlya a Földön 745 N volt! Vegyétek figyelembe, hogy $g_h = 1{,}6\frac{N}{kg}$.

124. Az utóbbi időben megfigyelhettük, hogy vakmerő emberek lélegzetelállító gumikötél-ugrásokat hajtanak végre (78. ábra). Milyen állapotban van az ember az ugrás első másodperceiben? Milyen tulajdonsággal kell rendelkezni a kötélnek, hogy az ember túlélje az ugrást?

125. Mennyit hosszabbodott meg a $200\frac{N}{m}$ merevségű rugó, ha egy 5 kg tömegű testet akasztottak rá?

126. Mennyi a súlya 250 cm^3 térfogatú víznek?

127. Az üres vödör súlya 15 N. Mekkora lesz a súlya, ha beletöltünk 12 liter vizet?

128. A Föld első, 1957-ben fellőtt műholdjának súlya az űrrepülőtéren 820 N. A Proton-1 űreszköz tömege 12,2 tonna. Hányszor nagyobb a Proton-1 tömege az első műhold tömegénél?

129. A kisfiú a Földön könnyedén felemeli a 60 N súlyú testet. Mekkora tömegű testet lenne képes felemelni a Holdon ugyanilyen erővel? A nehézségi erő a Holdon 6-szor kisebb, mint a Földön.

130. Melyik fizikai mennyiség – az építőanyagok tömege vagy súlya – játszik főszerepet a hidak és más létesítmények tervezésénél és kivitelezésénél?

131. Melyik fizikai mennyiség, a test tömege vagy annak súlya fontosabb: amikor a vadász sörétet, vagy amikor a sportoló súlyzót vásárol a boltban?



77. ábra



78. ábra

132. Magas épületek gyorsliftjeiben közlekedve az emelkedés első pillanataiban az embernek az az érzése, hogy erősebben nyomja őt a padló, az ereszkedés kezdetén pedig ellenkezőleg, mintha könnyebbé válna, kisebb erővel nyomódik a padlóhoz. Azonos vagy megváltozott ezekben a pillanatokban: a) az ember tömege; b) az ember testére ható nehézségi erő; c) az ember súlya?

133. Gyakorlataikhoz az akrobaták vízszintesen elhelyezett rugalmas hálót, úgynevezett gumiasztalt használnak. Az akrobata a gumiasztalon többszörös ugrást végezve sokkal magasabbra képes ugrani, mint gumiasztal nélkül. Megváltozik-e ugrások közben az akrobata testére ható nehézségi erő? Megváltozik-e a sportoló súlya? Mikor lesz a sportolóra ható nehézségi erő kisebb, mint a gumiasztal részéről ható rugalmassági erő? Milyen esetben lesz a sportolóra ható nehézségi erő egyenlő a gumiasztal részéről ható rugalmassági erővel?

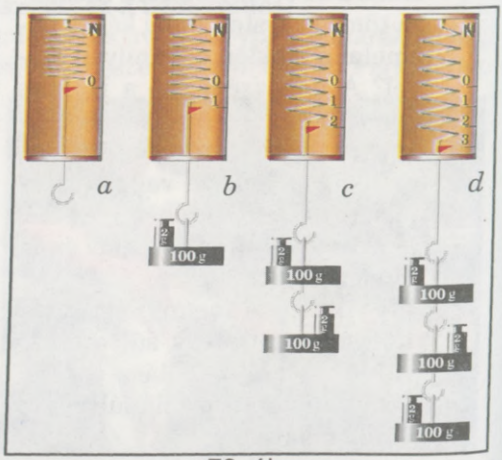
134. Hat-e vonzóerő a Föld körül keringő műholdakra és az űrhajóban levő tárgyakra, amelyek súlytalansági állapotban vannak?

20. §. DINAMOMÉTEREK. AZ ERŐ MÉRÉSE

Dinamométer (rugós erőmérő) – az erő nagyságának mérésére szolgáló készülék (a görög *dünamisz* – erő, és a *metreo* – mérek szavakból). Működése azon alapszik, hogy a rugóban ébredő rugalmassági erő Hooke törvénye szerint egyenesen arányos a rugó megnyúlásával, vagyis a mérendő erőhatást az általa létrehozott alakváltozással határozza meg.

A legegyszerűbb rugós dinamométert a következőképpen készítik. Egy nem túl hosszú lécdarab egyik oldalára papírlapot ragasztanak, majd kampóban végződő rugót erősítenek hozzá (79. *a* ábra). A szár felső végéhez mutatót rögzítenek. Terhelés nélküli állását megjelölik a deszkalapon, ez lesz a dinamométer nullapontja. Ezután a kampóra 102 g tömegű terhet akasztanak. Erre a teherre 1 N nagyságú nehézségi erő hat. Az 1 N erő hatására a rugó megnyúlik, és a mutató lejjebb ereszkedik. A mutató új állását vonással megjelölik a lapon, és a vonás mellé 1-est írnak (79. *b* ábra). Majd 204 g tömegű terhet akasztanak a kampóra és 2-es beosztással jelölik a mutató állását, ami azt jelenti, hogy ekkor a rugalmassági erő 2 N (79. *c* ábra). 306 g terhelésnél megjelölik a 3-as beosztást (79. *d* ábra) stb.

Fel lehet tüntetni a tizednewtonoknak megfelelő beosztásokat is: 0,2; 0,4; 0,6 stb. Ehhez a 0 és 1, 1 és 2, 2 és 3 beosztások közötti távolságot 5 egyenlő részre kell felosztani.



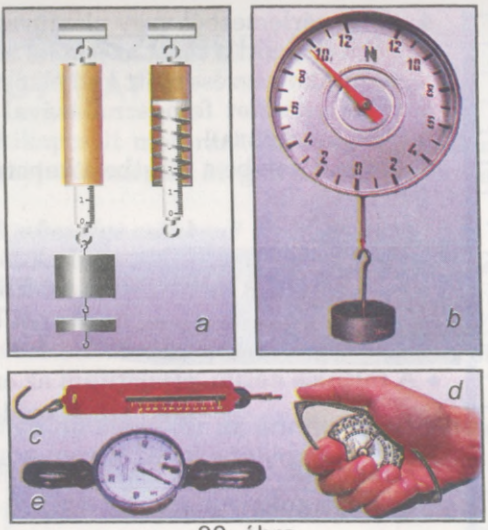
79. ábra

A készülék skálájának fokbeosztásokkal való ellátását a készülék graduálásának nevezik.

A fenti módon graduált fokbeosztásokkal ellátott rugó lesz tehát a legegyszerűbb dinamométer.

Az erő mérésére többféle dinamométert használnak (80. ábra):

a) iskolai laboratóriumi dinamométer; *b)* iskolai demonstrációs (szemléltetéshez használt) dinamométer; *c)* rugós mérleg; *d)* orvosi erőmérő-dinamométer, az ember izomerejének mérésére szolgál; *e)* vontatási erőmérő (húzóerő-mérő, vonóméró). Az ilyen dinamométer fő része egy nagy merevségű acélrugó. Ezt nagy erők, például gépkocsik, traktorok stb. húzóerejének mérésére használják.



80. ábra

KÉRDÉSEK

1. Mi a neve az erő mérésére szolgáló készüléknek?
2. Hogyan készíthető egyszerű dinamométer?
3. Hol alkalmazzák az erőmérőt? Vontatási erőmérőt? Mennyi a 80. *b* ábrán látható dinamométer skálabeosztásának értéke?

5. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA — DINAMOMÉTER KÉSZÍTÉSE

- A **munka célja:** elkészíteni egy rugós dinamométert.
- **Eszközök és anyagok:** acélhuzal, 1 cm átmérőjű fémcső, furnérlemez vagy plexiüveg darabok, szerszámok a fa vagy a plexiüveg megmunkálására, súlykészlet, papír, ceruza.

A munka menete

A legegyszerűbb rugós dinamométert így készítik.

1. Vesznek egy darab acéldrótot (például gitárhúrt), s vörös izzásig felmelegítik gázlángon. Lehűlése után a drót lágy lesz.
2. A drótot kiegyengetik. Majd veszik az 1 cm átmérőjű fémcsövet és szorosan, sűrű menetekkel rátekerik a drótot legalább 4 cm hosszan.
3. A spirált amennyire lehet összenyomják és rögzítik, hogy megakadályozzák szétbomlását, majd a gázlángba helyezik. Mikor már vörösen izzik, gyorsan hideg vízbe teszik. A spirál ettől edzetté válik, ami abban nyilvánul meg, hogy rugalmassá és merevvé lesz. A spirál végeit újra melegítik és lassan lehűtik, hogy alakítható legyen.

4. A furnérlemezből vagy plexiüvegből elkészített vázra (lapocskára) felszerelik a rugót (a vázat az iskolai műhelyben vagy a fizikai szaktanteremben a munka végzése előtt kell elkészíteni).
5. A súlykészlet felhasználásával készítsétek el a dinamométer skáláját (79. *a* – *d* ábra)!
6. Rajzoljátok be a füzetbe a kapott skálát!

6. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

ERŐ MÉRÉSE DINAMOMÉTERREL. A TESTEK SÚLYÁNAK MÉRÉSE

- **A munka célja:** elsajátítani az erő, a test súlya és a test tömege mérésének módját dinamométerrel.
- **Eszközök és anyagok:** az elkészített dinamométer, különféle testek.

A munka menete

1. Határozzátok meg az általatok készített dinamométer egy skálabeosztásának értékét. Egy beosztás értéke ... N!
2. Mérjétek meg dinamométerrel a különböző testekre ható nehézségi erőt, határozzátok meg súlyukat és tömegüket! A mérési és számítási eredményeket írjátok be az 1. táblázatba.

1. táblázat

Sorszám	A test megnevezése	A testre ható nehézségi erő, F_n, N	A test súlya, P, N	A test tömege, m, kg
1 2 3				

3. Mérjétek meg a dinamométer rugójának x megnyúlását 1 N, 2 N, 3 N, 4 N hatására! A mérések eredményeit írjátok be a 2. táblázatba!

2. táblázat

F_{rug}, N	0	1	2	3	4
x, cm					

4. A 2. táblázat adatai alapján rajzoljátok meg a rugalmassági erő és a megnyúlás közötti összefüggés $F_{rug}(x)$ grafikonját!

21. § SÚRLÓDÁSI ERŐ. CSÚSZÓ SÚRLÓDÁSI EGYÜTTHATÓ

• **Megfigyelés.** A mozgó gépkocsi kikapcsolt motorral bizonyos idő múlva megáll. A jégen mozgó korong idővel úgyszintén megáll. Megáll a kerékpár is, ha nem forgatják a pedált.

Vajon mi az oka annak, hogy a testek sebessége csökken?

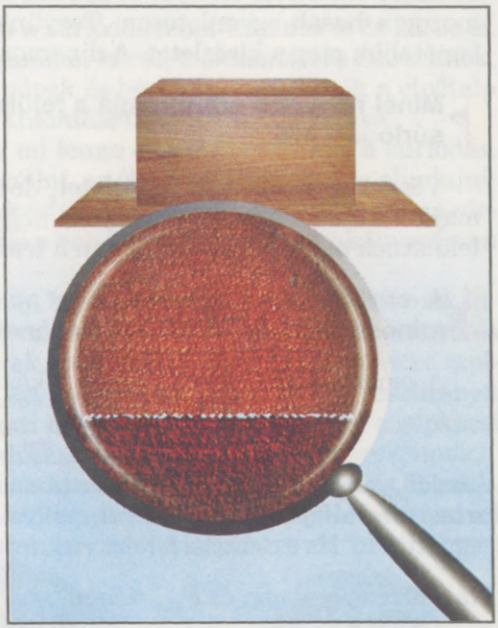
Eddigi tanulmányaitokból már tudjátok, hogy a test sebesség-változásának oka, az egyik testnek másik testre gyakorolt hatása. Tehát a vizsgált példákban is minden mozgó testre valamilyen erő hatott. Ezek a testek azért álltak meg, mivel hatott rájuk a mozgásuk irányával ellentétes irányú erő. Ezt az erőt **súrlódási erőnek** $F_{súrl}$ nevezik.

A súrlódási erő a szilárd testek kölcsönhatásakor az érintkező felületek között jön létre, és azok viszonylagos mozgását akadályozza.

A súrlódási erő létrejöttének egyik oka a testek érintkezési felületének érdessége. Még a szemre sima testek felületén is vannak egyenetlenségek, dudorok és karcolások. A 81. ábrán ezeket az egyenetlenségeket felnagyítva látjuk. Amikor az egyik test a másik felületén csúszik, az egyenetlenségek egymásba akadnak, ami egy, a mozgást gátló erőt hoz létre.

A súrlódás másik oka az érintkező felületek molekuláinak kölcsönös vonzása. Ha a testek felületei túlságosan simára csiszoltak, érintkezésükkor a molekulák olyan közel kerülnek egymáshoz, hogy észrevehetővé válik kölcsönös vonzásuk.

A súrlódó testek egymásra gyakorolt hatásától függően a súrlódás több fajtáját különböztetik meg: **nyugalmi súrlódás, csúszó súrlódás, gördülő súrlódás.**



81. ábra

◆ **1. kísérlet.** Tegyünk a lejtősen elhelyezett deszkára egy fahasábot. A hasáb nyugalomban lesz. Mi tartja vissza a hasábot a lecsúszástól? A hasáb és a lejtő között létrejött összetartó erő adott esetben a nyugalmi súrlódási erő.

◆ **2. kísérlet.** Szorítsátok kezeteket az asztalon levő füzetre és próbáljátok elmozdítani az asztallapon. A füzet mozgásba jön az asztallaphoz viszonyítva, de mozdulatlan marad a tenyeretekhez képest. Mely erővel késztettétek mozgásra a füzetet? Ez az erő a tenyeretek és a füzet között fellépő nyugalmi súrlódási erő.

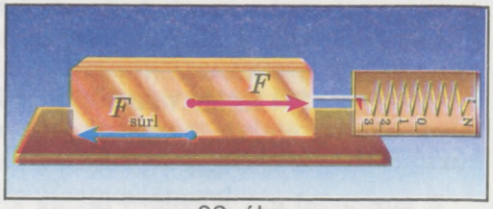
A nyugalmi súrlódás mozgatja a szállítószalagra helyezett terhet, megakadályozza a zsinórra kötött csomó kibomlását, tartja a facsavarokat és a deszkába vert szögeket stb.

Ha az egyik test csúszik a másikon, az ekkor fellépő súrlódást **csúszó súrlódásnak** nevezik. Ilyen súrlódás lép fel például akkor, amikor a szán vagy a sítalp csúszik a havon.

Ha viszont a test nem csúszik, hanem gördül a másikon, azt **gördülő súrlódásnak** mondják. Így a vasúti kocsi, a gépkocsi, a szekér kerekeinek gördülésekor, a hordó gurításakor gördülő súrlódás jelentkezik.

De mitől függ a súrlódási erő nagysága?

◆ **3. kísérlet.** Erősítsük a dinamométert a fahasábhoz és húzzuk oly módon, hogy a fahasáb egyenletesen mozogjon (82. ábra). Ekkor a dinamométer azt az erőt mutatja, amellyel a fahasábot húzzuk, tehát az asztal részéről a fahasábra ható súrlódási erőt is, mely egyenlő nagyságú a húzóerővel, de azzal ellentétes irányú. A két erő kiegyenlíti egymást. Együttes hatásukra mozog a hasáb egyenletesen. Tegyünk a fahasábra valamilyen nehezéket, és ismételjük meg a kísérletet. A dinamométer nagyobb súrlódási erőt mutat.



82. ábra

Minél nagyobb erő nyomja a felülethez a testet, annál nagyobb a fellépő súrlódási erő.

Végezzük el az előző kísérletet, de most mozgassuk a testet üvegfelületen, majd betonon. Azt tapasztaljuk, hogy a súrlódási erő értéke függ annak a felületnek az anyagától, amelyen a test mozog.

A súrlódási erő értéke függ az érintkező testek felületének anyagi minőségétől, és megmunkálásának minőségétől vagyis simaságától.

A csúszó súrlódási erő értékét a következő képlettel számíthatjuk ki:

$$F_{súrl} = \mu N,$$

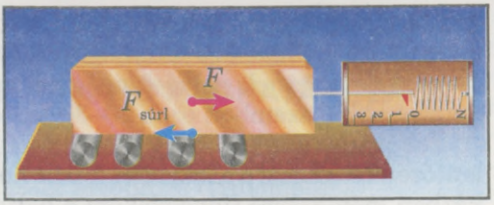
ahol $F_{súrl}$ a csúszó súrlódási erő; N a támaszték reakcióereje, ami számbelileg egyenlő a test által kifejtett nyomóerővel, mellyel a csúszási felületre hat; μ csúszó súrlódási együttható. Ha a csúszási felület vízszintes, úgy a nyomóerő egyenlő a test súlyával, vagyis $N = P = mg$, és $F_{súrl} = \mu gm$, ahol $g = 9{,}81 \frac{N}{kg}$; m a test tömege.

Az 5. táblázatban néhány anyag csúszó súrlódási együtthatója szerepel.

5. táblázat

Anyagok	Súrlódási együttható
Acél az acélon	0,17
Vas a vason	0,30
Vas az öntöttvason és a bronzon	0,18
Tölgyfa a tölgyfán párhuzamos szálakkal	0,40
Tölgyfa a tölgyfán merőleges szálakkal	0,20
Acél a jégen	0,02
Acél a szilárd talajon	0,20–0,40
Fa a jégen	0,035

◆ **4. kísérlet.** Helyezzük a fahasábot henger alakú ceruzákra (83. ábra). Húzzuk a hasábot dinamométerrel. A ceruzák és a hasáb, valamint az asztallap között fellépő súrlódás következtében a ceruzák forogni kezdenek, a hasáb pedig haladó mozgást fog végezni. Az így kapott gördülő súrlódási erő sokkal kisebb, mint a csúszó súrlódási erő.



83. ábra

Azonos terhelés mellett a gördülő súrlódási erő mindig kisebb a csúszó súrlódási erőnél.

Ha megvizsgáljátok a varrótűt, azonnal szembetűnik, hogy teljesen fényesre van csiszolva. *Miért van szükség erre a csiszolásra? Vajon rozsdás tűvel is könnyű lenne varrni?* Máris közvetlenül érzékelitek, milyen szerepe van a súrlódásnak a mindennapi életben.

A természetben és a műszaki életben a súrlódás lehet hasznos is és káros is. Amikor hasznos, igyekeznek azt növelni, amikor káros, csökkentésére törekednek.

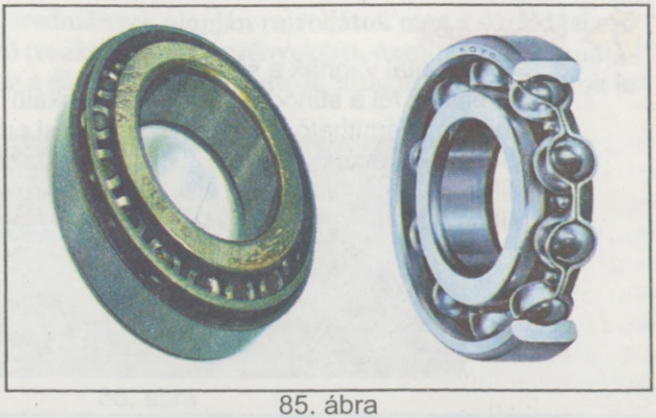
A súrlódás miatt használódnak el a gépek és berendezések, kopik a cipőtalp és gumiabroncs, bonyolultabbá válik a különféle teheráruk mozgatása.

De képzeljük el egy pillanatra, hogy mi lenne akkor, ha eltűnne a súrlódás. Akkor a mozgó gépkocsi nem tudna megállni, az álló pedig nem tudna elindulni; a gyalogosok elesnének és nem tudnának felállni; a szövetanyag széthullana cérnaszálakra, mivel azokat a súrlódás tartja a helyükön; még ezt a tankönyvet sem tudnátok lapozni.

Bizonyára már többször megfigyeltétek, hogy a gépkocsi gumiabroncsának futófelületén különleges mintázatú rajzok vannak (bordák és vájatok) hosszanti és keresztirányban egyaránt (84. ábra). Ezek nagyrészt a súrlódás növelésére szolgálnak, vagyis a kerék és az útburkolat közötti tapadást segítik. A keresztirányú vájatok a tapadásért felelősek, a hosszanti bordák és vájatok gátolják a gépkocsi oldalirányú megcsúszását. A vájatok nedves úton vízelvezetőként is szolgálnak.

A gépek mozgó alkatrészei a súrlódás következtében melegszenek és kopnak. A súrlódás csökkentése végett csiszolják és kenik az érintkező felületeket, mivel


84. ábra


85. ábra

a szilárd test felülete és a folyadék között sokkal kisebb a súrlódás, mint a szilárd testek között. Gépek és munkapadok forgó tengelyeit csapágyazzák. A gördülőcsapágyak lehetnek golyóscsapágyak és görgőscsapágyak (85. ábra). A csúszócsapágyakkal szemben ezek 20–30 szorosan csökkentik a súrlódási erő értékét.

Tehát már tudjuk, hogy a súrlódó felületek kenése (olajozása, zsírozása) jelentősen csökkenti a súrlódást. Akkor hogyan lehetséges, hogy szárazon nehezebb kézben megtartani (favágáskor) a balta nyelét, mint amikor nedves? Kiderült, hogy a fa megnedvesítésekor annak felületén a vékony szálak megduzzadnak, ezáltal megnő a súrlódás a kéz és a nyél között, ez az ami segíti a balta kézben tartását.

• **Megfigyelés.** Ha megpróbáltok futni az uszoda, folyó vagy tó vizében, nagy ellenállást tapasztaltok a víz részéről, és képtelenek vagytok gyorsan futni.

Ha könnyű, de nagyméretű testet visztek magatokkal szeles időben széllel szemben, a szél ellenállási ereje olyannyira gátolja mozgásotokat, hogy csak nehezen haladtok előre.

Szélcsendes időben álltok az út mellett, s nagy sebességgel elhalad mellettetek egy hatalmas teherautó, biztosan megérzitek a teherautó által keltett szelet. Ennek ereje annál nagyobb, minél nagyobb az autó sebessége.

Azt a súrlódási (ellenállási) erőt, amely a test folyadékban vagy gázban való mozgásakor keletkezik, közegellenállásnak nevezik.

Az ellenállási erő függ a test alakjától. A rakétákat, repülőgépeket, tengeralattjárókat és gépkocsikat áramvonalas formájúra készítik, vagyis olyan formájúra, amelynél a közegellenállási erő a legkisebb.

◆ **Kísérlet.** Vegyünk két mérőhengert, s töltsük fel egyiket vízzel, a másikat étolajjal vagy gépolajjal. Dobjunk mindkettőbe egyszerre egy-egy fémgolyócskát. A kísérletből kitűnik, hogy a golyó a vízben hamarabb ér az edény aljára, mint az olajban, vagyis a golyócska mozgását akadályozó közegellenállási erő az olajban nagyobb, mint a vízben.

A csónakok, hajók nem képesek olyan sebességgel haladni, mint a repülőgépek, mert a mozgó testre ható közegellenállási erő a vízben sokkal nagyobb, mint a levegőben.

KÉRDÉSEK

1. Milyen fajtái vannak a súrlódásnak?
2. Soroljátok fel a súrlódás létrejöttének okait!
3. Hogyan számítható ki a csúszó súrlódási erő értéke?
4. Miért lehet a súrlódás hasznos is, káros is?
5. Milyen módon csökkenthető a súrlódási erő?
6. Mit nevezünk közegellenállásnak?

7. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

A CSÚSZÓ SÚRLÓDÁSI EGYÜTTHATÓ MEGHATÁROZÁSA

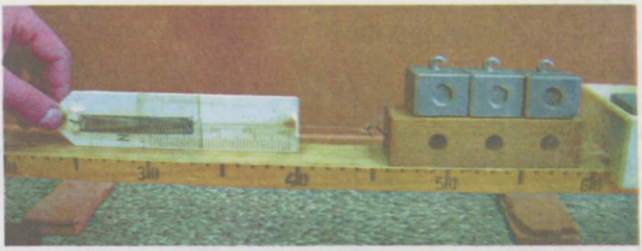
- **A munka célja:** a csúszó súrlódási tényező kísérleti meghatározása.
- **Eszközök és anyagok:** dinamométer, fahasáb, favonalzó (tribométer), súlykészlet.

A munka menete

1. Határozzátok meg a fahasáb és egy mérlegsúly tömegét!
2. Helyezzétek a hasábot a vízszintesen fektetett favonalzóra. Tegyetek a hasábra nehezéknek egy mérlegsúlyt.
3. Erősítsétek a súllyal terhelt hasábhoz a dinamométert, és húzzátok azt minél egyenletesebben a vonalzó mentén (86. ábra). A dinamométer állását írjátok be a táblázatba.

A kísérlet sorszáma	A fahasáb tömege a súlyokkal m, kg	A súrlódási erő $F_{súrl}$, N	A támaszték reakcióereje, $N = mg$, N	A csúszó súrlódás együtthatója $\mu = \frac{F_{súrl}}{N} = \frac{F_{súrl}}{mg}$
1 2 3				

4. Az első súly mellé tegyetek egy másodikat, majd egy harmadikat, s minden esetben határozzátok meg a hasáb és súlyok össztömegét, és mérjétek meg a súrlódási erőt! Minden kísérletben az $N = mg$ képlet szerint számítsátok ki a támaszték reakcióerejét (a nyomóerőt), amely megegyezik a hasáb és a ráhelyezett mérlegsúlyok együttes súlyával. A mérések és számítások eredményeit írjátok be a táblázatba!
5. Minden esetben számítsátok ki a csúszó súrlódási együtthatót a $\mu = \frac{F_{súrl}}{N} = \frac{F_{súrl}}{mg}$ képlettel!
6. A mérési és számítási eredmények alapján rajzoljátok meg a súrlódási erő grafikonját a nyomóerő (reakcióerő) függvényeként, és ennek felhasználásával határozzátok meg a súrlódási együttható μ_k átlagértékét. Vonjatok le következtetéseket!



86. ábra

22. §. AZ EREDŐ ERŐ. A TEST MOZGÁSA TÖBB ERŐ HATÁSÁRA

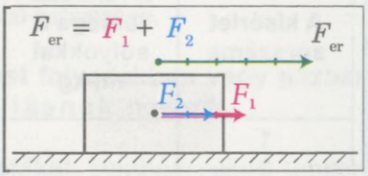
Rendszerint bármely mozgó testre nem egyetlen másik test hat, hanem egyszerre több. Például amikor a fahasábot húzzuk a vonalzón, az kölcsönhatásban van a kezünkkel (húzóerő) és a Földdel (nehézségi erő), a vonalzó felületével (súrlódási erő és a vonalzó reakcióereje). Ebben az esetben a testre ható több erő együttes hatását helyettesíthetjük egyetlen **eredő erővel**.

Azt az erőt, amelynek hatása a testre ugyanolyan, mint több egyidejűleg ható erőé, az adott erők eredőjének nevezzük.

Az eredő erőt az összetevő erők irányának és nagyságának figyelembevételével határozzák meg.

Ha a testre két F_1 és F_2 erő hat, amelyek egy egyenes mentén azonos irányba hatnak, akkor eredőjük F_{er} egyenlő e két erő összegével (87. ábra):

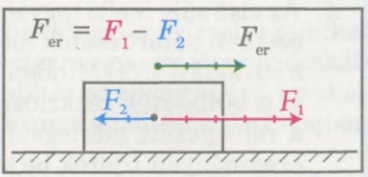
$$F_{er} = F_1 + F_2.$$



87. ábra

Ha a testre ugyancsak egy egyenes mentén két olyan F_1 és F_2 erő hat, melyeknek iránya ellentétes, és ha az F_1 nagyobb, mint az F_2, úgy az eredőjük F_{er} számbelileg ezen erők különbségével egyenlő, s iránya a nagyobb számértékű F_1 erő irányával egyezik (88. ábra):

$$F_{er} = F_1 - F_2.$$

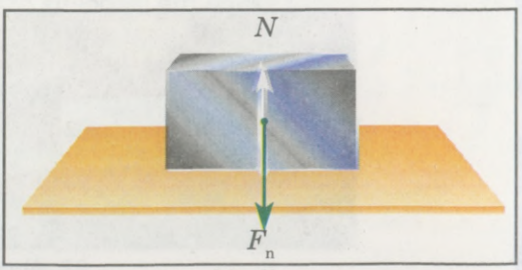


88. ábra

Ilyen esetben, ha $F_1 = F_2$, úgy az eredő erő egyenlő lesz nullával. Amennyiben a test nyugalmi állapotban volt, nyugalomban is marad, amennyiben mozgott, úgy folytatja egyenes vonalú egyenletes mozgását változatlan sebességgel. Erre mondják, hogy a testre egy egyenes mentén két ellentétes irányú, ám azonos nagyságú erő hatásában *kiegyenlíti*, azaz *ellensúlyozza* egymást.

Miként fog mozogni a test, ha egyszerre több erő hat rá?

◆ **1. kísérlet.** Tegyük a fahasábot az asztallapra (89. ábra). Két erő hat rá: a nehézségi erő $F_n = mg$ és az asztallap reakcióereje $N = mg$. Ezek az erők egyenlő nagyságúak, de ellentétes irányúak, ezért eredőjük egyenlő nullával. A hasáb nyugalmi állapotban van.

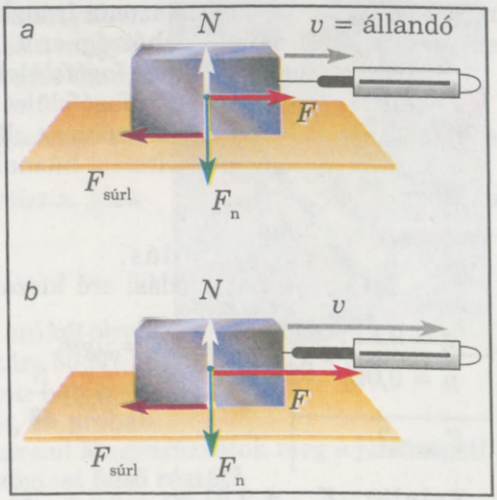


89. ábra

◆ **2. kísérlet.** Húzzuk a hasábot az asztallappal párhuzamosan a hasábhoz erősített cérna vagy dinamométer segítségével (90. *a* ábra). Ekkor a hasábra ilyen erők hatnak: nehézségi erő F_n, az asztallap reakcióereje N, az F húzóerő és a súrlódási erő $F_{súrl}$.

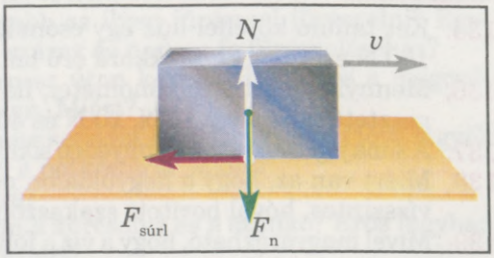
Ha $N = F_n$ és $F = F_{súrl}$, akkor a test egyenletesen fog mozogni, vagyis a sebessége idővel nem fog változni.

Ha $N = F_n$, de az F húzóerő nagyobb az $F_{súrl}$ súrlódási erőnél, a test úgy fog mozogni, hogy idővel sebessége növekszik, vagyis a test változó mozgást fog végezni (90. *b* ábra).



90. ábra

◆ **3. kísérlet.** Lökjük meg kissé a hasábot, hogy az mozogjon az asztallapon. Ekkor hat rá az F_n nehézségi erő, az asztallap reakcióereje N és az $F_{súrl}$ súrlódási erő. Mivel $N = F_n$, ezek kiegyenlítik egymást, s a hasáb mozgására csak az $F_{súrl}$ súrlódási erő lesz hatással (91. ábra). Mivel a súrlódási erő mindig a mozgással ellentétes irányú, így a hasáb, mint ahogy az a kísérletből is kitűnik, idővel megáll.



91. ábra

Attól függően, hogy milyen értéke van a testre ható erők eredőjének, a test lehet nyugalmi állapotban, mozoghat egyenletesen vagy változó mozgással.

KÉRDÉSEK

1. Mit nevezünk eredő erőnek?
2. Hogyan mozoghat a test több erő hatására?
3. Milyen esetben lesz a test nyugalomban vagy végez egyenletes mozgást?
4. Mikor mozog a test változó sebességgel?

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. Megmérhető-e a 8 N súlyú hasáb a rendelkezésre álló két dinamométerrel, ha azok mérési határa csak 4 N?

Felelet: igen. A két dinamométert egymás mellé kell rögzíteni azonos magasságban, majd a hasábot ráakasztani egyszerre mindkét kampóra. A dinamométerek rugójának teljes megnyúlása esetén a hasábra két 4 N nagyságú

rugalmassági erő fog hatni azonos irányba (felfelé). Ezek eredője 8 N és ez ellensúlyozza a hasábra ható nehézségi erőt.

2. Mi a szerepe a csípőfogó fogófelületein látható recézésnek?

Felelet: a recézés növeli a fogófelület és a befogott alkatrész közötti súrlódást, s így munka közben megbízhatóbb az alkatrész befogása.

3. Egy 50 kg tömegű acéltestet húznak a jégen. Mekkora súrlódási erő lép fel eközben?

Adva:
$m = 50\ \text{kg}$
$g = 9{,}81\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$
$\mu = 0{,}02$

$F_{súrl} - ?$

Megoldás.
A súrlódási erő kiszámításához a következő képletet használjuk:
$F_{súrl} = \mu N = \mu g m.$
$F_{súrl} = 0{,}02 \cdot 9{,}81\ \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 50\ \text{kg} = 9{,}81\ \text{N}.$

Felelet: $F_{súrl} = 9{,}81\ \text{N}.$

A szint

135. Két tanuló kötéllel húz egy csónakot a part felé. Az egyik 120 N, a másik 100 N erőt fejt ki. Mekkora erő hat a csónakra?
136. Mennyit mutat a dinamométer, ha kampójára cérnával összekötve felfüggesztettek egy-egy 10 N, 20 N és 40 N súlyú nehezéket?
137. A sima jeges felületen könnyedén siklik a hokikorong, végül mégis megáll. Miért?
138. Miért van az, hogy a hegyoldalon nagy sebességgel lesikló síző sebessége a vízszintes, hóval borított szakaszon egyre csökken?
139. Mivel magyarázható, hogy a víz a folyókban a part és a mederfenék közelében lassabban folyik, mint a folyó közepén?
140. Nézzétek meg figyelmesen, miként van cérnából szőve valamilyen könnyű szövetdarab, mint például a géz vagy a kartonvászon. Mi lenne a szövetdarabbal, ha nem lenne súrlódás?
141. Ha lisztet vagy darát pohárból az asztalra szórunk, azok kúp alakú csomót alkotnak, a víz pedig vékony rétegben szétfolyik. Miért?
142. Mivel magyarázható, hogy a tapasztalatlan korcsolyázó hanyatt esik, amikor havas útról sima, jeges útra ér, és előrebukik, ha a jeges útról rátér a havas útra?
143. A gördülő súrlódási erő kisebb a csúszó súrlódási erőnél. Akkor télen miért közlekednek szánnal és nem szekéren?
144. Az úton haladó lovaskocsi kereke néha nem forog. Milyen feltételek esetén van ez így?
145. A gépkocsik kerekeire télen hóláncot tesznek. Miért?
146. A villany- és dízelmozdonyok homokszóró berendezéssel vannak ellátva, melyekből vékony sugárban homokot szórnak a sínekre. Milyen céllal?
147. Miért van az, hogy a tornászok a tornateremben cipőiket gyantával, kezüket nedvességelnyelő porral (magnézium) dörzsölik be, a futballisták pedig bőrszeges cipőben játszanak?

148. A futballcsapat kapusa speciális kesztyűben véd, különösen esős időben. Mi ennek a magyarázata? Milyen feltételeknek kell eleget tennie az ilyen kesztyűnek?
149. A 92. ábrán egy szöcske látható. Milyen szerepe van a lábain található fogaknak?
150. Egy 2 kg tömegű vashasáb vason csúszik. Mekkora a súrlódási erő?



92. ábra

B szint

151. Hogyan mérhető meg 80 N nagyságú erő két olyan dinamométerrel, melyek mérési határa 50 N?
152. Végezzétek el a következő kísérletet: helyezzetek egy pénzérmét a tenyeretekbe, és próbáljátok meg ruhakefével leseperni onnan! Magyarázzátok meg a jelenséget!
153. Miért recézik a szögek fejét és a szögtest felső részét?
154. Az esőcseppek könnyedén lecsurognak a lejtős tetőn, ezzel szemben a hó vastag réteget alkotva összegyűl a háztetőn. Hogyan magyarázható e jelenség?
155. A fűrész minden második fogát egyik, és a mellettük lévőket a másik oldalra kissé széthajtogatják. Miért könnyebb az ilyen fűrésszel fűrészelni? Egyformán kell-e kiforgatni a fogakat száraz és nedves fa fűrészeléséhez?
156. A rakománnyal terhelt gépkocsi rossz úton kevésbé hajlamos a megcsúszásra, elakadásra mint a terheletlen. Miért?
157. Egy pótkocsis teherautóval nehéz munkapadot kell elszállítani. Hová tegyék a munkapadot: a teherautóra vagy a pótkocsira? Miért?
158. Miért szórnak homokot a jeges útra?
159. Miért csúszik könnyedén jeges úton a korcsolya és a szánkó? Erős fagyban már ezek is rosszabbul csúsznak. Miért?
160. Miért használnak szappanos vizet, ha a gyűrű nehezen jön le?
161. Az ember megcsúszik, ha száraz borsószemekre lép. Ezt hogyan magyarázzuk?
162. Nevezzétek meg a kerékpár azon részeit, ahol golyóscsapágyat használnak!
163. Miért szokás a facsavart megszappanozni, ha kemény fába akarjuk becsavarni?

23. §. NYOMÁS ÉS NYOMÓERŐ. A NYOMÁS MÉRTÉKEGYSÉGEI

Már tudjuk, hogy a testek kölcsönhatásának mértéke az erő, vagyis az egyik test másikra gyakorolt hatását mennyiségileg az erő fejezi ki. *De vajon mitől függ az erőhatás következménye, eredménye?*

• **1. megfigyelés.** Tapasztalatból tudjuk, milyen nehéz gyalogosan mozogni a mély, laza hóban, mivel lábunk minden lépésnél mélyen süpped a hóba, ám sílécekkel a lábunkon sokkal könnyebb haladni, mivel azok alig süppednek le. Mindkét esetben ugyanazzal az erővel hatunk a hóra, de a felület területe, amelyen ez az erő eloszlik, a sílécek esetén sokkal nagyobb, mint a cipő esetében, ezért a hó alakváltozása is különböző. A síléceken állva a hó felületének területegységét annyiszor kisebb erő nyomja, ahányszor a sílécek összterülete nagyobb a cipőtalpak területénél.

• **2. megfigyelés.** A hernyótalpas traktorral és mocsárjáró traktorral ellentétben a személygépkocsi nem képes mocsaras terepen haladni, holott súlya sokkal kisebb a traktor súlyánál. Ha megnézzük a személygépkocsi kerekeit és a traktor hernyótalpát, akkor azt látjuk, hogy az utóbbi felületének területe sokkal nagyobb.

A felületre gyakorolt erő hatásának eredménye nem csak az erő nagyságától függ, hanem annak a felületnek a területétől is, amelyre merőlegesen hat ez az erő.

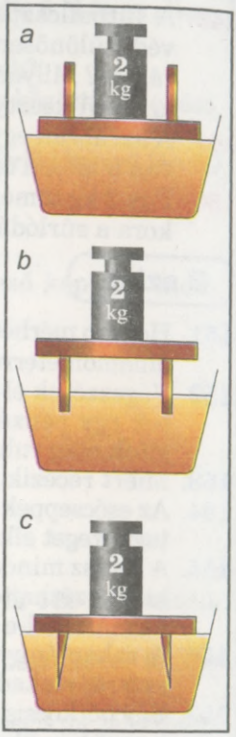
Győződjünk meg erről kísérletileg.

◆ **1. kísérlet.** Töltsünk meg egy üvegedényt homokkal. Helyezzünk rá lábaival fölfelé egy kis asztalkát, és tegyünk rá egy 2 kg tömegű súlyt. Az eredmény: az asztalka nem süllyed a homokba (93. *a* ábra).

Most tegyük a homokra az asztalkát lábaival lefelé és megint tegyük rá a 2 kg tömegű súlyt. Az eredmény: az asztalka lábai belesüllyednek a homokba (93. *b* ábra).

Vegyünk egy kihegyezett lábú asztalkát. Tegyük lábaival a homokra, s tegyük rá ugyanazt a 2 kg tömegű súlyt. Az eredmény: a kihegyezett lábak teljesen elsüllyedtek a homokban (93. *c* ábra).

A kísérlet bizonyítja, hogy minél kisebb az a felület, amellyel az asztalka a homokkal érintkezik, annál mélyebben süllyed a homokba ugyanazon erő hatására.



93. ábra

◆ **2. kísérlet.** Vegyünk most két asztalkát. Az egyik asztalka lábai támasztófelületének területe legyen kétszer akkora, mint a másiké. Helyezzünk súlyokat az asztalkákra, mégpedig úgy, hogy a kétszer nagyobb támasztófelületű lábakkal rendelkező asztalkára kétszer nagyobb súly jusson. Az eredmény: az asztalkák egyformán süllyednek a homokba.

A vizsgált esetek mindegyikében szerepet játszott a támasztófelületre merőlegesen ható erő, amit **nyomóerőnek** nevezünk, és az alátámasztási vagy másképpen a nyomott felület nagysága.

Azt a fizikai mennyiséget, amely egyenlő a felületre ható nyomóerőnek s e felület területének hányadosával, nyomásnak nevezzük.

A nyomás betűjele a kis p betű. Ahhoz, hogy kiszámítsuk a p nyomást, a nyomott felületre merőlegesen ható F nyomóerőt el kell osztani e felület S területével, vagyis:

$$\text{Nyomás} = \frac{\text{Nyomóerő}}{\text{Terület}} \quad \text{vagy} \quad p = \frac{F}{S}.$$

A nyomás mértékegysége az **egy pascal (1 Pa)**, amelynek nevét Blaise Pascal (1623–1662) francia tudós tiszteletére választották. Egy pascal az a nyomás, amit 1 newton erő az irányára merőleges 1 négyzetméternyi felületre kifejt, vagyis

$$1\ \text{Pa} = \frac{1\ \text{N}}{1\ \text{m}^2} = 1\ \frac{\text{N}}{\text{m}^2}.$$

A gyakorlatban nyomásegységként használatos még a hektopascal (hPa), kilopascal (kPa):

$$1\ \text{hPa} = 100\ \text{Pa}; \qquad 1\ \text{kPa} = 1000\ \text{Pa}.$$

Amennyiben ismert a nyomás, kiszámítható a test felületére ható nyomóerő. A nyomás a felület egységnyi területére ható nyomóerő, ezért a teljes nyomóerő egyenlő a nyomás és a felület területének szorzatával:

$$F = pS.$$

Mindenki által jól ismert tény, hogy a kézimunkázók varráskor gyűszűt használnak. A varrótűt nagyon hegyesre készítik, hogy a kézujj erejével nagy nyomást hozzanak létre a szöveten, és azt átszúrják. De ujjal nyomva a tűt, az ugyanolyan erővel nyomja az ujjat. A tű fokát tartalmazó tűvéget tompábbra készítik, de munka közben az ujj bőrére ható nyomás elegendő ahhoz, hogy megsértse a varró egyén ujját. A fémből készült gyűszűk megbízhatóan védik az ujjat.

Miért puha a párna? Miért kényelmes a pihével töltött derékaljon vagy felfújt gumimatracon feküdni, de kényelmetlen a deszkán vagy más kemény felületen? Kiderült, hogy a puhaság vagy keménység érzetét nem az anyag tulajdonságai határozzák meg, hanem a testre ható nyomás értéke. Végezzünk el néhány egyszerű számítást.

Vegyük úgy, hogy a felnőtt ember tömege 60 kg, ami közel 600 N súlynak felel meg, a test felülete pedig 2 m^2. Amikor az ember az ágyban fekszik a derékaljon, az behorpad és szinte rásimul az ember testére, a test felületének mintegy negyedrészével érintkezik, azaz körülbelül 0,5 m^2-en. Ilyen adatok alapján a testre kifejtett nyomás 1200 Pa nagyságúnak adódik. De ha az ember kemény felületen fekszik, az érintkezési felület mindössze 0,01 m^2. Ez 60 000 Pa nyomást eredményez, vagyis a test és a kemény felület között létrejött nyomásérték az előbbi 50-szeresére nőtt, s ebből adódik a kényelmetlenség.

A korszerű műszaki élet különböző területein felmerülő feladatok megoldására szükség lehet igen nagy nyomás előállítására, máskor a nyomás csökkentésére van szükség, vagy a nyomás adott feltételeknek megfelelő értéken belül tartására. A nyomás értékének betartása a közlekedésbiztonság egyik fontos feladata. A vasúton és a közutakon közlekedő eszközök esetében megbízhatóan be kell tartani a nyomásértéket. Ezt úgy érik el, hogy csökkentik a közlekedési eszközök súlyát és növelik a nyomófelület területét. A személygépkocsi kerekei közel 300 kPa nyomást fejtenek ki az úttestre. A tehergépkocsik úttestre gyakorolt nyomását úgy csökkentik, hogy egyrészt növelik a tengelyek számát, másrészt nagyobb átmérőjű kerekekkel látják el őket vagy hernyótalpat alkalmaznak. Így például a több százezer newton súlyú T–130 márkájú traktor csak 27 kPa nyomással hat az úttestre. Ez csak 1,5-szerese a 600 N súlyú ember által okozott nyomásnak.

A közönséges darázs egy rendkívül vékony szúrószervével, a fullánkjával olyan nyomást képes kifejteni, ami megfelel a robbantáskor létrejövő nyomásnak (33 000 000 000 Pa).

EZT JÓ TUDNI

• Az Északi-sarkvidék és a Déli-sarkvidék kutatóállomásain olyan közlekedési eszközöket használnak, mint a *Pingvin* és a *Harkivjánka* nevű hóterepjárók. A *Harkivjánka* terepjáró dízelmotorja 736 kW teljesítményű és 1500 km megtételére elegendő üzemanyagot képes tankolni. 35 tonnányi tömege mellett hernyótalpának szélessége 1 m, s ez lehetővé teszi az érintetlen hómezők, meredek lejtők leküzdését. A terepjárónak 25 m^2 te-

rületű téliesített kabinja van nagy teljesítményű fűtőberendezéssel, hőszigetelő burkolattal ellátva, ami alkalmassá teszi arra, hogy –70 °C alatti hőmérsékleten is lehessen dolgozni. A kabinban vannak hálóhelyek, rádiófülke, dolgozószoba, konyha, szárítóberendezés, ruhásszekrény, mosdó. A terepjáró méretei: hossza 8,5 m, szélessége 3,5 m, magassága 4,2 m. Maximális sebessége $30\frac{\text{km}}{\text{h}}$. A terepjáró hátsó részén önvontató csörlő található 100 m hosszú vontatókötéllel. Képes vontatni pótkocsit 70 tonnáig. Ha beszakad alatta a jég, nem süllyed el, hernyótalpának köszönhetően képes önmaga feljutni a jégre.

KÉRDÉSEK

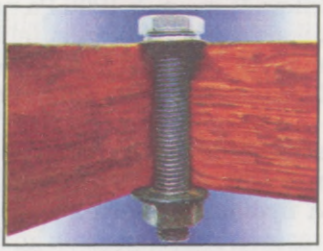
1. Miért könnyebb hóban sílécen mozogni, mint anélkül?
2. Miért nem süpped a laza talajba a hernyótalpas traktor? Miért süpped el a személygépkocsi?
3. Mit nevezünk nyomásnak? Hogyan számítható ki a nyomás?
4. Hogyan határozható meg a nyomóerő?
5. Miként növelhető a nyomás? Hogyan csökkenthető?

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. Milyen céllal tesznek a csavarfej és a csavaranya alá széles fémgyűrűt – alátétet, különösen, ha faelemeket fognak vele össze (94. ábra)?

Felelet: ahhoz, hogy elkerüljék az elemek sérülését, az érintkezési felület növelésével csökkentik a nyomást.



94. ábra

2. Egy felnőtt ember 700 N erővel nyomja a padlót. Mekkora nyomást gyakorol az ember a padlóra, ha cipőtalpának területe 450 cm²?

Adva:
$F = 700$ N
$S = 450$ cm² = $= 0{,}0450$ m²
$p - ?$

Megoldás.
Az ember által a padlóra kifejtett nyomást a következő képlettel számítjuk ki: $p = \frac{F}{S}$;

$$p = \frac{700\text{ N}}{0{,}0450\text{ m}^2} = 15\,556\text{ Pa}.$$

Felelet: az ember padlóra kifejtett nyomása 15 556 Pa.

A szint

164. Miért nehéz tompa késsel ceruzát hegyezni? Tompa szerszámokkal általában nehéz a fa alkatrészek megmunkálása. Miért?
165. Ujjunkkal könnyedén benyomjuk a rajzszöget a fába. Miért nem vagyunk képesek ugyanezt megtenni a szöggel? Mit kell tenni ebben az esetben?
166. Milyen céllal tesznek talpfákat és vas alátéteket a vasúti sínek alá?
167. Miért hajlítják be az ásó felső, ásás közben lábunkkal nyomott részét?

168. Az egyik vizesvödör fülén fából készült fogó van, a másik vödör fülén pedig nincs. Melyik vödör felemelésekor lesz nagyobb a tenyérre ható nyomás?
169. Varrás közben a varrótűre ható nyomóerő 2 N, a tűhegy részéről a szövetre ható nyomás 200 000 000 Pa. Mennyi a tű szövettel érintkező felületének területe?
170. Az alább felsorolt nyomásértékek közül melyik a legnagyobb, és melyik a legkisebb érték: $6\frac{N}{m^2}$, $60\frac{kN}{cm^2}$, 600 Pa?
171. A farkas és a nyúl talpai a talajra rendre 12 000 Pa és 1200 Pa nyomást gyakorolnak. Melyik állat mozog könnyebben a laza hóban?
172. A viharos szél az útjába eső akadályra 100 Pa erejű nyomással hat. Határozzátok meg, mekkora nyomóerővel hat ez a szél a ház falára, ha annak területe 24 m^2!
173. Hogyan hozható létre 50 000 Pa nagyságú nyomás, ha a nyomóerő mindössze 1000 N?

B szint

174. Egy ember alatt beszakadt a jég. A nyomásról tanultak ismeretében mit kell tennünk ahhoz, hogy megmentsük őt?
175. Egy 60 t tömegű négytengelyes vasúti kocsi kerekei egyenként 10 cm^2 felületen érintkeznek a sínnel. Mekkora nyomást fejt ki ez a kocsi a sínre?
176. Hogyan tudja az ember gyorsan megduplázni a padlóra kifejtett nyomását anélkül, hogy pótnehezéket venne magához?
177. Az ember talpának területe 180 cm^2. Mekkora nyomást hoz létre padlón állva egy 70 kg tömegű ember, amikor két lábon áll? És ha egy lábon?
178. Szúráskor a méhek fullánkja végén a nyomás megközelítően 3 200 000 000 Pa. Hányszorosa ez annak a nyomásnak, amelyet az ember a padlón állva létesít? (Számolj az előző feladat feltételeivel!)
179. A párizsi Eiffel-torony az alátámasztási felületen 200 000 Pa nyomást hoz létre. Mekkora ez a felület, ha a torony tömege 9 000 t?
180. Mekkora nyomást hoz létre a 26×13×6,5 cm méretű, és 3,5 kg tömegű tégla, ha különböző lapjára támaszkodik?
181. Utak építésekor a burkolat tömörítésére használt úthenger 400 000 Pa nyomást fejt ki a burkolatra. A henger burkolattal érintkező felülete 0,12 m^2. Mekkora a henger tömege?
182. Az épület alapja rendszerint szélesebb, mint a fal. Miért?
183. Milyen hatással vannak a nehéz gépek a talaj tömörségére? Hogyan hat ez vissza a növények fejlődésére? Milyen következményekkel jár mindez?
184. A szúnyog ereje nyilvánvalóan kicsi (szúnyognyi). Hogyan képes mégis átszúrni az elefánt, vagy a tehén bőrét?



95. ábra

24. §. FOLYADÉKOK ÉS GÁZOK NYOMÁSA. PASCAL TÖRVÉNYE

◆ **1. kísérlet.** Vegyünk három henger alakú edényt: az elsőbe tegyünk egy fahasábot, a másodikba töltsünk valamilyen szemcsés anyagot (borsót, darát vagy homokot), a harmadikba öntsünk vizet (96. ábra).

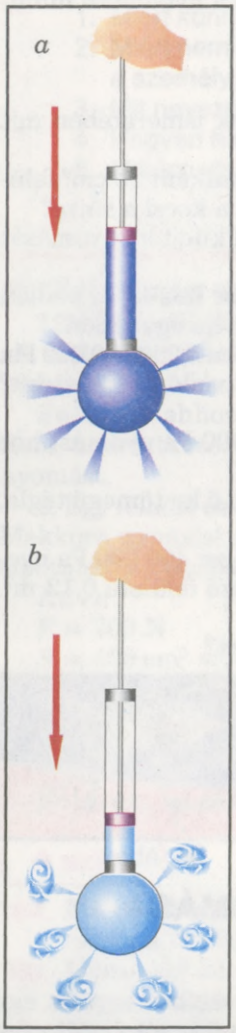


96. ábra

A nehézségi erő hatásának kitett fahasáb csak az edény alját nyomja.

A borsó nem csak az edény aljára hat, hanem az edény oldalfalára is, minden olyan pontban, ahol a borsószemek érintkeznek az edény falával. Minden belső borsószem az őt körülvevő szemek nyomásának van kitéve, s az alakváltozása révén fellépő rugalmassági erővel ő is nyomja szomszédjait. Ezek a nyomóerők annál nagyobbak, minél mélyebben van a borsószem, vagyis minél magasabb a felülről rá nehezedő borsóréteg.

Az edénybe öntött víz a molekulák jelentős mozgékonysága következtében nyomja az edény alját és oldalfalait. Minden részecske a víz belsejében az őt körülvevő szomszédos részecskék nyomásának van kitéve, s rugalmassága révén ugyanilyen erővel fogja nyomni ő is a szomszédos részecskéket. Ezek az erők annál nagyobbak, minél mélyebben helyezkedik el a részecske.

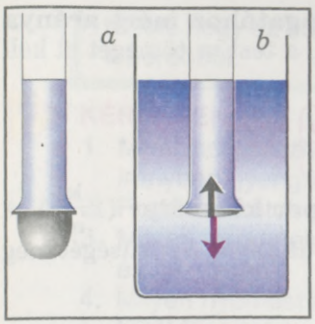


97. ábra

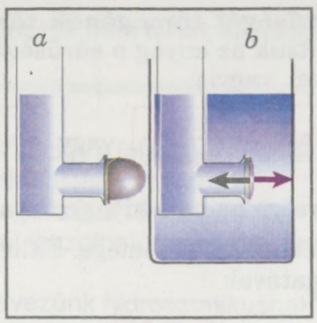
A 97. *a* ábrán egy gömb látható, ez az úgynevezett Pascal gömb. A gömb fala több helyen át van fúrva, sok kisméretű lyuk van rajta. A gömbhöz dugattyúval ellátott cső csatlakozik. Ha a gömböt megtöltjük vízzel, és beljebb nyomjuk a dugattyút, azt látjuk, hogy a víz minden nyíláson azonos erővel kilövell. Ez azzal magyarázható, hogy a dugattyú nyomja a víz felszínét a csőben. A dugattyú alatti vízrészecskék összetömörülve a mélyebben fekvő rétegekhez továbbítják a nyomást. Így a dugattyú nyomása minden irányban tovaterjed, s a gömbben levő valamennyi részecskéhez eljut, minek következtében a víz egy része a gömb nyílásain vízsugarak alakjában kilövell.

Ha a gömböt füsttel töltjük meg, a dugattyú beljebb nyomásakor a gömb nyílásain füstsugarak fognak kilövellni (97. *b* ábra). Ez igazolja, hogy a gázok is minden irányban egyformán továbbítják a rájuk ható nyomást.

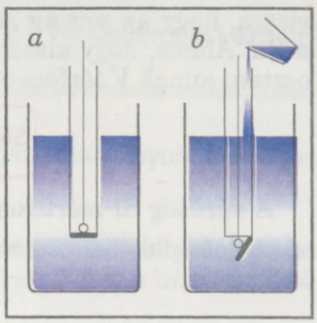
A folyadékra vagy gázra ható külső erők által létrehozott nyomás a folyadékban vagy gázban minden irányban gyengítetlenül terjed tovább.



98. ábra



99. ábra



100. ábra

Ezt az állítást **Pascal törvényének** nevezik.

Pascal törvényén alapszik a fecskendő működése: az orvos ujjának nyomása a fecskendő dugattyújára változatlanul átadódik a fecskendőbe felszívott folyadéknak, és az orvosság az injekciós tűn keresztül távozik a fecskendőből.

◆ **2. kísérlet.** Egy üvegcsőbe, amelynek alsó nyílását vékony gumihártya zárja, vizet öntünk (98. *a* ábra). A csőzáró gumihártya a víz nyomóerejének hatására kipúposodik. Minél több vizet öntünk a csőbe, azaz minél magasabb a vízoszlop, annál erősebben púposodik ki a gumihártya. De valahányszor a gumihártya kipúposodik, a víz egyensúlyba jut (megállapodik) a csőben, mivel a nehézségi erőn kívül a vízre a gumihártya rugalmassági ereje is hat.

A gumihártyával elzárt, s vízzel töltött üvegcsövet egy szélesebb, vízzel telt edénybe merítjük. Észrevesszük, hogy a cső merülése közben a gumihártya egyre jobban kiegyenesedik. (98. *b* ábra). A gumihártya teljes kiegyenesedése arra utal, hogy alulról és felülről egyenlő nyomás éri a hártyát. Tehát a folyadékban létezik alulról felfelé irányuló nyomás, és ebben a mélységben megegyezik a fentről lefelé irányuló nyomással. A folyadékszint a széles edényben és a csőben azonos.

Hasonló kísérletet végezhetünk olyan csővel, amelynek oldalnyílását zárja le gumihártya, ahogyan az a 99. *a, b* ábrákon látható. A gumihártya kiegyenesedése azt igazolja, hogy amennyiben a folyadékszint minkét edényben azonos, a folyadék oldalirányú nyomása a gumihártya mindkét oldalán egyenlő.

◆ **3. kísérlet.** A henger alakú edényt, melynek alsó végét könnyű, leválasztható korong zárja le, merítsük vízzel töltött szélesebb edénybe (100. *a* ábra). A korongot eközben szorosan a hengerhez szorítja a víz felfelé ható nyomása. Ezután óvatosan öntsünk vizet a hengerbe. Amikor a víz szintje a két edényben kiegyenlítődik, a korong leválik a hengerről (100. *b* ábra). A leválás pillanatában a korongra felülről lefelé hat a hengerben levő vízoszlop, alulról a széles edényben levő vízoszlop. A két nyomás nagysága egyenlő, és a korong a nehézségi erő hatására válik le a hengerről.

Pascal törvényének megfelelően, a folyadékban egyazon mélységben a nyomás minden irányban egyenlő. A mélység növekedésével növekszik a nyomás is.

A folyadékokban a nehézségi erő hatása által előidézett nyomást hidrosztatikus nyomásnak nevezzük.

De hogyan számítható ki a folyadéknak az edény aljára és oldalfalára gyakorolt nyomása?

Az anyag tulajdonságairól általatok korábban megszerzett ismeretek segítenek a kérdés megválaszolásában. Ezekről a 7. osztályban tanultatok. Emlékezzetek

vissza, hogy az **anyag sűrűségét tömegének térfogatához mért aránya adja**. Ahhoz, hogy kiszámítsuk az anyag ρ sűrűségét, a test m tömegét el kell osztani annak V térfogatával, vagyis:

$$\text{Sűrűség} = \frac{\text{Tömeg}}{\text{Térfogat}} \quad \text{vagy} \quad \rho = \frac{m}{V}.$$

A sűrűség SI mértékegysége az **egy kilogramm per köbméter** ($1\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$). A sűrűség képletéből kiszámítható a test tömege. Ehhez az anyag ρ sűrűségét meg kell szorozni a test V térfogatával:

$$m = \rho V.$$

Most térjünk vissza a 2. kísérlet 98. ábrájához. Kiszámítjuk a h magasságú folyadékoszlopnak a henger aljára kifejtett nyomását. Már tudjuk, hogy a p nyomás egyenlő az F nyomóerőnek azon S területhez mért arányával, amelyre ez az erő hat:

$$p = \frac{F}{S}.$$

A mi esetünkben a nyomóerő nem más, mint a test P súlya:

$$P = gm,$$

ahol m a folyadék tömege, amit kiszámíthatunk a folyadék ρ sűrűségének és V térfogatának ismeretében:

$$m = \rho V.$$

A henger alakú folyadékoszlop V térfogata egyenlő az edény alja S területének és a folyadékoszlop h magasságának szorzatával: $V = Sh$.

Mindezen összefüggések alapján a folyadékoszlop nyomásának kiszámítására szolgáló képlet végleges alakja:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{gm}{S} = \frac{g\rho V}{S} = \frac{g\rho SH}{S} = g\rho h.$$

Mint látjuk, a hidrosztatikus nyomás tetszőleges mélységben csak a folyadék ρ sűrűségétől és az adott szint fölött levő folyadékoszlop h magasságától függ. Értéke egyenlő e mennyiségek és a g állandó szorzatával.

$$p = g\rho h.$$

A hidrosztatikus nyomás nem függ sem az edény alakjától, sem az edényben levő víz tömegétől, sem az edény aljának területétől. Pascal törvényének értelmében ez a nyomás adott szinten egyformán hat minden irányban, akár lefelé az edény aljára vagy oldalirányban, annak falára.

EZT JÓ TUDNI

- 1648-ban Blaise Pascal érdekes kísérletet végzett. Egy vízzel teli zárt fahordó nyílásába hosszú, vékony csövet illesztett, majd felment az emeleti erkélyre és egy icce (~ 0,9 liter) vizet öntött a csőbe. A vékony csőben a vízszint nagy magasságba emelkedett, és a nyomás a hordóban akko-

ra lett, hogy az abroncsok nem bírtak ellenállni, s a víz szivárogni kezdett a hordóból.

KÉRDÉSEK

1. Mivel magyarázható, hogy a folyadékokban és gázokban a nyomás minden irányban gyengítetlenül terjed tovább?
2. Fogalmazzátok meg Pascal törvényét!
3. Milyen kísérletekkel igazolható a nyomás tovaterjedése a folyadékokban és gázokban?
4. Milyen nyomást nevezünk hidrosztatikusnak?
5. Mitől függ a folyadék által az edény aljára kifejtett nyomás?

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. Mivel magyarázható, hogy az ugyanolyan magas henger alakú edényekkel szemben a csonka kúp alakú vedrek terjedtek el (101. ábra), habár kevésbé stabilak, és szállításkor több víz loccsan ki belőlük. Ezenkívül a kúp alakú vedret kényelmetlenebb vinni, mivel kezünket el kell tartani testünktől.



101. ábra

Felelet: tapasztalat szerint az esetek többségében a vedrek attól mennek tönkre, hogy kiesik az aljuk. Tehát a vödör aljának tartóssága határozza meg annak használati idejét. A kúp alakú vödör aljának területe kisebb, mint az ugyanolyan űrtartalmú henger alakú vödöré, ebből kifolyólag a rá ható nyomóerő is kisebb. Ez az egyetlen előny elegendő, hogy a kúp alakú vedret részesítsük előnyben.

2. A legnagyobb mélység, ahol tudósok a *Vityáz* nevű hajóról halat fogtak 7200 m. Mekkora a víznyomás ebben a mélységben?

Adva:

$h = 7200$ m

$\rho = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$g = 9{,}81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

$p - ?$

Megoldás.

A tengervíz által adott mélységben kifejtett nyomást a következő képlettel számítjuk ki: $p = g\rho h$.

Behelyettesítve a számértékeket, azt kapjuk, hogy:

$$p = 9{,}81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 7200 \text{ m} = 72\,750\,960 \text{ Pa} =$$

$$= 72\,751 \text{ kPa} = 72{,}75 \text{ MPa}.$$

Felelet: $p = 72{,}75$ MPa.

A szint

185. Egy vékony falú színültig vízzel töltött üvegpalackot próbálnak dugóval szorosan lezárni. Milyen kellemetlen következményekkel járhat ez a művelet és miért?

186. Mivel magyarázható, hogy a víz alatti robbantás elpusztíthatja az ott élő élőlényeket?

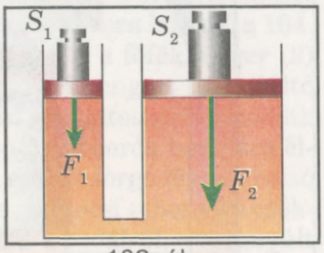
187. Nagy mélységben a búvárok a legjobb minőségű acélból készült speciális búvárkészüléket használnak. Miért?
188. Az épület alsó vagy felső emeletein folyik a vízcsapból nagyobb nyomással a víz?
189. A víz nagy magasságba történő eljuttatásához szilárd anyagból készült, vastag falú csöveket használnak. Miért van erre szükség?
190. Számítsátok ki az 1800 $\frac{kg}{m^3}$ sűrűségű folyadék által a henger alakú edény aljára kifejtett nyomást, ha a folyadékoszlop magassága 10 cm!
191. Mekkora nyomást fejt ki a petróleum a hordó aljára, ha a hordó magassága 1,2 m?
192. A víz és homok keverékét (zagyvát) kotróhajó szivattyújával hidraulikus úton juttatják az építkezési területre. A szivattyú 785 kPa nyomást képes kifejteni. Milyen magasra képes feljuttatni a keveréket, ha annak sűrűsége 1080 $\frac{kg}{m^3}$?
193. Mivel magyarázható, hogy a gyorsan felszínre emelt mélytengeri halak belső szerveinek falai széjjel vannak szakadva?

B szint

194. A főtt tojásban a belelőtt golyó lyukat csinál, ám ha híg tojásba lőnek, az darabokra törik és minden irányba szétrepül. Mivel magyarázható ez a jelenség?
195. Mi a magyarázata annak, hogy a fogpaszta a tubus összenyomásakor a nyíláson át jön ki a tubusból? Mi történik akkor, ha a nyílást lezárva nyomjuk össze a tubust?
196. Három egyforma mérőhenger közül az egyikben víz, a másikban petróleum, a harmadikban higany van, azonos szintig töltve. Melyik mérőhenger alján a legnagyobb, melyikben a legkisebb a nyomás?
197. Bizonyos részig vízzel töltött henger alakú edényben a vízre tettek egy fahasábot. Megváltozott-e a víz nyomása az edényben?
198. A szamovár csapján át töltik meg a teáspoharat forró vízzel. Azonos lesz-e a pohár megtöltésének ideje a következő esetekben: a forraló tele van; a maradékot töltik a pohárba?
199. Végezzétek el a következő kísérletet: színültig töltsetek meg vízzel egy poharat, végezzétek el a szükséges méréseket, és határozzátok meg a nyomás értékét a pohár alján. Mennyi lenne a nyomás a pohár alján, ha víz helyett azonos szintig higannyal lenne megtöltve?
200. A tejet átöntötték az üvegből a fazékba. A felsorolt fizikai mennyiségek közül melyek változtak meg, és melyek nem: a tej tömege, a tejre ható nehézségi erő, a tej súlya, a tej térfogata, a nyomóerő, a nyomás?
201. A tengerek és óceánok növény- és állatvilágának tanulmányozásához kerek üvegablakkal ellátott vastag falú fémgömböket, úgynevezett batiszférákat használnak. Mekkora nyomást gyakorol a víz a batiszféra felületére 1 km mélységben? Mekkora nyomóerő hat ebben a mélységben a batiszféra felületére, ha annak területe 1,1 m^2, a tengervíz sűrűsége pedig 1030 $\frac{kg}{m^3}$?
202. Egy edényben három egymással nem keveredő folyadék van három, azonos magasságú réteget képezve: víz, étolaj, higany. A rétegek magassága 5 cm. Készítsetek szemléltető rajzot, és írjátok fel rá a rétegek sorrendjét! Határozzátok meg a folyadékok által kifejtett nyomást az edény alján!

25. § HIDRAULIKUS GÉPEK

Pascal törvényén alapszik a **hidraulikus gépek** szerkezete és működési elve (a görög *hüdraulikosz* szóból, ami magyarul *vizi*-t jelent. Ezek olyan gépek, amelyek működtetéséhez folyadékot használnak. Más egyszerű gépek és berendezések (gépezetek) mintájára, melyekről a következő fejezetben fogunk tanulni, a hidraulikus gépek az erő nagyságának és irányának megfelelő átalakítására szolgálnak. A hidraulikus gép fő részei egy csővel összekötött, két különböző keresztmetszetű henger (102. ábra), illetve azokban szabadon mozgatható, ám a hengerek falához szorosan illeszkedő dugattyúk. A hengereket a dugattyúk alatt rendszerint gépolajjal töltik fel.



102. ábra

Az ábrázolt dugattyúkra egy-egy mérlegsúly van rátéve; látjuk, hogy a jobb oldali nagyobb dugattyúra helyezett mérlegsúly lényegesen nehezebb, mint a bal oldalin levő. Ezáltal a jobb oldali dugattyú részéről a folyadékra ható F_2 nyomóerő lényegesen nagyobb, mint a bal oldali dugattyú által kifejtett F_1 nyomóerő. Tisztázzuk, milyen feltételek mellett lesznek egyensúlyban, vagyis maradnak mozdulatlanok a dugattyúk.

A kisebb dugattyú alatt a p_1 nyomást az F_1 nyomóerő és a dugattyú S_1 területének hányadosa adja:

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1}.$$

A nagy dugattyú alatt a p_2 nyomás megfelelően:

$$p_2 = \frac{F_2}{S_2}.$$

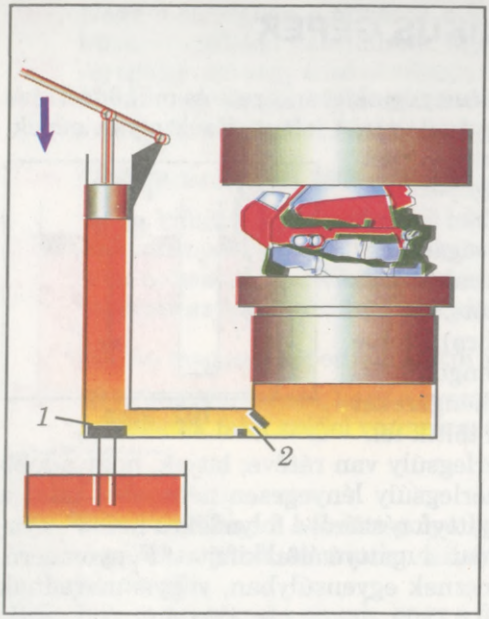
Az egyensúly feltételeinek megfelelően a folyadéknak nyugalomban kell maradnia, vagyis nem folyhat át egyik hengerből a másikba. Ez csak akkor lehetséges, ha a folyadékban uralkodó nyomás mindkét hengerben azonos, vagyis:

$$p_1 = p_2 \text{ vagy } \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}.$$

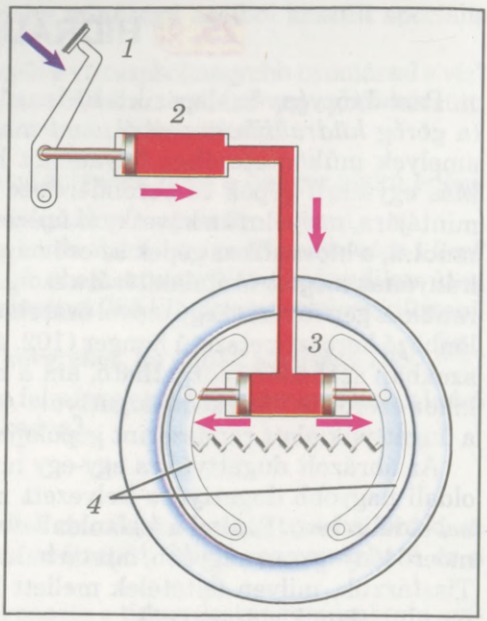
Az aránypárok tulajdonságait felhasználva, ez az összefüggés felírható ilyen alakban is:

$$\boxed{\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}}.$$

Ebből kitűnik, hogy egyensúlyi állapotban az F_2 nyomóerő a nagy dugattyú alatt annyiszor nagyobb a kis dugattyú alatti F_1 nyomóerőnél, ahányszor a nagy dugattyú S_2 területe nagyobb a kis dugattyú S_1 területénél. Ez azt jelenti, hogy kis erővel hatva a kis dugattyúra, egyensúlyban lehet tartani a nagy dugattyúra ható nagy erőt, például megtartani vagy felemelni egy nehéz terhet.



103. ábra



104. ábra

Látjuk, hogy a hidraulikus gép lehetővé teszi az erő növelését és irányának megváltoztatását.

A hidraulikus gép annyiszoros erőnyereséget ad, ahányszor nagyobb a nagy dugattyú területe a kis dugattyú területénél.

Azt a hidraulikus gépet, amely pórusos testek sajtolására (összepréselésére) szolgál, **hidraulikus sajtónak (présnek)** nevezik. Az összepréselni kívánt testet a nagy dugattyú platójára teszik (103. ábra). Amikor a dugattyú a ráhelyezett testtel emelkedik, az nekiütközik a felül elhelyezett rögzített platformnak, és így összepréselődik.

Az olaj átpumpálását a kis hengerből a nagyba a kis dugattyú többszöri fel-le mozgatásával érik el. Amikor ez emelkedik, felszívja az olajat az alsó tartályból. Eközben az *1*-es szelep kinyílik, a *2*-es pedig az olajnyomás hatására bezárul. Amikor a kis dugattyú lefelé mozog, minden épp ellenkezőleg történik: az *1*-es szelep bezárul, a *2*-es szelep kinyílik, és a folyadék átpumpálódik a nagy hengerbe.

Nézzünk egy konkrét példát. Ha a kis dugattyú területe $S_1 = 5\ \text{cm}^2$, a nagyé pedig $S_2 = 500\ \text{cm}^2$, az erőnyereség 100-szoros lesz. E meglepő eredmény láttán Pascal leírta, hogy az általa feltalált géppel egy ember, aki a kis dugattyút nyomja, száz ember erejét képes egyensúlyozni, akik a nagy dugattyút százszor akkora erővel nyomják, tehát a gép 99 ember erejét gyűri le.

A hidraulikus sajtót a gyakorlatban először a XVIII. sz. végén a XIX. sz. elején kezdték alkalmazni. Hidraulikus préseket használnak egyes gépek acéltengelyeinek és karosszériáinak, vasúti kocsik kerekeinek, és sok más fém- és műanyag-

készítmények előállítására. Ugyancsak préseket használnak gyümölcslevek kipréselésére, növényi olajnak magvakból történő sajtolására az olajütő üzemekben stb.

A korszerű hidraulikus présekkel 41 700 MPa nyomás kifejtésére is képesek.

A hidraulikus sajtó elvén működik a gépkocsikon széles körben alkalmazott hidraulikus kerékfék. Egy ilyen kerékfék vázlatos szerkezeti rajza látható a 104. ábrán. Ha a gépkocsivezető rálép és nyomja a fékpedált (*1*), a főfékhenger (*2*) dugattyúja nyomást gyakorol a hengerre, a csövet és a fékhengert (*3*) kitöltő folyadékra. Ez a nyomás Pascal törvényének megfelelően gyengítetlenül átadódik a fékhenger (*3*) dugattyúira. E dugattyúk, a rájuk ható nyomóerők hatására elmozdulnak és a fékpofákat (*4*) odanyomják a kerékkel együtt forgó fékdob belső falához. A súrlódás következtében a kerék fékeződik, a gépkocsi sebessége csökken, s végül megáll. Amint a gépkocsivezető leveszi lábát a pedálról, a megnyúlt rugó összehúzódik s eredeti helyzetükbe állítja a fékpofákat.

KÉRDÉSEK

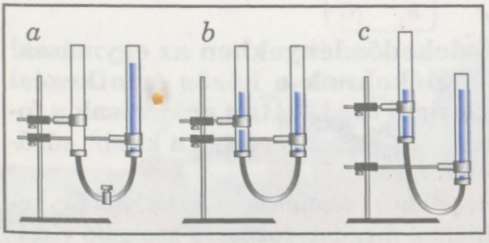
1. Mi a hidraulikus gép?
2. Mire használják a hidraulikus sajtót?
3. Mekkora a hidraulikus sajtó erőnyeresége?
4. Hogyan működik a hidraulikus kerékfék?

26. §. KÖZLEKEDŐEDÉNYEK

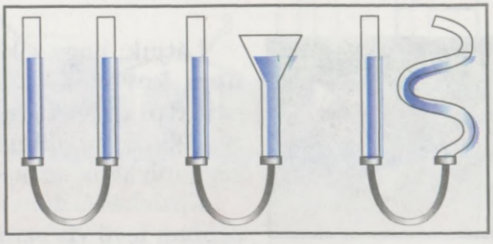
• **Megfigyelés.** Átlátszó anyagból készült teletöltött teáskanna áll az asztalon. Mit kell tennünk ahhoz, hogy teát öntsünk a csészébe?

Láthatjuk, hogy a kanna és a kiöntőcső alul össze vannak kötve, az őket kitöltő folyadék azonos szinten van bennük, s a kiöntőcső felső nyitott vége magasabban van a kanna folyadékszintjénél. Ha megdöntjük a kannát a kiöntőcső irányába, a cső nyitott vége alacsonyabban lesz a kannában levő folyadék szintjénél, s a folyadék kifolyik a kannából a csészébe.

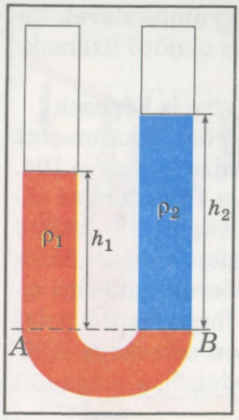
◆ **Kísérlet.** Vegyünk két üvegcsövet, és kössük össze őket egy gumicsővel. A kísérlet elején szorítsuk el a gumicsövet, majd öntsünk vizet az egyik csőbe (105. *a* ábra). Mikor a szorítót eltávolítjuk, azt látjuk, hogy a folyadék mindkét csőben azonos szinten lesz (105. *b* ábra). Emeljük meg az egyik csövet. A folyadékszintek a csövekben azonosak maradnak (105. *c* ábra).



105. ábra



106. ábra



107. ábra

Egymással összekötött edényeket, amelyekben a folyadék szabadon átfolyhat egyik edényből a másikba, közlekedőedényeknek nevezzük.

A közlekedőedények egyik csövét cseréljük ki eltérő méretű és alakú csőre (106. ábra). A kísérlet meggyőzően igazolja, hogy a nyugalmi állapotban levő egynemű folyadék felszíne tetszőleges formájú közlekedőedényekben azonos szinten van. Ennek alapján megfogalmazható a **közlekedőedények törvénye.**

A közlekedőedényekben az egynemű, nyugvó folyadék szabad felszíne minden edényben egyenlő magasságba áll be.

A törvény magyarázatához vizsgáljunk meg kis térfogatú folyadékelemeket az összekötő cső aljának metszetében. Egyensúlyi állapotban ezek a folyadékelemek nyugalomban vannak, ami azt jelenti, hogy a balról és jobbról rájuk ható nyomóerők egyenlők. Mivel a cső aljának metszete azonos a bal és jobb folyadékoszlopok számára, így az oszlopok által kifejtett nyomásoknak is egyenlőknek kell lenni, amiből következik a folyadékoszlopok magasságának azonossága, vagyis $h_1 = h_2$.

Ha a közlekedőedények egyik ágába ρ_1 sűrűségű vizet, a másikba pedig ρ_2 sűrűségű petróleumot öntünk, e folyadékok szabad felszíne különböző szintre áll be, mégpedig a petróleum szabad felszíne magasabban lesz, mint a vízé (107. ábra). Mivel a folyadékok egyensúlyi állapotban nyugalomban vannak, úgy Pascal törvényének megfelelően, a bal és jobb folyadékoszlopok által létrehozott nyomásoknak a folyadékokat elválasztó határfelület szintjén azonosnak kell lenni. Tehát

$$p_1 = p_2.$$

Ennek megfelelően, a hidrosztatikus nyomás képlete alapján felírhatjuk a következő összefüggést:

$$g\rho_1 h_1 = g\rho_2 h_2,$$

vagy egyszerűsítés után:

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2.$$

Ebből az egyenlőségből az alábbi aránypár következik:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}.$$


108. ábra

Látjuk, hogy a **közlekedőedényekben az egymással nem keveredő folyadékoknak a közös érintkezési szinttől mért magasságai fordítottan arányosak a folyadékok sűrűségeivel.** Egyensúly esetén a kisebb sűrűségű folyadék szintje magasabb.

Közlekedőedények példái: locsolókanna (108. ábra); kazánban levő víz szintjének meghatározására szolgáló vízállásjelző; a vízszintes irány kijelölésére szolgáló vízszintező.

A közlekedőedények elvén működnek az artézi kutak és az olajkutak (109. ábra). Az artézi kutakat ott fúrják, ahol a vízréteg a legmélyebben van, ekkor a víz szökőkútként tör a felszínre.



109. ábra

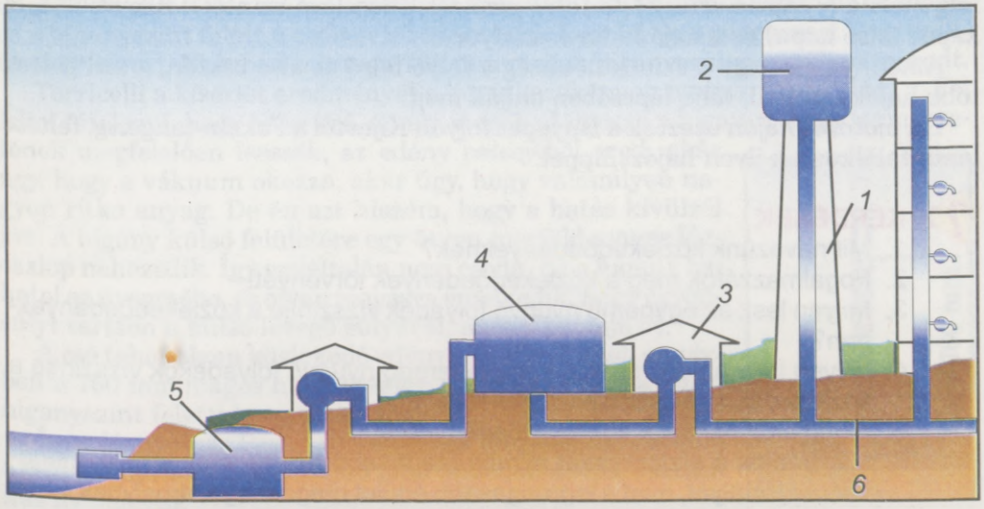
A városi vízvezeték-hálózat valójában szerteágazó közlekedőedények rendszere. Hogy a legmagasabban levő vízcsapok se maradjanak víz nélkül, a víztoronynak legalább olyan magasnak kell lennie, mint amilyen magasan a csap van.

Vizsgáljuk meg, hogyan működik a vízvezeték-hálózat (110. ábra).

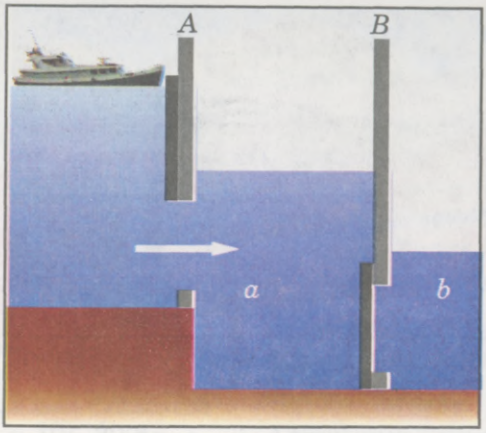
A víztorony egy magas építményből (*1*) és a víz tárolására szolgáló tartályból (*2*) áll. Nagy teljesítményű szivattyúk (*3*) a vízgyűjtők (folyó, tó) vagy fúrt kút vizét tisztítás céljából az ülepítőbe (*5*), szűrőkön át az alaptartályba (*4*) és tovább a fővezetékbe valamint a toronyba szivattyúzzák. A fővezetékre (*6*) csatlakoznak az egyes épületek vízvezetékei. Hogy a víz télen se fagyjon meg a vezetékben, szigetelik őket és a földbe helyezik. A lakásokban a vízvezetékre vízcsapot szerelnek fel. Amikor megnyitják a csapot, a víz folyni kezd, mert a víz szintje a toronyban magasabban van, mint a lakásban.

A közlekedőedények egy másik példája a hajózsilip.

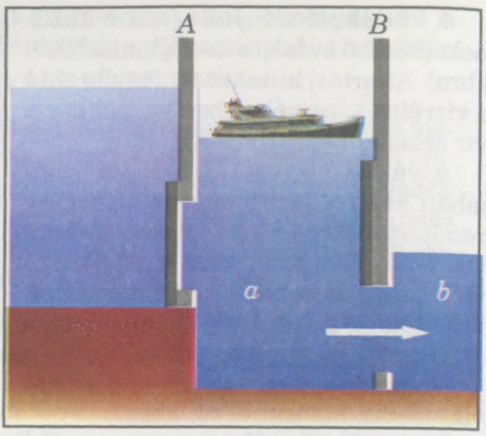
A hajózsilip vízépítési műtárgy, amely lehetővé teszi az áthajózást a vízlépcsőn, amit a folyón vagy csatornán a vízszintkülönbségből származó akadályok legyőzése végett építenek.



110. ábra



111. ábra



112. ábra

A hajózsilip a közlekedőedények gyakorlati alkalmazásának szemléletes példája. Fő részei a hajókamra, felső és alsó zsilipfők a kapukkal, továbbá a zsiliptáblákkal nyitható és zárható nagyméretű csövekből álló töltő és ürítő berendezés. A 111. és 112. ábrák a hajózsilip működését szemléltetik, mikor a hajó lefelé úszik a folyón.

Amikor a hajó a zsiliphez érkezik, az *A* felső kapu zárva van (111. ábra). Kinyitják a töltő zsiliptáblát, amely a folyó felső részét köti össze a hajókamrával. Ekkor a víz a folyóból fokozatosan feltölti az *a* hajókamrát. Amikor a víz szintje az *a* kamrában kiegyenlítődik a folyó felső részében levő víz szintjével, kinyitják a felső *A* kaput és a hajó áthalad az *a* hajókamrába. Ezután bezárják az *A* felső kaput és zsiliptáblát (112. ábra), s kinyitják azt a zsiliptáblát, amely összeköti az *a* kamrát az alsó *b* hajókamrával. Az *a* kamrában a vízszint fokozatosan csökken, míg eléri a *b* kamra szintjét (a folyó alsó részében levő szintet). Kinyitják a *B* kaput (alsó kapu) és a hajó kiúszik a folyóra.

Amennyiben nagy a szintkülönbség a folyó felső és alsó részén, a zsilipelést több hajókamrával, több lépcsőben oldják meg.

Ha motoros hajón utaztok a Dnyeper folyón Kijevtől a Fekete-tengerig, feltétlenül találkoztok ilyen hajózsilippel.

KÉRDÉSEK

1. Mit nevezünk közlekedőedényeknek?
2. Fogalmazzátok meg a közlekedőedények törvényét!
3. Milyen lesz az egynemű nyugvó folyadék vízszintje a közlekedőedényekben?
4. Milyen lesz az egymással nem keveredő nyugvó folyadékok vízszintje a közlekedőedényekben?
5. Mondjatok példákat közlekedőedényekre!
6. Miért építik a víztornyokat mindig magasabb helyre vagy emelik magasabbra tartályát, mint a legmagasabb épület magassága, amelynek vízellátását biztosítja?

27. §. LÉGNYOMÁS. LÉGNYOMÁS MÉRÉSE

Földünket egy hatalmas gázburok veszi körül, melyet légkörnek vagy idegen eredetű szóval **atmoszférának** neveznek (a görög *atmosz* pára, gőz és *szphaira* gömb elemekből).

A Föld körül keringő műholdakkal végzett megfigyelések szerint az atmoszféra több mint ezer kilométer magasságig terjed, és nincs éles felső határa. Felső rétegei erősen légritkítottak, és a légkör fokozatosan megy át a bolygóközi légüres térbe (vákuumba). A magasság csökkenésével a levegő sűrűsége növekszik. A Föld légköre tömegének majd 80%-a az alsó 15 km vastagságú rétegben helyezkedik el.

Kísérletileg maghatározták, hogy 1 m^3 levegő tömege 0 °C hőmérsékleten a tengerszint magasságában1,29 kg. A levegőrétegekre is hat a nehézségi erő, ebből kifolyólag a felső rétegek nyomást gyakorolnak a középső rétegekre, azok pedig az alsókra. Legnagyobb nyomásnak, az egész atmoszféra súlyának hatása következtében, a Föld felszíne és a rajta levő testek vannak kitéve.

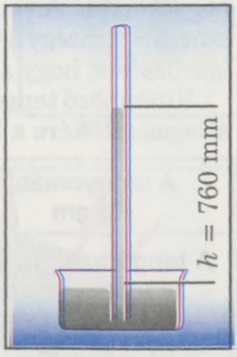
A Föld felszínére és valamennyi rajta levő testre a légkör által kifejtett nyomást légnyomásnak nevezzük.

Derítsük ki, mekkora ez a nyomás.

A hidrosztatikus nyomást meghatározó $p = g\rho h$ képlet nem alkalmas a légnyomás értékének kiszámítására, elsősorban azért, mert a légkör levegőjének nem állandó a sűrűsége (különböző magasságokban különböző), másodsorban, a légkörnek nincs meghatározott magassága (nincs éles határa).

A légnyomás mérésének módjára elsőként E. Torricelli (1608–1647) olasz tudós jött rá. Az általa ajánlott módszer szerint a kísérletet G. Galilei egyik tanítványa V. Viviani (1622–1703) hajtotta végre Torricellivel együtt 1643-ban. A kísérlethez egy közel 1 m hosszú, egyik végén zárt üvegcsövet használtak. A csövet megtöltötték higannyal, nyitott végét bedugaszolták, majd ezzel a végével lefelé fordítva a cső végét egy szélesebb edényben levő higanyba merítették. Miután a dugót eltávolították a cső nyílásából, a higany egy része a csőből kifolyt az edénybe, és a higanyszint felett a csőben légüres tér alakult ki, az úgynevezett Torricelli-űr (113. ábra). Eközben mintegy 760 mm magas higanyoszlop a csőben maradt.

Torricelli a kísérlet eredményét a következőképpen magyarázta (1644) : „Fel lehet tételezni, hogy az az erő, amely megakadályozza a higanyt, hogy természetének megfelelően leessék, az edény belsejéből ered, akár úgy, hogy a vákuum okozza, akár úgy, hogy valamilyen nagyon ritka anyag. De én azt hiszem, hogy a hatás kívülről jön. A higany külső felületére egy ötven mérföld magas légoszlop nehezedik. Így egyáltalán nem csoda, ha a higany behatol az üvegcsőbe, és olyan magasra emelkedik, hogy egyensúlyt tartson a külső levegő súlyával, amely nyomja őt."



113. ábra

A cső tehát olyan közlekedő edénynek fogható fel, amelyben a 760 mm magas higanyoszlop egyensúlyt tart a külső higanyszint feletti levegőoszloppal.

Így a légnyomás Pascal törvényének megfelelően egyenlő a csőben maradt higanyoszlop által létrehozott hidrosztatikus nyomással:

$$p_{atm} = p_{higany}.$$

Amennyiben ez nem lenne így, a higany nem lehetne egyensúlyban: a higany nyomásának nagyobb értéke esetén az a csőből kifolyna az edénybe, kisebb nyomásérték esetén pedig ellenkezőleg, a csőbe hatolna a higany az edényből, s emelkedne a szintje.

Tehát **a légnyomás értéke kifejezhető a megfelelő higanyoszlop magasságával.** Ezt rendszerint milliméterekben fejezik ki.

Ha például azt mondják, hogy egy bizonyos helyen a légnyomás 760 Hgmm (*olv.* higanymilliméter), ez azt jelenti, hogy a levegő által kifejtett nyomás az adott helyen akkora, mint amekkora hidrosztatikus nyomást fejt ki 760 mm magas függőleges higanyoszlop.

A hidrosztatikus nyomás képletének $p = g\rho h$ segítségével ezt a nyomást pascalban is megadhatjuk. Helyettesítsük a képletben szereplő fizikai mennyiségek betűjeleit megfelelően számértékeikkel: $\rho = 13\,595{,}10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ (a higany sűrűsége 0 °C-on), $g = 9{,}81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ és $h = 760$ mm $= 0{,}76$ m (a higanyoszlop magassága), s megkapjuk a normális légnyomás értékét pascalban: $p = 101\,325$ Pa.

Azt a nyomást, amely egyenlő 760 mm magas 0 °C hőmérsékletű higanyoszlop által kifejtett hidrosztatikus nyomással, normális légnyomásnak nevezzük.

A légnyomás mértékegységei tehát az **1 Hgmm**, az **1 Pa** és gyakran használják az utóbbi többszörösét, az **1 hPa** (hektopascal-t). A megfelelő átszámítások:

1 Hgmm = 133,3 Pa = 1,33 hPa;
760 Hgmm = 101 325 Pa ≈ 1013 hPa.

Miután Pascal francia tudós tudomást szerzett Torricelli kísérleteiről, megismételte azokat. Hogy a folyadék sűrűségének szerepét tisztázza, kísérleteihez különböző folyadékokat használt (olaj, vörösbor és víz). A légnyomást egyensúlyozó függőleges vízoszlop sokkal magasabbnak bizonyult, mint a higanyoszlop.

Pascal számolt azzal, hogy a légnyomás létezésének végső igazolásához még szükség van egy döntő kísérletre. Lássuk ezt a kísérletet!

Pascal elvégezte Torricelli kísérletét először egy hegy lábánál, másodszor a hegycsúcson. Az eredményen elámultak a jelenlevők. A levegő nyomása a hegy csúcsán mintegy 100 Hgmm-rel kisebbnek bizonyult, mint a lábánál. Ezzel beigazolódott, hogy a higanyoszlopot a csőben valóban a légnyomás tartja fenn.

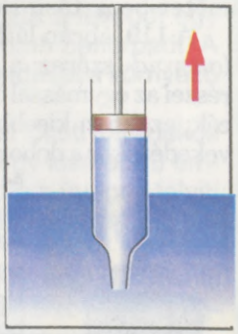
Különböző tengerszint feletti magasságokban végezve méréseket a légnyomás átlagos értékére a következő értékeket kapjuk:

A légnyomás, Hgmm	760	674	596	526	462	405
A tengerszint feletti magasság, km	0	1	2	3	4	5

Naponta figyelve a higanyoszlop magasságát a csőben azt tapasztalhatjuk, hogy ez a magasság változik: hol emelkedik, hol csökken.

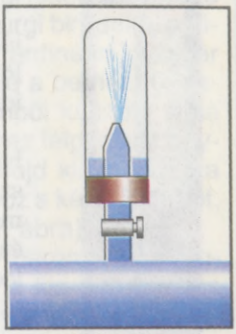
Számtalan jelenség magyarázható a légnyomás létezésével. A 114. ábrán egy üvegcső látható, benne szorosan illeszkedő dugattyúval. A cső alsó, nyitott vége vízbe van merítve.

Ha a dugattyút felfelé mozgatjuk, a víz is utána emelkedik. A dugattyú emelésekor a dugattyú és a víz között légüres tér keletkezik, ahol nincs légnyomás. A külső levegő nyomásának hatására ebbe a térbe tódul be a víz a dugattyú után. Ezen az elven működik a fecskendő és a vízszivattyú.



114. ábra

◆ **1. kísérlet.** Vegyünk egy dugóval lezárt henger alakú edényt, melynek dugóján egy csappal ellátott cső vezet az edénybe. Szivattyúzzuk ki a levegőt az edényből, a cső szabad végét merítsük vízbe és nyissuk meg a csapot. A levegő nyomása az edényben kisebb a külső légnyomásnál, ezért az edényben a csőből szökőkút módjára lövell felfelé a víz (115. ábra).



115. ábra

◆ **2. kísérlet.** Vegyünk egy poharat, töltsük meg színültig vízzel és fedjük le a pohár száját papírlappal. Fogjuk egyik kezünkkel a pohár alját, a másikkal szorítsuk a papírlapot a pohár szájára, és fordítsuk meg a poharat aljával fölfelé, ahogy azt a 116. ábra mutatja. A víz a pohárban marad a papírlap elengedése után is. Mi ennek a magyarázata? Az, hogy a papírlapra ható külső légnyomás nagyobb a pohárban levő víz nyomásánál.



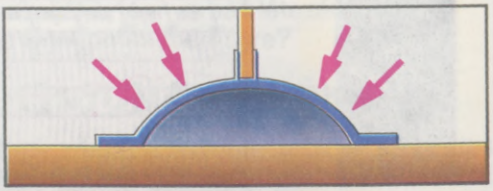
116. ábra

● **Megfigyelés.** Főként akkor érzékelhető a légnyomás hatása, amikor süppedős, ingoványos talajon járunk (ez a mocsár szívó hatása). A láb emelésekor a talp alatt légritkított tér keletkezik, és a szívó hatás következtében a láb húzza maga után a nehéz ingoványt (mint a dugattyú a folyadékot a szivattyú esetében).

Sima, sík felületen a légnyomás révén rögzíteni lehet rugalmas szívókupakkal ellátott tárgyakat. Odanyomva a felülethez, a kupak alól távozik a levegő, s a külső légnyomás a felülethez szorítja a kupakot. Csak nagy erővel lehet elszakítani a felülettől (117. ábra).

Egyszerű számításokkal meggyőződhettek arról, hogy egy közönséges iskolai füzetre a levegő megközelítőleg 3000 N nagyságú nyomóerővel hat. Hogyan lehetséges, hogy ennek ellenére könnyű felemelni a füzetet? A helyzet az, hogy a levegő a füzet alsó és felső oldalára egyaránt hat. Ezek az erők ellensúlyozzák egymást, s valójában emeléskor csak a füzet súlyát kell leküzdeni.

A légnyomás mérésére használatos eszközök: a légnyomásmérők vagy barométerek. Szerkezetük szerint vannak **higanyos barométerek, aneroid barométerek** (fémbarométerek) és **barográfok**.



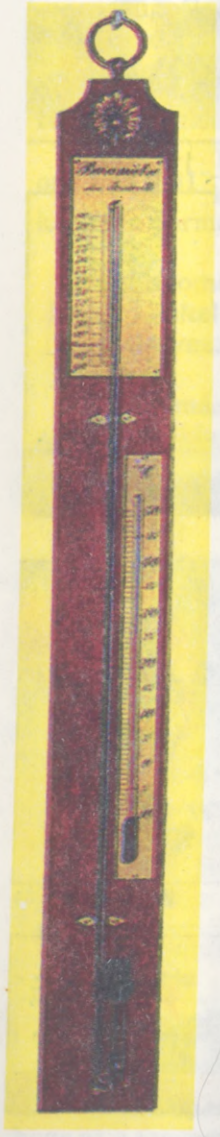
117. ábra

Amennyiben egy olyan cső mellé, amely hasonló a Torricelli kísérleteihez használt csőhöz, egy milliméter-beosztású skálát teszünk, a légnyomás

mérésére alkalmas egyszerű eszközt kapunk, ez a higanyos barométer (a *bárosz* súly, nehézség és a *metreo* mérek görög szavakból) (118. ábra).

A higanyos barométer lényegében egy Torricelli-cső, amely mellé egy milliméter-beosztású skálát teszünk.

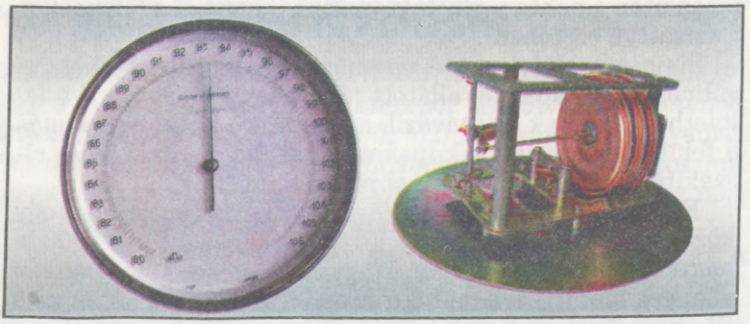
A 119. ábrán látható az aneroid barométerek egyik fajtája, a dobozos barométer (*aneroid* száraz: a görög *a-* fosztó előtag és a *nerosz* nedves elemekből). Lényeges részei az egymással összekapcsolt hullámos légritkított fémdobozok (membránszelencék; ezekben kisebb a levegő nyomása, mint a külső légnyomás). A légnyomás növekedésekor a dobozok rugalmas fedőlapjai kisebb-nagyobb mértékben behorpadnak, és deformálják a hozzájuk erősített rugót. Az elmozdulás egy emelőszerkezet által átadódik a mutatóra, amely a skála előtt mozog. A beosztások mellett leolvasható a légnyomás értéke. Ha például a mutató megállapodott a 750-es beosztáson, ez azt jelenti, hogy a légnyomás értéke 750 Hgmm. A légnyomás csökkenésekor a dobozok fedőlapjai megemelkednek, a rugó deformációja csökken, és a mutató elfordul a kisebb nyomásértékek irányába.



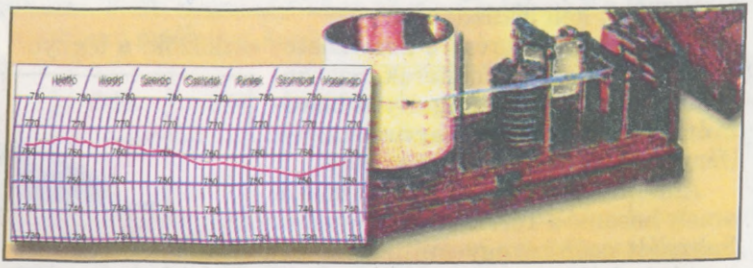
118. ábra

Az elkövetkező napok várható időjárásának előrejelzése céljából az aneroid barométer a meteorológusok számára nélkülözhetetlen eszköz, ugyanis a légnyomás változása összefügg az időjárás változásával.

A légnyomásértékeket és annak változásait önműködően és folyamatosan feljegyző készülék a barográf (a görög *graphos,* írás szóból). A hullámos fémdobozokon kívül ebben van még egy órával mozgatott papírszalagra író szerkezet. A papírszalagon nyomást és időpontot mutató hálószerű beosztások vannak (120. ábra). Erről leolvasható, miként változott a légnyomás a hét folyamán.



119. ábra



120. ábra

EZT JÓ TUDNI

• E. Torricelli vizsgálataitól függetlenül a légnyomás létezésére mutató következtetésre jutott Otto Guericke (1602–1686) német fizikus is, Magdeburg város tudós-polgármestere. Amikor kiszivattyúzta a levegőt egy vékony falú fémgömbből azt tapasztalta, hogy a fémgömb behorpadt. A jelenség okán gondolkodva rájött, hogy a gömb behorpadását a környező közeg, vagyis a levegő nyomása okozza.

• Guericke a magdeburgi háza előtt megépített egy vízzel töltött folyadékos barométert (vízbarométert), amelyben a víz felszínén egy kisméretű emberalak úszkált, aki az üvegre felvitt skálán a légnyomásnak megfelelő beosztásra mutatott.



121. ábra

• 1654-ben Guericke, hogy mindenki számára meggyőzően bizonyítsa a légnyomás létezését, bemutatta híres kísérletét a magdeburgi féltekékkel (teke = gömb). A regensburgi birodalmi gyűlés alkalmából III. Ferdinánd császár jelenlétében zajlott le a bemutató. Jelenlétükben két, fémből készült, sima peremmel ellátott üres félgömböt egymáshoz illesztett, majd kiszivattyúzta a levegőt. A légnyomás olyan erővel szorította egymáshoz a két félgömböt, hogy 8–8 ló sem bírta elszakítani őket egymástól (121. ábra).

• A természetben felfedezhető 400-nál is több növény-barométer. Virágbarométer megtalálható a háztáji kertekben is. Ilyen a kis ágas-bogas tyúkhúr. Pici, fehér virágainak viselkedését figyelve a nyár folyamán megjósolhatjuk az időjárást: ha szirmai korán reggel zárva maradnak, akkor napközben esni fog az eső.

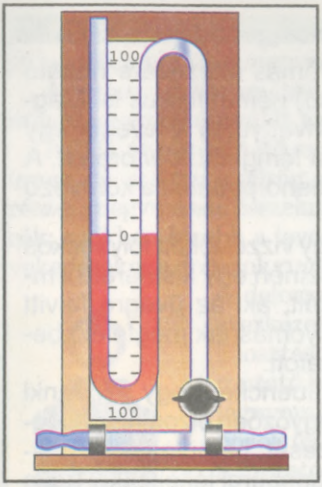
• Lev Tolsztoj szerint a pókok a jelen és a várható időjárástól függően szövik hálójukat. A pókhálóra tekintve megtudhatjuk a várható időjárást: ha a pók a hálója mélyén megbújva ül, és nem jön elő, ez esőt jelent. Ha előjön fészkéből és új hálót sző, akkor derűs idő várható.

KÉRDÉSEK

1. Mivel magyarázható a légnyomás létezése?
2. Mit bizonyít Torricelli kísérlete?
3. Mit jelent a következő mondat: a légnyomás 780 Hgmm?
4. Milyen nyomást nevezünk normális légnyomásnak? Mennyi az értéke?
5. Hogyan változik a légnyomás értéke a tengerszint feletti magasság növelésével?
6. Mondjatok példákat, amelyek igazolják a légnyomás létezését!
7. Milyen eszközöket használnak a légnyomás mérésére?

28. §. MANOMÉTEREK (NYOMÁSMÉRŐK)

Mint azt már tudjátok, a barométer a légnyomás értékének mérésére használatos eszköz. Ha nem a légnyomást, hanem bármely folyadék vagy gáz nyomását kell megmérni, akkor technikai nyomásmérőket, ún. **manométereket** használnak.



122. ábra

Manométerek a nyomás vagy nyomáskülönbség mérésére szolgáló mérőeszközök.

A manométerek (a görög *manosz* ritka és a *metreo* mérek szavakból) leggyakrabban használt típusai a **folyadékos** és a **fémmanométerek**.

A legelterjedtebb folyadékos manométerek a *nyitott csövű és a zárt csövű higanyos manométerek*. A nyitott csövű tulajdonképpen a külső légnyomáshoz viszonyított nyomáskülönbséget méri. Az ilyen manométerekkel 100–160 Hgmm nyomáskülönbség mérhető. Kisebb nyomáskülönbségek mérése esetén a csövet vízzel vagy valamilyen más folyadékkal töltik fel (122. ábra).

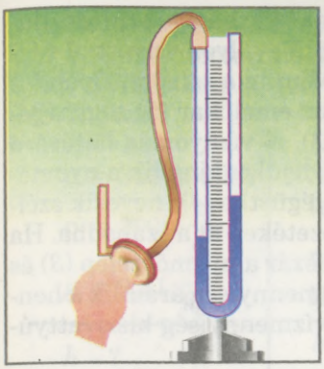
A legegyszerűbb fémmanométer a *deformációs manométer* (123. ábra). Feltalálója Eugene Bourdon (1808–1884) francia mechanikus (1848). Az ilyen manométerekben a nyomást vagy nyomáskülönbséget az érzékelőelem rugalmas alakváltozása alapján mérik. Érzékelőelem lehet például rugalmas anyagból készült cső. Az ilyen manométereket *csőrugós* manométereknek nevezik. A rugó félkör alakban meghajlított, egyik végén zárt cső (*Bourdon-cső*). A cső másik vége ahhoz az edényhez csatlakozik, amelyben mérik a nyomást. A nyomás hatására a meghajlított cső sugara növekszik vagyis a cső kihajlik. A cső elmozdulását speciális áttétellel viszik át a mutatóra, és a skálán a nyomás leolvasható.

A 124. ábrán egy nyitott csövű folyadékos manométer látható. Ez egy U alakú üvegcső, amelyben valamilyen folyadék van (víz vagy szesz). Méréshez a cső egyik ágát gumicső segítségével összekötik egy lapos hengeres dobozkával, melynek alját egy rugalmas gumihártya zárja le.

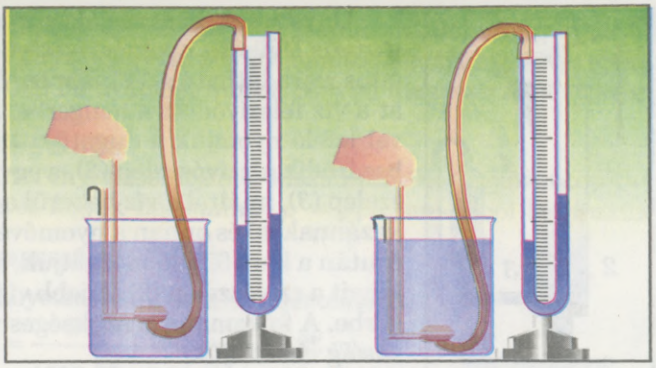


123. ábra

Ha a cső bal és jobb ágában egyenlő a nyomás, a folyadékszintek az ágakban azonosak lesznek. Ha most ujjunkkal könnyedén megnyomjuk a gumihártyát, akkor a manométernek a dobozkához kapcsolódó ágában a folyadék szintje lejjebb ereszkedik, míg a másikban feljebb emelkedik. Ez azzal magyarázható, hogy amikor a gumihártyát megnyomjuk, a dobozkában megnő a levegő nyomása. Ez a többletnyomás átterjed a manométernek a dobozkához kapcsolódó ágában levő folyadékra is, s annak szintje lesüllyed. Ez a süllyedés addig tart, amíg a többletnyomás erejét nem ellensúlyozza a manométer másik ágában az első ághoz viszonyítva magasabban levő folyadékoszlop súlynyomásának ereje. A folyadékszintek különbsége tehát mutatja, mennyivel nagyobb a nyomás a dobozkában a külső légnyomásnál.



124. ábra



125. ábra

◆ **Kísérlet.** Merítsük az U alakú manométer dobozkáját folyadékot tartalmazó edénybe (125. ábra). Észrevesszük, hogy minél mélyebbre süllyesztjük a dobozkát a folyadékba, annál nagyobb lesz a manométer ágaiban a folyadékszintek különbsége.

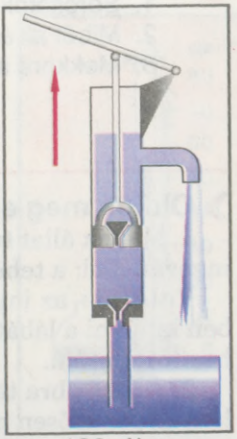
Így is kell lennie: **a merülés mélységének növelésével nő a folyadék hidrosztatikus nyomása.**

KÉRDÉSEK

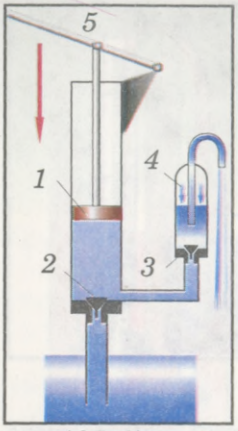
1. Hogyan nevezik azokat az eszközöket, amelyekkel a légnyomásnál kisebb vagy nagyobb nyomásokat mérik?
2. Milyen típusú manométerek a legelterjedtebbek?
3. Mi a különbség a csőrugós manométer és a folyadékos manométer között?
4. Mit bizonyít a 125. ábrán bemutatott kísérlet?

29. §. FOLYADÉKSZIVATTYÚK

A 126. ábrán vázlatosan ábrázolt kézi működtetésű szívókút-rendszerű folyadékszivattyú egy hengerből áll, amelyben szorosan illeszkedő dugattyú mozgatható fel és le. A henger alján és magán a dugattyún felfelé nyíló szelepek vannak. Mikor a dugattyú felfelé halad, a víz a légnyomás hatására beáramlik a csőbe, felnyitja az alsó szelepet, és a dugattyú után nyomul. Amikor a dugattyú lefelé halad, az alatta levő víz nyomja és bezárja a szelepet. Ugyanakkor a víz nyomása kinyitja a dugattyú szelepét, és a víz a dugattyú feletti térbe nyomul. A dugattyú következő emelésekor vele együtt emelkedik a felette levő víz is, és kiömlik a kifolyócsövön át. Egyidejűleg újabb vízadag nyomul a dugattyú után a hengerbe, s ez a dugattyú újabb lefelé mozgásakor ismét föléje kerül. Ezek a folyamatok ismétlődnek a szivattyúzás befejezéséig.



126. ábra



127. ábra

Ugyancsak használják a gyakorlatban a szintén dugattyús légüstös nyomószivattyút. Egy ilyen szivattyú vázlatos rajza látható a 127. ábrán. Miután a szívószelepen (2) át a víz felszívódott a hengerbe, az emelőkar (5) segítségével lefelé nyomjuk a dugattyút (1). A víznyomás hatására bezáródik a szívószelep (2), s egyidejűleg kinyílik a nyomószelep (3), miáltal a víz bekerül a légüstbe (4) (nevezik szélkazánnak is) és onnan a nyomóvezetéken át a szabadba. Ha ezután a kart felfelé mozgatjuk, bezár a nyomószelep (3) és kinyit a szívószelep (2) s újabb vízmennyiség áramlik a hengerbe. A folyamatot a szükséges vízmennyiség kiszivattyúzásáig ismételjük.

Felmerül a kérdés, milyen mélyről és milyen magasra emelhető a víz ilyen szivattyúk segítségével? Már tudjuk, hogy a higany sűrűsége 13,6-szer nagyobb a víz sűrűségénél. A légnyomás hatására a higany 760 mm-re emelkedik fel a csőben. Akkor a légnyomás által felemelt vízoszlop magasságának elméletileg 13,6-szer nagyobbnak kellene lenni, azaz 10 336 mm-nek. A gyakorlatban dugattyús szivattyúval legfeljebb 10 m mélyről emelhető fel a víz.

EZT JÓ TUDNI

• Meghökkentő képességekkel bíró szivattyúként működik az ember élete folyamán a szüntelenül dobogó szív. Percenként 6 liter vért szivattyúz, pumpál a szervezetbe. Ez egy nap alatt 8600 liter, egy év alatt kb. 3 millió liter, az ember 70 éves koráig hozzávetőleg 220 millió liter vért jelent. Ha a vér nem egy zárt rendszerben keringene, hanem a szív egy tartályba pumpálná a vért, úgy ezzel a vérmennyiséggel egy 100 m hosszú, 100 m széles és 22 méter mély medence telne meg.

KÉRDÉSEK

1. Soroljátok fel az általatok ismert dugattyús folyadékszivattyúk típusait!
2. Miből áll és hogyan működik a dugattyús folyadékszivattyú?
3. Mekkora a dugattyús folyadékszivattyú vízemelési magassága?

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. Melyik állat tudja könnyebben kihúzni lábát az ingoványból: a tehén vagy a ló? Miért?

Felelet: az ingoványból a tehén tudja könnyebben kihúzni a lábát, mert a lóval ellentétben a tehén hasított patájú.

2. A 128. ábra tengeri csillagot ábrázol. Ez az élőlény képes erősen megtapadni a tengerfenéken vagy más tárgyakon. Mi lehet ennek a magyarázata?


128. ábra

Felelet: a csillag testének alsó részén nagyszámú tapadókorong található.

3. A manométer, amely a víztorony tartályát tápláló szivattyúház fővezetékére van csatlakoztatva, 303 000 Pa nyomást mutat. Milyen magasan áll a vízszint a toronyban?

Adva:

$p = 303\,000$ Pa

$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$g = 9{,}81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

$h - ?$

Megoldás.

A torony vízszintjének kiszámításához a következő képletet fogjuk használni: $p = g\rho h$, amelyből kifejezzük a magasságot: $h = \frac{p}{\rho g}$.

Helyettesítsük be a számértékeket:

$$h = \frac{303\,000 \text{ Pa}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9{,}81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 30{,}88 \text{ m}.$$

Felelet: a vízszint magassága a toronyban 30,88 m.

A szint

203. Ha vízzel színültig töltött nyitott palackot szájával lefelé vizet tartalmazó edénybe merítünk, a palackból nem ömlik ki a víz. Miért?

204. Mivel magyarázható, hogy amikor vizet öntünk ki a palackból, bugyborékolás hangját halljuk?

205. Nehéz a megdöntött palackból vizet inni, ha ajkunkat szorosan a palack szájára tapasztjuk. Miért?

206. Kiszámolták, hogy a felnőtt ember (tömege 60 kg, magassága 160 cm) 1,6 m^2 területű bőrfelületére a légnyomás 160 000 N nyomóerővel hat. Hogyan képes a szervezet elviselni ilyen hatalmas terhelést?

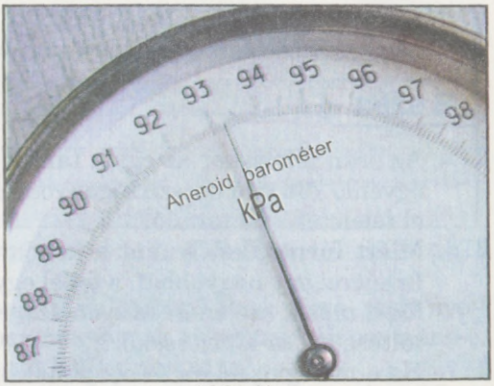
207. Mivel magyarázható, hogy a repülőgép nagy magasságba történő emelkedése közben az utasok fájdalmat éreznek a fülükben?

208. A Föld első műholdja felületének területe 8820 cm^2. Mekkora nyomóerő hatott a műhold felületére 300 km magasságban, ha ott a levegő nyomása 0,00006 Pa?

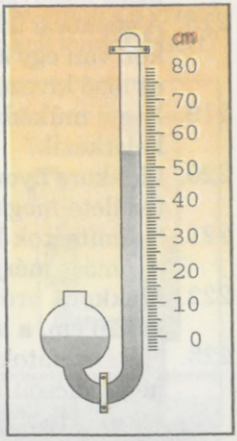
209. Mekkora nyomást mutat az aneroid barométer (129. ábra)?

210. Mekkora nyomást mutat a 130. ábrán látható körtés barométer? Fejezzétek ki a nyomást pascalokban!

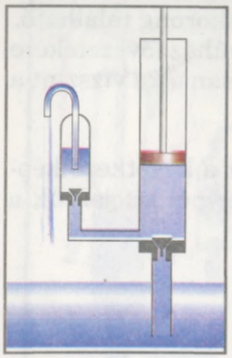
211. A 131. ábra a szélkazános nyomószivattyú vázlatos rajzát ábrázolja. Magyarázzátok el működési elvét!



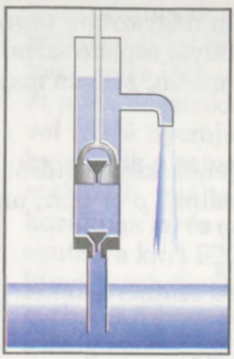
129. ábra



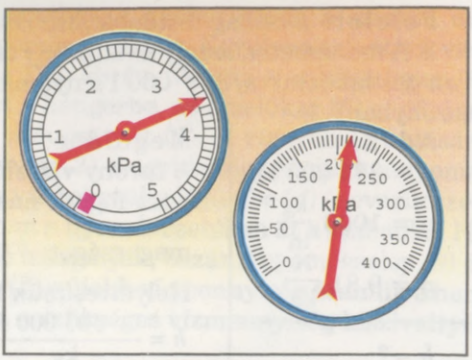
130. ábra



131. ábra



132. ábra



133. ábra

212. A 132. ábrán látható szívókút-rendszerű dugattyús folyadékszivattyú dugattyúja most emelkedik vagy süllyed?

213. Milyen készülékek láthatók a 133. ábrán? Mely fizikai mennyiséget mérik ezekkel? Olvassátok le a készülékek által mutatott értékeket!

214. Hogyan kell használni a pipettát kis mennyiségű folyadék átöntéséhez? Magyarázzátok meg a pipetta működését!

B szint

215. Az órán feleléskor az egyik tanuló a következőket mondta: „A légnyomás egyenlő 760 mm hosszú higanyoszlop nyomásával." Milyen hibákat követett el feleletében a tanuló?

216. Miért fúrnak két lyukat a kenőanyagok tárolására szolgáló bádogkanna fedelére: egy nagyobbat a fedél egyik szélénél egy kisebbet vele szemben a fedél másik szélénél? Milyen szerepet játszik a kisebbik lyuk a kanna feltöltésekor és kiürítésekor?

217. Ha a melegvízzel elmosott poharat szájával lefelé ráhelyezzük a polietilén asztalterítőre, akkor a pohár szája szorosan odatapad a terítőhöz, s a pohár kissé beszívja azt. Mi ennek a magyarázata?

218. A gépkocsi üzemanyagtartályának felső nyílását lezáró csavaros fémkupakon van egy kis lyuk. Ha ez a lyuk véletlenül eldugul, akkor az üzemanyag az alsó kivezető csövön nem fog eljutni a motorhoz. Miért?

219. Fog-e működni az aneroid barométer, ha a hullámos fémdobozán repedés keletkezik?

220. Mekkora nyomóerővel hat az ember testére a légnyomás, ha bőrfelületének területe megközelítőleg 1,6 m^2?

221. Számítsátok ki, mekkora nyomóerővel hat a levegő a tenyeretekre! A légnyomást mérjétek meg aneroid barométerrel!

222. Mekkora erővel nyomja a légkör a füzet egy lapját, ha annak méretei 16×20 cm, a légnyomás pedig 100 000 Pa?

223. Határozzátok meg a légnyomás értékét a tengerszint magasságában és a hegycsúcson (134. *a* ábra); a Föld felszínén és a metróállomáson (134. *b* ábra)! Hogyan magyarázzátok meg az aneroid barométerek mutatóinak állása közötti különbséget?

224. A 135. ábrán a barográf által a hét folyamán feljegyzett légköri nyomásgörbe látható. A grafikon alapján állapítsátok meg: a) mekkora volt és a hét melyik napján volt legnagyobb a légnyomás? b) mekkora volt és mikor volt a legkisebb a légnyomás? c) mennyi volt a légnyomás értéke csütörtökön délben? d) hány Hgmm-rel volt nagyobb a légnyomás kedden, mint pénteken?

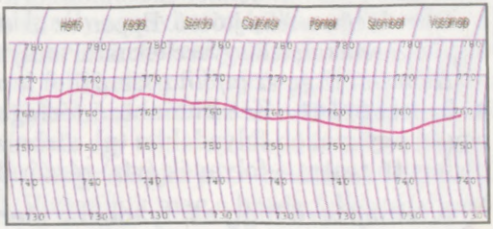
225. A XVII. sz. első felének végén Firenzében, az akkor már gazdag olasz kereskedővárosban olyan szivattyút építettek, amely az elképzelések szerint nagy magasságra képes emelni a vizet, de a víz csak 10 m magasra emelkedett. Miért?

226. A hidraulikus sajtóban szívókút-rendszerű szivattyút vagy nyomószivattyút használnak?

227. A szívókút-rendszerű szivattyú kifolyócsövén a vízsugár szaggatott sugárban folyik ki. Mi ennek a magyarázata?



134. ábra

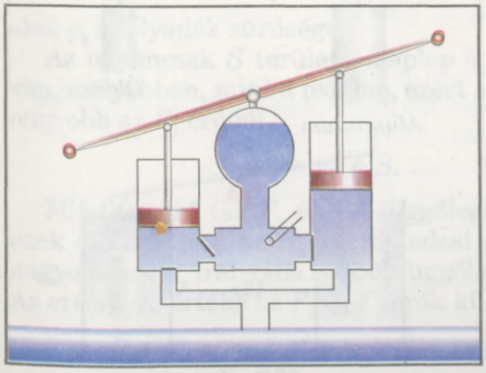

135. ábra

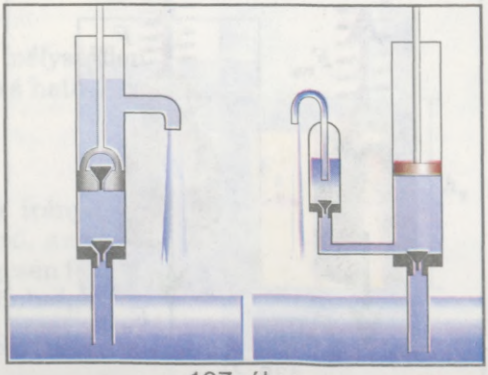
228. Tanulmányozzátok a 136. ábrán látható tűzoltószivattyú felépítését és működését. Hány szivattyú van itt valójában? Ezek szívó- vagy nyomószivattyúk? Mi a szerepe a légüstben megszorult levegőnek? Képes lenne-e nagy magasságba juttatni a vízsugarat légüst nélkül is?

229. Mekkora nyomást fejt ki a nyomószivattyú dugattyúja, ha az a vizet 15 m magasra juttatja fel? A légnyomás normális.

230. A két szivattyú közül (137. ábra) melyik képes 30 m magasra emelni a vizet?

231. A légszivattyú gumiból készült szívócsövének vastag falúnak kell lennie. Miért?


136. ábra


137. ábra

30. § A FELHAJTÓERŐ

• **Megfigyelés.** Mi az oka annak, hogy a labdát csak nehezen tudjuk víz alá nyomni, és amikor elengedjük, gyorsan felúszik a víz felszínére? Miért van az, hogy a tengerben könnyebb úszni, mint a tó vizében? Hogyan lehetséges, hogy a víz alatt fel bírjuk emelni azt a követ, amit a levegőben nem?

◆ **1. kísérlet.** Függesszünk rugóra egy testet (138. ábra). Mivel a testre hat a nehézségi erő F_n, a rugó megnyúlik. Ezáltal a test egyensúlyi állapotba kerül, mivel a testre ható nehézségi erőt ellensúlyozza a deformált rugó rugalmassági ereje F_{rug}. Ezek az erők egyenlő nagyságúak, de ellentétes irányúak. Merítsük most vízbe a testet. A rugó megnyúlása lecsökken. Mivel a test tömege nem változott, a rá ható nehézségi erő sem változott, de lecsökkent a rugalmassági erő.

Ebből arra következtethetünk; hogy a víz részéről hat a testre valamilyen erő, amely igyekszik kitaszítani őt a vízből. Ezt az erőt **felhajtóerőnek** nevezzük.

Ezzel már megmagyarázható, hogyan vagyunk képesek a víz alatt könnyedén felemelni azt a követ, amit csak nagyon nehezen emelünk meg a levegőben, vagy miért úszik gyorsan a felszínre a víz alá nyomott labda.

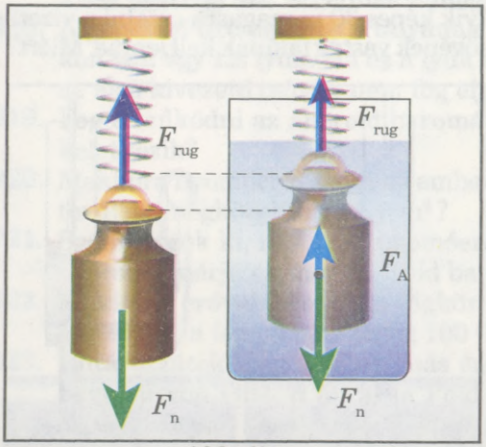
A gázok sok mindenben hasonlítanak a folyadékokra. Többek között a gázban levő testekre is hat a felhajtóerő. Éppen ez az erő emeli magasba a léghajókat, a meteorológiai szondákat, a kisgyerekek által annyira kedvelt héliummal töltött léggömböket.

De mitől függ ez a felhajtóerő?

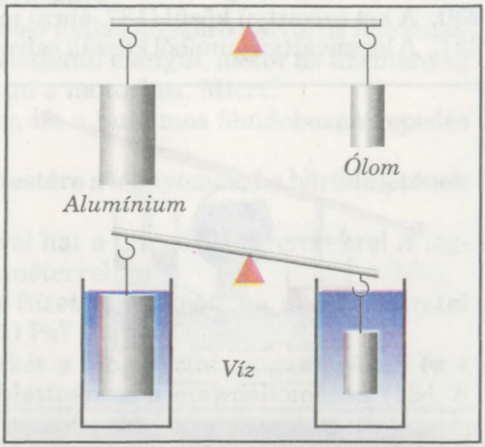
◆ **2. kísérlet.** Két különböző térfogatú, de azonos tömegű testet merítsünk egy és ugyanazon folyadékba (pl. vízbe). Azt fogjuk tapasztalni, hogy a nagyobb térfogatú testre a folyadék (víz) részéről nagyobb felhajtóerő hat (139. ábra).

A felhajtóerő függ a folyadékba merített test térfogatától. Minél nagyobb a test térfogata, annál nagyobb felhajtóerő hat rá.

◆ **3. kísérlet.** Most két azonos térfogatú és azonos tömegű testet merítsünk teljes egészében két különböző folyadékba, például vízbe és petróleumba (140. ábra). Az egyensúly megbomlása adott esetben arról tanúskodik, hogy a víz nagyobb felhajtóerővel hat a testre, ami azzal hozható kapcsolatba, hogy a víz sűrűsége nagyobb, mint a petróleumé.

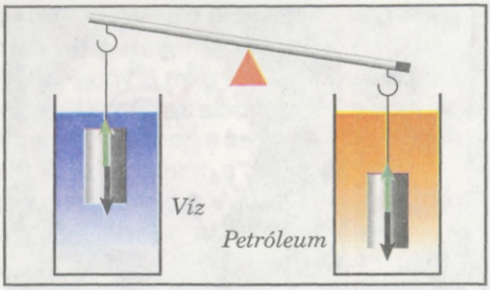


138. ábra



139. ábra

A folyadékba merült testre ható felhajtóerő függ a folyadék sűrűségétől. Minél nagyobb a folyadék sűrűsége, annál nagyobb felhajtóerő hat a folyadékba merített testre.



140. ábra

Összefoglalva a megfigyelések és a kísérletek eredményeit, az alábbi következtetést vonhatjuk le:

A folyadékba (vagy gázba) merülő testre olyan felhajtóerő hat, amely az általa kiszorított folyadék (vagy gáz) súlyával egyenlő.

Ezt az állítást felfedezőjéről **Arkhimédész törvényé**nek nevezzük. Arkhimédész az ókor egyik legnagyobb görög tudósa, aki a legenda szerint ezt a felfedezését sikeresen alkalmazta egy gyakorlati feladat megoldásához: megállapította, hogy van-e ezüst adalék Hieron szirakuzai király aranykoronájában. A folyadékba vagy gázba merült testre ható felhajtóerőt **archimedesi erőnek** is nevezik.

Arkhimédész törvénye alapján azonnal felírható a felhajtóerő kiszámítására szolgáló képlet, de hogy jobban megértsük honnan ered ez az erő, végezzünk el néhány egyszerű számítást. Ehhez válasszunk egy téglalap alapú hasábot (téglatestet), és merítsük folyadékba olyképpen, hogy alapjai párhuzamosak legyenek a folyadék szabad felszínével (141. ábra). Vizsgáljuk meg a hasáb felületére ható nyomóerőket.

Pascal törvénye értelmében a szimmetrikus oldallapokra ható F_3 és F_4 erők páronként egyenlők és ellentétes irányúak. Ezek az erők kölcsönösen kiegyensúlyozzák egymást, oldalról összenyomják a hasábot, de nem igyekszenek azt felemelni. Most vizsgáljuk meg a hasáb fedőlapjára és alaplapjára ható hidrosztatikus nyomás erejét.

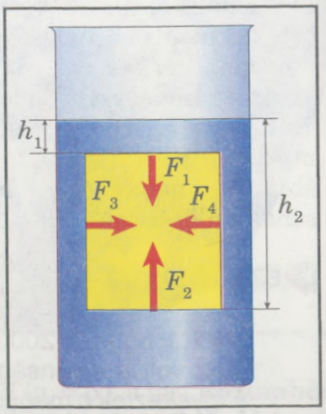
Az S területű fedőlap h_1 mélységben van a felszín alatt, tehát a rá ható F_1 nyomóerő értéke:

$$F_1 = g\rho_f h_1 S,$$

ahol ρ_f a folyadék sűrűsége.

Az ugyancsak S területű alaplap h_2 mélységben van, mélyebben, mint a fedőlap, ezért a rá ható F_2 is nagyobb az F_1 erőnél:

$$F_2 = g\rho_f h_2 S.$$



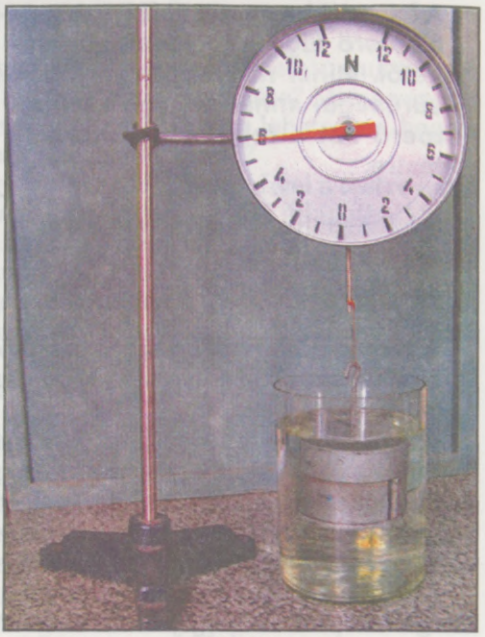
141. ábra

Mindkét erő (az F_1 és F_2) függőleges irányú, és ezek eredője lesz az F_A archimedesi erő, amely a nagyobb erő F_2 irányába mutat, függőlegesen felfelé. Az eredő erő értéke az F_2 és F_1 erők különbsége:

$$F_A = F_2 - F_1 = g\rho_f h_2 S - g\rho_f h_1 S = g\rho_f S(h_2 - h_1).$$



142. ábra



143. ábra

Mivel $h_2 - h_1$ a hasáb magasságát adja, így az $S(h_2 - h_1)$ szorzat egyenlő a test V_t térfogatával, tehát Arkhimédész törvényének végleges matematikai alakja:

$$F_A = g\rho_f V_t .$$

Valóban, mivel a folyadék összenyomhatatlan, így a test által kiszorított folyadék térfogata egyenlő a test térfogatával és a $\rho_f V_t$ szorzat a test V_t térfogatával megegyező térfogatú folyadék tömege m_f. Ennek megfelelően az $m_f g$ szorzat e kiszorított folyadéknak a súlya.

Az elvégzett számítások szemléletesen mutatják, hogy az archimedesi erő megjelenése annak következménye, hogy a folyadék hidrosztatikus nyomásának értéke különböző mélységekben nem egyenlő, mégpedig a mélység növekedésével a nyomás növekszik.

Az archimedesi erő meghatározható kísérletileg is.

◆ **4. kísérlet.** Függesszük fel a testet dinamométerre (142. ábra). A testre majdnem 10 N nagyságú nehézségi erő hat. Merítsük a testet folyadékba (143. ábra). A dinamométer 6 N erőt mutat. Számítsuk ki a dinamométerek mutatásának különbségét. Ez 4 N. Tehát a testre 4 N nagyságú archimedesi erő hat.

EZT JÓ TUDNI

• A több mint 2000 évvel ezelőtt uralkodó Csao-Csao kínai császárnak az volt a kívánsága, hogy mérjék meg az elefánt súlyát. Bármennyire igyekeztek a magas rangú hivatalnokok, senki semmit nem tudott kitalálni,

ugyanis nem volt olyan hatalmas mérleg, amellyel megmérhették volna az elefántot. Amikor már beismerték tehetetlenségüket, megjelent egy Chao Chun nevű férfi, és azt állította, hogy ő meg tudja mérni az elefánt súlyát. A következőt kérte: „Parancsolják meg az alattvalóknak, hogy állítsák az elefántot egy nagy csónakba, jelöljék meg a csónak oldalán annak vízbemerülési szintjét, majd vigyék el az elefántot, a csónakba pedig rakjanak annyi követ, hogy az a jelig merüljön a vízbe. A kő súlya megegyezik az elefánt súlyával." Ez a zseniális őstehetség, aki sok évvel megelőzte Arkhimédészt, ötletéért „gazdag" ajándékot kapott, Csao-Csao császár elismerő fejbiccentését.

KÉRDÉSEK

1. Soroljatok fel a mindennapi életből vett jelenségeket, amelyek alátámasztják a felhajtóerő létezését!
2. Mi a magyarázata a felhajtóerő létrejöttének?
3. Mitől függ a felhajtóerő nagysága?
4. Hogyan határozható meg kísérletileg az archimedesi erő?
5. Fog-e hatni az archimedesi erő a folyadék alján az edény fenekéhez szorosan illeszkedő testre?

31. §. A TESTEK ÚSZÁSÁNAK FELTÉTELEI

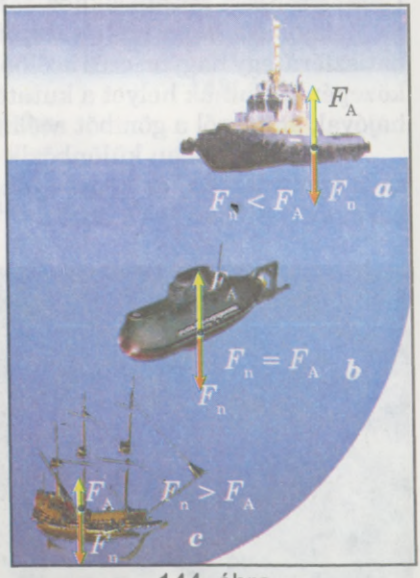
Már tudjuk, hogy a folyadékba merült testre két erő hat: a függőlegesen lefelé ható nehézségi erő $F_n = gm$, és a függőlegesen felfelé ható archimedesi erő $F_A = g\rho_f V_t$.

E két erő hatására a test a nagyobb erő irányába fog mozogni. Eközben három eset lehetséges:

1. Ha a nehézségi erő kisebb az archimedesi erőnél ($F_n < F_A$), akkor a test felemelkedik a folyadék felszínére (144. *a* ábra). A felszínen úszni fog egy részével a folyadékba merülve, mégpedig akkora részével, hogy a fellépő archimedesi erő éppen ellensúlyozza a testre ható nehézségi erőt.

2. Ha a nehézségi erő egyenlő az archimedesi erővel ($F_n = F_A$), a test a folyadékban bárhol egyensúlyban lesz (a test lebeg a folyadékban) (144. *b* ábra).

3. Ha a nehézségi erő nagyobb az archimedesi erőnél ($F_n > F_A$), a test elsüllyed (144. *c* ábra).



144. ábra

A vizsgált esetek mindegyikében a folyadék és a test sűrűségének viszonya volt a meghatározó feltétel.

1. Amennyiben a test sűrűsége kisebb a folyadék sűrűségénél ($\rho_t < \rho_f$), a test egy részével a folyadékba merülve úszni fog a felszínen.

2. Ha a test sűrűsége egyenlő a folyadék sűrűségével ($\rho_t = \rho_f$), a test **közömbös** (indifferens) **egyensúlyi állapotban** lesz, mozdulatlanul képes lebegni bármi-



145. ábra

lyen mélységben (a lehetséges ütközés miatt ez bizonyos veszélyt jelent a hajózás számára).

3. Ha a test sűrűsége nagyobb, mint a folyadéké ($\rho_t > \rho_f$), a test elsüllyed.

Az iszapos tengerfenékre leereszkedett tengeralattjáró néha csak nagy nehezen tud felemelkedni, elszakadni a tengerfenéktől. A tengerfenék látszólagos szívó hatása, a hajó megtapadása a fenéken akkor következik be, ha a hajó olyan szorosan ül a fenéken, hogy közte és a talaj között nincs víz. Tehát a víz nem hat a hajó aljára, vagyis nem jön létre felhajtóerő.

Víz alatti munkákhoz (a mélységtől függően) a búvárok speciális búvárruhát használnak (145. ábra). Ezek tömege az 50 kg-ot is meghaladja, mivel cipőjének ólomtalpa van, hogy növelje a búvár súlyát és ezáltal állóképességét munkavégzés közben.

Hogyan képes a búvár ilyen nehéz felszerelésben mozogni? A ruha nagy térfogatának köszönhetően a felhajtóerő majdnem ellensúlyozza a búvár egész súlyát, így a búvár könnyedén mozog a vízben.

A Jacques-Yves Cousteau francia tengerkutató által feltalált könnyűbúvár-készülék (1934) használatával az ember képes hosszú időt tölteni a víz alatt és szabadon mozogni (146. ábra).

Mélytengeri kutatásokhoz batiszférákat és batiszkáfokat használnak (görög elemekből a *bathüsz* mély, *szkaphosz* sajka, csónak és *szphaira* gömb, labda). A batiszféra egy nagyon erős acélból készült gömb, vastag üvegablakokkal. A gömb közepén foglalnak helyet a kutatók, akik folyamatos összeköttetésben vannak a hajóval, amelyről a gömböt acélkötélen bocsátják a mélybe.

A batiszkáf abban különbözik a batiszférától, hogy nem köti kötél a hajóhoz, saját motorja van, és képes szabadon mozogni nagy mélységekben (11 km-ig) bármely irányban (147. ábra).



146. ábra



147. ábra

A különböző sűrűségű folyadékokban a folyadéknál kisebb sűrűségű test különböző mértékben merül le. Ezt használják ki az úszó sűrűségmérőkkel, idegen szóval areométerrel történő sűrűségméréskor (a görög *areios* ritka és *metreo* mérek szavakból). Ez egy alsó részén súllyal terhelt üvegcső, amely az úszás törvénye szerint annál mélyebbre merül a folyadékba, minél kisebb a folyadék sűrűsége (148. *a* ábra). Az areométer alsó részében lehet hőmérő is a vizsgált folyadék hőmérsékletének mérésére.

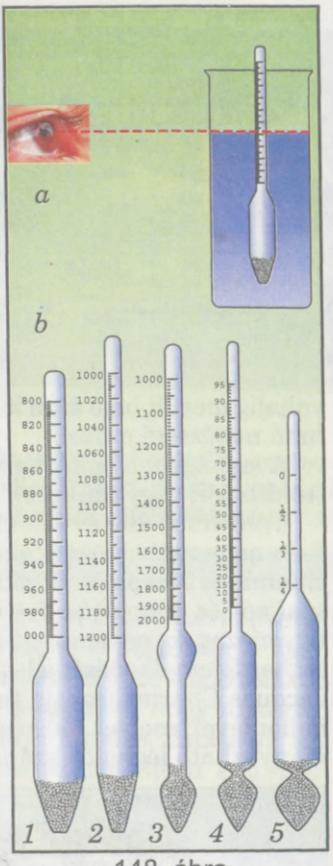
A areométereknek másik nevük is van; mondják őket még denziméteresnek (a latin *densus* sűrű és a *metreo* mérek szavakból). Denziméterrel 0,7 és 2,0 $\frac{g}{cm^3}$ közötti sűrűségek mérhetők. A 148. *b* ábrán különböző típusú denziméterek láthatók:

1 – a víznél kisebb sűrűségű folyadékok sűrűségmérésére használható denziméter. Méréshatárai: 800-1000 $\frac{kg}{m^3}$;

2 – a víz sűrűségénél nagyobb sűrűségű folyadékok sűrűségmérésére használható denziméter. Méréshatárai: 1000-1200 $\frac{kg}{m^3}$;

3 – a víznél nagyobb sűrűségű folyadékok sűrűségmérésére szolgáló denziméter. Méréshatárai: 1000-2000 $\frac{kg}{m^3}$;

4 – szeszmérő (alkoholtartalom-mérő). Méréshatárok: 0–95%;

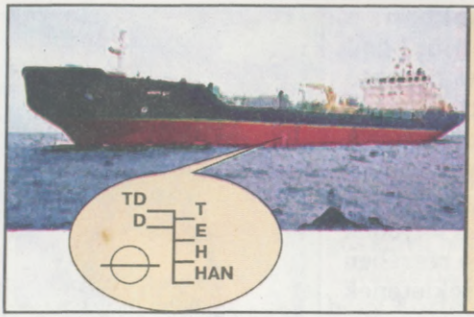


148. ábra

5 – laktométer (tejfajsúlymérő). Beosztásai: „Tiszta tej", „$\frac{1}{4}$ víz", „$\frac{1}{3}$ víz", „$\frac{1}{2}$ víz".

A vízen úszó test vízszint alatti részével kiszorít bizonyos mennyiségű vizet. A kiszorított víz súlya egyenlő az úszó testre ható nehézségi erővel (pontosabban annak súlyával). Ez igaz a vízen úszó hajókra is. A hajó víz alatti része által kiszorított víz súlya egyenlő a hajó és rakománya együttes súlyával.

Valamennyi hajó meghatározott mélységig süllyed a vízszint alá, ezt a **hajó merülésének** nevezik. A legnagyobb megengedett merülést a hajótest külső oldalán megjelölik egy vörös vonallal, ez az ún. **vízvonal**. A vízvonal mellett más jelölések is találhatók a hajó oldalán. Ilyenek például a különböző évszakokra és más-más vizekre vonatkozó merülési szintek jelzései (149. ábra). Ez amiatt van, hogy a világóceán különböző helyein eltérő a víz sűrűsége, azonkívül a víz sűrűsége függ a hőmérséklettől is (nyáron kisebb, mint télen).



TD – trópusi meleg víz;
D – meleg víz;
T – trópusi sós víz;
E – sós víz nyáron;
H – hideg víz télen;
HAN – az Atlanti-óceán északi része télen

149. ábra

A hajók fontos jellemzője az ún. **vízkiszorítás**. Ez számbelileg egyenlő a vízvonalig merült hajó által kiszorított víz súlyával, vagyis a hajóra és a rakományra ható nehézségi erővel.

A legnagyobb hajók napjainkban a kőolaj szállítására használt **tartályhajók** (tankhajók vagy tankerek). Ezek vízkiszorítása eléri az 5 000 000 000 N-t.

Több mint 200 év telt el az ember első levegőbe emelkedése óta. 1783. május 5-én nagy nyilvánosság előtt emelkedett levegőbe Annonayban (Franciaország) Etienne és Joseph Montgolfier találmánya, a vászonnal bevont papírgömb, melyet szalma- és gyapjútűz füstjével, tehát melegített levegővel töltöttek meg. Még ugyanezen év november 21-én a Montgolfier-testvérek valósították meg az első ember felemelkedését a levegőbe és légi utazását (150. ábra). Tíz nappal ezután Jacques Charles francia fizikus tett nagyobb utazást a levegőben saját építésű ballonjával, melyet hidrogénnel töltött meg. Ez szolgált mintául a későbbi kormányozható léghajók számára.



150. ábra

A légkör magasabb rétegeinek tanulmányozására a meteorológiai állomásokon kisméretű, 1–2 m átmérőjű léggömböket, úgynevezett meteorológiai szondákat bocsátanak fel (151. ábra). Ezek 35–40 km magasságba emelkednek. Ezeken a szondákon könnyű műszereket helyeznek el, amelyek rádió útján adatokat közölnek a repülési magasságról, a légnyomásról, a levegő hőmérsékletéről. A szonda repülésének irányából és sebességéből megállapítható a szél iránya és ereje különböző magasságokban. A szondák által szolgáltatott adatok fontosak az időjárás-előrejelzés szempontjából.

A 152. ábrán a levegőnél könnyebb kormányozható léghajó látható. Ezt motorok által forgatott légcsavarok hozzák mozgásba. Az ilyen típusú repülő alkalmatosságok hátrányos tulajdonsága, hogy burkolata hidrogénnel van töltve, ami nagyon tűzveszélyes.



151. ábra



152. ábra

A léggömbök, a sztratoszféra-léggömbök, kormányozható léghajók, meteorológiai szondák azért képesek felemelkedni a levegőben, mert olyan gázokkal vannak töltve, amelyek könnyebbek a levegőnél, s hat rájuk a felhajtóerő.

EZT JÓ TUDNI

• 1893 júniusában a *Portion* nevű kanadai gőzhajó úton volt St. John's (Newfoundland) kikötőből New Brunswick tartomány egyik kikötője felé. A hajó mellett hatalmas jéghegyek úsztak el. A hajó utasai szerették volna közelebbről megszemlélni a jéghegyeket, ezért rábeszélték a kapitányt, hogy közelítse meg az egyiket. Leállították a hajó motorjait úgy 70 méter távolságra az egyik jéghegytől. Az úszó jéghegy hossza megközelítette a 250 m-t, magassága a 60 m-t. A napsugarak fényében sziporkázó óriásjég váratlanul eltávolodott a hajótól, s ezzel egy időben a hajótestet hatalmas lökés rázta meg. Az ámuló tengerészek és utasok azt vették észre, hogy a hajó megfeneklett a jéghegyen és percről-percre egyre jobban kiemelkedik a vízből.

Hihetetlen eset történt. Közismert tény, hogy a jéghegyek időnként átfordulnak. A hajó a jéghegy víz alatti részének mélyedésébe ékelődött és néhány percig a jéghegy csúcsán maradt. A jéghegy ezután megingott majd visszaállt eredeti helyzetébe, s a hajó is szerencsésen visszaereszkedett a vízre. Valójában nem egészen szerencsésen, ugyanis e kaland közben a hajótesten rés keletkezett, s a *Portion* épp hogy elérte a legközelebbi kikötőt.

KÉRDÉSEK

1. Fogalmazzátok meg a testek úszásának feltételeit!
2. Milyen esetben úszik a test a folyadék felszínén, hogy csak egy részével merül a folyadékba?
3. A felsorolt folyadékok közül melyiknek a felszínén fog úszni a jég: petróleum, víz vagy szesz?
4. Mire használják a denzimétereket?
5. Miért süllyed el a léket kapott hajó?
6. Mit értünk a hajó merülése alatt? Mi a vízvonal? Mi a vízkiszorítás?
7. Ki a léggömbbel való repülés úttörője?
8. Nevezzetek meg néhány légi közlekedési eszközt!

32. §. Hidrosztatikus mérlegelés

A folyadék vagy szilárd test sűrűségének meghatározását Arkhimédész törvényének alkalmazásával hidrosztatikus mérlegelésnek mondjuk. A szilárd test sűrűségét két méréssel határozzuk meg: előbb megmérjük a test súlyát a levegőben, majd egy ismert sűrűségű folyadékban. Ám ha ismeretlen folyadék sűrűségét szeretnénk meghatározni, akkor egy ismert tömegű és ismert térfogatú test súlyát mérjük meg ebben a folyadékban.

Ha a vizsgált tömör, szilárd test elsüllyed a vízben, a feladat megoldásához mindössze egy laboratóriumi dinamométerre (vagy egyenlő karú mérlegre) és vizet tartalmazó edényre lesz szükségünk. Előbb megmérjük a vizsgált test súlyát P a levegőben: $P = mg = \rho Vg$, ahol ρ a vizsgált test ismeretlen sűrűsége, m és V pedig a test tömege, illetve térfogata.

Ezután a testet ismert ρ_0 sűrűségű folyadékba süllyesztjük (amennyiben tiszta vagy desztillált vizet használunk úgy $\rho_0 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) és megmérjük a test P_1 súlyát ebben a folyadékban, ami Arkhimédész törvénye alapján kisebb a levegőben mért súlyánál az archimedesi erő értékével. Az archimedesi erő $F_A = g\rho_0 V$, tehát $P_1 = P - F_A$, ahonnan $F_A = P - P_1$ vagy $g\rho_0 V = P - P_1$.

Ha a folyadék sűrűsége ismeretlen, de ismert a térfogata, akkor az utóbbi képletből kiszámíthatjuk a sűrűségét:

$$\rho_0 = \frac{P - P_1}{gV}.$$

A test által kiszorított folyadék térfogata egyenlő a test térfogatával, és mivel $P = \rho Vg$, innen $V = \frac{P}{\rho g}$. Helyettesítsük be ezt a kifejezést az archimedesi erő képletébe, s a következő kifejezést kapjuk: $\frac{\rho_0 P}{\rho} = P - P_1$. Ebből a kifejezésből a test ismeretlen sűrűségének kiszámítására a következő képletet kapjuk:

$$\rho = \rho_0 \frac{P}{P - P_1}.$$

KÉRDÉSEK

1. Mi a hidrosztatikus mérlegelés?
2. Hogyan mérhető meg a szilárd test sűrűsége hidrosztatikus mérlegeléssel?
3. Hogyan mérhető a folyadék sűrűsége?
4. Milyen eszközökre van szükség a szilárd test sűrűségének meghatározásához? A folyadékéhoz?

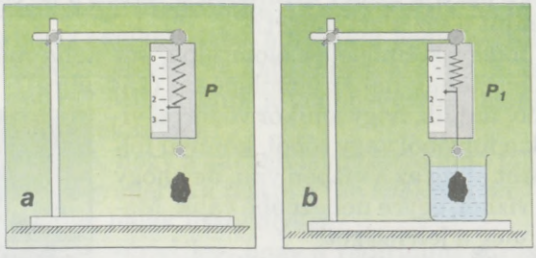
8. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

AZ ANYAG SŰRŰSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA HIDROSZTATIKUS MÉRLEGELÉSSEL

- **A munka célja:** a szilárd test sűrűségének meghatározása hidrosztatikus mérlegeléssel.
- **Eszközök és anyagok:** dinamométer, állvány szorítóval és fogóval, kampóval ellátott ismeretlen sűrűségű szilárd test, edény tiszta vízzel.

A munka menete

1. Ismételjétek át a 32. §-t!
2. Rögzítsétek az állvány fogójába függőleges helyzetben a dinamométert és függesszétek a kampójára az ismeretlen sűrűségű testet. Olvassátok le a dinamométer állását, és írjátok be a mutatott értéket a táblázatba. Ez a test súlya a levegőben P ($P = \rho Vg$) (153. *a* ábra).
3. Helyezzétek a vizet tartalmazó edényt a felfüggesztett test alá, s a szorítót meglazítva addig mozgassátok a fogót, amíg a test teljes egészében el nem merül a vízben (153. *b* ábra). A fogó rögzítése után a dinamométer mutatása alapján határozzátok meg a test P_1 súlyát a vízben, és annak értékét írjátok be a táblázatba. A test levegőben és vízben mért súlya közötti különbség egyenlő az F_A felhajtóerővel ($F_A = P - P_1$; $F_A = g\rho_0 V$).
4. Számítsátok ki a szilárd test ρ sűrűségét a következő képlet szerint: $\rho = \rho_0 \frac{P}{P - P_1}$, s a kapott értéket írjátok be a táblázatba! A tiszta víz sűrűsége $\rho_0 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.
5. A *Szilárd testek sűrűsége* táblázat alapján határozzátok meg, milyen anyagból készült az adott test!
6. Vonjatok le következtetéseket!



153. ábra

A test súlya a levegőben P, N	A test súlya a vízben P_1, N	A szilárd test anyagának sűrűsége ρ, $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. Iszapos medrű folyóban fürödve észrevehetjük, hogy lábaink mélyebben süppednek az iszapba a sekély vízben, mint a mélyebb helyeken. Magyarázzátok meg a jelenség okát!

Felelet: azzal magyarázható, hogy mélyebb vízben nagyobb a felhajtóerő.

2. Számítsátok ki az 5 m^3 térfogatú testre ható archimedesi erőt, ha az teljes egészében a víz alatt van!

Adva:
$V = 5\ m^3$
$g = 9{,}81\ \frac{N}{kg}$
$\rho = 1000\ \frac{kg}{m^3}$

$F_A - ?$

Megoldás.
Az archimedesi erőt az $F_A = g\rho_f V_t$ képlet szerint számítjuk ki:

$$F_A = 9{,}81\ \frac{N}{kg} \cdot 1000\ \frac{kg}{m^3} \cdot 5\ m^3 = 49\,050\ N.$$

Felelet: $F_A = 49{,}05$ kN.

3. Figyelembe kell-e venni a hajó terhelését, ha a hajó a tengerről a folyóba megy át? Növelni vagy csökkenteni kell a terhelését, ha azt szeretnénk, hogy a hajó továbbra is a vízvonalig merüljön a vízbe?

Felelet: igen, figyelembe kell venni a hajó terhelését, mivel a víz sűrűsége csökkenni fog. Csökkenteni kell a hajórakomány tömegét.

A szint

232. Mivel magyarázható, hogy a köves folyófenéken nem olyan fájdalmas mezítláb járni, mint az ugyanilyen köves parton?
233. Két fiú a tó vizében könnyedén felemelt egy nagy követ, majd a víz felszíne alatt kivitték a partra. Mikor kiemelték a vízből, a kő sokkal nehezebbnek tűnt nekik, mint a víz alatt. Miért?
234. Miért van a búvárok cipőjének ólomtalpa, sőt néha még a mellükre és a hátukra is akasztanak nehéz ólomlapokat (154. ábra)?
235. Tapasztalatból tudjuk, hogy amikor vödörrel vizet merítünk a folyóból vagy tóból, könnyű felemelni a vödröt amíg az a vízben van, de ahogy emeljük ki a vízből, egyre nehezebbé válik. Magyarázzátok meg a jelenséget!
236. Azonos erő feszíti-e a hajóhorgony láncát, ha a horgony a levegőben, illetve a vízben van?
237. Mekkora felhajtóerő hat a 2 m^3 térfogatú testre, ha az teljes egészében elmerült a vízbe; a petróleumba?
238. Mekkora a teljesen víz alá merült test térfogata, ha a rá ható felhajtóerő értéke 40 N?



154. ábra



155. ábra



156. ábra

239. A folyadékban teljesen elmerült 200 cm^3 térfogatú testre 160 N nagyságú felhajtóerő hat. Mi ez a folyadék?
240. Úszik-e vagy elsüllyed: az ólomöntvény a higanyban; a tölgyfahasáb a benzinben; a jégdarab a petróleumban; az olaj a vízben?
241. A zsír a leves felszínén gyűl össze. Miért?
242. Mivel magyarázható, hogy az üres palack úszik a víz felszínén, a vízzel töltött pedig elsüllyed?
243. Megfelel-e a fizika törvényeinek a következő leírás: „... Nem tudtunk elsüllyedni. Hanyatt feküdve, a mellünkön karba tett kézzel, testünk teljes hosszában elnyúlhattunk a víz felszínén (155. ábra). Eközben még fejünket is teljesen felemelhettük..."?
244. Trimarán egy három törzsű széles csónak (156. ábra). Mi az előnye az ilyen típusú csónaknak?
245. A hajó súlya 100 000 000 N. Mennyi az általa kiszorított víz súlya?
246. A batiszkáf manométere 9,8 MPa víznyomást mutat. Mekkora mélységben tartózkodik a batiszkáf?

B szint

247. A teljes egészében folyadékba merült testre ható felhajtóerő értéke függ-e a merülési mélységtől? A kétkarú mérlegen két teljesen egyforma alumínium test van egyensúlyban. Megbomlik-e az egyensúly, ha mindkét testet vízbe merítjük? És ha az egyiket vízbe, a másikat pedig petróleumba?
248. A legtöbb vízinövénynek vékony, hajlékony szára van. Miért nincs szükségük erős, merev szárra? Mi történik a vízinövénnyel, ha leengedik a vizet a víztárolóból, ahol ezek nőnek?
249. Mivel magyarázható, hogy a gázban levő testre ható felhajtóerő sokkal kisebb, mint amely ugyanerre a testre a folyadékban hat?
250. Milyen célt szolgál a halak úszóhólyaga?
251. Határozzátok meg kísérletileg, hogy a radírgumi sűrűsége nagyobb vagy kisebb a víz sűrűségénél?
252. A megtisztított burgonya egy szeletét tegyétek vízbe. Szórjatok a vízbe sót, és addig kevergessétek, míg a burgonyaszelet fel nem jön a víz felszínére. Magyarázzátok meg a jelenséget!
253. Végezzétek el a következő kísérletet: szúrjatok a sztearingyertya aljába egy szöget, hogy a gyertya függőleges állásban ússzon a vízen. Gyújtsátok meg a gyertyát. Meddig fog égni a gyertya a vízen úszva?

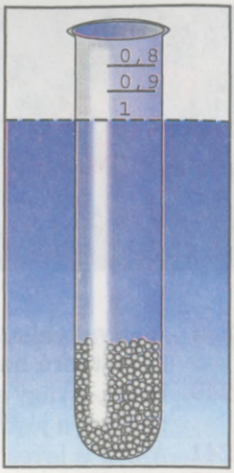
254. Hogyan lehet legegyszerűbben elválasztani a tejszínt a tejtől? Mi nehezebb: egy pohár tej vagy egy pohár tejszín?

255. Létezik a szemes termények szennyeződéstől való megtisztításának egy ilyen módja: a gyomnövény magjával szennyezett rozst 20%-os sóoldatba szórják. A gyomnövénymagok felúsznak a felszínre, a rozsszemek pedig lesüllyednek. Ezt hogyan magyarázzuk?

256. Elsüllyed-e a vízben az acélkulcs a súlytalanság állapotában, például az orbitális űrállomáson, ahol normális légnyomás uralkodik? Érvényes-e Pascal törvénye a súlytalanság állapotában?



157. ábra



158. ábra

257. A lefölözött vagy a fölözetlen tejben süllyed mélyebbre a laktométer?

258. Milyen eszközök láthatók a 157. ábrán? Mire használják őket? Miért különböznek egymástól a készülékek skálái?

259. Hogyan készíthető ceruza vagy vonalzó felhasználásával olyan készülék, amely lehetővé teszi két külön edényben levő folyadék sűrűségének összehasonlítását?

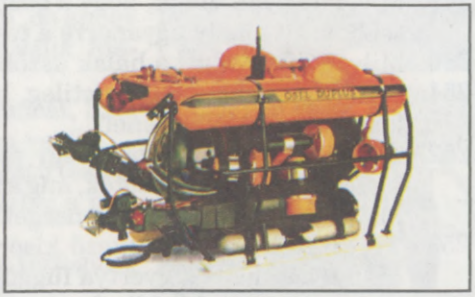
260. Készítsétek el kémcsőből a denziméter modelljét (158. ábra). Ehhez tegyetek a kémcsőbe annyi ólomdarabkát, hogy a kémcső függőlegesen ússzon a vízben. Reszelővel jelöljétek meg a kémcsövön a víz felszínének helyét. Tegyétek ugyanezt, különböző folyadékokba merítve a kémcsövet!

261. A folyadékba merült testre állandó nagyságú $F_A = g\rho_f V_t$ felhajtóerő hat. Akkor hogyan képes a tengeralattjáró (159. ábra) mélyebbre merülni a tengerben, vagy éppen felemelkedni a felszínre?

262. Olykor megtörténik, hogy az iszapos fenékre leereszkedett tengeralattjáró képtelen felemelkedni annak ellenére, hogy a víztároló rekeszeit kiürítették. Hogy elmozdítsák helyéről a tengeralattjárót, szükség lehet arra, hogy a torpedóvetőből vaklövést hajtsanak végre. Miért?



159. ábra



160. ábra

263. A tengerfenék és a tenger alatti világ kutatását végző speciális berendezés (160. ábra) képes 6000 m mélységig merülni. Számítsátok ki a tengervíz nyomását ebben a mélységben!

264. A hidrogénnel töltött könnyű gumifalú léggömbök a levegőben nagyon gyorsan emelkednek. Miért? Mivel magyarázható, hogy ezek bizonyos magasság elérésével szétpukkannak?

265. Változik-e a léghajóra ható felhajtóerő a magasság növekedésével? Mekkora lesz ez a felhajtóerő, ha a hidrogénnel töltött léghajó térfogata 20 000 m^3? Az emelkedési magasság 2 km.



161. ábra

266. A légkör felső rétegeibe való indítás előtt a 10 m^3 térfogatú meteorológiai szondát (161. ábra) héliummal töltötték fel. Mekkora felhajtóerő hat a szondára? Változik-e ez a magassággal?

TÖRTÉNELMI TÁJÉKOZTATÓ

Robert Hooke (1635. 07. 18.–1703. 08. 03.) úgy került be a tudománytörténetbe, mint a rugalmassági erő, a test deformációja és rugalmassági együtthatója közötti összefüggést kifejező törvény megalkotója. Emellett számos munkájában foglalkozott optikával (fénytannal), égi mechanikával, hőtannal, ezen belül a jég olvadáspontjának és a víz forráspontjának meghatározásával. Nevéhez fűződik annak megállapítása, hogy valamennyi anyag forrás- és olvadáspontja állandó; hogy az élő szervezet sejtes felépítésű. Tökéletesítette a mikroszkópot, kimondta a fény hullámtermészetét, s ezzel a fizikai optika úttörője lett. Megállapította az égitestek vonzását, s hogy az általános tömegvonzás ereje fordítottan arányos a testek közötti távolság négyzetével.



Robert Hooke

Hooke találmányainak forrása heves vérmérséklete volt. 1684-ben bemutatta a Royal Society (Királyi társaság – az angol Királyi Természettudományos Akadémia) tagjainak a világ első optikai távíróját. Az 1666-os londoni tűzvész után Hooke építész lett. A város újjáépítéséhez a Temzére és a csatornákra hidakat, templomokat, kereskedelmi épületeket kellett terveznie. Közreműködött a Betlehem Királyi Kórház tervezésében. Hooke részt vett a Királyi Greenwichi Csillagvizsgáló építésében, ami majdnem 30 évig tartott.

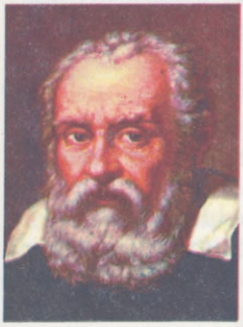
Isaac Newton (1643. 01. 05.– 1727. 03. 31.). Anglia keleti partjának közelében fekvő Woolsthorpe községben (Lincoln grófság) született szegény farmercsalád gyermekeként. Gyerekkorában lelkesedett a mechanikai modellekért, maga is készített kis méretű vízimalmot, kanócos puskát, napórát (Anglia egyik múzeumában ma is őrzik a több mint 350 éves óra számlapját). 1658-ban hajtotta végre első fizikai kísérletét: miközben a szél sebességét szerette volna meghatározni, megmérte ugrásának hosszát szélirányban és széllel szemben.



Isaac Newton

Newton fizikai kutatásainak tárgykörét a mechanikai, gravitációs, optikai jelenségek képezték. Megfogalmazta a klasszikus mechanika alaptörvényeit, felfedezte az általános tömegvonzás törvényét, a fehér fény színes összetevőire bontásának jelenségét, továbbfejlesztette a fény elméletét, mely során a fényt mozgó részecskék áramlásának tekintette. Függetlenül G. Leibniztől kidolgozta a felső matematika alapvető fejezeteit. Elődei és saját mechanikai kutatásainak eredményeit összefoglalva 1687-ben jelentette meg főművét, *A természetfilozófia matematikai alapelvei*t. A tudós sírkövére egy háromoldalú hasáb van vésve, amely a fehér fényt összetevőire bontja.

Élete utolsó éveiben előbb a pénzverde ellenőre, majd 1699-től annak igazgatója volt.



Galileo Galilei

A légnyomás mérése. Galileo Galilei (1564. 02.15.–1642. 01. 08.) elsőként bizonyította, hogy a levegőnek súlya van. Megmérte egy üres üveggömb súlyát, majd levegőt pumpált a gömbbe, és újra lemérte. A kapott mérési eredmények közötti különbséget a tudós helyesen, a gömbbe pumpált levegő súlyával hozta kapcsolatba. De Galilei nem tudta megmagyarázni egy másik kísérlet eredményét. Miért csak 10 m magasra emelkedik a víz a vízszivattyúhoz kapcsolt 12 m hosszú csőben? Hiába szivattyúzzák tovább a vizet, a víz nem emelkedik magasabbra.



Evangelista Torricelli

Galilei egyik tanítványa, **Evangelista Torricelli** (1608.10.15.–1647. 10. 25.) arra a következtetésre jutott, hogy a folyadékot nem a fizikai erőnk készteti emelkedésre, hanem a folyadék felületére ható légnyomás. 1643-ban higannyal végzett kísérletet, melynek sűrűsége 13,6-szer nagyobb a víz sűrűségénél. Torricelli kiszámította, hogy a 760 mm magas higanyoszlop ugyanakkora nyomást hoz létre, mint a 10 m magas vízoszlop.

1648-ban **Blaise Pascal** (1623. 06. 19. – 1662. 08. 19.) francia matematikus és fizikus egy hegyoldalon végzett kísérleteket a Torricelli-csővel. Pascal úgy okoskodott, hogy ha a higanyoszlop magasságát a csőben a levegő súlyából eredő légnyomás hozza létre, akkor a magasságtól függően a higanyoszlop magasságának is változnia kell. Az ő felügyelete és útmutatásai alapján a barométerrel (Torricelli-csővel) végzett kísérletsorozatra a Puy-de-Dôme hegyen került sor (a hegy 1300 m magas). A hegyen egyre magasabbra emelkedve csökkent fejük fölött a levegő mennyisége, s ezért a levegő nyomása is kevesebb lett a tengerszinten mért nyomáshoz képest. Minél magasabbra emelkedtek a hegyen, annál alacsonyabb lett a higanyoszlop állása a csőben. A nagyon gondosan elvégzett kísérletek elsőként bizonyították, hogy a légnyomás a magasság növekedésével csökken.



Blaise Pascal

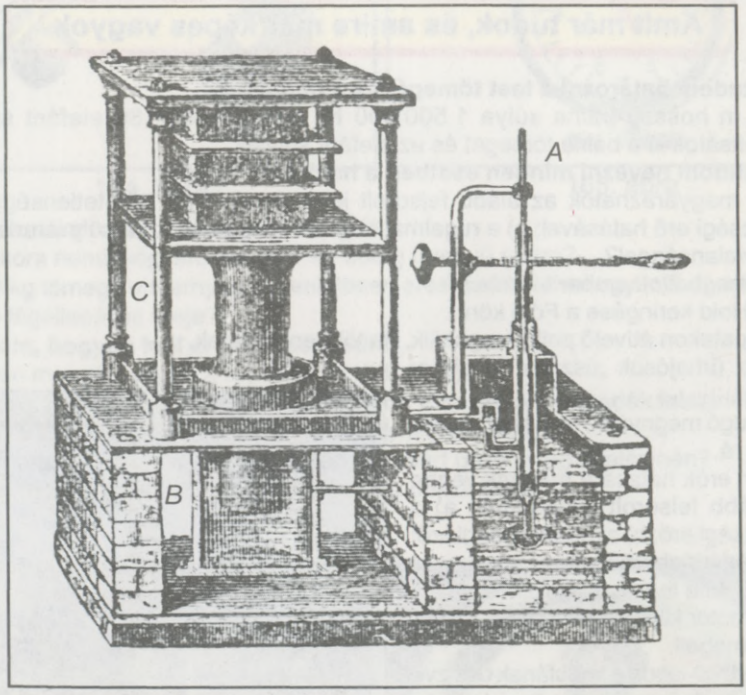
A hidraulikus sajtó feltalálása. Simon Stevin (1548–1620) holland fizikus, matematikus, mérnök elsőnek bővítette ki jelentősen az arkhimédészi hidrosztatikát (1586). Tőle függetlenül Galilei is felfedezte a hidrosztatika törvényeit. Galilei úgy vélte, hogy a szilárd testhez hasonlóan a folyadék is parányi gömböcskékből áll. Ezek a gömböcskék ki vannak téve a nehézségi erő hatásának, ám nagyon mozgékonyak. Galilei érdekes következtetésre jut: amennyiben a folyadék zárt palackban van és felületének valamely részére nyomóerő hat (például a dugó által), ez a nyomóerő tovább terjed a folyadékban úgy, hogy a folyadék felületének bármely részén ugyanolyan területre ugyanakkora erő fog hatni. Ebből következik, hogy a nyomóerő, ami a palack teljes felületére hat, úgy aránylik a dugóra

ható nyomóerőhöz, mint a palack belső felszínének területe aránylik a dugó területéhez. Ezért könnyű a vízzel tele palackot a dugóra mért egyetlen ütéssel összetörni. Amennyiben a dugó alatt levegő van, az csökkenti az ütés erejét. Mindezen eredményeket Galilei felhasználta a hidraulikus sajtó (prés) megalkotására, amire 1594-ben 20 évre szóló szabadalmat kapott.

Azonban a Galilei-féle hidraulikus sajtó nem nyert széles körű alkalmazást. Majd csak 200 évvel később (1797) **Joseph Bramah** (1749–1814) angol technikus kapott szabadalmat Londonban a hidraulikus présre, amelyet széna és gyapot préselésére használtak. Ezért szokás a hidraulikus sajtót Bramah-présnek (sajtónak) is nevezni. Egy keskeny erős falú hengerben (*A*) emelő segítségével mozgatható a dugattyú. Ez a henger egy vékony csővel össze van kötve egy másik, szélesebb hengerrel (*B*), amelyben egy vastag, megfelelő átmérőjű dugattyú (*C*) mozog (162. ábra).



Joseph Bramah



162. ábra

Ellenőrző kérdések

1. Mi történik két test kölcsönhatásakor?
2. Miként számolnak a tehetetlenséggel repülőgépből végzett célzott ejtőernyős ugrás alkalmával?
3. Mit értünk a test tömege alatt?
4. Minek a jellemzésére szolgál az erő?
5. Miért esik vissza a Földre a függőlegesen feldobott test? Milyen erők hatnak eközben a testre?
6. Mi a különbség a test súlya és a testre ható nehézségi erő között?
7. A gördülő súrlódási erő kisebb a csúszó súrlódási erőnél. Mégis télen szánon és nem szekéren közlekednek. Miért?
8. Mi a nyomás, és mit értünk nyomóerő alatt?
9. Mitől függ a folyadék hidrosztatikus nyomása?
10. Milyen tulajdonsággal bír a légnyomás?
11. Milyen sajátos tulajdonsággal rendelkeznek a folyadékszivattyúk?
12. Hat-e az archimedesi erő a súlytalanság állapotában?

Amit már tudok, és amire már képes vagyok

Meg tudom határozni a test tömegét és a test súlyát.

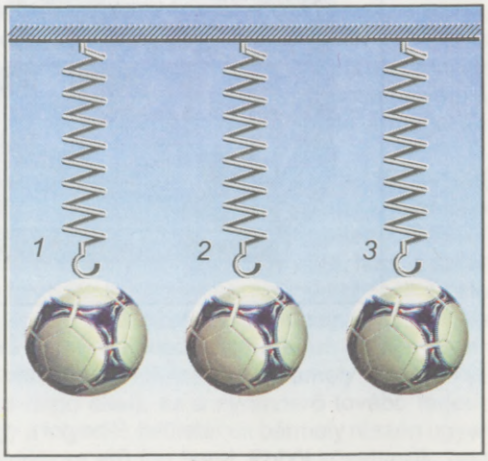
1. A 33 m hosszú bálna súlya 1 500 000 N, ami megfelel 30 elefánt súlyának. Számítsátok ki a bálna tömegét és az elefánt súlyát!

Meg tudom nevezni minden esetben a ható erők típusát.

2. Mivel magyarázhatók az alább felsorolt jelenségek: a) a tehetetlenséggel; b) a nehézségi erő hatásával; c) a rugalmassági erő hatásával; d) a súly létezésével; e) a súlytalansággal?
   A. A megbotlott ember előrebukik.
   B. A Hold keringése a Föld körül.
   C. A patakon átívelő palló meghajlik, ha többen ráállnak.
   D. Az űrhajósok „úsznak" az űrkabinban.
   E. A rugó megnyúlik, ha terhet akasztanak rá.
3. Milyen erők hatására mennek végbe az alább felsorolt jelenségek: a) a nehézségi erő; b) a rugalmassági erő; c) a súrlódási erő?
   A. Az alma leesik a fáról.
   B. A motor kikapcsolása után a gépkocsi megáll.
   C. A futball-labda a kapufának ütközve megváltoztatja sebességének irányát.

Már fel tudom tüntetni a különböző erőket a rajzon.

4. Melyik rajzon (163. ábra) van feltüntetve: a) a test súlya; b) a nehézségi erő; c) a rugalmassági erő?

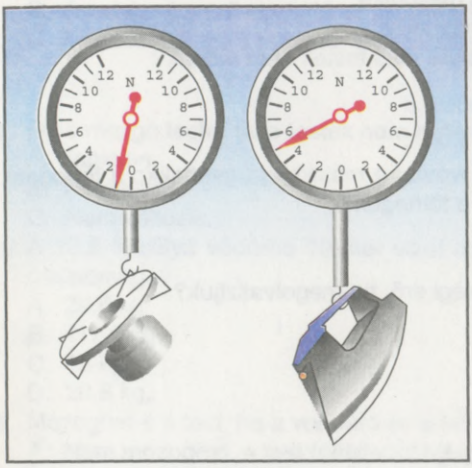


163. ábra

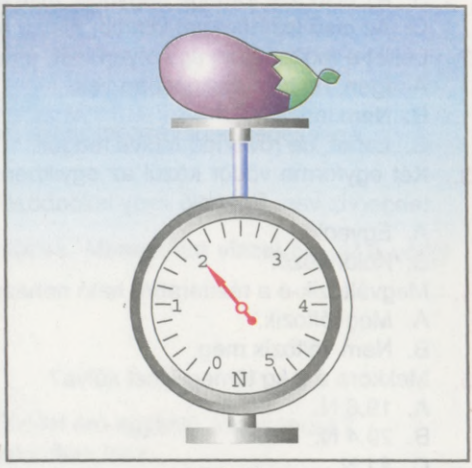
yzetelj
önyvbe!

Tudom, hogy milyen eszközök szolgálnak az erő mérésére, és használni is tudom azokat.

5. Milyen eszközök láthatók a 164. ábrán? Határozzátok meg az ábrázolt tárgyak tömegét és súlyát!
6. A 165. ábra alapján határozzátok meg, mekkora nehézségi erő hat a padlizsánra, és mennyi a súlya. Ábrázoljátok grafikusan ezeket az erőket! Mekkora a padlizsán tömege?



164. ábra



165. ábra

Meg tudom határozni az erők értékét.

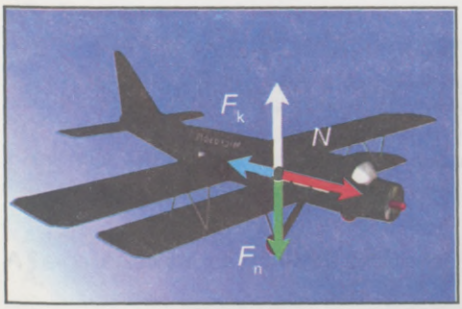
7. Mekkora nehézségi erő hat az 1 kg 300 g tömegű testre?
8. A 70 kg tömegű ejtőernyős egyenletesen ereszkedik. Mivel egyenlő az ejtőernyősre ható légellenállás ereje?

Tudom, hogyan kell erőket összeadni.

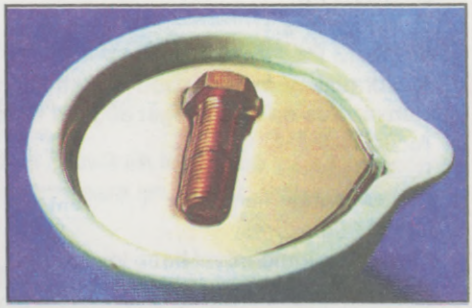
9. Milyen mozgást végez a repülőgép (166. ábra)?

Tudom, hogy mikor merülnek el, és mikor maradnak a folyadék felszínén a testek.

10. Magyarázzátok meg a kísérlet eredményét (167. ábra).
11. Miért merül el a vashenger a vízben, és miért úszik a jég a felszínén?
12. A jég úszik a víz felszínén. Fog-e úszni a benzinben?



166. ábra



167. ábra

Tesztfeladatok

I. változat

1. Ha két test kölcsönhatása közben az első test sebessége nagyobb mértékben változott meg, mint a másodiké, akkor ez azt jelenti, hogy ...
   A. A két test tömege egyenlő.
   B. Az első test tömege nagyobb, mint a másodiké.
   C. Az első test tömege kisebb, mint a másodiké.
2. Lehet-e mozgásban egy olyan test, amelyre más testek nem hatnak?
   A. Igen, ha már mozgásban volt.
   B. Nem lehet.
   C. Lehet, de rövid idő múlva megáll.
3. Két egyforma vödör közül az egyikben ivóvíz, a másikban ugyanakkora térfogatú tengervíz van. Egyenlő vagy különböző a tömegük?
   A. Egyenlő.
   B. Különböző.
4. Megváltozik-e a rézdarabra ható nehézségi erő, ha megolvasztjuk?
   A. Megváltozik.
   B. Nem változik meg.
5. Mekkora a 2 kg tömegű test súlya?
   A. 19,6 N.
   B. 29,4 N.
   C. 21 N.
   D. 18 N.
6. A felsorolt jellemzők közül, melyik van hatással a súrlódási erő értékére?
   A. A súrlódó felületek anyaga.
   B. A súrlódó felületek között ható nyomóerő.
   C. A felületek érdessége (simasága).
7. Mely mennyiségek értékét kell tudni ahhoz, hogy kiszámítsuk az edény aljára ható folyadéknyomást?
   A. A folyadékoszlop magasságát és a folyadék sűrűségét.
   B. Az edény aljára ható nyomóerőt és az edény aljának területét.
   C. A folyadék súlyát és térfogatát.
8. Mekkora az 1 Hgmm nyomás értéke pascalban?
   A. 1013 Pa.
   B. 133,3 Pa.
   C. 133,3 hPa.
   D. 10,13 Pa.
9. A hidraulikus sajtó kisebb dugattyújának területe 4 cm^2, a nagyobbé 400 cm^2. Hányszoros erőnyereséget ad ez a sajtó?
   A. 100-szoros.
   B. 400-szoros.
   C. 10-szeres.
   D. 16 000-szeres.
10. Mekkora nyomóerővel hat a levegő az 1,2 m hosszú és 60 cm széles asztallapra? A légnyomás normális.
    A. 13 888 N. B. 7,2 kN. C. 7 200 kN. D. 72 kN.

yzetelj
önyvbe!

11. Megváltozik-e a tengeralattjáróra ható archimedesi erő, ha a tengerről felúszik a folyótorkolatba?
    A. Nem változik.
    B. Növekszik.
    C. Csökken.
12. A test lebeg a folyadék belsejében, ha ...
    A. A nehézségi erő nagyobb az archimedesi erőnél.
    B. A nehézségi erő egyenlő az archimedesi erővel.
    C. A nehézségi erő kisebb az archimedesi erőnél.

II. változat

1. Ha a mozgó testre más testek nem hatnak, akkor mozgásának sebessége ...
    A. Csökken.
    B. Növekszik.
    C. Nem változik.
2. A 19,6 N súlyú vödörbe 10 liter vizet öntöttek. Mennyi lett vízzel együtt a vödör össztömege?
    A. 29,6 kg.
    B. 117,6 kg.
    C. 12 kg.
    D. 20,6 kg.
3. Mozoghat-e a test, ha a vonóerő és a súrlódási erő egyenlő nagyságúak?
    A. Nem mozoghat, a test feltétlenül nyugalomban lesz.
    B. Mozoghat egyenletesen.
    C. Igen, de a sebessége egyre csökkenni fog.
4. Mekkora nehézségi erő hat a 3 kg tömegű testre?
    A. 30 N.
    B. 29,43 N.
    C. 31 N.
    D. 29 N.
5. Számítsátok ki a dinamométer rugójának merevségét, ha a ráfüggesztett 100 g tömegű test hatására hossza 1 cm-rel nőtt!
    A. $100\frac{N}{m}$. B. $102\frac{N}{m}$. C. $98{,}1\frac{N}{m}$. D. $97\frac{N}{m}$.
6. Függ-e a súrlódási erő értéke a súrlódó felületek területétől?
    A. Igen.
    B. Nem.
7. A folyadék által az edény aljára kifejtett nyomás függ-e az edény aljának területétől?
    A. Nem.
    B. A nyomás annál nagyobb, minél nagyobb a terület.
    C. A nyomás annál kisebb, minél kisebb a terület.
8. Normális légnyomás mellett a víz a szivattyú csövében legfeljebb 10,3 m magasra emelkedik. Azonos feltételek mellett milyen magasra emelkedik a csőben az olaj?
    Az olaj sűrűsége $800\ \frac{kg}{m^3}$.
    A. 10,3 m. B. 12,9 m. C. 11,3 m. D. 8 m.

9. A víztorony aljánál a fővezetékére csatlakoztatott manométer 22 kPa nyomást mutat. Milyen magasan áll a vízszint a toronyban?
   A. 2,2 m.
   B. 10,3 m.
   C. 12 m.
   D. 22 m.
10. Vízbe dobtak két teljesen egyforma zárt palackot. Az egyikben víz van, a másik üres. Egyenlők-e a palackokra ható archimedesi erők, ha mindkettő elmerült a vízben?
   A. Nagyobb erő hat az üres palackra.
   B. Nagyobb erő hat arra, amelyikben víz van.
   C. Egyenlők.
11. A vízbe merített 20 N súlyú test által kiszorított víz súlya 15 N. Elsüllyed-e a test?
   A. Elsüllyed.
   B. Lebegni fog a vízben.
   C. Úszni fog a víz felszínén.
12. Vizet tartalmazó mérőhengerbe kémcsövet tettek. A vízszint a hengerben a 100 ml-es beosztásról a 120 ml-es beosztásra emelkedett. Mennyi a kémcső súlya, ha az úszik a víz felszínén?
   A. 2 N.
   B. 0,2 N.
   C. 0,02 N.
   D. Egyik felelet sem helyes.

egyzeteli
ankönyvbe!

MUNKA ÉS ENERGIA

- A mechanikai munka és teljesítmény
- Mozgási és helyzeti energia
- Az energiamegmaradás törvénye
- Egyszerű gépek
- Az emelő egyensúlyának feltétele
- A mechanika aranyszabálya



33. §. A MECHANIKAI MUNKA. A MUNKA MÉRTÉKEGYSÉGEI

A mindennapi életben gyakran használjuk a „munka” szavunkat. Munkának nevezzük a kétkezi munkás, a tudós, a tanuló bármely hasznos tevékenységét.

A fizikában a munka fogalma sokkal behatároltabb. Mindenekelőtt megismerkedünk a **mechanikai munka** fogalmával.

Mechanikai munkavégzés akkor történik, amikor a test elmozdul a rá ható erő hatására.

Lássunk néhány példát!

A gépkocsi utánfutót vontat, eközben valamely erővel hat rá, és elmozdítja azt bizonyos távolságra. Ekkor mechanikai munkavégzés történik.

A dolgozó felemeli a csomagokat (168. ábra), és egymásra rakja azokat. Ő mechanikai munkát végez.

A korong siklik a jégen, majd a rá ható súrlódási erő hatására bizonyos idő elteltével megáll. Ebben az esetben is mechanikai munkavégzés történik.

Vizsgáljuk meg, mitől függ a mechanikai munka értéke.

Ahhoz, hogy az 1 kg tömegű terhet felemeljük 1 m magasra, 9,8 N nagyságú erővel kell rá hatni. Emelés közben mechanikai munka végződik. Ahhoz, hogy ugyanilyen magasra felemeljük a 10 kg tömegű testet, arra 10-szer nagyobb erővel kell hatni. A végzett munka ekkor 10-szer nagyobb lesz.

Ha az 1 kg tömegű testet nem 1 m magasra fogjuk felemelni, hanem például 10 m-re, úgy az emelés közben végzett munka is 10-szer akkora lesz, mint amennyire 1 m-re történő emeléskor volt szükség.

Tehát, **a mechanikai munka egyenesen arányos a testre ható erővel, valamint azzal a távolsággal, amelyre a test elmozdul.**

Az elvégzett mechanikai munka értékének kiszámításához a mozgás irányvonalában ható erőt meg kell szorozni a megtett út hosszával, vagyis

$$\text{Mechanikai munka} = \text{Erő} \times \text{Út}$$

vagy $A = Fl$,

ahol A a mechanikai munka; F a hatóerő; l az erő hatásának irányában megtett út.

A munka mértékegysége az SI rendszerben az **egy joule (1 J)**.

1 joule az a munka, amit 1 N nagyságú erő végez a test 1 m távolságra való elmozdításakor: 1 J = 1 N × 1 m = 1 Nm .

A munkának ezt az egységét James Prescott Joule (1818–1889) angol fizikusról nevezték el. A mechanikai munka mértékegységei még a kilojoule és a megajoule:

$$1\ \text{kJ} = 1000\ \text{J};$$



168. ábra

1 MJ = 1 000 000 J.

Lássunk most olyan eseteket, amikor nem végződik mechanikai munka.

Egy nehéz szekrényt szeretnénk elmozdítani a helyéről, hatunk rá erővel, de nem bírjuk elmozdítani ($l = 0$), tehát munkavégzés nincs.

Ha egy test tehetetlenségénél fogva mozog (vagyis $F = 0$), úgyszintén nem történik munkavégzés.

KÉRDÉSEK

1. Milyen munkát nevezünk mechanikainak?
2. Mondjatok olyan példákat, amikor a testek mechanikai munkát végeznek!
3. Hogyan számítjuk ki a mechanikai munkát?
4. Milyen egységekben mérjük a mechanikai munkát?
5. Milyen esetekben nincs munkavégzés?

34. §. A TELJESÍTMÉNY. A TELJESÍTMÉNY MÉRTÉKEGYSÉGEI

Vizsgáljunk meg néhány munkavégzéssel kapcsolatos esetet.

Két azonos tömegű tanulónak a kötélen ugyanolyan magasra kell felmászni (169. ábra), tehát azonos munkát kell végezniük. Egyikük gyorsabban felmászik, mint a másik.

Építkezéseken az emelődaru néhány perc alatt 400 téglát emel a megadott magasságba. Ha ugyanennyi téglát egy munkásnak kézben kellene felhordania, az egész munkanapja rámenne.

Egy hektár földet egy ló 10–12 óra alatt felszánt, ugyanezt a munkát a traktor többtestű ekével 40–50 perc alatt elvégzi.

A fenti esetekben az egyik tanuló ugyanazt a munkát gyorsabban végzi el, mint a másik, az emelődaru gyorsabban, mint a munkás, a traktor gyorsabban, mint a ló. A munkavégzés gyorsaságát, tempóját egy külön fizikai mennyiség, a **teljesítmény** jellemzi.



169. ábra

A teljesítmény olyan fizikai mennyiség, amely egyenlő a végzett munkának és a munkavégzés időtartamának hányadosával.

A teljesítmény kiszámításához a végzett munkát el kell osztanunk a munkavégzés időtartamával:

$$\text{Teljesítmény} = \frac{\text{Munka}}{\text{Idő}} \quad \text{vagy} \quad N = \frac{A}{t},$$

ahol N a teljesítmény; A az elvégzett munka; t a munkavégzés ideje.

A teljesítmény mértékegysége az SI rendszerben az **egy watt (1 W)**. Ezt a mértékegységet James Watt (1736–1819) angol mechanikusról, a Watt-féle gőzgép feltalálójáról nevezték el.

1 watt olyan teljesítmény, amellyel 1 s alatt 1 J munkavégzés történik.

$$1\ \text{watt} = \frac{1\ \text{joule}}{1\ \text{másodperc}} \quad \text{vagy} \quad 1\ \text{W} = \frac{1\ \text{J}}{1\ \text{s}} = 1\ \frac{\text{J}}{\text{s}}.$$

Gyakran használnak a wattnál nagyobb teljesítményegységeket is: kilowatt és megawatt:

$$1\ \text{kW} = 1000\ \text{W};$$
$$1\ \text{MW} = 1\ 000\ 000\ \text{W}.$$

Ha ismerjük a motor teljesítményét, a következő képlettel kiszámíthatjuk, mekkora A munkát végez a motor bizonyos t idő alatt:

$$A = Nt.$$

EZT JÓ TUDNI

- Az ember szívének teljesítménye nyugalmi állapotban 0,7–1,8 W között mozog, vagyis összemérhető a villanycsengő teljesítményével. Megterheléskor ez 2–6-szorosára növekedhet, edzett emberek esetében akár 10-szeresére is. Az ember 75 W átlagteljesítménnyel képes huzamosabb ideig munkát végezni, de rövid ideig, például futás közben, teljesítménye elérheti a 600 W-ot.
- A kék bálna vízszintes farokuszonyaival 368 kW teljesítményre is képes. Ez csak 2-szer kisebb, mint az AN–2 repülőgép motorjának teljesítménye, és 7-szerese a DT–75-ös traktor motorja teljesítményének.
- A dízelmozdony teljesítménye 4400 kW, a *Proton* hordozórakétáé pedig 44 000 MW.

KÉRDÉSEK

1. Mi a teljesítmény?
2. Hogyan számítjuk ki a teljesítményt?
3. Milyen egységekben mérjük a teljesítményt?
4. Hogyan számítható ki a motor által végzett mechanikai munka, ha ismerjük a motor teljesítményét és a munkavégzés idejét?

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. Mekkora munkát végez az a traktor, amely 15 000 N erővel vontatja a pótkocsit 300 m távon?

Adva:	Megoldás.
$F = 15\ 000$ N	Az $A = Fl$ képlet felhasználásával kiszámítjuk a traktor által végzett munkát:
$l = 300$ m	$A = 15\ 000\ \text{N} \cdot 300\ \text{m} = 4\ 500\ 000$ J.
$A - ?$	$A = 4500$ kJ $= 4{,}5$ MJ.

Felelet: a traktor 4500 kJ = 4,5 MJ munkát végez.

2. Mekkora munkavégzés árán vihető fel az 50 kg cukrot tartalmazó zsák a 3 m magasan levő emeletre?

Adva:	Megoldás.
$m = 50$ kg $H = 3$ m $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	A test valamely H magasságba történő felemelése közben végzett munka a következő képlettel számítható ki: $A = FH$. Adott esetben $F = mg$, tehát a képlet: $A = mgH$. $A = 50\text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 3\text{ m} = 1500\text{ J}$.
$A - ?$	$A = 1500$ J.

Felelet: ahhoz, hogy felvigyük az emeletre a cukrot tartalmazó zsákot, 1500 J munkát kell végezni.

3. Számítsuk ki a motor teljesítményét, ha az 10 perc alatt 7200 kJ munkát végzett.

Adva:	Megoldás.
$A = 7200$ kJ = $= 7\,200\,000$ J $t = 10$ min $= 600$ s	Az $N = \frac{A}{t}$ képlet szerint kiszámítjuk a motor teljesítményét:
$N - ?$	$N = \frac{7\,200\,000\text{ J}}{600\text{ s}} = 12\,000\text{ W} = 12\text{ kW}$.

Felelet: a motor teljesítménye 12 kW.

A szint

267. Milyen erők végeznek munkát a következő esetekben:
a) a kő szabadon esik a föld felé;
b) a gépkocsi kikapcsolt motorral mozog a megállásig;
c) a súlyemelő súlyt emel;
d) a léggömb emelkedik?

268. Melyik teher emelésekor végez nagyobb munkát a rakodógép (170. ábra)? Hányszor nagyobbat?

269. Egy ládát 5 m távolságra elmozdítanak a padlón csúsztatva. A súrlódási erő értéke 100 N. Mekkora munkát végeznek eközben?

270. A 70 kg tömegű ember 5 m magasra emelkedik. Mekkora munkát végez eközben?

271. A 20 kg tömegű test felemelésekor 80 J mechanikai munkát végeztek. Milyen magasra emelték fel a testet?

272. A gépkocsi és a traktor teljesítménye majdnem azonos, de mégis különböző sebességgel mozognak. Miért? A traktor vagy a gépkocsi vonóereje a nagyobb?

273. Alekszandr Mozsajszkij mérnök 1882-ben megépített aeroplánját két olyan gőzgép működtette,



170. ábra

amelyek összteljesítménye 22 kW volt. Határozzátok meg, mekkora munkát végeztek ezek a gépek 0,5 h alatt!

B szint

274. A villamos targonca 3 m/s sebességgel húzza a pótkocsit, s közben 400 N nagyságú ellenállási erőt küzd le. Mekkora munkát végez a targonca motorja 8 perc alatt?
275. A felvonó 6 embert szállít a hatodik emeletre, s közben 84 000 J munkát végez. Egy ember tömege 70 kg. Milyen magasan van a hatodik emelet?
276. A 30 kg tömegű fiú 20 másodperc alatt ért fel a 10 m magas feljáró tetejére. Mekkora teljesítményt fejtett ki a fiú?
277. Az emelődaru 10 percet dolgozott. Ez alatt az idő alatt 20 MJ-nyi munkát végzett. Mekkora az emelődaru teljesítménye?
278. Számítsátok ki a traktor által kifejtett teljesítményt, ha 3,6 km/h sebességgel halad, s közben 42 500 N ellenállási erőt küzd le!
279. Az ingaóra órasúlyára 8 N nehézségi erő hat. Mekkora az óraszerkezet teljesítménye, ha 24 óra alatt az órasúly 120 cm-nyit ereszkedett le?
280. Az emelődaru 20 másodperc alatt emeli fel a terhet 10 m magasra. Mekkora a daru teljesítménye, ha a teherre 5000 N nagyságú nehézségi erő hat?

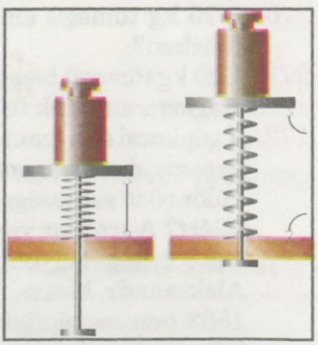
35. §. MOZGÁSI ÉS HELYZETI ENERGIA

A gépkocsik, traktorok, dízelmozdonyok, repülőgépek motorjai számára az üzemanyag szolgál energiaforrásul. A munkapadokat működtető villanymotoroknak villamos energiára van szükségük, villamos energiát fogyasztanak. A magasból lezúduló víz energiáját felhasználva forognak a vízturbinák, amelyek aztán más gépekkel összekapcsolva villamos áramot termelnek. Hogy az ember élhessen és dolgozhasson, szintén szüksége van energiára. Azt szokás mondani, hogy bármilyen munkavégzéshez energiára van szükség. *De mi az energia?*

◆ **1. kísérlet.** Emeljük a föld fölé a labdát. Amíg a labda nyugalomban van, mechanikai munka nem végződik. Most engedjük el a labdát. A nehézségi erő hatására a labda az adott magasságból esni kezd. **A labda esése közben mechanikai munkavégzés történik.**

◆ **2. kísérlet.** Nyomjuk össze a rugót, rögzítsük cérnával összenyomott állapotban, és tegyünk rá egy súlyt (171. ábra). Égessük át a cérnát, a kirugódó rugó bizonyos magasságba emeli a súlyt. **A rugó mechanikai munkát végzett.**

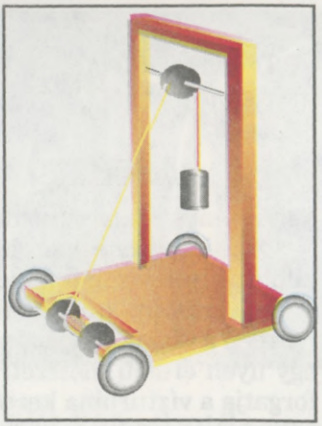
◆ **3. kísérlet.** Erősítsünk a szekérkére egy Π alakú tartóállványt, állócsigával a felső részén (172. ábra). A csigán átvetett cérna egyik végét tekerjük a szekérke tengelyére, a másik végére akasszunk súlyt.



171. ábra

Engedjük el a súlyt, az a nehézségi erő hatására ereszkedni kezd és mozgásba hozza a szekérkét. **A súly mechanikai munkát végzett.**

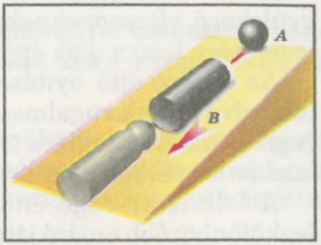
◆ **4. kísérlet.** A lejtőről leguruló *A* acélgolyó (173. ábra) ugyancsak munkát végzett: a *B* hengernek ütközve bizonyos távolságra eltolta azt.



172. ábra

Ha egy test vagy néhány, egymással kölcsönhatásban álló test mechanikai munkát végeznek, azt mondják róluk, hogy mechanikai energiájuk vagy röviden energiájuk van.

Az említett példákban energiával rendelkezik a föld fölé emelt labda, az összenyomott rugó, a mozgó acélgolyó.



173. ábra

Az energia a testek munkavégző képességét jellemző fizikai mennyiség.

Az energia (a görög *energeia* – működés, tevékenység szóból) fizikai mennyiség betűjele *E*. Mértékegysége megegyezik a munka mértékegységével, azaz **egy joule (1 J)**.

Az előbbi kísérletekből kitűnik, hogy a test akkor végez munkát, amikor egyik állapotból másikba megy át: a föld fölé emelt test leesik, az összenyomott rugó kirugódik, a mozgó golyó megáll. A test energiája eközben megváltozik (csökken), mégpedig **a test által végzett mechanikai munka egyenlő a mechanikai energia változásával.**

A mechanikai energia két fajtáját különböztetjük meg: helyzeti és mozgási (kinetikus) energiát.

Helyzeti (potenciális) energiának nevezzük a kölcsönható testek vagy ugyanazon test részeinek kölcsönös helyzetéből adódó energiát. A potenciális kifejezés a *potentia* latin eredetű szóból ered, ami *képességet* jelent.

Mivel bármely test és a Föld kölcsönösen vonzzák egymást, vagyis kölcsönhatásban vannak, így a föld fölé emelt test helyzeti energiája függ a test föld fölötti *h* magasságától. Minél magasabban van a test, annál nagyobb a helyzeti energiája.

Kísérletekkel igazolták, hogy a test helyzeti energiája nem csak attól függ, milyen magasan van a test, hanem annak tömegétől is. Ha különböző testeket azonos magasságba emelnek, úgy a nagyobb tömegű test helyzeti energiája lesz nagyobb.

A felemelt test *h* magasságból történő esése közben a nehézségi erő munkát végez, melynek nagysága megegyezik a helyzeti energia változásával. Fogadjuk el, hogy a földfelszínen levő test helyzeti energiája nulla. Akkor a felemelt test helyzeti energiája egyenlő a test esése közben a nehézségi erő által végzett munkával:

$$E_h = A = F_n h = mgh .$$

Tehát, a felemelt test helyzeti energiáját a következő képlettel fogjuk meghatározni:

$$E_h = mgh ,$$

ahol E_h a felemelt test helyzeti energiája; m a test tömege; $g = 9{,}81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$; h a test helyzetének nulla szinttől mért magassága.

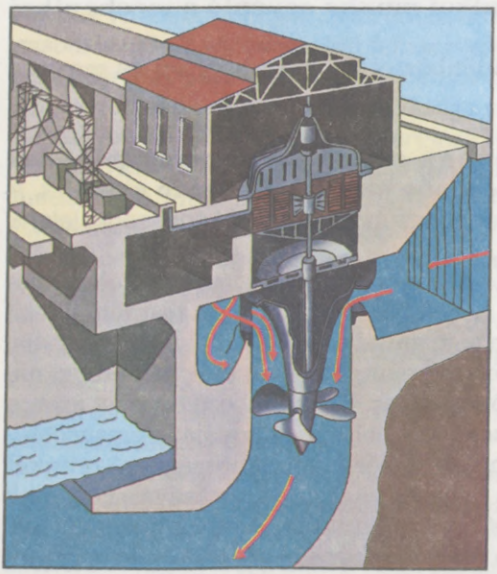
Óriási helyzeti energiája van a hegyi folyók vagy a gátakkal felduzzasztott alföldi folyók vizének. A lezúduló víz munkát végez, és működteti a nagyteljesítményű erőművek turbináit. Ukrajnában a Dnyeperen több vízerőmű is van, melyekben a víz energiáját használják fel villamos energia előállítására. A 174. ábrán egy ilyen erőmű metszetrajza látható. A víz a magasabb szintről zúdul alá, és forgatja a vízturbina kerekét. A turbina tengelye csatlakozik a villamos generátorhoz, amely villamos áramot állít elő.

Helyzeti energiája van a nagy magasságban repülő repülőgépnek; a felhőkben gyülekező vízcseppeknek; a cölöpverő kos felemelt kalapácsának (ezt cölöpök leverésére használják építkezéseken).

Az önzáró ajtó nyitásakor az ajtóra szerelt szerkezet rugóját megnyújtjuk, leküzdve annak rugalmassági erejét, munkát végzünk. Ennek következtében a rugó helyzeti energiára tesz szert. A nyert energia révén a rugó összehúzódása közben a szerkezet bezárja az ajtót, azaz munkát végez.

A felhúzott rugó energiája működteti a mechanikus órák többségét, a legkülönbözőbb önjáró játékokat. Gépkocsikon, vasúti kocsikon a lengéscsillapító és az ütköző rugóinak deformálódása következtében csökken a kocsik rázkódása.

A rugó helyzeti energiája függ a rugó **deformációjától** (a hosszának változásától nyújtás vagy összenyomás közben) és a rugó **merevségétől** (ez a rugó alaki kivitelétől és anyagának rugalmas tulajdonságaitól függ). Minél nagyobb a rugó megnyúlása, s minél nagyobb a merevsége, annál nagyobb helyzeti energiára tesz szert alakváltozásakor. Ilyen tulajdonsággal rendelkezik bármely rugalmasan deformált test.



174. ábra

A rugalmasan deformált test helyzeti energiáját a következő képlettel számíthatjuk ki:

$$E_h = \frac{kx^2}{2} ,$$

ahol E_h a rugalmasan deformált test (rugó) helyzeti energiája; k a test merevsége (mértékegysége $1 \frac{\text{N}}{\text{m}}$); x a test alakváltozása (a rugó hosszának változása).





175. ábra

A testek nem csak elfoglalt helyzetük vagy deformációjuk következtében rendelkezhetnek energiával, hanem mozgásukból kifolyólag is.

Azt az energiát, amellyel a test mozgása következtében rendelkezik, mozgási (kinetikus) energiának nevezzük. (Kinetikus szó a görög *kinétikosz* kifejezésből ered, amelynek jelentése *mozgató*.)

Mozgási energiával rendelkezik a szélmotorokat működtető szél. Az áramló levegő nyomóerővel hat a lapátos vagy szárnykerekes szélmotor ferdén elhelyezett lapátjaira és forgásra készteti azokat. A lapátok forgó mozgása többszörös áttéttel átadódik a meghajtott gépnek, amely munkát végez.

A szélmotorok régóta ismertek. A 175. *a* ábrán egy olyan szélmalom látható, amelyben a szél energiájának felhasználásával magokat őrölnek. A nagy teljesítményű korszerű szélmotorokat (175. *b* ábra) villamos energia előállítására, vagy artézi kutak vizének szivattyúzására használják. Ilyen szélmotorokat építettek a Krím-félszigeten valamint Kárpátalján, mert ott fúj a szél leggyakrabban.

Az áramló víz vagy a forró gőz a villamos erőművek turbináit úgy hozzák forgásba, hogy közben elveszítik mozgási energiájuk egy részét, ami munkavégzésre fordítódik. A nagy magasságban repülő repülőgép helyzeti energiája mellett mozgási energiával is rendelkezik.

Ha a nyugalomban lévő test sebessége a földhöz viszonyítva egyenlő nullával, akkor mozgási energiája a földhöz viszonyítva ugyancsak nulla lesz.

Kísérletek igazolják, hogy minél nagyobb a test tömege és mozgásának sebessége, annál nagyobb mozgási energiája. Matematikailag ez a következő képlettel fejezhető ki:

$$E_m = \frac{mv^2}{2},$$

ahol E_m a test mozgási energiája; m a test tömege; v a test mozgásának sebessége.

KÉRDÉSEK

1. Mit nevezünk energiának?
2. Milyen energiát nevezünk helyzeti energiának? Mozgási energiának?
3. Mitől függ a föld fölé emelt test helyzeti energiájának értéke?
4. Hogyan számítható ki a rugalmasan deformált test helyzeti energiája?
5. Miként számítható ki a test kinetikus energiája?

36. §. A MECHANIKAI ENERGIA MEGMARADÁSÁNAK TÖRVÉNYE

A vizsgált példák alapján elmondhatjuk, hogy a természetben valamennyi test rendelkezik helyzeti vagy mozgási energiával. Sok esetben (például a repülőgép repülés közben) egyidejűleg helyzeti és mozgási energiával is rendelkezik.

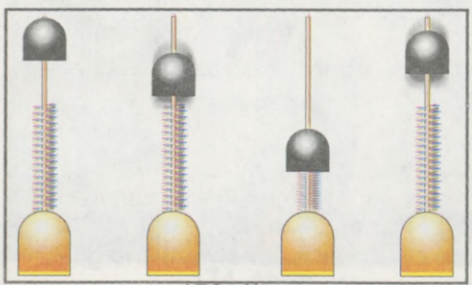
A test helyzeti és mozgási energiájának összegét a test **teljes mechanikai energiájának** nevezzük.

A természetben, a műszaki és a mindennapi életben sokszor megfigyelhető a helyzeti és a mozgási energia kölcsönös átalakulása.

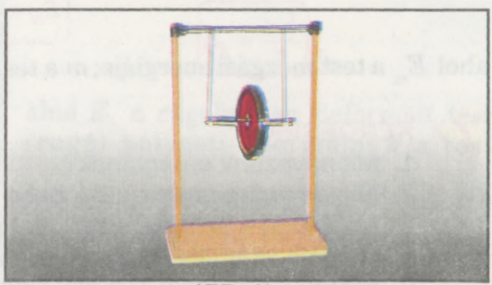
◆ **1. kísérlet.** Vizsgáljuk meg, milyen energiaátalakulások játszódnak le a 176. ábrán látható berendezésben, amely egy rúdon mozgatható súlyból és egy kezdetben deformálatlan rugóból áll, melynek alsó végével a talapzatra támaszkodik. Amikor felemeljük az m tömegű súlyt valamely h magasságba, ezzel a berendezést alkotó test teljes E mechanikai energiája a felemelt súly helyzeti energiája lesz: $E = E_{h1} = mgh$. Engedjük a súlyt leesni. Esése közben csökken a súly helyzeti energiája, de nő v sebessége, s ennek megfelelően nő a mozgási energiája $E_m = \frac{mv^2}{2}$. Mikor a súly eléri a rugót, a rugó deformálódni kezd, és ezáltal $E_{h2} = \frac{kx^2}{2}$ helyzeti energiára tesz szert. A rugó alakváltozása közben, amikor a fölfelé irányuló rugalmassági erő nagyobb lesz a súlyra ható nehézségi erőnél, a súly mozgásának sebessége rohamosan csökkeni fog és végül megáll. Ekkor a rugó deformációja a legnagyobb, s így legnagyobb a helyzeti energiája, a mozgási energiája pedig egyenlő nullával. Összefoglalva tehát: a magasság csökkenésével csökkent a súly (mint felemelt test) helyzeti energiája, nőtt mozgási energiája, majd a magasság további csökkenésének és a sebesség csökkenésének megfelelően nőtt a rugó (mint deformált test) helyzeti energiája. A továbbiakban az energiaátalakulási folyamatok fordított sorrendben mennek végbe: a rugó energiája átalakul az emelkedő súly helyzeti és mozgási energiájává, majd a rugótól elválva, a mozgási energia teljes egészében átalakul a felemelt súly helyzeti energiájává. A súly újra h magasságba emelkedett, s a folyamat kezdődik elölről. Az energiaátalakulások folyamán a különböző energiafajták összege változatlan, minden pillanatban egyenlő a berendezéssel eredetileg közölt teljes energiával:

$$E = E_{h1} + E_{h2} + E_m = \text{állandó}.$$

A valóságban a folyamat csillapodni fog, és végül a mozgás megszűnik, mivel mozgás közben a mechanikai energia egy része a súrlódási erő és légellenállás leküzdésére fordítódik.



176. ábra



177. ábra

◆ **2. kísérlet.** A helyzeti és mozgási energia változásának és kölcsönös átalakulásának megfigyelésére különösen alkalmas a 177. ábrán látható eszköz, az ún. Maxwell-inga.

Ha a zsinórt a korong tengelyére tekerjük, a korong bizonyos h magasságba emelkedik, és ezzel $E = E_h = mgh$ helyzeti energiára tett szert. Ez a teljes mechanikai energiája. Ha a korongot elengedjük, forogva esni kezd. Esés közben a korong helyzeti energiája csökken, de egyben nő a mozgási energiája, vagyis változik a helyzeti és a mozgási energiája is. Az esés végén a korongnak akkora mozgási energiája lesz $E_m = \frac{mv^2}{2}$, amely elegendő ahhoz, hogy csaknem az előbbi magasságba felemelkedjen. Ha az energia egy része nem fordítódna a súrlódási erővel szemben végzendő munkára, úgy az inga mozgása a végtelenségig folytatódna, a teljes mechanikai energiája állandó maradna, és bármely pontban egyenlő lenne a korong helyzeti és mozgási energiájának összegével:

$$E = E_h + E_m$$

A testek mozgásának és kölcsönhatásának mennyiségi vizsgálatai alapján lett megfogalmazva a mechanika egyik legfontosabb törvénye, a **mechanikai energia megmaradásának törvénye**.

Ha külső befolyástól elszigetelt testek csak nehézségi és rugalmassági erővel hatnak egymásra, úgy mozgásuk közben a teljes mechanikai energiájuk változatlan marad, vagyis mindig teljesül a következő összefüggés:

$$E = E_h + E_m = \text{állandó}$$

Eközben az energia nem keletkezik a semmiből és nem tűnik el, csak átalakul helyzeti energiából mozgásiba és viszont.

A gyakorlatban bármilyen mozgás többé-kevésbé ki van téve a közegellenállás hatásának.

Példaként vizsgáljuk meg a helikopterből kidobott teher ereszkedését ejtőernyővel (178. ábra). Esése közben az ejtőernyő kinyitásáig a csomag mozgásának sebessége növekszik. A csomag helyzeti energiája csökken, minek következtében növekszik mozgási energiája és munka végződik a légellenállás leküzdésére. Az ejtőernyő kinyitása után hirtelen megnő a légellenállás, és csökken az ereszkedés sebessége, s ezzel együtt a csomag mozgási energiája.

A sebesség csökkenése egy meghatározott érték eléréséig tart, ezután a csomag állandó sebességgel ereszkedik tovább. A csomag mozgási energiája ekkor már szintén állandó, a helyzeti energiája viszont a magasság csökkenésével tovább csökken.



178. ábra

A csomag teljes mechanikai energiája E_1 a legfelső pontban egyenlő a magasságnak megfelelő helyzeti energiájával $E_1 = E_h = mgh$; a földet érés pillanatában a csomag teljes mechanikai energiája E_2 a földet érés sebességének megfelelő mozgási energiájával egyenlő, vagyis $E_2 = E_m = \frac{mv^2}{2}$. A csomag ereszkedésekor a légellenállás leküzdésére fordított munka a teljes mechanikai energia csökkenése révén végződött, s így a következő képlettel határozható meg:

$$A = E_1 - E_2.$$

Tehát **közegellenállás esetén az ellenállás leküzdésére a mozgó test minden esetben mechanikai munkát végez a teljes mechanikai energiájának rovására, annak csökkentése révén.**

Ugyanez történik, amikor a szilárd testek között fellépő súrlódási erő hat a mozgó testre. Például az állomáshoz kikapcsolt motorral közeledő vonat esetén a súrlódási erő leküzdésére fordított munka a vonat mozgási energiájának rovására történik, s ennek megfelelően csökken a vonat sebessége.

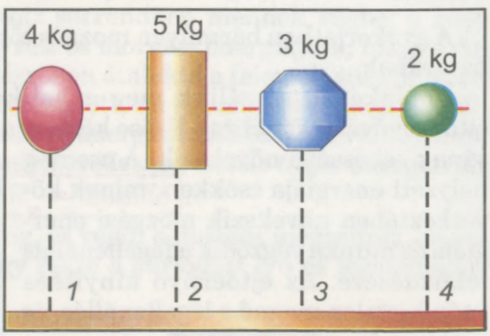
KÉRDÉSEK

1. Mondjatok példákat olyan helyzetekre, amikor a testek helyzeti (potenciális) és mozgási (kinetikus) energiával rendelkeznek!
2. Fogalmazzátok meg a mechanikai energia megmaradásának törvényét!
3. Milyen esetekben nem teljesül a mechanikai energia megmaradásának törvénye?

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. A 179. ábrán látható testek közül melyik helyzeti energiája a legnagyobb? Legkisebb? Számítsuk ki ezek értékét, ha minden test 2 m magasan van!



179. ábra

Felelet: mivel mindegyik test azonos magasságban van, így a legnagyobb helyzeti energiája az 5 kg tömegű *2.* testnek, a legkisebb a 2 kg tömegű *4.* testnek van.

Helyzeti energiájuk kiszámításához a következő képletet használjuk: $E_h = mgh$.

$$E_{h2} = 5\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 2\ \text{m} = 98{,}10\ \text{J},$$

$$E_{h4} = 2\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 2\ \text{m} = 39{,}24\ \text{J}.$$

2. A 10 kg tömegű testet 10 m magasra emelték, majd elengedték. Mekkora lesz a mozgási energiája esés közben 5 m magasságban? A légellenállás elhanyagolható.

Adva:	Megoldás.
$m = 10\ \text{kg}$	Az m tömegű h magasságban levő test helyzeti energiája $E_h = mgh$.
$h = 10\ \text{m}$	A test esés közben valamely h_1 magasságban $E_{h1} = mgh_1$
$h_1 = 5\ \text{m}$	helyzeti és E_{m1} mozgási energiával rendelkezik.
$g = 9{,}81\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$	A mechanikai energia megmaradásának törvénye alapján felírhatjuk: $E_h = E_{h1} + E_{m1}$.
	Innen $E_{m1} = E_h - E_{h1} = mgh - mgh_1 = mg(h - h_1)$.
$E_{m1} - ?$	Behelyettesítve a számértékeket kapjuk:
	$E_{m1} = 10\ \text{kg} \cdot 9{,}81\frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot (10\ \text{m} - 5\ \text{m}) = 490{,}5\ \text{J}$.

Felelet: $E_{m1} = 490{,}5$ J.

A szint

281. Egészítsétek ki a mondatokat:
A függőlegesen eső test ... energiája növekszik, és ... a helyzeti energiája. Az energia olyan ... mennyiség, amely a testek ... képességét jellemzi, mértékegysége az ... .

282. A pontok helyére írjátok be a megfelelő fizikai mennyiség nevét, vagy annak mértékegységét:
a test sebessége – ...;
... – 1 N;
... – 1 J;
energia – ... .

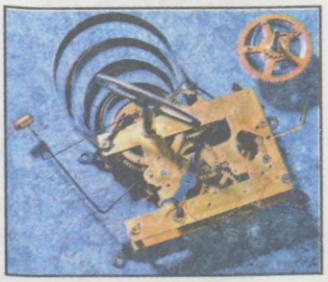

180. ábra

283. Határozzátok meg, hogy a mechanikai energia mely fajtájával (helyzetivel, mozgásival, helyzetivel és mozgásival) rendelkezik a test (vagy nincs mechanikai energiája):
a) a mozgó vonat;
b) a szálló repülőgép;
c) az összenyomott rugó;
d) a plafonhoz erősített csillár;
e) a futballpályán nyugvó labda (a labdát tekintsük anyagi pontnak).

284. Minek a felhasználása révén ütjük be a szöget a deszkába?

285. Két test azonos sebességgel mozog. Az egyik 5 kg, a másik 3 kg tömegű. Melyiknek nagyobb a mozgási energiája?

286. Magyarázzátok meg, milyen energiaváltozások mennek végbe a következő esetekben:
a) a vízesésben alázúduló víz esetében (180. ábra);
b) a függőlegesen feldobott labda esetében;
c) a mozgó szekérke rugójának felhúzásakor (181. ábra);
d) az önzáró ajtók rugója esetében!


181. ábra

287. Magyarázzátok meg a vasúti kocsik ütközőjének szerepét!

288. Milyen céllal csomagolják szállítás előtt a törékeny tárgyakat szalma vagy vatta közzé?
289. Mekkora helyzeti energiája van a 10 m magasba emelt 3 kg tömegű testnek?
290. Számítsátok ki a test tömegét, ha 5 m magasságban a helyzeti energiája 981 J!
291. Mekkora a rugó helyzeti (potenciális) energiája, ha összenyomáskor 8 cm-nyit csökken a hossza? A rugó merevsége $100\frac{\text{N}}{\text{m}}$.
292. A 70 kg-os kerékpáros $36\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel mozog. Mekkora a mozgási energiája?

B szint

293. Lehet-e két különböző tömegű test mozgási energiája egyenlő egymással? Mi ennek a feltétele?
294. A személy- vagy a tehergépkocsi fékberendezésének kell-e nagyobb „teljesítményűnek" lennie? Miért?
295. Miért pattan fel a gumilabda, ha ledobjuk a padlóra? Milyen energiaváltozások mennek ekkor végbe?
296. Milyen fajtájú energiatartalékkal rendelkezik a felhúzott mechanikus karóra rugója? Mit jelent „felhúzni az órát"?
297. Kisbalta helyett a fát nehéz, masszív fejszével hasogatják. Miért? Milyen energiafajtát hasznosítanak a fa hasításakor?
298. Miért van az, hogy a személygépkocsik számára nagyobb sebesség engedélyezett az utakon, mint a tehergépkocsik számára?
299. A rúdugró Szerhij Bubka ukrán sportoló (182. ábra) 6 m 20 cm magas ugrást hajtott végre. Milyen energia révén emelkedett ilyen magasra? Milyen energiaváltozások mennek végbe ugrás közben?
300. Akrobaták, műugrók, tornászok ugrásaik végrehajtásához trambulint (ugródeszkát) használnak, ami nem más, mint egyik végénél rögzített rugalmas deszkalap. Magyarázzátok el a trambulin működését! Milyen energiaátalakulások mennek végbe ugrás közben?
301. Milyen energia felhasználásával csúsznak le a szánkók a havas hegyoldalon? Milyen energiaátalakulások mennek végbe eközben? Milyen energiafajtákkal rendelkezik a szánkó a hegyoldal közepén?
302. A nyílt terepen a nagy erejű szél jelentősen veszít erejéből, ha útjában erdő van, mélyen az erdőben pedig teljesen lecsillapodik. Mire használódik el a mozgó levegő mozgási (kinetikus) energiája? Miként alkalmazható ez a jelenség a sztyeppén az aszályt hozó forró, száraz szelek elleni küzdelemben?
303. A hegyi vagy az alföldi folyók rendelkeznek-e nagyobb energiatartalékokkal? Mire kell figyelemmel lenni mielőtt válaszolnánk a kérdésre?



182. ábra

304. Vízerőmű létesítéséhez rendszerint gáttal zárják le a folyóvölgyet (183. ábra). Eközben három megoldásra váró kérdés merül fel. Melyek ezek? Mi a gát szerepe?

305. Egy 20 kg tömegű test leesett a 25 m magas háztetőről. Határozzátok meg a helyzeti és mozgási energiáját 10 m magasságban!

306. Milyen energiafajtákkal rendelkezik a tehergépkocsi rakfelületén (platóján) elhelyezett 2 tonna tömegű teher, ha a gépkocsi 72 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel halad? A rakfelület magassága 1,2 m. Számítsátok ki ezeket az energiákat!



183. ábra

37. §. GÉPEK ÉS MECHANIZMUSOK

Munkavégzés közben az ember kezében tartott szerszám ugyanazokat a mozgásokat végzi mint a kéz. Például a dió héjának feltörésekor, a kalapács a kezünkkel együtt fel-le mozog. Ezek a mozgások gyakran nem elég pontosak és nem elég gyorsak. Az ütések, amelyeket kalapáccsal, vésővel vagy árral végzünk, nem mindig találnak a megmunkálandó alkatrész megfelelő helyére. Kézzel varráskor a könnyű tűvel együtt emelgetni kell a sokkal nehezebb kezünket is, ami felesleges munkavégzéssel jár.

A felesleges munkavégzés csökkentése, valamint a szerszámmal való munka sebességének és pontosságának növelése érdekében nem egyszerűen kézben kell tartani a szerszámot, hanem olyan speciális szerkezetbe kell azt befogni, amelyik pontos és gyors mozgásokat végez. Ehhez szükség volt **gépek és mechanizmusok** létrehozására. Például a varrónő egy perc alatt 50 öltést képes elvégezni, ám ugyanerre a műveletre megalkotott mechanikus meghajtású varrógép 1500 teljesen egyforma öltést végez ugyanennyi idő alatt.

A mozgást átalakító gépi berendezés szinonimája az idegen hangzású *mechanizmus*[1], ami görög eredetű szó és magyarul gépezetet, szerkezetet, gépi berendezést jelent. Az ókori görög színház fénykorában (i.e. 500 körül) az isteneket alakító színészeket speciális szerkezet segítségével engedték le a magasból a színpadra vagy emelték a magasba. Ezeket a szerkezeteket nevezték *mékhané*-nak (*szerszám, eszköz, gép*), s valószínűleg ebből ered a mechanizmus szó is.

Ha munkavégzés közben el kell mozdítani valamely testet más testekhez viszonyítva vagy meg kell változtatni a test mozgásának irányát, az ember speciális szerkezeteket használ, amit mozgást átalakító berendezéseknek vagy mechanizmusoknak nevezünk.

Történelmi tény, hogy az ember által használt első mozgást átalakító mechanizmus – az íj – már 12 ezer évvel időszámításunk előtt megjelent. Manapság a korszerű műszaki és mindennapi életben számos egyszerű és összetett mozgást átalakító berendezést használnak. Ilyenek például a kerék, fogaskerék, sarokvas, ék stb.

A mozgást átalakító mechanizmus olyan szerkezet, amely a mozgás átadására, továbbítására vagy az egyik fajtájú mozgás másik fajtájú mozgássá alakítására szolgál.

[1] Mechanizmusnak nevezzük a gép mechanikus elven működő részeinek együttesét.



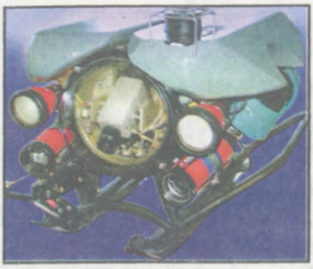
184. ábra



185. ábra



186. ábra



187. ábra



188. ábra

A *gép* szó a nyelvújítás korában jelent meg nyelvünkben a főleg nyelvjárási *gépely* – emelőgép bányában, járgány – szóvégének elvonásával. Így kezdték nevezni az alapvető ipari műveletek (munkák) elvégzésére szánt, mérnökök által kitalált szerkezeteket. Az embernek csak irányítani kellett ezeket a gépi szerkezeteket. Például az ember földmunkák végzésekor ásót vagy lapátot (munkaeszközt) használ, a kotrógép (184. ábra) ugyanezt a munkát markolójával végzi. Az elektromágneses emelődaru a fémtárgyakat mozgatja (185. ábra), a darukezelő csak irányítja a folyamatot.

Gépnek számít a kerékpár is (186. ábra), amit az ember saját helyének megváltoztatására használ; gép a batiszkaf, a mélytengeri kutatóhajó (187. ábra), az űrhajó (188. ábra), ami nélkül lehetetlen a világűr meghódítása.

A munkavégzéshez minden gépnek van valamilyen **munkaeszköze**: a kotrógép esetében ez a markoló, az emelődarunál az elektromágnes, a kerékpárnál a hajtókerék.

A gép munkaeszközét energia felhasználásával mozgásba kell hozni: a kerékpár esetében az ember lábának izomerejével, a kotrógép és az űrhajó esetében az üzemanyag égési energiájának felhasználásával, az elektromágneses darunál villamos energia felhasználásával. Tehát valamennyi gépnek van egy olyan szerkezeti egysége, amelyben valamilyen energiafajta mechanikai mozgássá alakul. Ezt az egységet **motornak** vagy **hajtóműnek** nevezik.

A mechanikai mozgás a motortól a munkaeszközhöz különféle mechanizmusokon, azaz mozgást átalakító berendezéseken keresztül jut el (ez lehet például fogaskerék, lánc stb.). Ezeket **mechanizmusnak** vagy **áttételnek** nevezik.

Tehát valamennyi gépnek három fontos része van: **a munkaeszköz, a mechanizmus és a motor**. Ezek megléte különbözteti meg a gépeket bármely más műszaki berendezéstől.

A gép olyan mechanizmus vagy mechanizmusok együttese, amelyben energiaátalakulás megy végbe.

Napjainkban egyre gyakrabban alkalmazzák az egyes különálló gépek helyett az egymással összekapcsolt automatikus vezérlésű gépsorokat.

KÉRDÉSEK

1. Mit nevezünk mechanizmusnak? Gépnek?
2. A felsoroltak közül melyik gép, és melyik mechanizmus: kerék, gépkocsi, íj, kotrógép, ék, repülőgép, sarokvas, rakéta?
3. Soroljatok fel olyan mechanizmusokat, amelyek a gépkocsiban találhatók!

38. §. EGYSZERŰ GÉPEK

Évezredekkel ezelőtt az emberek minden munkát saját izomerejük felhasználásával végeztek. Hogy megkönnyítsék munkájukat, az idők folyamán feltaláltak különféle egyszerű gépi szerkezeteket. Az emberek hamar rájöttek, hogy sokkal könnyebb a terheket áthelyezni, ha görgőket használnak. Ennek alapján feltalálták a kereket (189. ábra).

Képzeljük el, hogy fel kell emelnünk például egy szerszámokkal teli ládát, amelynek a súlya sokkal nagyobb, mint a saját súlyunk (190. ábra). Mit tegyünk?

Valószínűleg keresnünk kell egy merev rudat, alsó végét a láda alatt meg kell támasztani a talajon, és ezzel az **emelőnek** nevezett eszközzel máris emelhetjük a ládát.

Az emelő egy mozdulatlan szilárd pont vagy tengely körül forgatható merev test.

A csigák segítenek felemelni vagy leengedni a terheket.

A csiga egy rögzített tengely körül forgó kerék, peremén horonnyal (191. ábra).

A horony kötél, acélhuzal vagy lánc vezetésére szolgál.

◆ **1. kísérlet.** Erősítsünk a fonál végére valamilyen terhet. A fonalat a csiga hornyába helyezve vezessük át. A fonál szabad végéhez kössünk egy dinamométert. A teher emelésekor vagy leengedésekor a csiga középpontja nem mozdul el. A dinamométer annak az erőnek nagyságát mutatja, amellyel a terhet emeljük (192. ábra).



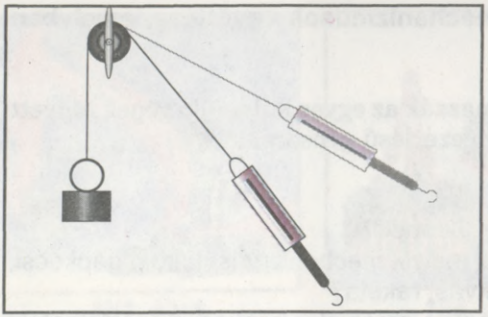
189. ábra



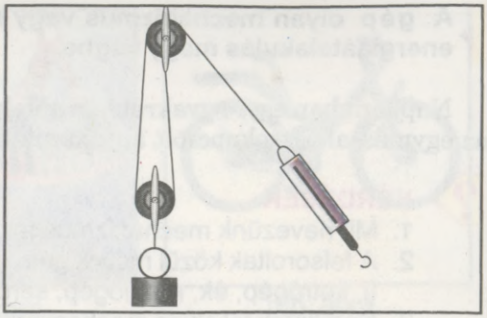
190. ábra



191. ábra



192. ábra



193. ábra

Az állócsiga olyan csiga, amelynek tengelye a teher emelésekor vagy leengedésekor nem mozog.

Figyeljük meg, hogy a dinamométer mutatása nem változik akkor sem, ha változtatjuk a helyzetét. Most függesszük fel a terhet a dinamométer kampójára. A dinamométer az előbbi értéket fogja mutatni.

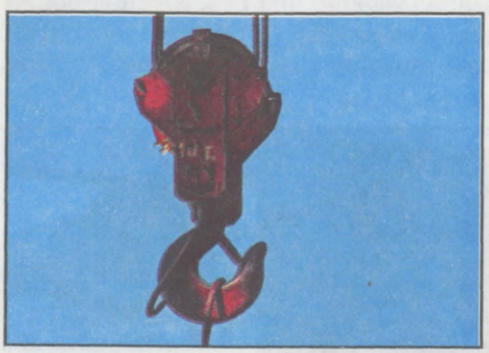
◆ **2. kísérlet.** A fonál egyik végét rögzítsük az állványhoz, a másik végét a dinamométerhez (193. ábra). A fonálon helyezzünk el egy csigát, melynek a tengelyéhez erősített hornyon függ a teher. A teher emelésekor vagy leeresztésekor vele együtt mozog a csiga. Tehát ez a csiga mozgó. Ezenkívül az látjuk, hogy a dinamométerrel mért érték kétszer kisebb a teher súlyánál.

A mozgócsiga olyan csiga, melynek tengelye együtt emelkedik vagy ereszkedik a teherrel. A mozgócsiga kétszeres erőnyereséget ad.

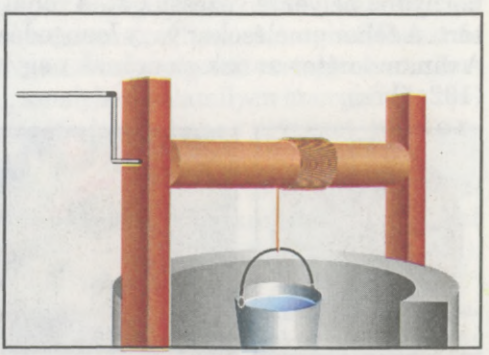
A mozgócsigát minden emelődarun megfigyelhetjük. A daru horga a mozgócsiga tengelyére van erősítve (194. ábra).

A **hengerkerék** az emelő egyik válfaja, módosulata. Lényegében az általa adott erőnyereség miatt használják. Bármely faluban az ásott kutak vízfelhúzó szerkezetében felismerhető (195. ábra). A forgatókar helyett néha nagy méretű kereket szerelnek a hengerrel közös tengelyre (kerekes kút). Ezzel még egy gyerek is képes vizet húzni a kútból.

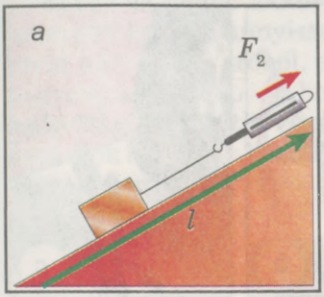
A teher felemelése helyett sok esetben azt **lejtőn** görgetik vagy csúsztatják az adott magasságba. Ha a terhet a lejtő hosszában mozgatva emeljük a magasba,



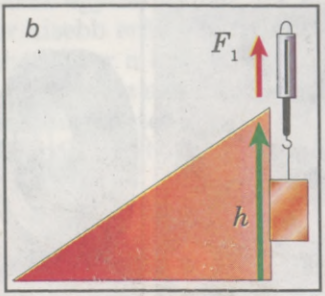
194. ábra

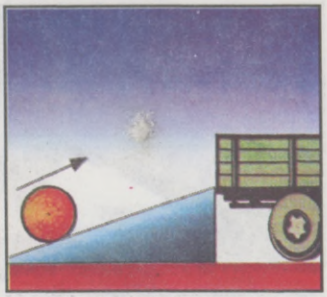


195. ábra



196. ábra





197. ábra

annyiszoros erőnyereséget kapunk, ahányszor nagyobb a lejtő hossza a lejtő magasságánál (196. *a*. *b*. ábra).

A lejtő tehát megkönnyíti a nehéz terhek felemelését (197. ábra). Jóllehet a teher emelése hosszabb úton történik, de sokkal kisebb erőkifejtésre van szükség, mintha a súlyát kellene ellensúlyozni függőleges emeléskor.

A csigalépcső (198. ábra) valójában egy lejtő, amely csavarvonal mentén emelkedve fonja körül a lépcső tengelyét. Az ilyen lépcsőn könnyebb felmenni, mint függőlegesen, de így nagyobb távolságot kell megtenni.

A **csavar** (199. ábra), a csigalépcsőhöz hasonlóan szintén lejtő. Különböző alkatrészek nagy erővel történő összekötésére, rögzítésére használják. A lapos menetű csavarokat teheremelésre, sajtolásra alkalmazzák (például kerékcserénél a gépkocsivezetők még ma is használnak csavaremelőt).

Az **ék** szintén a lejtő egy változata, ami a szúró, vágó, gyaluló szerszámok fontos részét képezi. Ide sorolható a tű, kés, olló, balta, véső, gyalu, ekevas.

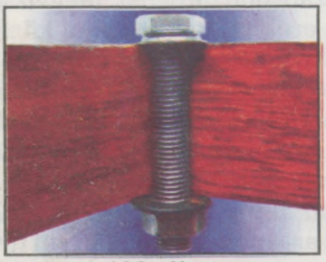
A forgás fordulatszámának szabályozására alkalmazzák a **fogaskereket** (200. ábra). Az egyik fogaskerék a szomszédos fogaskereket, a fogaik számának arányától függően, nagyobb vagy kisebb fordulatszámmal képes forgatni. Például az 5 fogú kerék kétszer nagyobb fordulatszámmal forog, mint a hozzá kapcsolódó 10 fogú. Erről meggyőződhetünk, ha megfigyeljük a kézi turmixgép működését.

A felsorolt eszközök megváltoztatják az erőt és mechanikai munka végzésére használják őket.

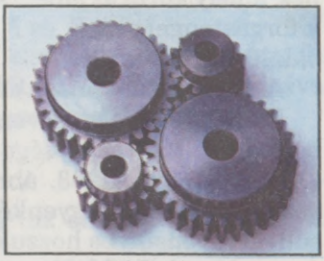
Az olyan egyszerű gépi berendezéseket, amelyeknek segítségével a munkavégzéshez szükséges erő nagyságát, irányát (vagy mindkettőt) a célnak megfelelően megváltoztathatjuk, egyszerű gépeknek nevezzük.



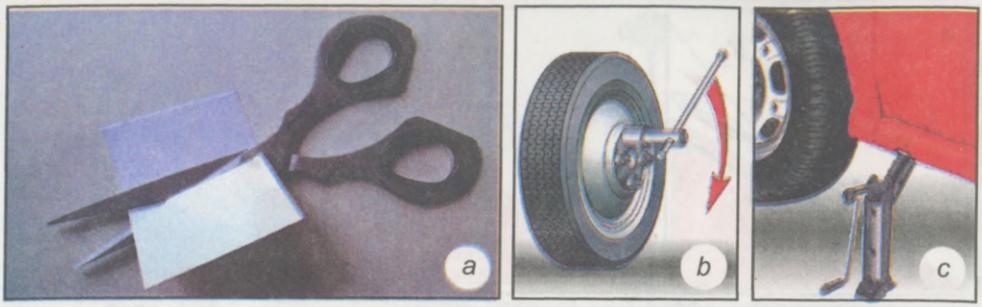
198. ábra



199. ábra



200. ábra



201. ábra

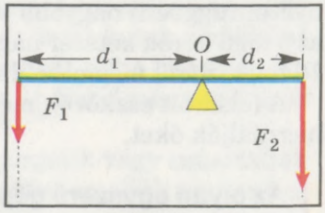
Egyetlen nap sem tudunk meglenni egyszerű gépek nélkül (201. *a. b. c* ábra).

KÉRDÉSEK

1. Soroljatok fel olyan egyszerű gépeket, amiket az ember a napi tevékenysége során használ!
2. Mi az emelő?
3. Mi a különbség a mozgócsiga és az állócsiga között?
4. Mire használják a lejtőt?
5. Nevezzétek meg a lejtő elvén működő egyszerű gépeket!
6. Mekkora erőnyereséget ad a mozgócsiga? A lejtő?

39. §. AZ EMELŐ EGYENSÚLYÁNAK FELTÉTELE. FORGATÓNYOMATÉK

Amint azt már tanultuk, az emelő egy merev test, amely mozdulatlan szilárd pont vagy tengely körül forgatható. A emelőt az erő irányának és nagyságának megváltoztatására használják. Például egy nagy erőnek kis erővel való egyensúlyozására. Az emelőre jellemző fontosabb tulajdonságok a következők (202. ábra).



202. ábra

Az erő támadáspontja az emelőnek az a pontja, amelyben rá egy másik test hat.

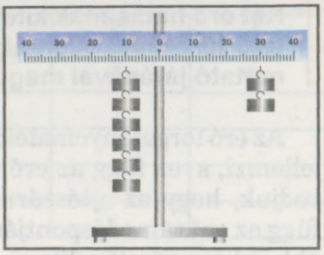
Forgástengely az emelő mozdulatlan alátámasztási O pontján átmenő egyenes, amely körül az emelő szabadon foroghat. Megvizsgáljuk azt az esetet, amikor a forgástengely az F_1 és F_2 erők támadáspontjai közé esik. Az ilyen emelőt kétoldalúnak nevezzük.

Az erő hatásvonala az az egyenes, amely mentén irányul az emelőre ható erő.

Erőkar az erő hatásvonalának az O forgástengelytől mért távolsága. Az erőkar betűjele d. Mértékegysége az SI-ben az **egy méter (1 m)**.

◆ **Kísérlet.** A 203. ábrán látható módon 10 cm-re a forgástengelytől függesszünk fel 6 db egyenként 100 g tömegű súlyt. Ahhoz, hogy 2 db ugyanilyen súllyal egyensúlyba hozzuk az emelőt, azokat 30 cm távolságra kell felfüggeszteni az emelő másik oldalán.

Tehát az emelő akkor lesz egyensúlyban, ha a hosszabb karjára annyiszor kisebb erővel hatunk a rövid karra ható erőnél, ahányszor a hosszabb kar nagyobb a rövidebb kar hosszánál. Ez az **emelőszabály** (vagy **emelőtörvény**), amit matematikailag a ható erők és karjaik között fennálló fordított arányossággal írhatunk le:



203. ábra

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1},$$

ahol F_1 és F_2 az emelőre ható erők; d_1 és d_2 a megfelelő erők karjai. Ezért az emelő egyensúlyának feltételét a következőképpen fogalmazhatjuk meg.

Az emelő egyensúlyban lesz, ha a rá ható erők fordítottan arányosak karjaik hosszával.

Az emelő egyensúlyának feltételét még Arkhimédész állapította meg, s majd 1900 éven keresztül eredeti formában fennmaradt. Csak 1687-ban fogalmazta meg általánosabb formában Pierre Varignon (1654–1722) francia tudós a **forgatónyomaték** fogalmának felhasználásával.

Az *M* forgatónyomaték olyan fizikai mennyiség, amelynek értéke egyenlő a testet forgató *F* erő modulusának és az erőkar *d* hosszának szorzatával:

$$M = Fd.$$

A forgatónyomaték SI mértékegysége az **egy newton · méter (1 N · m)**, ami egyenlő az 1 N nagyságú erő által létrehozott forgatónyomatékkal, ha az erőkar 1 m.

Igazoljuk, hogy két erő hatásának kitett emelő akkor lesz egyensúlyban, ha az óramutató járásával ellentétes irányban forgató M_1 erőnyomaték egyenlő az óramutató járásával megegyező irányba forgató M_2 erőnyomatékkal, vagyis:

$$M_1 = M_2.$$

Az emelőszabály matematikai alakjából $\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$ az aránypár tulajdonságát felhasználva azt kapjuk, hogy:

$$F_1 d_1 = F_2 d_2.$$

De $F_1 d_1 = M_1$ az emelőt az óramutató járásával ellentétes irányba forgató erőnyomaték (202. ábra), $F_2 d_2 = M_2$ pedig az emelőt az óramutató járásával megegyező irányba forgató erőnyomaték. Vagyis beigazolódott, hogy:

$$M_1 = M_2.$$

Ezek szerint az emelő egyensúlyának feltételeit (az emelőszabályt) így is megfogalmazhatjuk.

Két erő hatásának kitett emelő egyensúlyban lesz, ha az emelőt az óramutató járásával ellentétes irányba forgató erő nyomatéka egyenlő az óramutató járásával megegyező irányba forgató erő nyomatékával.

Az erő forgatónyomatéka fontos fizikai mennyiség, amely az erő forgató hatását jellemzi, s ez függ az erő nagyságától és az erőkar hosszától is. Tapasztalatból tudjuk, hogy az ajtószárnyra ható erő forgató hatása az erő nagyságán kívül függ az erő támadáspontjától és az erő hatásvonalának irányától: az ajtószárnyat akkor könnyű elfordítani, ha a forgástengelytől minél messzebb hatunk rá merőlegesen az ajtószárnyra; hosszú nyelű csavarkulccsal könnyebb kicsavarni a csavaranyát, mint rövid nyelűvel; könnyebb a kútból felhúzni a vödör vizet, ha hosszabb a kúthenger tekerőkarja.

KÉRDÉSEK

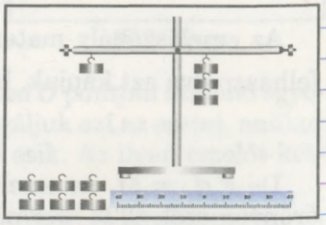
1. Soroljátok fel az emelőre jellemző fontosabb tulajdonságokat!
2. Mi az erőkar?
3. Mi a forgatónyomaték?
4. Mitől függ az erő forgató hatása?
5. Fogalmazzátok meg az emelő egyensúlyának feltételét!

9. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA — AZ EMELŐ EGYENSÚLYI FELTÉTELEINEK VIZSGÁLATA

- **A munka célja:** megállapítani kísérletileg, hogy az erők és az erőkarok milyen aránya mellett lesz egyensúlyban az emelő. Az emelőszabály ellenőrzése.
- **Eszközök és anyagok:** állványra szerelt emelő, súlykészlet, dinamométer, milliméteres beosztású vonalzó.

A munka menete

1. A két végén levő szabályozó csavarral hozzátok egyensúlyba az emelőt, hogy vízszintesen álljon (204. ábra)!
2. Az emelő bal oldalára a forgástengelytől 10 cm-nyire függesszetek fel két súlyt! Határozzátok meg kísérletileg, hogy az emelő egyensúlyának biztosítására a forgástengelytől jobbra mekkora távolságban kell felfüggeszteni: 1) egy súlyt; 2) két súlyt; 3) három súlyt; 4) négy súlyt!



204. ábra

3. A súlyokat 1 N súlyúaknak tekintve, az adatokat és a mérések eredményeit írjátok be a táblázatba!
4. Valamennyi kísérlet esetében számítsátok ki az erők és a karok arányát! Milyen következtetés vonható le ebből?

A kísérlet sorszáma	F_1, N	d_1, m	F_2, N	d_2, m	$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{d_1}{d_2}$
1.						
2.						
3.						
4.						

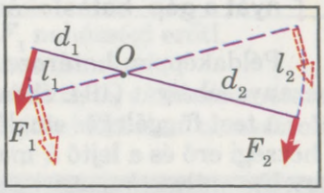
5. Ellenőrizzétek az emelőszabályt! Vonjatok le következtetéseket!
6. Függesszetek három súlyt az emelő jobb oldalára a forgástengelytől 6 cm-nyire! Határozzátok meg dinamométerrel, mekkora erővel kell hatni az emelőre a forgástengelytől 15 cm-nyire jobbra, hogy az emelő egyensúlyban legyen! Milyen irányúak most az emelőre ható erők? Készítsetek rajzot! Számítsátok ki az erők és a karok arányát ebben az esetben is, és vonjatok le következtetéseket!

40. §. A MECHANIKA ARANYSZABÁLYA

Az ismertetett egyszerű gépeket olyankor használják munkavégzésre, amikor nagy erő hatását kis erővel akarják ellensúlyozni.

Felmerül a kérdés: *ha az egyszerű gépek erőnyereséget adnak, vajon nem adnak-e munkanyereséget is?*

Egyensúlyba hozzuk az emelőt két különböző nagyságú F_1 és F_2 erővel, és hagyjuk lassan elfordulni a forgástengelye körül. Kiderül, hogy ugyanazon idő alatt a kisebb F_2 erő támadáspontja nagyobb l_2 utat, a nagyobb F_1 erőé pedig kisebb l_1 utat tesz meg. Ha megmérjük ezeket az utakat és összehasonlítjuk az erők d_2 és d_1 karjaival, azt tapasztaljuk, hogy a megtett utak aránya egyenlő a megfelelő karok arányával (205. ábra), vagyis $\frac{d_2}{d_1} = \frac{l_2}{l_1}$. Ebből következik, hogy az emelőszabály matematikai kifejezésében a karok arányát helyettesíthetjük az erők támadáspontjai által megtett utakkal megfelelően, s így a következő kifejezést kapjuk: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$. Az aránypár tulajdonságai alapján ebből következik, hogy



205. ábra

$$F_1 l_1 = F_2 l_2 .$$

A mechanikai munka képletének megfelelően: $F_1 l_1 = A_1$ és $F_2 l_2 = A_2$, tehát $A_1 = A_2$ és levonhatjuk a végkövetkeztetést.

Az emelő nem ad munkanyereséget.

Ez valamennyi egyszerű gépre érvényes.

Egyetlen egyszerű gép alkalmazása sem ad munkanyereséget: ahányszoros az erőnyereség, annyiszoros az útveszteség.

Ezt a szabályt a mechanika aranyszabályának nevezték el.

KÉRDÉSEK

1. Ad-e erőnyereséget az egyszerű gép? És munkanyereséget?
2. Mi a mechanika aranyszabályának lényege?

41. §. A GÉPEK HATÁSFOKA

A gépek és mechanizmusok használata közben a célirányos, hasznos munkán kívül a súrlódási erő leküzdésére és a berendezés egyes részeinek mozgatására is munkát kell végezni. Így például mozgócsiga használata esetén külön munkát kell végeznünk magának a csigának és a kötélnek az emelésére, valamint a csiga tengelyén fellépő súrlódási erőnek a leküzdésére. Következésképpen a hatóerő által végzett összmunka mindig nagyobb a hasznos munkánál.

Bármilyen gépet használunk, az általa végzett hasznos munka mindig csak egy része az összmunkának.

A hasznos munkának az összmunkához (ráfordított munkához) mért arányát a gép hatásfokának nevezzük.

Példaképpen határozzuk meg a lejtő hatásfokát, felhasználva a mechanika aranyszabályát (194. ábra).

A test függőleges emelése közben végzett munka értékét a testre ható F_1 nehézségi erő és a lejtő h magasságának szorzata adja: $A_1 = F_1 h$.

Ugyanilyen h magasba emelhetjük a testet úgy is, hogy egyenletesen mozgatjuk a lejtő l hosszúságú ferde lapján, miközben valamely F_2 nagyságú erővel hatunk rá. Ekkor a végzett munkát az $A_2 = F_2 l$ képlettel határozhatjuk meg.

A mechanika aranyszabálya szerint, amennyiben nincs súrlódás, a két említett munka egyenlő nagyságú: $A_1 = A_2$ vagy $F_1 h = F_2 l$.

Súrlódás jelenlétében az A_2 munka mindig nagyobb az A_1 munkánál: $A_2 > A_1$.

Az A_2 összmunka, az A_1 pedig hasznos munka. A hatásfokot a görög η (éta) betűvel jelölik és rendszerint **százalékokban** (%) fejezik ki. A hasznos munkának az összmunkához mért aránya megadja a lejtő hatásfokát:

$$\eta = \frac{A_1}{A_2} \cdot 100\% .$$

Ugyanígy határozható meg bármely más gép vagy berendezés hatásfoka.

KÉRDÉSEK

1. Mit nevezünk a munkavégző berendezés hatásfokának?
2. Hogyan számítható ki a gép hatásfoka?

10. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA — A LEJTŐ HATÁSFOKÁNAK MEGHATÁROZÁSA

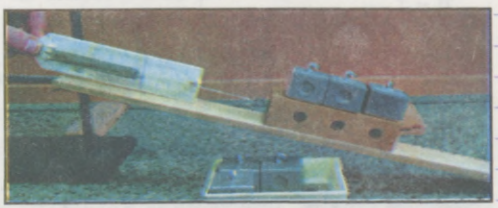
- **A munka célja:** meggyőződni kísérletileg arról, hogy lejtő használatakor a végzett hasznos munka kevesebb, mint a lejtővel végzett összmunka, és meghatározni a lejtő hatásfokát.
- **Eszközök és anyagok:** deszkalap, állvány szorítóval és fogóval, fahasáb, milliméteres beosztású mérőszalag vagy vonalzó, dinamométer.

A munka menete

1. Állítsátok fel lejtősen (ferdén) a deszkalapot a 206. ábra szerint!
2. Mérjétek le a lejtő h magasságát és l hosszát! A mérések eredményeit írjátok be a táblázatba!

A kísérlet sorszáma	h, m	F_1, N	$A_1 = F_1h$, J	l, m	F_2, N	$A_2 = F_2l$, J	$\eta = \frac{A_1}{A_2} \cdot 100\%$
1.							
2.							
3.							

3. Mérjétek meg dinamométerrel a fahasábra ható F_1 nehézségi erőt!
4. Az $A_1 = F_1h$ képlet szerint számítsátok ki a hasznos munkát!
5. A dinamométer horgát csatlakoztassátok a fahasábhoz, és a dinamométert fogva húzzátok a fahasábot egyenletesen felfelé a lejtőn! Eközben olvassátok le az F_2 húzóerőt!
6. Az $A_2 = F_2l$ képlet szerint számítsátok ki, mekkora munka végződik a fahasáb h magasságba való emelkedésekor a lejtő l hosszában!
7. Az $\eta = \frac{A_1}{A_2} \cdot 100\%$ képlet szerint számítsátok ki a lejtő hatásfokát! Az eredményt írjátok be a táblázatba!



206. ábra

8. A mechanika aranyszabálya felhasználásával határozzátok meg, mekkora erőnyereséget ad a lejtő, ha nem vesszük figyelembe a súrlódást!
9. Változtassátok meg a lejtő magasságát, és számítsátok ki a hasznos és az összmunkát, valamint a lejtő hatásfokát ebben az esetben is!

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

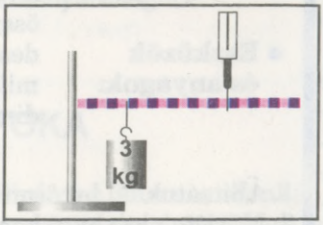
1. Vizsgáljátok meg a lemezvágó olló és a drótvágó olló (v. csípőfogó) felépítését (207. ábra)! Mivel magyarázható, hogy e szerszámok nyele sokkal hosszabb, mint a vágóélük?



207. ábra

Felelet: a szerszámok vágóéle és nyele emelőkarokként működnek. A hosszú nyélre ható mérsékelt kézerő a rövid vágóélen biztosítja a fém átvágásához szükséges erőt.

2. Mennyi a dinamométer mért értéke a 208. ábrán látható esetben, ha az emelő egyensúlyban van? A felfüggesztett teher súlya 3 kg. Az emelő saját súlyát elhanyagolhatjuk.



208. ábra

Felelet: a 3 kg tömegű test 5 beosztásnyira van felfüggesztve a forgástengelytől, a dinamométer pedig 15 beosztásnyira van az emelőhöz erősítve. Az emelőszabály értelmében az emelő egyensúlya esetén $M_1 = M_2$, vagyis $F_1 d_1 = F_2 d_2$. Mivel a dinamométer hatóerejének karja háromszor akkora, mint a test súlyának karja, ezért a dinamométer a test 30 N nagyságú súlyánál 3-szor kisebb erőt, 10 N-t mutat.

3. Az emelő rövidebb karjára 100 kg tömegű terhet függesztettek fel. A teher felemeléséhez a hosszabb karra 250 N nagyságú erővel kell hatni. A terhet 8 cm magasra emelték, s közben a hatóerő támadáspontja 40 cm-nyit mozdult el lefelé. Mekkora az emelő hatásfoka?

Adva:

$m = 100\ \text{kg}$

$g = 9{,}81\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

$F = 250\ \text{N}$

$h_1 = 8\ \text{cm} = 0{,}08\ \text{m}$

$h_2 = 40\ \text{cm} = 0{,}4\ \text{m}$

$\eta - ?$

Megoldás.

Az emelő hatásfokának kiszámításához az $\eta = \frac{A_h}{A_ö} \cdot 100\%$ képletet fogjuk használni.

A hasznos munka: $A_h = mgh_1$.

Az összmunka: $A_ö = Fh_2$.

Tehát $\eta = \frac{mgh_1}{Fh_2} \cdot 100\%$.

Behelyettesítve a számértékeket, azt kapjuk, hogy:

$$\eta = \frac{100\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0{,}08\ \text{m}}{250\ \text{N} \cdot 0{,}4\ \text{m}} \cdot 100\% = 78\%.$$

Felelet: $\eta = 78\%$.

Ebben az esetben is teljesül az aranyszabály. Az összmunka egy része (22%) a súrlódás leküzdésére és magának az emelőnek a mozgatására fordítódik.

Bármely gép, berendezés hatásfoka mindig kisebb 100%-nál. A gépek tervezésénél a tervezőmérnökök igyekeznek növelni azok hatásfokát. Ez úgy lehetséges, ha csökkentik a súrlódást és a mozgó gépelemek tömegét.

A szint

307. A felsorolt esetekben válasszátok ki azt a testet, amely munkát végez: a) a súlyemelő feje fölött tartja a felemelt súlyzót; b) a háziasszony kezében tartja a bevásárló táskát; c) a kislány szánkóval ereszkedik a hegyoldalon lefelé; d) a tanuló ül az asztalnál és feladatot old; e) a munkás alkatrészeket rak a ládába; f) a traktor szántja a földet!
308. A fiú 50 cm-re felemelte a terhet, amelyre 60 N nagyságú erővel hatott. Mennyi a fiú által végzett munka?
309. Egy ládát 40 N nagyságú erővel 120 cm-re mozdítottak el az erőhatás irányába. Számítsátok ki a végzett munkát!
310. Szivattyúval 5 perc alatt 45 kN súlyú vizet emeltek 5 m magasba. Mennyi a szivattyú teljesítménye?
311. A kotrógép markolója 10 s alatt 2,5 m magasra emelkedett. A megrakott markoló tömege 2000 kg. Számítsátok ki a kotrógép motorjának teljesítményét a markoló emelése közben!
312. Mennyivel nő az 1 kg tömegű test helyzeti energiája, ha felemelik 15 m magasra?
313. Milyen energiafajta felhasználásával történik a villamosvonat fékezése sűrített levegő segítségével? Hogyan halmozódik fel ez az energia?
314. A föld fölé emelt test helyzeti energiája függ a test tömegétől és az alapszinttől számított függőleges magasságától. Gondoljatok ki olyan kísérleteket, amelyek igazolják ezt az állítást!
315. A test mozgási energiája függ a tömegétől és mozgásának sebességétől. Gondoljatok ki olyan kísérleteket, amelyek igazolják ezt az állítást!
316. Mivel magyarázható, hogy a gyufaszálat könnyű eltörni a közepénél, és sokkal nehezebb letörni a végéből egy rövid darabkát?
317. Ha vastag papír- vagy kartonlapot kell ollóval elvágni, igyekeznek a papír szélét minél közelebb helyezni az olló forgástengelyéhez. Miért?
318. A padló felseprésekor a hosszú nyelű seprűt két kézzel fogják. Melyik kéz végez nagyobb munkát?
319. Írás közben a ceruza vagy a toll emelőnek tekinthető. Hol van a forgástengelye (alátámasztási pontja)?
320. Magyarázzátok el, hogyan működik az evező emelőként (209. ábra)!
321. Milyen célból látják el ellensúllyal az emelődarukat?
322. Mivel magyarázható, hogy a hosszú nyelű csavarkulccsal könnyű a csavaranyát be- vagy kicsavarni?
323. Hogyan határozható meg a léc közepe mérés nélkül?
324. Ha az állócsiga nem ad erőnyereséget, akkor miért használják?
325. Mekkora erővel emelhető fel a 400 N súlyú teher állócsiga segítségével?
326. Mekkora erővel emelhető fel a 720 N súlyú teher mozgócsiga segítségével?
327. Miért könnyebb a hordót lejtőn felgörgetni a teherautó platójára, mint függőlegesen felemelni?
328. Miért kanyargósak a hegyi utak?



209. ábra

329. Vizsgáljátok meg a fémek rögzítésére használható csavarorsó és facsavar alakját! Mivel magyarázható a köztük fennálló különbség?



210. ábra

B szint

330. Igaz-e a következő állítás: munkavégzés közben a test (vagy testrendszer) egyik energiaállapotból másikba megy át?

331. Melyik esetben történik nagyobb munkavégzés: amikor a test 8 m távolságra mozdul el 25 N erő hatására, vagy amikor 20 m-nyire mozdul el 5 N erő hatására? Az erő mindkét esetben a mozgás irányába hat.

332. Számítsátok ki annak a gépnek a teljesítményét, amely a 200 kg tömegű kalapácsot percenként 120-szor emeli 0,75 m magasra!

333. Az ejtőernyős egyenletesen ereszkedik. Milyen energia felhasználása révén ereszkedik az ejtőernyős? Milyen energiaátalakulások mennek végbe eközben?

334. Milyen módon növelhető a testek mozgási és helyzeti energiája?

335. Azonos-e a tégla helyzeti energiája, ha különböző lapjára fektetjük?

336. A feszítővassal úgy emelnek egy bizonyos terhet, hogy az alátámasztási pont épp a feszítővas közepére esik. Mekkora az erőnyereség adott esetben?

337. A 210. ábrán teher emelésére és leeresztésére szolgáló berendezés látható (darugém álló- és mozgócsigával, valamint akasztóhoroggal). Mutassátok meg, melyik a mozgócsiga és melyik az állócsiga! Rajzoljátok fel a mozgócsigára és a teherre ható erőket. Mekkora erőre van szükség a teher felemelésére? Hogyan változik meg az előző kérdésre adott válasz, ha nem egy, hanem kettő vagy négy mozgócsigát használnak?



211. ábra

338. Milyen lakatos- vagy asztalosszerszámok hasznosítják az ék előnyös tulajdonságait? Írjátok le a szerszámok neveit, és azt, hogy a szerszám melyik része ék!

339. Figyelmesen nézzétek meg a kerékpár kormányát, pedálját és váltóját (186. ábra). E mozgást átalakító berendezések közül melyik ad erőnyereséget, és melyik ad sebességnyereséget? Magyarázzátok meg a válaszokat!

340. A gépek egész sor egyszerűbb mechanizmust tartalmaznak. Keressétek meg ezeket a berendezéseket a földmunkák végzésére használt kotrógép (184. ábra) vagy árokásó gép példáján!

341. Az ember gabonafélék őrlésére már a legrégibb időkben is használt vízimalmokat (211. ábra: *1* – vízcsatorna; *2* – vízikerék; *3* – száraz kerék; *4* – csapos fogaskerék; *5* – padló; *6* – malomkőköpeny; *7* – malomkő; *8* – liszt csatorna; *9* – garat (szemadagoló)). Milyen mechanizmusok vannak a malomban? Milyen energiaátalakulások mennek végbe a malom működése közben? Hol tapasztaljuk ezeket az energiaátalakulásokat?

342. A fiú a szánkót 600 N nagyságú erővel húzza fölfelé a domboldalon. A domboldal hossza 60 m, magassága 12 m, a szánkó összsúlya 3600 N. Számítsátok ki a domboldal hatásfokát! Tekintsük a domboldalt lejtőnek.

343. A lejtő magassága 1,2 m, hossza pedig 10,8 m. A 180 kg tömegű teher felhúzásához a lejtőn 250 N nagyságú húzóerővel kell rá hatni. Határozzátok meg a lejtő hatásfokát!

TÖRTÉNELMI TÁJÉKOZTATÓ

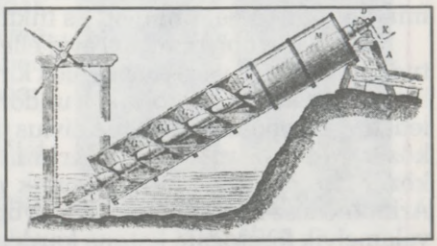
Híres tudósok életéből

Az antik világ egyik legkiválóbb mechanikusa a híres Arkhimédész (i.e. 287–212) volt. Alexandriában (Egyiptom) tanult a neves görög matematikus, Eukleidész közvetlen utódjánál, talán magánál Eukleidésznél. Még alexandriai tanulmányai alatt csodálatos szaktudását, tudományos ismereteit különféle gépek szerkesztésére használta. Éspedig, feltalálta a végtelen csavart és a vízemelő gépet, amelyet egyszerűen archimedesi csavarnak neveznek.

Arkhimédész vízemelő gépe mindkét végén nyitott 4 – 6 m hosszú henger alakú cső. A cső belsejében egy csavarfelülettel ellátott tengely van. A csavar egyik végét oda helyezik, ahová a vizet kell felemelni, a másik végét a vízbe süllyesztik.

A csavar forgatásakor a víz felemelkedik a csőben és kifolyik a felső nyitott végén. A csavar működése valójában a lejtő működési elvén alapszik. Az archimedesi csavarnak vannak előnyei a dugattyús szivattyúval szemben, tudniillik lehetővé teszi a törmelékkel szennyezett víz felemelését is. Arkhimédésznek ezt a találmányát mind a mai napig használják egy olyan mindennapi eszközben, mint a közönséges konyhai húsdaráló.

A híres tudós Görögországba való visszatérése után szülővárosában, a szicíliai Szirakuzában, telepedett le. A legenda szerint Arkhimédész, elragadtatva saját felfedezései bizonyítékának erejétől, egyszer azt mondta rokonának, Hieron szirakuzai királynak: „Adjatok egy fix pontot, és én kifordítom sarkaiból a világot.” A meglepődött király arra kérte Arkhimédészt, mutassa be neki, miként lehet kis erővel nagy terhet mozgatni. Arkhimédész beleegyezett és megparancsolta, hogy vontassák partra



212. ábra



213. ábra

a királyi teherhajót (a király három-evezősoros hadihajóját), majd felküldte a hajóra annak egész legénységét és még megrakatta a szokásos teherrel. Ezután a hajótól bizonyos távolságra elhelyezkedve, Arkhimédész a csigasor végén levő kötelet kézzel mozgatva, minden erőlködés nélkül szép lassan és egyenletesen húzta maga felé a hajót, mintha az a vízen úszna. Elámulva a látottakon Hieron király rávette Arkhimédészt, hogy készítsen különféle védekezéshez szükséges hadi gépezeteket, amelyeket felhasználhatnának Szirakuza védelmére. Történt pedig ez a második pun háború idején, amikor Karthágó, Hannibál vezetésével újra kezdte a Róma elleni háborút, s Szicília szövetséget kötött Karthágóval a rómaiak ellen. A Földközi-tenger nyugati részén élő népek közül sokan vettek részt ebben a háborúban (spanyolok, gallok, görögök, makedónok). Hannibál (i. e. 247–183), az ókori világ egyik legkiválóbb hadvezére, hogy elfoglalja Rómát, vakmerő vállalkozásba fogott. Hispániából, Gallián át nehéz körülmények között 15 nap alatt átkelt az Alpokon és megérkezett Itália földjére, ahol megsemmisített három római hadsereget. Erre válaszul i. e. 213-ban a rómaiak megkezdték a szövetséges görög város, Szirakuza ostromát.

Kétségkívül, ugyancsak Arkhimédészt tekinthetjük a statika atyjának, megalapítójának. Elsőként foglalkozott az emelő elméletével, foglalta logikus rendszerbe az összefüggéseket, nevezetesen, megfogalmazta az emelőre vonatkozó törvényt: „A megmért nagyságú súlyok egyensúlyban lesznek az emelőn, ha azok függesztési pontjainak távolsága az alátámasztási ponttól fordítottan arányosak e súlyok nagyságával." Arkhimédész munkái tették lehetővé az emelők tudományos elméletének kidolgozását.

Szülővárosának védelmére Arkhimédész egész sor különféle hadigépet talált ki. Ilyen volt például a katapult, különböző méretű köveket és nyilat hajító ostromgép; a *darucsőr,* amely a daru csőréhez hasonló vaskapcsokkal az ellenséges hajókat orruknál fogva függőleges helyzetben magasra emelte, majd tatjuknál fogva visszaejtette azokat a vízbe. Ezek a gépezetek csigák, csavarok, fogaskerekek, rugók és vízikerekek felhasználásával készültek.

Mikor a római hadsereg körülzárta Szirakuzát, a 75 éves Arkhimédész állt szülővárosa védelmének élére. Az általa szerkesztett gépek kortársai minden képzeletét felülmúlták. Arkhimédész hajítógépei, valamint a *vaskapcsok* óriási pusztításokat vittek végbe a római hadsereg soraiban. A történetíró Plutarkhosz szerint ez ahhoz vezetett, hogy „...végül Marcellus, a rómaiak fővezére látván, hogy a rómaiakat azonnal rémület fogja el, amikor kötelet vagy fadarabot pillantanak meg a várfalakon, és azt kiáltozzák, hogy Arkhimédész valami hajítógépet hozott mozgásba ellenük, aztán meg hátat fordítanak és futnak, abbahagyott minden harcot és rohamot, és inkább hosszú ideig tartó ostromra készült fel."

Szirakuza több mint egy évig ellenállt az ostromnak, és végül csak árulás útján tudták bevenni a várost: az árulók kinyitották a kapukat a rómaiak előtt. „Szirakuza kirablásával kapcsolatban sok undorító kegyetlenséget és visszataszító kapzsiságot lehetne elmondani, írja Titus Livius (i. e. 59 – i. u. 17) római történetíró, de mindezek között a legszámottevőbb Arkhimédész meggyilkolása volt. A vad zűrzavar közepette, a megvadult katonák ordítozása és dübörgése mellett, miközben Arkhimédész házának udvarán nyugodtan elmélkedett a porba rajzolt ábrái fölött, valamelyik fosztogató katona karddal ledöfte, nem is sejtve, hogy ki ő." (213. ábra.)

Ellenőrző kérdések

1. Milyen esetekben mondhatjuk azt, hogy a test energiával rendelkezik?
2. Milyen mennyiségektől függ a föld fölé emelt test helyzeti energiája?
3. Mitől függ a rugalmasan deformált test helyzeti energiája?
4. Mitől függ a test mozgási energiája?
5. Milyen energiaátalakulások mennek végbe a gátról lezúduló víz esetében?
6. Mely fizikai mennyiségek SI mértékegysége az 1 joule?
7. Mi a gép és a mechanizmus? Mi a különbség közöttük? Milyen mechanizmusokat használnak az építkezéseken?
8. Mit igazol az emelő- vagy nyomatékszabály?
9. Emelő, mozgócsiga vagy lejtő használatakor erőnyereséghez jutunk. És eközben mit veszítünk?
10. Mi a mechanika aranyszabályának lényege?
11. Miért van az, hogy gépi berendezések terhek emelésére való alkalmazásakor – ellenállás jelenléte esetében – a hasznos munka nem egyenlő az összmunkával?
12. Mit nevezünk a berendezés hatásfokának? Lehet-e egynél nagyobb a hatásfok?

Amit már tudok, és amire már képes vagyok

Én tudom a fizikai mennyiségek mértékegységeit.

1. A pontok helyére írjátok be a fizikai mennyiségek megfelelő értékeit:

$15\ \text{J} = \ldots\ \text{N·m};$ $145\ \text{W} = \ldots\ \text{kW};$ $1\ \text{kW} = \ldots\ \frac{\text{J}}{\text{s}};$ $120\ \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \ldots\ \text{W};$

$12\ \text{MW} = \ldots\ \text{W} = \ldots\ \frac{\text{J}}{\text{s}};$ $32\ \text{MJ} = \ldots\ \text{kJ} = \ldots\ \text{J} = \ldots\ \text{W·s}.$

Én képes vagyok kiszámolni a test által végzett mechanikai munkát és a berendezés teljesítményét.

2. Két 40 kg tömegű fiú felmászott egy 50 m magas hegy tetejére. Az egyik egyenesen a hegyoldalon felfelé, a másik spirálisan (csigavonal mentén). Melyik fiú végzett nagyobb munkát? Mennyi munkát végeztek?
3. Számítsátok ki wattokban a sportoló szívének teljesítményét verseny közben, ha tudjuk, hogy egy összehúzódása alatt a szív 16 J munkát végez, és egy perc alatt 240 összehúzódás történik!
4. A szélerőművek környezetvédelmi szempontból tiszták, s amellett olcsók is. A 214. ábrán látható szélerőmű teljesítménye 2 500 000 W. Mekkora munkát képes végezni egy nap alatt?

Én tudom, hogy milyen energiafajták vannak.

5. Milyen energia felhasználásával: működik a mechanikus óra; mozog a lövedék az ágyúcsőben; emelkedik fel a rakéta; folyik a víz a folyóban; forognak a szélerőmű lapátjai?

Én képes vagyok kiszámolni a test energiáját.

6. A 200 $\frac{\text{N}}{\text{m}}$ merevségű rúgót egy 200 g tömegű test segítségével összenyomták 5 cm-nyire.



214. ábra

Mekkora helyzeti energiája lett a rugónak? Mekkora legnagyobb sebességre tesz szert a test, miután a rugó kirugózik? Mennyi lesz ekkor a test mozgási energiája?

Én tudom, hogy milyen egyszerű gépek vannak.

7. Az élő szervezetek mely részei tekinthetők egyszerű gépnek?

Én képes vagyok kiszámolni az egyszerű gépek erőnyereségét.

8. Határozzátok meg az olló erőnyereségét!
9. Mekkora erőnyereség érhető el a 2 m hosszú emelővel, ha forgástengelye 20 cm távolságra van a tehertől?
10. Mekkora erőnyereség érhető el a három álló- és három mozgócsigát tartalmazó csigasorral?

Én tudom az emelő egyensúlyának feltételét.

11. Az egyenlő karú mérleg karjaira felfüggesztettek egy-egy azonos tömegű hengert: az egyik henger anyaga ólom, a másiké alumínium. A mérleg egyensúlyban van. Megbomlik-e az egyensúly, ha mindkét hengert vízbe merítjük? És ha petróleumba?

Én képes vagyok kiszámítani az egyszerű gépek hatásfokát.

12. A kézi szivattyú karjának fogantyújára 15 N erő hat. Ennek hatására a dugattyú egy járata (lökete) alatt 40 cm-nyit mozdul el. Eközben a szivattyú dugattyúja 50 N nagyságú ellenállást tanúsít és 10 cm-re emelkedik fel. Határozzátok meg a szivattyú hatásfokát!

Tesztfeladatok

I. változat

1. A felsorolt esetek közül melyik esetben megy végbe mechanikai munka?
   A. Acélgolyó gurul a vízszintes asztallapon.
   B. A földön hever egy tégla.
   C. Daru emeli a terhet.
   D. Fonálon függ egy test.
2. A 400 g tömegű héját 70 m magasra emelte a légáramlat. Mekkora munkát végzett a héját emelő erő?
   A. 280 J.
   B. 28 J.
   C. 2,8 J.
   D. 300 J.
3. Mekkora az ember teljesítménye, ha a 120 N súlyú vödör vizet 15 másodperc alatt húzza fel a 20 m mély kútból?
   A. 160 W.
   B. 90 W.
   C. 360 W.
   D. 120 W.
4. Mekkora munkát végez a moped 600 W teljesítményű motorja 5 perc alatt?
   A. 180 kJ.
   B. 3000 J.
   C. 1800 J.
   D. Nincs helyes válasz.

jegyzetelj
ankönyvbe!

5. A földfelszíntől 10 m magasba emelt test helyzeti energiája 1200 J. Mekkora a test tömege?
A. 120 kg. B. 1,2 kg. C. 12 kg. D. 1200 kg.

6. Milyen nagyságú helyzeti energiára tett szert a 100 $\frac{N}{m}$ merevségű rugó 10 cm-es nyújtás után?
A. 10 J. B. 1 J. C. 0,1 J. D. 0,5 J.

7. A 2 tonna tömegű gépkocsi 20 $\frac{m}{s}$ sebességgel mozog. Mennyi a mozgási energiája?
A. 80 kJ. B. 800 kJ. C. 40 kJ. D. 400 kJ.

8. Mekkora erővel emelhető fel a 100 kg tömegű kő a 2 m hosszú emelővel, ha az emelő alátámasztási pontja 40 cm-re van a kőtől?
A. 25 N. B. 250 N. C. 2500 N. D. Egyik válasz sem megfelelő.

9. Mekkora teher emelhető fel 200 N nagyságú erővel, ha mozgócsigát használunk?
A. 20 kg. B. 200 kg. C. 100 kg. D. 40 kg.

10. A felsorolt egyszerű gépek közül melyik tekinthető a lejtő változatának?
A. Csiga. B. Ék. C. Emelő. D. Nincs ilyen.

11. Mekkora hasznos munkát kell végezni ahhoz, hogy lejtőn felemeljünk 2 m magasba egy 200 kg tömegű testet?
A. 200 J. B. 400 J. C. 4000 J. D. 40 kJ.

12. A lejtő magassága 1 m, hossza pedig 10 m. A 150 kg tömegű test felhúzásához a lejtőn 250 N nagyságú erővel kell hatni. Számítsátok ki a lejtő hatásfokát!
A. 56%. B. 60%. C. 75%. D. Egyik válasz sem jó.

II. változat

1. A felsorolt esetek közül melyik esetben végződik mechanikai munka?
A. A kézből kiejtett acélgolyó esik a föld felé.
B. Egy mérlegsúly hever az asztalon.
C. Vízszintes sima üveglapon gurul egy fémgolyó.
D. Mozdulatlanul álló ember egy zsák cukrot tart a vállán.

2. A munkás mozgócsiga segítségével 1 m magasba emelte a terhet, miközben a kötél szabad végére 160 N nagyságú erővel hatott. Mekkora munkát végzett?
A. 80 J. B. 160 J. C. 240 J. D. 320 J.

3. A 12 kN húzóerőt kifejtő traktor egyenletes sebességgel ($v = 3{,}6\ \frac{km}{h}$) halad. Mennyi a traktor teljesítménye?
A. 12 kW. B. 43,2 kW. C. 120 kW. D. 1,2 kW.

4. Mennyi munkát végez az 1 W teljesítményű emberi szív 10 perc alatt?
A. 1,6 J.
B. 0,0016 J.
C. 0,016 J.
D. Egyik sem helyes.

5. Milyen magasba emelték fel a 2 kg tömegű testet, ha helyzeti energiája 600 J?
A. 300 m. B. 30 m. C. 3 m. D. 3000 m.

6. A 40 $\frac{N}{m}$ merevségű rugót összenyomták 5 cm-nyit. Mennyi a helyzeti energiája?
   A. 2 J. B. 1 J. C. 0,05 J. D. 0,9 J.
7. A 10 tonna tömegű traktor 5 $\frac{m}{s}$ sebességgel mozog. Mekkora a mozgási energiája?
   A. 250 kJ. B. 25 kJ. C. 12,5 kJ. D. 125 kJ.
8. Mekkora erővel emelhető fel a 250 kg tömegű betontömb 1,2 m hosszú feszítővassal, ha annak alátámasztási pontja 20 cm-re van a tömbtől?
   A. 200 N. B. 2500 N. C. 1000 N. D. Egyik válasz sem megfelelő.
9. Mekkora teher emelhető fel 100 N nagyságú erővel, ha mozgócsigát használunk?
   A. 20 kg. B. 10 kg. C. 100 kg. D. 40 kg.
10. A felsorolt egyszerű gépek közül melyik tekinthető az emelő változatának?
    A. Csiga. B. Ék. C. Csavar.
11. Mennyi hasznos munkát kell végeznünk ahhoz, hogy lejtőn felemeljünk 3 m magasba egy 400 kg tömegű fatuskót?
    A. 1200 J. B. 12 kJ. C. 4000 J. D. 120 kJ.
12. Az út 100 m hosszú szakaszon 10 m-t emelkedik. Ahhoz, hogy az 1000 kg tömegű gépkocsi feljusson az emelkedőn, 2500 N nagyságú erővel kell rá hatni. Számítsátok ki a lejtő hatásfokát!
    A. 50%. B. 60%. C. 40%. D. Egyik válasz sem jó.

yzetelj
könyvbe!



HŐMENNYISÉG. HŐERŐGÉPEK

- A testek hőállapota
- A hőmérséklet mérése
- A belső energia és megváltoztatásának módjai
- A hőcsere fajtái
- Hőmennyiség
- Az anyag fajhője
- A szilárd testek olvadása és kristályosodása
- Fajlagos olvadáshő
- A folyadékok párolgása és lecsapódása
- Fajlagos párolgáshő
- A tüzelőanyagok égése
- Fajlagos égéshő
- Hőerőgépek
- Az energiamegmaradás törvénye a mechanikai- és hőfolyamatokban



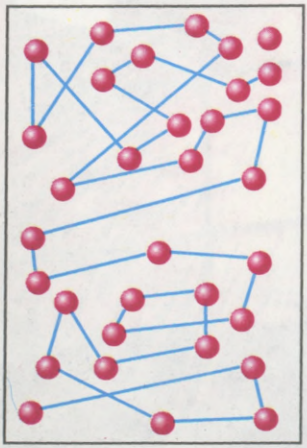
42. §. HŐMOZGÁS. A TEST HŐMÉRSÉKLETE. A HŐMÉRSÉKLET MÉRÉSE

A hetedik osztályban tanultak alapján tudjátok, hogy a testek molekulákból állnak. A molekulák állandó kaotikus (rendszertelen) mozgásban vannak és kölcsönhatnak egymással. Minden egyes molekula olyan mechanikus mozgást végez, amely hasonlít az eddig tanultakhoz. Nagy sebességgel mozogva a molekula más molekulákkal ütközik, aminek hatására irányt változtat. A 215-ös ábrán látható, hogy a molekula mozgáspályája egy összetett töröttvonal, de mégis meghatározható a molekula által megtett út és mozgásának sebessége. Ezt a mozgást lehetetlen szemmel követni a mozgó részecskék fölöttébb kis mérete miatt. Csak speciális, bonyolult kísérletek segítségével lehet bemutatni a molekulacsoportok mechanikai mozgásának eredményét.

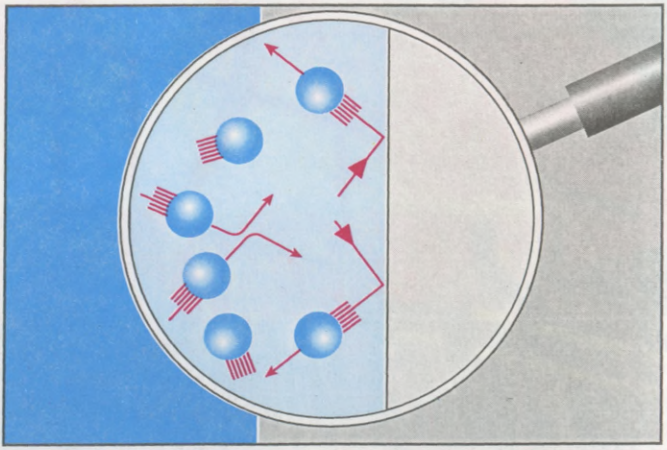
A molekulák mozgásának kutatása a mechanika módszereivel még bonyolultabbá válik az egyszerű testekben a mozgó részecskék rendkívül nagy száma miatt. Gyakorlatilag lehetetlen a mozgás összes „résztvevőjét" nyomon követni: több száz milliárd apró részecske mozog nagy sebességgel különböző irányban, ütköznek egymással és az edény falaival, közben megváltozik mozgássebességük (216. ábra). Tehát a molekulák mozgásának vizsgálata mechanikai módszerekkel rendkívül korlátozott.

Akkor mégis milyen módszerrel vizsgálhatjuk a testekben mozgó molekulák mechanikai jellemzőit, hogyan lehet megbecsülni a molekulák sebességét, az ütközések közötti mozgáspályájukat stb.?

A molekulák rendszertelen mechanikai mozgásának eredménye nem csak a térbeli elmozdulásuk, hanem a test **hőállapota**, felmelegedettségének mértéke is. Minél gyorsabban mozognak a molekulák, annál magasabb a test hőmérséklete, és fordítva: ha nő a test hőmérséklete, a molekulák sebessége is nagyobb lesz. Ezért a hatalmas mennyiségű molekula kaotikus mozgását a hőjelenségek fizikájának módszereivel tanulmányozzák, magát a mozgást pedig **hőmozgásnak** nevezik.



215. ábra



216. ábra

Hőmozgás a molekulák és atomok rendszertelen mozgása, amely meghatározza a test hőmérsékletét.

Másrészt az anyag szerkezetéről és a hőmozgásról szóló ismeretek lehetővé teszik a különböző hőjelenségek magyarázatát.

Tegyük fel, hogy két edényben különböző molekulasúlyú gázok találhatók, például az egyikben oxigén, a másikban pedig nitrogén. A kísérletek azt bizonyítják, hogy azonos hőmérsékletnél a két anyag molekulái azonos átlagos kinetikus energiával rendelkeznek, a molekulák átlagsebessége viszont különbözik.

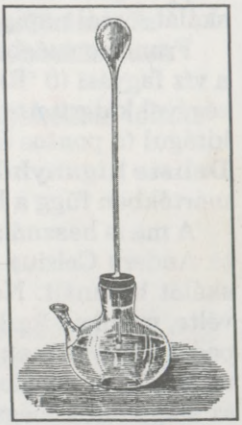
Tehát levonhatjuk a következtetést, miszerint **a test hőmérséklete nem más, mint a testet alkotó anyag hőállapotának fizikai jellemzője, a test felmelegedettségének fokmérője, amelyet az anyagot alkotó részecskék kaotikus mozgásának átlagos kinetikus energiája határoz meg.**

Néhány száz évvel ezelőtt a tudomány még nem ismerte az anyag molekuláris és atomszerkezetét, ezért a hőmérsékletről szóló elképzelések nem a molekulák, illetve atomok mozgásával összefüggésben jöttek létre, hanem a meleg és a hideg érzetének összehasonlítására, bár a hőérzet gyakran nem pontos és szubjektív. A vizsgált közeg hőmérsékletének pontos mérésére speciális műszereket – **hőmérőket** – alkottak. Működésük olyan fizikai jelenségeken alapul, amelyek függnek a hőmérséklettől: a folyadékok, gázok, illetve a szilárd testek hőtágulásától, az anyag elektromos tulajdonságainak a hő hatására történő megváltozásától stb. A legelterjedtebbek a folyadékhőmérők, amelyekkel széles tartományban mérhető a hőmérséklet.

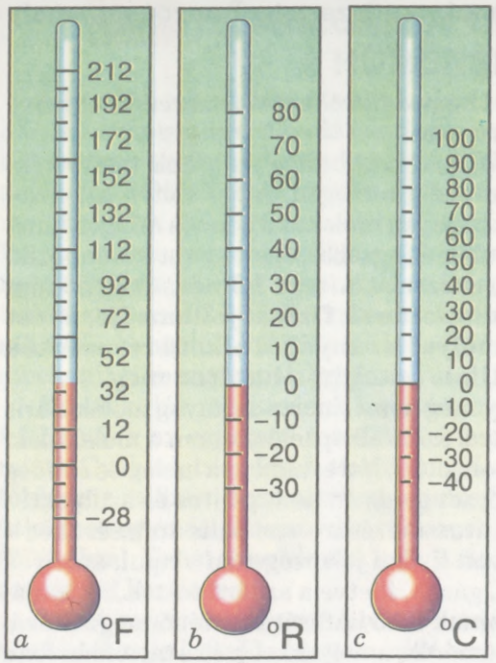
A kísérletek azt igazolják, hogy két olyan test érintkezésekor, amelyek közül az egyik meleg, a másik pedig hideg, a hőmérsékletük idővel kiegyenlítődik. Vagyis a meleg test lehűl, a hideg felmelegszik. A **hőegyensúly** kialakulása több test között azt jelenti, hogy a hőmérsékleteik kiegyenlítődnek és a továbbiakban nem különböznek egymástól. Molekuláris szempontból nézve ez azt jelenti, hogy a hőegyensúly állapotában az összes érintkező testben a kaotikus mozgásban lévő részecskék kinetikus energiája azonos.

Ebből következik, hogy **a hőmérséklet** folyadékhőmérővel történő **mérésekor** a következő **szabályok** szerint kell eljárni: *a hőmérő tartályát abba a közegbe kell helyezni, amelynek a hőmérsékletét mérni kívánjuk; egy bizonyos ideig várni kell, amíg a folyadékoszlop megállapodik a hőmérő hajszálcsövében (kapillárisában), vagyis a hőegyensúly kialakulásáig a tartály és a közeg között; a hőmérőt a közegben hagyva a skála segítségével megállapítjuk a hőmérsékletet.*

1597-ben Galileo Galilei megalkotta a hőmérő műszer prototípusát, amit termoszkópnak nevezett el. **Galilei termoszkópja** (217. ábra) egy vékony üvegcsőből állt, amelynek felső végén egy tartály volt. A cső nyitott alsó végét vízzel telt edénybe helyezték, amely a cső egy részét is megtöltötte. Amikor a tartályban lévő levegő felmelegedett vagy lehűlt, a csőben található vízoszlop lesüllyedt vagy felemelkedett.



217. ábra



218. ábra

Mivel a vízoszlop magassága mind a hőmérséklettől, mind pedig a légnyomástól függött, ezért a termoszkóppal nem lehetett mérni a hőmérsékletet, viszont lehetővé tette az egyes testek hőmérsékletének összehasonlítását egyazon időpontban és helyen. Galileo termoszkópjáról nem tudva, Sanctorius, a páduai egyetem orvosa és anatómusa egy hasonló hőmérőt hozott létre és alkalmazta is az emberi test hőmérsékletének meghatározására.

Az első mai értelemben vett hőmérőt (218. *a* ábra) 1724-ben **Gabriel Fahrenheit** holland üvegfúvó írta le.

A tudós kortársait csodálkozásra késztette, hogy a Fahrenheit által készített különböző szeszhőmérők azonos hőfokot mutattak. Fahrenheit titka abban rejlett, hogy néhány alappont felhasználásával precízen feltüntette a jelöléseket a hőmérő skáláján. 0 °F-nek az első alappontnak vette a jégből, vízből és szalmiákszeszből (ammónium-klorid, NH_4Cl) álló elegy olvadáspontját. A második alappontot – 32 °F – úgy kapta meg, hogy a hőmérőt jég és víz elegyébe merítette. Skáláját Fahrenheit a normál testhőmérséklet mérésével tesztelte. A következő alappont 96 °F-ra került. Később bevezetett még egy alappontot, a víz normál körülmények közötti forráspontját, ami 212 °F-nek adódott. Fahrenheit különböző hőmérőit így össze lehetett vetni, összehasonlítva állásukat a skálájuk különböző alappontjain. Ezek az eszközök a pontosságukról voltak híresek. A Fahrenheit-skálát a mai napig használják az USA-ban és Nagy-Britanniában.

Franciaországban a **Réamur-skála** (218. *b*. ábra) terjedt el (1740 körül), amely a víz fagyási (0 °R) és forráspontjára (80 °R) épül. René Réamur mérések segítségével kiderítette, hogy a víz e két pont között térfogatának 80 ezred részével kitágul (a pontos érték 0,084). Réamur szeszhőmérőit nemsokára kiszorították **Deliste higanyhőmérői** (1740), mivel a higany hőtágulási együtthatója kisebb mértékben függ a hőmérséklettől, mint a szeszé.

A ma is használatos Celsius-skála (218. *c* ábra) bevezetését 1742-ben javasolta Anders Celsius svéd fizikus (1701–1744), aki higanyhőmérőiben 100 fokos skálát használt. Nem voltak ínyére a negatív hőmérsékleti értékek, ezért úgy vélte, meg kell fordítani a régi skálát és 0 °C-nak a víz forráspontját, 100 °C-nak pedig a fagyásának pontját tekintette. A „megfordított" skála azonban nem lett népszerű, és rövidesen Carl Linné svéd természettudós javaslatára visszatértek az alappontok megszokott elhelyezéséhez. A XIX. század elejére a hőmérő megszokott fizikai műszer lett.

Mára elfogadottá vált, hogy **a hőmérséklet egysége 1 °C (egy Celsius-fok), ami egy század része a jég olvadáspontja és a desztillált víz normális nyomáson (101 325 Pa) mért forráspontja közötti intervallumnak.**

EZT JÓ TUDNI

• A Földön sok rendkívül forró, illetve hideg hely található. A Halál-völgyben (Kalifornia, USA) +56,7 °C-ot is mértek. A rekordot azonban a Szahara sivatag (Afrika) tartja +63 °C-kal árnyékban. Az északi félteke leghidegebb helyei Jakutföld és Grönland, ahol a hőmérséklet –70 °C-ig süllyed. Bolygónk leghidegebb helye azonban az Antarktisz. Alacsonyan fekvő térségeiben –94,5 °C-ot mértek. Ilyen fagyban a fém törékennyé, az olaj sűrű zselészerű anyaggá válik és nyílt láng hatására sem gyullad meg.

KÉRDÉSEK

1. Mit nevezünk hőmozgásnak?
2. Mi a különbség a hőmozgás és a mechanikai mozgás között?
3. Mi a hőegyensúly?
4. Nevezzétek meg a különböző szerkezetű hőmérők megalkotóit!
5. Milyen szabályai vannak a hőmérséklet mérésének?

11. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA — A TEST HŐMÉRSÉKLETÉNEK MÉRÉSE KÜLÖNBÖZŐ HŐMÉRŐKKEL

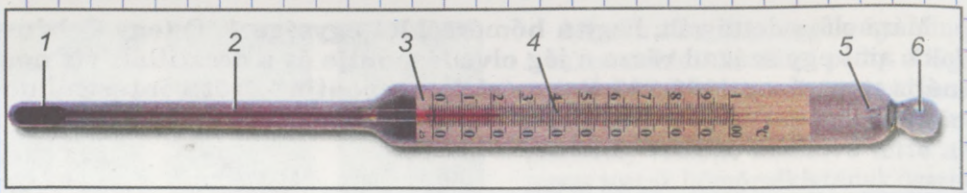
• **A munka célja:** megismerkedni a folyadék- és a bimetallhőmérők felépítésével, elsajátítani a közeg hőmérsékletének mérését ezekkel a hőmérőkkel.

• **Eszközök és anyagok:** folyadékhőmérő, bimetallhőmérő, folyadékkal töltött edény.

A munka menete

1. Ismerkedjetek meg a folyadékhőmérő felépítésével.

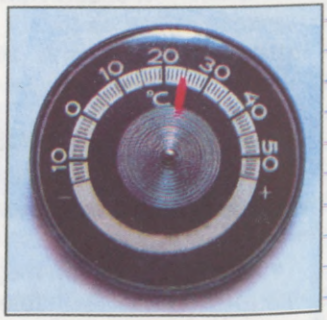
Minden folyadékhőmérő (219. ábra) a következő részekből áll:
1 – tartály, amelyben folyadék (higany, szesz) található;
2 – üvegcső skálával és kapillárissal;



219. ábra

3 – a hőmérő skálája;
4 – kapilláris, amelyikben a folyadék kitágul a hőmérséklet növekedésekor és összehúzódik a csökkenésekor;
5 – biztonsági tartály, arra szolgál, hogy a hőmérő ne menjen tönkre a folyadék túlzott kitágulásakor;
6 – gyűrű vagy üvegfej a hőmérő felfüggesztésére (csak bizonyos típusú hőmérőknél).

2. Határozzátok meg a hőmérő beosztásértékét!
A skála egy beosztása … °C-nak felel meg.
3. Tüntessétek fel a hőmérő méréshatárait!
A hőmérővel … °C-tól … °C-ig terjedő hőmérsékletet lehet mérni.
4. Milyen hőmérsékletet mutat a hőmérő?
A hőmérő … °C-ot mutat.
5. Mérjétek meg az edényben lévő folyadék hőmérsékletét!
A víz hőmérséklete az edényben … °C.
6. Ismerkedjetek meg a bimetallhőmérő felépítésével (220. ábra)!
A bimetallhőmérő bimetall spirálból áll, amelynek egyik végét a hőmérő dobozához rögzítik, a másikat pedig a mutatóhoz, ami a hőmérő skáláján a közeg hőmérsékletét mutatja. Amikor változik a közeg hőmérséklete, a bimetall szalag behajlik, vagy kiegyenesedik, ezáltal a mutató elmozdul. A bimetallhőmérők kevésbé pontosak, mint a folyadékosak.



220. ábra

7. Határozzátok meg a bimetallhőmérő beosztásértékét!
A skála egy beosztása … °C-nak felel meg.
8. Milyen határok között mérhető a hőmérséklet?
A hőmérővel … °C-tól … °C-ig terjedő hőmérsékletet lehet mérni.
9. Milyen hőmérsékletet mutat a hőmérő?
A hőmérő … °C-ot mutat.

43. §. A BELSŐ ENERGIA ÉS MEGVÁLTOZTATÁSÁNAK MÓDJAI. HŐCSERE

Olvad a hó, a fém, párolog a víz, melegszik a folyadék az edényben – ezek hőjelenségek. A hőjelenségek lefolyásakor változik a test hőmérséklete és halmazállapota: a jégből víz lesz, a vízből gőz, illetve fordítva. Az ólom megolvasztásához előbb az olvadáspontjáig kell hevíteni, azután olvasztani, folyamatosan energiát közölve a testtel. *Milyen fizikai mennyiségek jellemzik az anyag hőállapotát és teszik lehetővé a hőjelenségek magyarázatát?*

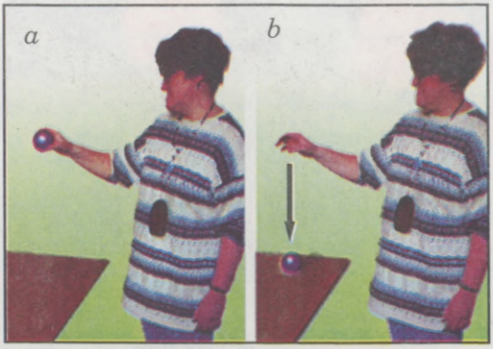
Már ismeritek a mechanikai energia fogalmát, a mechanikai energia fajtáit: helyzeti (potenciális) és mozgási (kinetikus). Például a földfelszín fölé emelt labda, az összenyomott vagy a megnyújtott rugó helyzeti energiával rendelkezik. Minden mozgó test kinetikus energiával bír: a hulló esőcseppek, az úton haladó gépkocsi, a repülő madár. Azt is tudjátok, hogy a helyzeti és a mozgási energia változhat, eközben pedig munkavégzés történik.

◆ **Kísérlet.** A gyurmából készített golyót az asztal fölé emeljük, majd elengedjük. A nehézségi erő hatására a golyó az asztalra esik és hozzáragad.

Elemezzük, hogyan változik eközben a golyó mechanikai energiája. Az asztal felé emelt golyó helyzeti energiával rendelkezett, kinetikus energiája nulla volt, mivel nem mozgott (221. *a* ábra). Amikor elengedtük a golyót, esés közben a potenciális energiája csökkent, mivel csökkent az asztalhoz viszonyított magassága. A kinetikus energiája viszont nőtt, mert növekedett a golyó mozgásának sebessége. Az asztalhoz érkezés pillanatában a golyó potenciális energiája az asztalhoz képest nulla volt, a kinetikus energia értéke viszont megegyezett az esés előtti potenciális energiával (221. *b* ábra). Amikor a golyó az asztalra esett, megállt, vagyis a kinetikus energiája is nulla lett. Tehát a golyó mechanikus energiája az asztalhoz viszonyítva ebben a helyzetben nullával egyenlő.

Hova „tűnt" a golyó mechanikai energiája?

Feltételezhetjük, hogy a mechanikai energia „eltűnése" a test állapotában a mechanikai mozgástól különböző változással kapcsolatos. Valóban, ha érzékeny hőmérővel megmérnénk a test, valamint az asztallap hőmérsékletét a golyó beesése előtt, illetve azt követően, azt tapasztalnánk, hogy nőtt a hőmérsékletük. Tehát a kölcsönhatáskor megváltozott a testek hőállapota, azaz megnőtt molekuláik átlagsebessége.



221. ábra

A testeket alkotó molekulák hőmozgásának energiaváltozása kinetikus energiájuk változása révén történt. Mégpedig annak következtében, hogy a golyó deformációja miatt megváltozott a molekulák átlagsebessége, illetve kölcsönhatásuk potenciális energiája.

A testet alkotó részecskék mozgási és kölcsönhatási energiáját a test belső energiájának nevezzük.

Tehát az asztallaphoz való ütközésekor a golyó mechanikai energiája átalakult belső energiává.

A test belső energiája a hőmérsékletétől függ. Ha nő a test hőmérséklete, akkor nő a belső energiája, és ez megfordítva is igaz.

A test belső energiája nem függ sem a test mechanikai mozgásától, sem pedig a test más testekhez viszonyított helyzetétől.

Tehát egyebek mellett a test belső energiája részecskéinek mozgássebességétől függ. Ez a mennyiség akkor változik, ha megváltozik a testet alkotó részecskék átlagsebessége. *Hogyan lehet megváltoztatni, növelni vagy csökkenteni ezt a sebességet, más szóval, hogyan lehet megváltoztatni a test belső energiáját?*

• **1. megfigyelés.** Valószínűleg fújtátok már fel a kerékpár kerekét vagy a labdát pumpa segítségével (222. *a*, *b* ábra). Megfigyelhettétek, hogy eközben a pumpa felmelegszik. A levegő és a pumpa belső energiájának növekedése a levegőt összenyomó erő által végzett munka hatására történt.

Ha néhányszor összehajlíttok, majd kiegyenesíttek egy puha fémből készült huzalt (223. ábra), megfigyelhetitek, hogy a hajlítás helye meleg lett.

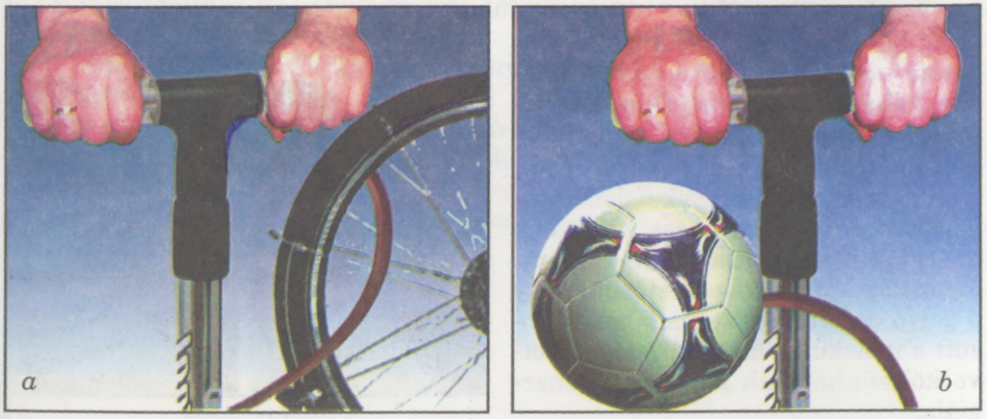
Ha néhányszor kalapáccsal ráüttök egy ólomdarabra (224. ábra), akkor az melegebb lesz.

Hidegben fázós kezeiteket összedörzsölve melegítitek.

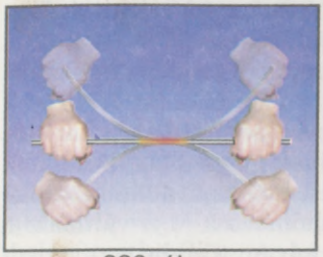
A testek belső energiája minden esetben a rajtuk végzett munka révén nőtt meg.

A test belső energiája a testen végzett munkával növelhető.

◆ **Kísérlet.** A dugóval szorosan lezárt vastag falú üvegedényben vízgőz van. Egy speciális nyíláson levegőt pumpálunk az edénybe. Bizonyos idő múlva a dugó kiugrik az üvegből (225. ábra). Abban a pillanatban, ahogy a dugó elhagyja az üveget, az edényben köd keletkezik (a vízgőz folyadékká alakult). Ez annak a



222. ábra



223. ábra



224. ábra

jele, hogy az edényben lehűlt a levegő. Vagyis az edényben lévő levegő belső energiája kisebb lett. Ennek az a magyarázata, hogy a dugót kilökő sűrített levegő munkát végzett.

Ha a munkát maga a test végzi, belső energiája csökken.



225. ábra

A test belső energiája más módon, munkavégzés nélkül is megváltoztatható.

• **2. megfigyelés.** Felmelegszik a forró tűzhelyen lévő vízzel telt fazék (226. ábra), a forró teába helyezett fémkanál, a fűtőtest, amelyen forró víz halad át, a kandalló, amelyben tűz ég (227. ábra), a Föld, amelyet megvilágít a Nap (228. ábra).

Az összes felsorolt példában nő a testek hőmérséklete. Tehát nő a belső energiájuk.

A testek lehűlése is megfigyelhető. Például, amikor a forró kanalat hideg vízbe merítjük, vagy a forró vízzel telt teáskannát levesszük a tűzhelyről.

A felsorolt példákban megváltozott a testek belső energiája, de eközben nem történt munkavégzés. A belső energia változásának ilyen folyamatait **hőcserének** vagy **hőátadásnak** nevezzük.

Hőcsere a belső energia munkavégzés nélküli átadásának folyamata a meleg testtől a hidegnek.



226. ábra



227. ábra



228. ábra

Áttekintjük, hogyan zajlik a hőcsere a hideg kanál és a forró víz érintkezésekor. A folyamat kezdetén a forró víz molekuláinak átlagsebessége és kinetikus energiája meghaladja a fémkanál atomjainak átlagsebességét és kinetikus energiáját. De azokon a helyeken, ahol a forró víz érintkezik a kanállal, az ütközések során a gyors vízmolekulák kinetikus energiájuk egy részét átadják a kanalat alkotó fématomoknak. Ennek következtében ez utóbbiak gyorsabban kezdenek mozogni. A vízmolekulák kinetikus energiája eközben csökken, a fématomoké viszont növekszik. Az energia változásával együtt a hőmérséklet is változik: a víz fokozatosan lehűl, a kanál pedig felmelegszik. Ez a folyamat addig tart, ameddig ki nem egyenlítődik a víz és a kanál hőmérséklete.

A test belső energiáját munkavégzéssel vagy hőátadással lehet megváltoztatni.

KÉRDÉSEK

1. A mechanikai energia mely fajtáit ismeritek?
2. Mit nevezünk a test belső energiájának?
3. Mitől függ a test belső energiája?
4. Hogyan lehet megváltoztatni a test belső energiáját?
5. Hozzatok fel példákat a test belső energiájának munkavégzés útján való megváltozására!
6. Mi a hőátadás?
7. Hozzatok fel példákat a test belső energiájának hőátadással történő megváltozására!

44. §. A HŐCSERE FAJTÁI

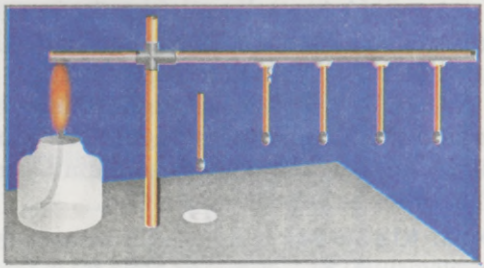
A hőcsere különbözőképpen mehet végbe.

• **1. megfigyelés.** Ha hozzáérünk fémből, fából, műanyagból készített tárgyakhoz, azt tapasztaljuk, hogy a fémtárgyak hidegebbnek tűnnek, mint a fából készültek, jóllehet a hőmérsékletük egyforma, például szobahőmérsékletű. Azért érezzük mégis hűvösebbnek a fémtárgyakat, mert azok jobban vezetik a hőt, azaz gyorsabban elvonják a hőt a kezünktől, más szóval jó a **hővezetésük**.

• **2. megfigyelés.** A központi fűtés radiátorait az ablak alatt, a padló közelében helyezik el. Alatta felmelegszik a hideg levegő és felemelkedik. Ha a gyertya lángja fölött tartjuk a kezünket, érezzük a lángtól kiinduló meleg légáramlatot. Egy vékony papírcsíkot rögzítve a gyertya fölött, megfigyelhetjük, hogyan leng ennek a mozgásnak a következtében. A példák mindegyikében a hőcsere a levegő vagy a folyadék áramlása révén jött létre. Az ilyen hőátadást **hőáramlásnak (konvekciónak)** (a latin *convectio* – átvitel szóból) nevezzük.

• **3. megfigyelés.** A földi élet egyik feltétele a megfelelő hőmérséklet, amit a Nap fénye biztosít. A Föld és a Nap távol van egymástól (150 millió km), a kö-

zöttük lévő térben pedig nincs levegő. Ebben az esetben a hőközlés egy harmadik módon, **hőáramlás** révén megy végbe.



229. ábra

◆ **1. kísérlet.** Egy rézből készült rúdhoz parafin vagy viasz segítségével gyufaszálakat rögzítünk (229. ábra). A rúd egyik végét szesz- vagy gázégővel melegíteni kezdjük. A parafin olvadni kezd, a gyufák pedig lehullnak a rúdról. Előbb azok, amelyek közelebb vannak a lánghoz, majd sorra a többi is.

A hő átadását a test melegebb részétől a hidegebb felé a test részecskéinek hőmozgása révén hővezetésnek nevezzük. Eközben anyagáramlás nélküli energiaátadás történik.



230. ábra

◆ **2. kísérlet.** Az edényben melegedő vízbe alumínium, fa, műanyag és üvegrudat helyezünk. Felső, vízből kiálló végükre parafingolyókat helyezünk (230. ábra). Először az alumínium rúdon olvad meg a golyó, majd az üvegen. A fa, illetve műanyag rúdon a parafin nem olvad meg.

A különböző anyagok hővezetése eltérő.

Szobahőmérsékleten a különböző testek hővezetése eltérő (6. táblázat).

6. táblázat

Egyes anyagok hővezető képessége az üveg hővezető képességéhez viszonyítva

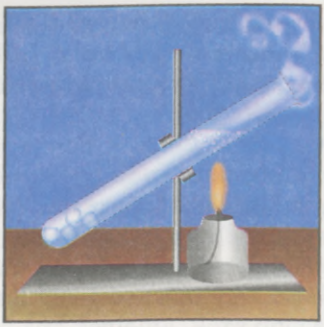
Anyag	Hővezetés	Anyag	Hővezetés
Réz	330	Víz	0,5
Alumínium	270	Gipsz	0,4
Sárgaréz	105	Beton	0,23
Vas	60	Fa	0,2–0,1
Rozsdamentes acél	15	Habbeton	0,043
Mészkő	1,5	Habszivacs	0,036
Üveg	1,0	Parafa	0,036
Hagyományos tégla	0,6	Üveggyapot	0,035
Üreges tégla	0,5	Száraz levegő	0,022

A jó hővezetők közé tartoznak a fémek, különösképpen az ezüst, az arany és a réz. Rossz hővezető a víz, a tégla, a beton és a jég. Például a beton hővezetése 210-szer rosszabb, mint az alumíniumé. A parafa, a habszivacs és a levegő hővezetése rendkívül csekély. Az ilyen anyagokat **hőszigetelőknek** nevezzük.

A gyapjú és a toll szálai között levegő van, ezért rosszul vezetik a hőt. Ezáltal védik az állatok testét a lehűléstől, illetve felmelegedéstől.

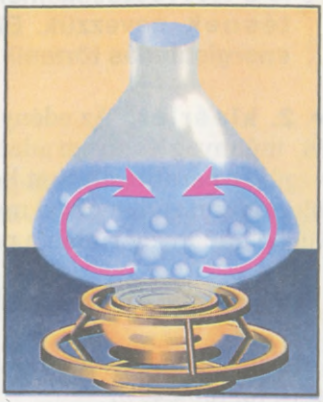
Az épület megfelelő hőszigetelésének biztosítására a betonfalat 30 cm vastagságúra kell építeni. Ugyanilyen hőszigetelést 63 cm-es alumíniumfallal, vagy 1,2 cm-es parafával lehet elérni.

◆ **3. kísérlet.** Ha a vizet a kémcső felső végében melegítjük (231. ábra), az akár fel is forrhat, míg az alsó részében a jégdarabok sem olvadnak el.



231. ábra

Ez azt igazolja, hogy a víz rossz hővezető. Ha a vizet alulról melegítjük, a teljes vízmennyiség átmelegszik és felforr (232. ábra), mivel ebben az esetben a felső, hideg, illetve az alsó, meleg vízrétegek elmozdulnak. A folyadék ilyen elmozdulását **konvekciónak** nevezzük.



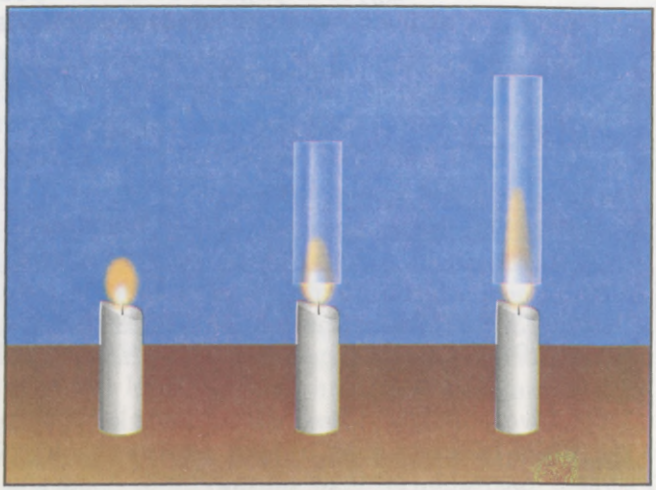
232. ábra

Konvekció az energia átvitelének folyamata folyadék vagy a gázáramlatok segítségével.

◆ **4. kísérlet.** A meggyújtott gyertya fölé papírkígyót rögzítünk úgy, hogy foroghasson a tengelye körül (233. ábra). A levegő felmelegszik és kitágul a láng közelében. A kitágult levegő sűrűsége kisebb, mint a hidegé, ezért a meleg légréteg felfelé áramlik. Helyét azonnal elfoglalja a szomszédos hideg légréteg; felmelegszik és maga is feláramlik stb.



233. ábra

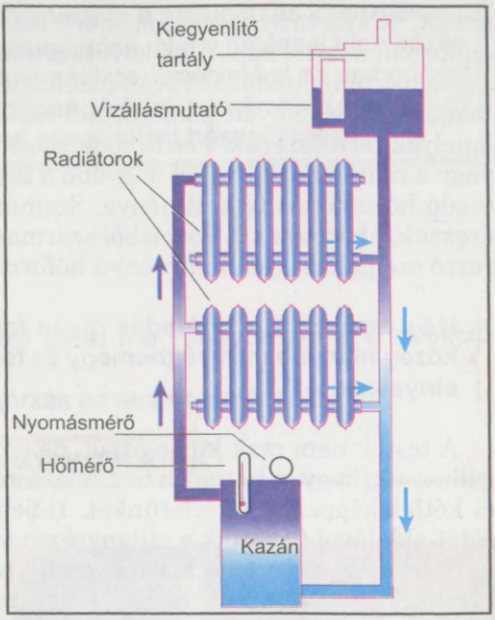


234. ábra

A meleg áramlatok hatására a kígyó forogni kezd.

A konvekció jelensége adja a magyarázatot a szelek kialakulására a természetben.

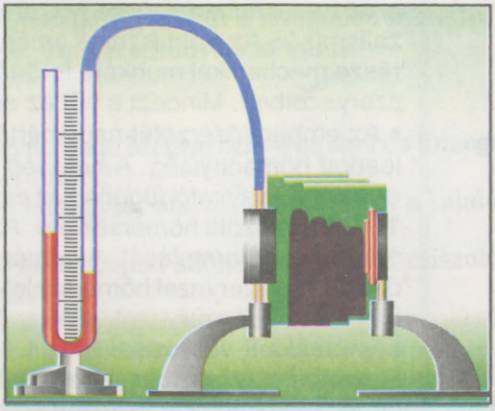
• **4. megfigyelés.** Meggyújtjuk a gyertyát. Ha először alacsonyabb, majd pedig magasabb, mindkét végén nyitott üveghengert helyezünk el felette (234. ábra), észrevehetjük, hogy a gyertyaláng megnyúlik. Ez a henger tulajdonképpen egy kisméretű kémény, amely léghuzatot hoz létre. Minél magasabb a kémény, annál jobb a huzat.



235. ábra

A korszerű épületek melegvízfűtésesek. A kazánban (235. ábra) felmelegített víz a csöveken felemelkedik és leadja a hőt a fűtőtesteknek. A konvekció következtében felmelegszik a levegő az épületben, eközben lehűlnek a radiátorok, a bennük található vízzel együtt. A hideg víz lefolyik a csöveken a kazánhoz, ahol újra felmelegszik. Hogy a vízfűtés rendszerében lévő teljes vízmennyiség felmelegedhessen, a kazánt vagy más fűtőberendezést a lehető legalacsonyabban helyezik el a lakásban.

• **5. megfigyelés.** A tábortűz közelében ülve, érezzük a felénk áradó hőt. Tehát hőátadás megy végbe, de nem a hővezetés révén, hiszen a tűz lángja és a közöttünk lévő levegő hőszigetelő. A hőcserét ebben az esetben nem magyarázza a konvekció, hiszen nem a tűz fölött, hanem mellette vagyunk. A hideg levegő éppen tőlünk áramlik a tűz felé. Itt egy másféle hőcserével van dogunk, amit **hősugárzásnak** neveznek. Erről már említést tettünk, amikor arról beszéltünk, hogy a Föld a napfény hatására a légüres tér ellenére is felmelegszik. Ebből adódik, hogy a hősugárzás folytán végbemenő hőközléshez nincs szükség közvetítő közegre a test és a hőforrás között.


236. ábra

◆ **5. kísérlet.** Vegyünk egy hőjelfogót. Ez egy kerek, lapos dobozból áll, amelynek az egyik alapja tükrös bevonatú, míg a másik feketére festett (236. ábra). Kössük a dobozt gumicső segítségével egy nyomásmérőhöz. Helyezzünk el egy bizonyos távolságra az eszközünk mellett egy bekapcsolt villany-

rezsót. Kisvártatva a nyomásmérő azt mutatja, hogy a légnyomás megnőtt a dobozban a faltól kapott hő következtében, a fal hőmérséklete pedig a villanyrezsóval történő hőátadás révén emelkedett. Minden körülöttünk lévő test, és mi magunk is bármilyen hőmérséklet mellett olyan hősugárzó források vagyunk, amelyek természetüket és tulajdonságaikat tekintve ugyanolyanok mint a fény vagy a rádióhullám. Minél nagyobb a test hőmérséklete, annál nagyobb a belőle eredő hősugárzás teljesítménye. Szemmel nem láthatjuk ugyan, de bőrünkkel érezzük, akárcsak a hőforrásból származó forróságot. Kísérletünkben a villanyrezsó szolgált nagyteljesítményű hőforrásként, amit a hőjelfogó érzékelt.

Hősugárzás a hőátadás olyan fajtája, amely a testek közötti közvetítő közeg hiányában is végbemegy és feltétele a hősugarak kibocsátása, illetve elnyelése.

A testek nem csak kibocsátják, de el is nyelik a hősugárzást. Hogy megvizsgálhassuk, hogyan hatnak a test tulajdonságai a hőelnyelő képességére, végezzük el kétféleképpen a kísérletünket. Hőjelfogónkat előbb a fényes, majd pedig a sötét oldalával fordítjuk a villanyrezsó felé.

A hasonló kísérletek azt mutatták, **hogy a sötét felületű testek jobban elnyelik és kisugározzák a hősugarakat. A világos, illetve fényes felületű testek rosszabbul nyelik el és bocsátják ki az energiát, mint a sötétek.**

Most már megfelelhetünk arra a kérdésre, *miért festenek bizonyos tárgyakat sötét színűre, míg másokat fényessé tesznek?* Például a fényes felületű teáskannában tovább marad meleg a víz, mivel az ilyen felület kevésbé jól sugározza a hőt, mit a sötét. A hűtővagonokat világosra festik, hogy kevésbé melegedjenek fel a napon. Nyáron általában világos ruhát hordunk, míg télen sötétet.

EZT JÓ TUDNI

- Az emberi test 36,6 °C-os átlaghőmérsékletét a szervezet a legkülönbözőbb életfeltételek és tevékenységek mellett fenntartja. A szövetekben és a test szerveiben szünet nélkül hőkiválással járó oxidációs folyamatok zajlanak le. Az élelmiszerek emésztéséből származó energia legnagyobb része mechanikai munkára fordítódik, amit megint csak hőkiválás kísér a szervezetben. Mindezt a hőt az ember a környezetébe szórja.
- Az ember közérzetét nagymértékben meghatározza a szervezete által leadott hőmennyiség. A helyiség funkciójától, a munkavégzés jellegétől és a páratartalomtól függően az ember számára normális lehet a környezet 11–23 °C közötti hőmérséklete. Az alacsony hőmérséklet meggyorsítja a szervezet hőtermelését. A hőmérséklet emelkedése felgyorsítja az izzadást, ami a szervezet hőmérséklet-szabályozásának egyik eszköze. Azonban az emberi szervezet saját testhőmérsékletét csak a környezet csekély hőmérsékleti változásai között képes fenntartani. Például a nyugalmi állapotban lévő ember hőmérséklete párás levegőben 30 °C fölött kezd emelkedni, míg száraz levegőben 40 °C fölött.

• Különösen érzékeny az ember szervezete a hősugárzás intenzitására. Negatívan hat rá a forró tárgyak kisugárzása. Nagy hatással bír a közérzetre a helyiségek felületének hőmérséklete, amelyekkel az emberi test hőt cserél a hősugárzás következtében. A falak hőmérsékletének 20-ról 10 °C-ra történő változása 30%-kal növeli a test hősugárzását.

KÉRDÉSEK

1. Mi a hővezetés?
2. Mi a konvekció?
3. Mi a hősugárzás?
4. Milyen természeti jelenségeket lehet megmagyarázni a konvekció segítségével?
5. Milyen szerepet játszik a hősugárzás az ember életében?

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. Milyen halmazállapotban nagyobb 1 kg víz belső energiája: szilárd, cseppfolyós vagy gáznemű?

Felelet: 1 kg víz belső energiája gáznemű állapotban nagyobb, mint cseppfolyósban, szilárd halmazállapotban pedig kisebb, mint cseppfolyósban.

2. Mivel magyarázható, hogy a tűzoltó speciális védőöltözetben nyugodtan áll a tűzben és nem is érzi azt (237. ábra)?



237. ábra

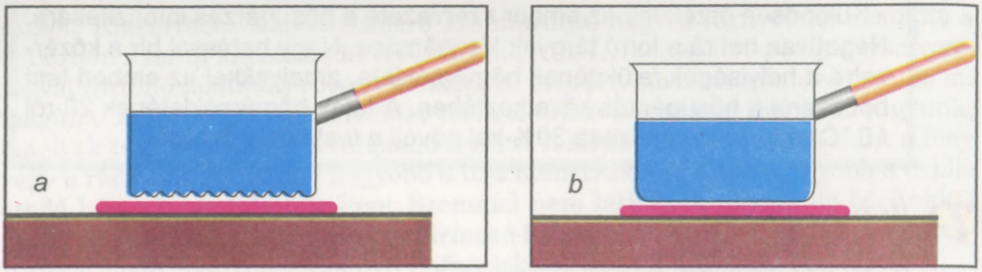
Felelet: a védőöltözet szövete olyan anyagokból készült, amelyeknek rendkívül alacsony a hővezetése. Azonkívül a védőöltözet ezüstös színű, ezért visszaveri a hősugarakat.

3. Magyarázzátok meg, miért tudnak a nagy szárnyú madarak (sasok, kányák) hosszú ideig azonos magasságban szárnycsapások nélkül a levegőben maradni?

Felelet: a felfelé tartó légáramlatok, vagyis a konvekció miatt.

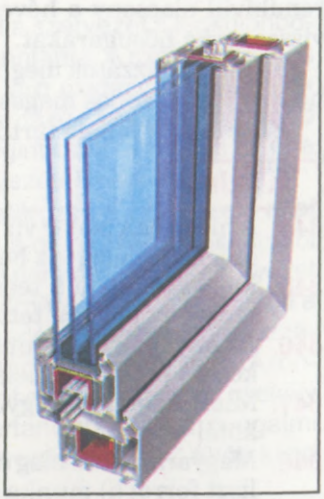
A szint

344. A hideg és a meleg víz molekulái egyformák. Megegyezik-e az azonos tömegű hideg és meleg víz belső energiája? Miért?
345. Megváltozott-e a teáscsésze belső energiája, amikor az asztalról a tálalószekrény polcára tették?
346. Az anyagok megmunkálásakor az esztergapad alkatrészei (fúrók, csiszolókések) erősen felmelegednek. Miért?
347. Miért nem szabad gyorsan leereszkedni a kötelet kezünkkel fogva a mászókötél tetejéből?
348. Magyarázzátok meg a következő tényeket: a) a malom őrlőköve alól kikerülő liszt forró; b) munka közben a gépek golyóscsapágyai kevésbé melegednek, mint a csúszócsapágyak!



238. ábra

349. A Földre visszatért űrhajó vizsgálatakor kiderült, hogy leginkább az a felülete olvadt és égett meg, amelyikkel a hajó belépett a légkörbe. Magyarázzátok meg ezt a tényt!
350. Lekvárfőzéskor miért részesítik előnyben a fakanalat a fémmel szemben?
351. Miért fektetnek azbesztréteget a kémény és a mennyezet deszkái közé?
352. Azonos hőmérséklet mellett a tégla melegebbnek tűnik, mint a márvány. Melyik anyag jobb hőszigetelő?
353. Melyik edényben melegszik meg gyorsabban a víz (238. *a*, *b* ábra)?
354. Miért tesznek az ablakkeretbe dupla vagy tripla üveget (239. ábra)?
355. Miért helyezik el a húskombinátok vagy a tejgyárak hűtőkamráiban a hűtőfolyadék csöveit a mennyezet közelében?
356. Miért van még nyáron is hűvös a pincében?
357. Mi célból építenek be az épületek falába függőleges üregeket, amelyek nyílások segítségével összeköttetésben állnak a szobákkal? Hol helyezik el a szobákban ezeket a nyílásokat?
358. Miért festik világos színűre a hűtőberendezéseket, a hűtővagonokat?
359. Fehér vagy sötét ruhában lehet jobban elviselni a nyári hőséget?
360. Miért ment tönkre a figyelmetlenségből a napsütötte ablakpárkányon hagyott lázmérő?
361. Nyáridőben a levegő az épület falain, a nyitott ablakokon, valamint az üvegen átjutó napsugarak révén melegszik fel. Milyen típusú hőátadásról beszélhetünk ezekben az esetekben?



239. ábra

B szint

362. Miért melegszik jobban a rossz fogazatú fűrész a normálishoz képest?
363. A fémből készült alkatrészt vasfűrésszel kettévágták. A munkafolyamat során az alkatrész és a fűrészlap is felmelegedett. Mi ennek a magyarázata?
364. Végezzétek el a következő kísérletet! Vegyetek egy vékony, 3 – 4 mm átmérőjű vas vagy rézhu-

zalt és néhányszor hajlítsátok meg ugyanazon a helyen, majd érintsétek meg ezt a helyet. Mit éreztek? Miért következett be ez a változás?

365. Az ólomdarabot többféleképpen felmelegíthetjük: kalapáccsal ütögetve, az égő lángjához tartva vagy forró vízben. Állíthatjuk-e, hogy az ólomdarab mindegyik felsorolt esetben bizonyos hőmennyiséghez jutott; hogy megnőtt a belső energiája?

366. A gyufaszál begyúl, ha végighúzzuk a gyufásdoboz oldalán. Akkor is lángra gyúl, ha a gyertya lángjához emeljük. Mi a hasonlóság, illetve a különbség azok között az okok között, amiért az említett esetekben meggyúlt a gyufa?

367. Miért készítik a gépkocsi kerekének köpenyét olyan gumiból, amelyik 100 °C-os, sőt annál magasabb hőmérsékleten sem veszíti el keménységét?

368. Hogyan melegíthetjük fel a kezünket felmelegített tárgyak vagy kesztyű segítsége nélkül?

369. Egy bizonyos vízmennyiséget az első esetben 35 °C-kal felmelegítettek, a másodikban 10 °C-kal lehűtöttek. Nőtt vagy csökkent a víz belső energiája ezekben az estekben?

370. Végezzétek el a következő kísérletet: a forró vízbe eresszetek egy alumínium és egy vaskanalat. Melyik kanál melegszik fel gyorsabban? Melyiküknek jobb a hővezetése?

371. Miért tűnik úgy a fagyban, hogy a vas-, illetve a fadarab nem egyformán hideg, a nyári forróságban pedig, hogy a kerítés betonoszlopa és a fémkerítés nem egyformán meleg?

372. Miért jobb a hővezetése a tömör, nedves talajnak, mint a száraznak és felszántottnak? Mit kell ahhoz tenni, hogy felgyorsíthassuk a talaj nagyobb mélységben való átmelegedését? Mi a célja a talaj hengerelésének?

373. Miért helyezik el a fűtőtesteket a padló közelében és feltétlenül az ablak alatt? Mi történne, ha a radiátorokat az ablakkal szemközti falon helyeznék el?

374. Mikor megy rövidebb idő alatt a hideg és a forró víz lassú összekeverése, ha a forró vízbe öntjük a hideget, vagy a hidegbe a forrót egyforma arányban? A választ magyarázzátok meg, és hőmérő használatával ellenőrizzétek kísérleti úton.

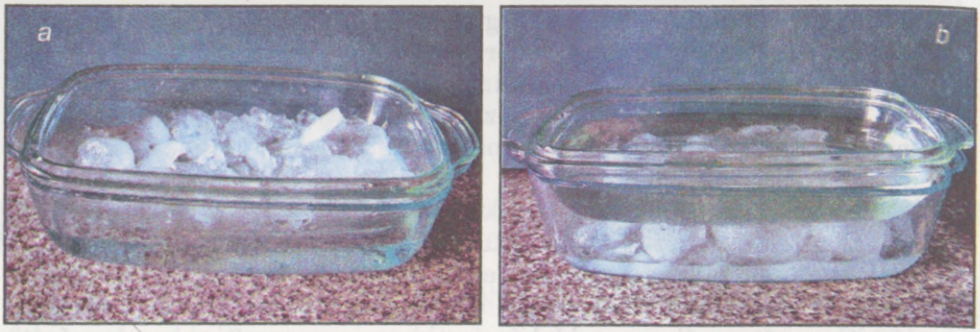
375. Melyik kéményben jobb a huzat: a téglából, vagy a fémből készítettben, ha belső átmérőjük és magasságuk azonos?

376. Miért magas az olajlámpák üvege (240. ábra)?

377. Az öböl felett átrepülő gép utasai enyhe rázkódást éreznek akkor, amikor a repülő éppen a part fölött repül. A víz fölött viszont egyenletes a repülés. Magyarázzátok meg a jelenséget!



240. ábra



241. ábra

378. A 241. *a* ábrán az alsó edényben víz van, a felsőben pedig jég. A 241. *b* ábrán fordított a helyzet. Melyik edényben (a jobb, vagy a bal oldaliban) hűl le hamarabb a folyadék?

379. A sötét szemüvegen át az acélöntés folyamatát figyelő kohász igen gyakran a kezével is eltakarja az arcát. Miért teszi ezt?

380. Két egyforma folyadékhőmérő egyikének feketére festették a tartályát, majd mindkettőt a hűtőszekrénybe helyezték. Melyik hőmérő mutatja meg hamarabb a hőmérséklet csökkenését és miért?

381. A Föld atmoszférája átlátszósága okán gyengén nyeli el a napsugarakat, ezért nem melegszik fel. Miért van nyáron még az árnyékban is hőség?

382. Megváltozik-e a léggömb repülési magassága, ha nyári napon felhő árnyékába kerül?

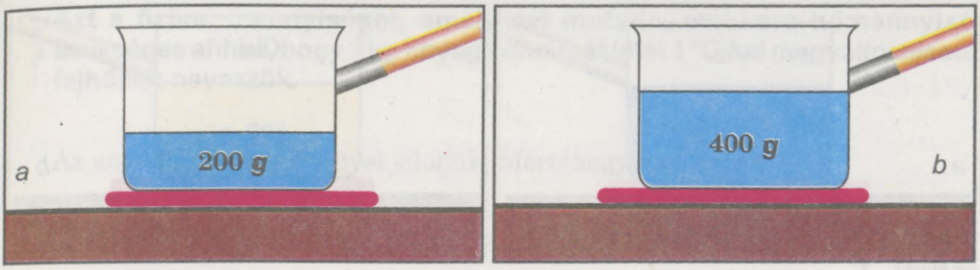
45. §. HŐMENNYISÉG. AZ ANYAG FAJHŐJE

A hőátadás (hőcsere) mennyiségi leírására speciális fizikai mennyiségeket használnak, amelyek egyike a **hőmennyiség**.

A hőmennyiség azt mutatja, hogy mekkora az a molekulák kaotikus (rendszertelen) mozgásából származó kinetikus energia, amely a hőátadás során az egyik testtől átadódott a másiknak, aminek eredményeként megváltozott a hőcserében részt vevő mindkét test belső energiája.

A hőcsere milyen feltételeitől függ a hőmennyiség?

Valószínűleg mindegyikünk forralt már vizet, és jól tudjuk, hogy a színültig telt teáskanna felforralásához több hő szükséges, mintha csak félig töltjük vízzel. Ebből következik, hogy minél nagyobb a test tömege, annál több hőt kell arra fordítani, hogy ugyanarra a hőfokra melegítsük fel.



242. ábra

◆ **1. kísérlet.** Két egyforma hőforrásra két egyforma edényt helyeztek el. Az egyikbe 200 g (242. *a* ábra), a másikba 400 g (242. *b* ábra) víz van. Megmérjük a víz kezdőhőmérsékletét. Egy bizonyos hőmérsékletig melegítve az edényeket észrevesszük, hogy a 400 g vizet tartalmazó edényt kétszer hosszabb ideig kell melegíteni, mint a 200 g vízzel töltöttet. A test melegítéséhez szükséges hőmennyiség a test tömegétől függ.

Minél nagyobb a test tömege, annál több hőt kell közölnünk vele, hogy elérjen egy bizonyos hőmérsékletet.

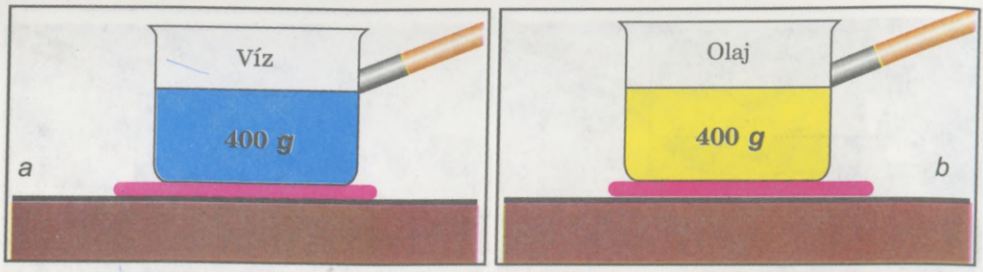
Ezzel együtt, a lehűlő test annál több hőt ad le a környezetének, minél nagyobb a tömege. Például, ha az előző kísérlet edényeit hagynánk szobahőmérsékletre lehűlni, erre a 400 g vizet tartalmazó edénynek kétszer több időre lenne szüksége, mint amelyikben 200 g víz van, és kétszer annyi hőmennyiséget adna le.

◆ **2. kísérlet.** A hőforrásra most szobahőmérsékletű vízzel telt edényt helyezünk, és 10 °C-kal nagyobb hőmérsékletre melegítjük. A melegítés egy bizonyos ideig tart. Ezalatt a test egy adott mennyiségű hőt kap. Ha újabb 10 °C-kal szeretnénk növelni a hőmérsékletét, a melegítés folyamatát meg kell hosszabbítani. Ez éppen annyi ideig fog tartani, mint a kísérlet első részében. Érthető, hogy a vízzel ugyanannyi hőt közlünk, mint korábban. Tehát, minél nagyobb a kezdő és a végső hőmérséklet közti különbség a melegítés ideje alatt, annál több hőmennyiségre van szükség.

Minél nagyobb a különbség a test kezdő és végső hőmérséklete között, annál több hőmennyiséget közlünk vele a melegítés során.

◆ **3. kísérlet.** Vegyünk két egyforma edényt, az egyikbe töltsünk 400 g vizet (243. *a* ábra), a másikba pedig 400 g étolajat (243. *b* ábra) és helyezzük egyforma hőforrásra. Tehát a folyadékok tömege egyforma és egyazon hőmérsékletig, például 40 °C-ig melegítjük őket.

Az edényekbe merített hőmérőket figyelve észrevesszük, hogy az olaj éri el elsőként a meghatározott hőfokot, a vizet tovább kell melegíteni és pótlólagos hőt kell közölni vele.



243. ábra

A test megadott hőmérsékletre való melegítéséhez szükséges hőmennyiség a test anyagától függ.

◆ **4. kísérlet.** Egy azonos tömegű vas-, illetve alumíniumtárgyat bizonyos hőmérsékletig, például 40 °C-ig melegítünk (244. ábra). Ezután egyforma, szobahőmérsékletű vízzel telt edénybe merítjük őket. Egy idő elteltével megfigyelhetjük, hogy az a víz, amelyikbe az alumíniumtárgyat merítettük, jobban felmelegszik, mint amelyikbe a vastárgy került.

A különböző anyagokból készített azonos tömegű és hőmérsékletű testek lehűléskor különböző mennyiségű hőt adnak le.

A hőmennyiség az a hőenergia, amit a test felvesz vagy lead a hőcsere közben. Ez a hőmennyiség a test anyagától, tömegétől, kezdeti és végső hőmérsékletének különbségétől függ.

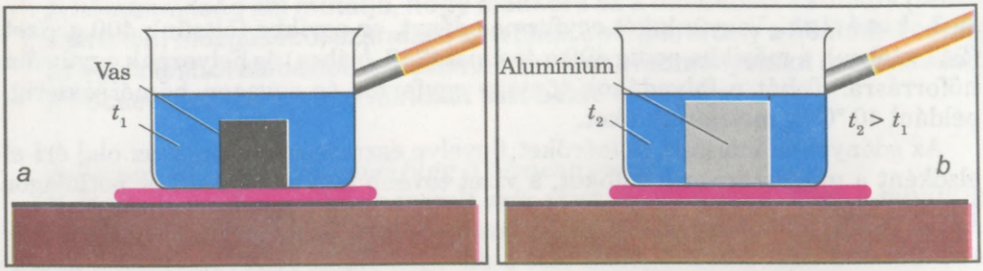
A hőmennyiséget Q betűvel jelöljük.

A hőmennyiség mértékegysége, akárcsak az energiáé **egy joule (1 J)**.

Használatosak a hőmennyiség mértékegységének többszörösei is: **egy kilojoule (1 kJ) és egy megajoule (1 MJ).**

$$1\ \text{kJ} = 1000\ \text{J};\ 1\ \text{MJ} = 1\ 000\ 000\ \text{J}.$$

Ahhoz, hogy 1 kg víz hőmérsékletét 1 °C-kal megnöveljük, 4200 J-nyi hőmennyiséget kell közölni vele; ha 1 kg aranyat melegítünk fel 1 °C-kal, elég 130 J hőmennyiség. Tehát egy kg anyag 1 °C-kal történő felmelegítéséhez egy meghatározott hőmennyiség szükséges. Ugyanazon anyag 1 °C-kal történő lehűlésekor ugyanakkora hőmennyiség válik ki.



244. ábra

Azt a fizikai mennyiséget, amely azt mutatja, mekkora hőmennyiség szükséges ahhoz, hogy 1 kg anyag hőmérsékletét 1 °C-kal megváltoztassuk, fajhőnek nevezzük.

Az anyag fajhőjét *c* betűvel jelöljük. Mértékegysége $1\frac{J}{kg \cdot °C}$.

A 7. táblázat több, az iparban és a mindennapi életben előforduló anyag fajhőjét tartalmazza.

7. táblázat

Anyagok fajhője

Anyag	c, $\frac{J}{kg \cdot °C}$	Anyag	c, $\frac{J}{kg \cdot °C}$
Víz	4 200	Acél	500
Szesz	2 500	Vas	460
Éter	2 350	Nikkel	460
Petróleum	2 100	Réz	380
Jég	2 100	Sárgaréz	380
Levegő	1 000	Cink	380
Alumínium	920	Ezüst	250
Homok	880	Ón	250
Tégla	880	Ólom	140
Üveg	840	Higany	130
Öntöttvas	540	Arany	130

Mit jelent a következő kifejezés: az ezüst fajhője 250 $\frac{J}{kg \cdot °C}$*?*

Ez a kifejezés azt jelenti, hogy 1 kg ezüst 1 °C-kal való felmelegítéséhez 250 J-nyi hőmennyiséget kell felhasználni, avagy 1 kg ezüst 1 °C-kal való lehűlésekor 250 J hőmennyiség válik ki.

A 7. táblázatot elemezve észrevehetjük, hogy a víz fajhője nagyon magas. Emiatt a tengerek és óceánok vize nyáron felmelegedve sok hőt képes felvenni, ezért a nagy vízfelületek mellett nyáron nincs akkora forróság, mint távol a víztől. Télen a víz lehűl, eközben sok hőt ad le, ezért ezeken a helyeken kevésbé kemény a tél. Nagy fajhője miatt a vizet széleskörűen alkalmazzák a fűtéstechnikában, a motorok hűtésére.

Korábban a kísérletek eredményei alapján levontuk azt a következtetést, miszerint bármely test felmelegítéséhez bizonyos mennyiségű hő szükséges, amely egyenesen arányos a test tömegével, a végső és a kezdeti hőmérsékletének különbségével és a test anyagának fajtájától függ.

Hogyan kell kiszámítani a hőmennyiséget, ha adottak a felsorolt fizikai mennyiségek értékei?

Ki kell számítani például, mekkora hőmennyiséget kapott az 5 kg tömegű rézalkatrész, ha a hőmérséklete 20-ról 520 °C-ra nőtt.

A 7. táblázatból kikeressük a réz fajhőjét: 380 $\frac{J}{kg \cdot °C}$. Ez azt jelenti, hogy 1 kg réz 1 °C-kal való felmelegítéséhez 380 J szükséges. 5 kg réz 1 °C-kal való felme-

legítéséhez 5-ször több hő kell, vagyis 380 J · 5 = 1900 J. 5 kg réz 500 °C-kal való felmelegítéséhez még 500-szor annyi hőmennyiség szükséges, vagyis 1900 J ·500= = 950 000 J = 950 kJ.

Ahhoz, hogy kiszámítsuk azt a hőmennyiséget, amely a test felmelegítéséhez szükséges, vagy azt a hőt, amelyet a test lehűlése közben lead, az anyag fajhőjét meg kell szorozni a test tömegével és a test végső és kezdeti hőmérsékletének különbségével.

Ezt matematikailag a következő képlet fejezi ki:

$$Q = cm(t_2 - t_1),$$

ahol Q a hőmennyiség; c az anyag fajhője, t_1 a test kezdeti hőmérséklete; t_2 a test végső hőmérséklete.

Ahhoz, hogy meghatározzuk a melegedő vagy lehűlő test tömegét, a hőmennyiséget el kell osztani az anyag fajhőjével és a végső, illetve a kezdeti hőmérséklet közötti különbséggel:

$$m = \frac{Q}{c(t_2 - t_1)}.$$

Ahhoz, hogy meghatározzuk a test anyagának fajhőjét, a hőmennyiséget el kell osztanunk a test tömegével és a végső, illetve a kezdeti hőmérséklet közötti különbséggel:

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}.$$

Ahhoz, hogy meghatározzuk hány fokkal változott meg a test hőmérséklete, a hőmennyiséget el kell osztani az anyag fajhőjével és a test tömegével:

$$(t_2 - t_1) = \frac{Q}{cm}.$$

EZT JÓ TUDNI

- A hőmennyiség régen használt, különleges egysége a **kalória** (a latin *calor* – meleg, hő szóból).
- A kalória (cal) az a hőmennyiség, amelyet 1 g vízzel kell közölni ahhoz, hogy 1 °C-kal növeljük a hőmérsékletét. Úgy is mondhatjuk, hogy a kalória az a hőmennyiség, amelyet 1 g víz veszít, miközben 1 °C-kal lehűl.

• A hőmennyiség nagyobb mértékegysége is használatos: **a kilokalória** (ez látható a konzervek feliratain):

1 kcal = 1000 cal;
1 cal = 4,19 J.

KÉRDÉSEK

1. Mi a hőmennyiség?
2. Milyen fizikai mennyiségektől függ a test melegítéséhez szükséges hőmennyiség?
3. Nevezzétek meg a hőmennyiség mértékegységeit!
4. Mi az anyag fajhője? Mit mutat?

46. §. HŐMÉRLEG

A különböző hőmérsékletű testek hőt cserélnek egymással. A melegebb testek energiájuk egy részét átadják a kevésbé melegebbeknek, egészen addig, amíg hőmérsékleteik ki nem egyenlítődnek.

Az a hőmennyiség, amelyet a lehűlő testek leadnak, megegyezik azzal a hőmennyiséggel, amelyet a többi test felvesz (azzal a feltétellel, hogy eközben a hő nem alakul át másfajta energiává).

A testek közötti energiacserével kapcsolatos számítások során mindig figyelembe kell venni mindazt a hőmennyiséget, amelyet a vizsgált hőjelenségekben a testek leadnak, valamint azt a hőmennyiséget, amelyet az ugyanezekben a hőjelenségekben résztvevő többi test felvesz: a két hőmennyiségnek egyenlőnek kell lennie.

Alkalmazzuk ezt az állítást két különböző hőmérsékletű folyadék összekeverésekor lejátszódó folyamatra.

A hidegebb folyadék tömegét jelöljük m_1-gyel, fajhőjét c_1-gyel, hőmérsékletét t_1-gyel. A melegebb folyadék ugyanezen mennyiségei legyenek m_2, c_2, t_2.

Ha egy edényben összekeverjük a folyadékokat (a feladat leegyszerűsítése céljából úgy tekintjük, hogy az edény hőszigetelő anyagból készült és nem vesz részt a hőcserében), a meleg folyadék molekulái energiát adnak át a hideg folyadék molekuláinak mindaddig, amíg a keverék hőmérséklete el nem ér egy bizonyos köztes értéket. A keverék végső hőmérsékletét a görög Θ (théta) betűvel jelöljük. Akkor:

a lehűlő folyadék által leadott hőenergiát ezzel a képlettel határozhatjuk meg:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - \Theta).$$

Azt a hőmennyiséget, amelyet a melegedő folyadék felvesz, pedig ezzel:

$$Q_1 = c_1 m_1 (\Theta - t_1).$$

Mivel a lehűlő folyadék által leadott hőmennyiség egyenlő a felmelegedő folyadék által felvett hőmennyiséggel, vagyis $Q_1 = Q_2$, ezért a kifejezések jobb oldalai is egyenlők. A következő egyenlőséget kapjuk:

$$c_2 m_2 (t_2 - \Theta) = c_1 m_1 (\Theta - t_1).$$

Ez a **hőmérleg egyenlet**. Egykor Georg Richman szentpétervári akadémikus vezette le a víz részesetére.

A többi adat ismeretében ebből az egyenletből kifejezhető a keveredésben részt vevő egyik anyag tömege, vagy a kezdeti hőmérséklete, a keverék hőmérséklete, valamint az ismeretlen fajhő értéke.

KÉRDÉSEK

1. Mit fejez ki a hőmérleg egyenlet?
2. Mit kell tudnunk ahhoz, hogy kiszámítsuk a melegedő test által felvett, vagy a lehűlő által leadott hőmennyiséget?
3. Milyen következtetést lehet levonni a hideg és meleg víz összekeverésére végzett kísérlet alapján? A gyakorlatban miért nem egyezik egymással a két hőmennyiség?

12. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA

A HŐEGYENSÚLY VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ HŐMÉRSÉKLETŰ VÍZMENNYISÉGEK ÖSSZEKEVERÉSEKOR

- **A munka célja:** meghatározni azt a hőmennyiséget, amelyet a hőcsere során a forró víz leadott, illetve azt a hőmennyiséget, amelyet a hideg víz felvett.
- **Eszközök és anyagok:** kaloriméter, mérőhenger, hőmérő, hideg és melegvizes edény.



245. ábra

A **kaloriméter** (245. ábra) két edényből álló eszköz: a belső alumíniumból készült, a külső műanyag. Az edények között levegő van, a felületeik gyakorlatilag nem érintkeznek. Ez a szerkezet csökkenti a hőcserét a belső edényben lévő folyadék és a környezet között.

A munka menete

1. Mérjétek meg a kaloriméter belső edényének tömegét m_k!

2. Töltsetek a pohárba $m_h = 100$ g hideg vizet, a kaloriméterbe $m_f = 100$ g forró vizet! Mérjétek meg hőmérővel a hideg t_h és a forró t_f víz hőmérsékletét! Az eredményeket írjátok be a táblázatba!
3. A hideg vizet öntsétek a forróvizes kaloriméterbe, hőmérővel óvatosan keverjétek össze az elegyet és mérjétek meg a hőmérsékletét t_e.

Táblázat

A kaloriméter tömege, m_k, kg	A forró víz tömege, m_f, kg	A hideg víz tömege, m_h, kg	A forró víz hőmérséklete, t_f, °C	A hideg víz hőmérséklete, t_h, °C	Az elegy hőmérséklete, t_e, °C	A hideg víz által felvett hőmennyiség, Q_1, J	A forró víz által leadott hőmennyiség, Q_2, J	A kaloriméter által felvett hőmennyiség, Q_3, J

4. A $Q_1 = cm_h(t_e - t_h)$ képlettel határozzátok meg azt a hőmennyiséget, amit a hideg víz a forrótól kapott.
5. A $Q_2 = cm_f(t_f - t_e)$ képlet segítségével határozzátok meg azt a hőmennyiséget, amit a forró víz átadott a hidegnek ($c = 4200 \frac{J}{kg \cdot °C}$).
6. A $Q_3 = c_k m_k(t_e - t_h)$ képlettel határozzátok meg azt a hőmennyiséget, amit a kaloriméter belső edénye a forró víztől kapott ($c_k = 920 \frac{J}{kg \cdot °C}$).
7. Ellenőrizzétek a hőmérleg egyenletet: $Q_2 = Q_1 + Q_3$. Hasonlítsátok össze a kapott eredményeket, vonjatok le következtetést!
A hőmérleg egyenleten alapul az anyag fajhőjének meghatározása.

13. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA AZ ANYAG FAJHŐJÉNEK MEGHATÁROZÁSA

- **A munka célja:** a hőmérleg egyenlet felhasználásával meghatározni a szilárd test fajhőjét.
- **Eszközök és anyagok:** vizespohár, kaloriméter, mérleg (dinamométer), súlykészlet, cérnára kötött fémhenger, forróvizes edény, hőmérő.

A munka menete

1. Mérjétek meg a kaloriméter belső edényének m_k tömegét!
2. Öntsetek a kaloriméterbe $m_h = 100 \div 150$ g szobahőmérsékletű vizet. Mérjétek meg t_h hőmérsékletét! Az eredményeket írjátok be a táblázatba!
3. Melegítsétek fel a fémhengert a forróvizes edényben. Mérjétek meg a hőmérsékletét (ez a hőmérséklet lesz a henger kezdő hőmérséklete t_T). Azután eresszétek be a hengert a hideg vízbe!

4. Mérjétek meg a víz t_e hőmérsékletét, miután beleeresztettétek a hengert!
5. A $Q_1 = cm_h(t_e - t_h)$ képlet segítségével határozzátok meg azt a hőmennyiséget, amit a hideg víz a forró testtől kapott ($c = 4200 \frac{J}{kg \cdot °C}$)!
6. A $Q_2 = c_T m_T (t_T - t_e)$ képlet segítségével határozzátok meg azt a hőmennyiséget, amit a forró test átadott a hideg víznek!
7. A $Q_3 = c_k m_k (t_e - t_h)$ képlet segítségével határozzátok meg azt a hőmennyiséget, amit a kaloriméter belső edénye a forró víztől kapott ($c_k = 920 \frac{J}{kg \cdot °C}$)!
8. A hőmérleg egyenlet felhasználásával $Q_2 = Q_1 + Q_3$, vagyis:

$$c_T m_T (t_T - t_e) = cm_h (t_e - t_h) + c_k m_k (t_e - t_h),$$

határozzátok meg a szilárd test fajhőjét:

$$c_T = \frac{cm_h(t_e - t_h) + c_k m_k (t_e - t_h)}{m_T (t_T - t_e)} \; !$$

A fajhő kísérletből kapott értékét hasonlítsátok össze a táblázati értékekkel és határozzátok meg, milyen fémből készült az edény!

A kaloriméter tömege, m_k, kg	A hideg víz tömege, m_h, kg	A test kezdeti hőmérséklete, t_T, °C	A hideg víz hőmérséklete, t_h, °C	A test által felmelegített víz hőmérséklete, t_e, °C	A hideg víz által felvett hőmennyiség, Q_1, J	A forró test által leadott hőmennyiség, Q_2, J	A kaloriméter által felvett hőmennyiség, Q_3, J	A test fajhője, c_T, $\frac{J}{kg \cdot °C}$

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. Mekkora hőmennyiséget kell felhasználni ahhoz, hogy 2 kg vizet 20 °C-ról 100 °C-ra melegítsünk?

Adva:
$m = 2$ kg
$t_1 = 20$ °C
$t_2 = 100$ °C
$c = 4200 \frac{J}{kg \cdot °C}$

Q – ?

Megoldás:
A test felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség a következő képlettel határozható meg:
$Q = cm(t_2 - t_1)$.

$Q = 4200 \frac{J}{kg \cdot °C} \cdot 2 \text{ kg} \cdot (100 °C - 20 °C) = 672\,000 \text{ J} =$
$= 672$ kJ.

Felelet: $Q = 672$ kJ.

2. Mekkora hőmennyiség válik ki 3 kg ólom 320 °C-ról 20 °C-ra történő lehűlésekor?

Adva:
$m = 3$ kg
$t_1 = 320$ °C
$t_2 = 20$ °C
$c = 140 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$

$Q - ?$

Megoldás:
A test lehűlésekor kiváló hőmennyiség a következő képlettel határozható meg:
$Q = cm\,(t_2 - t_1)$.
$Q = 140 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}} \cdot 3\ \text{kg} \cdot (20\ \text{°C} - 320\ \text{°C}) = -126\ 000\ \text{J} =$
$= -126$ kJ.
A mínusz (–) előjel azt mutatja, hogy az energia kivált a test lehűlésekor.

Felelet: $Q = -126$ kJ.

A szint

383. Négy azonos tömegű, de különböző anyagból – alumínium, sárgaréz, vas és ólom – készült hengert vízben azonos hőmérsékletre melegítettek és egyszerre parafin lapra helyeztek (246. ábra). Azonos hőmennyiséget közöltek-e ezek a hengerek a parafinnal? Azonos hőmennyiség szükséges-e ezen anyagok 1°C-kal való felmelegítéséhez?

384. Az egyik kémcsőbe vizet töltöttek, a másikba ugyanolyan tömegű és hőmérsékletű olajat. Melyik folyadék melegszik fel közülük gyorsabban, ha forró vízbe eresztjük? Azonos hőmennyiségre van-e szükségük, hogy elérjék a forró víz hőmérsékletét?

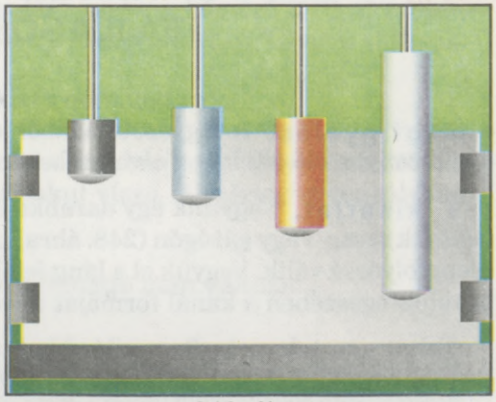
385. Két edényben azonos tömegű, 20 °C hőmérsékletű víz van. Az edényekbe 100 °C-ra hevített, azonos tömegű vas, illetve rézdarabot eresztenek. Melyik edényben válik magasabbá a víz hőmérséklete, és miért?

386. A pohárba fémkanalat helyeznek, mielőtt beleöntik a forró vizet. Miért teszik ezt, és melyik kanál, az azonos tömegű alumínium vagy ezüst felel meg jobban a célnak?

387. A speciális kemencékben 800 °C-ig felhevített acél alkatrészeket vízbe vagy olajba süllyesztve edzik. Melyik folyadékban hűl le hamarabb az alkatrész és miért?

388. Miért a víz a legmegfelelőbb folyadék: a) az épületek vízfűtésére; b) a gépkocsik motorjainak hűtésére; c) a felhevített fém alkatrészek hűtésére; d) a tűz oltására?

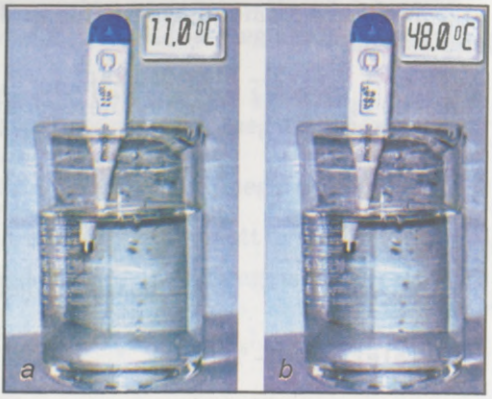
389. Miért készítik a forrasztópáka hegyét vörösrézből, nem pedig vasból?



246. ábra

390. Mekkora hőmennyiséget kell közölni 1 kg vízzel, hogy hőmérséklete 20 °C-ról 100 °C-ra nőjön?

391. Mekkora hőmennyiséget kell felhasználni ahhoz, hogy a tűzhelyen az 500 g tömegű alumíniumserpenyő hőmérséklete 20 °C-ról 220 °C-ra emelkedjen?



247. ábra

B szint

392. Mekkora hőmennyiséget ad le megedzése során a 800 °C-ig hevített acélból készült alkatrész? Az alkatrész tömege 2 kg, a víz 50 °C-ig melegszik fel.

393. A villanyrezsón 2 l vizet melegítettek fel (247. *a*, *b* ábra). Mennyi hőt vett fel a víz?

394. A vízfűtés radiátoraiba 80 °C-os víz érkezik és 60 °C-os távozik. Mennyi hőt adnak le naponta a fűtőtestek, ha egy óra alatt 120 l víz folyik át a rendszeren?

395. A tej hőmérséklete a tehén fejésekor 37 °C. A szállításhoz 4 °C-ra kell lehűteni. Mennyi hő válik ki eközben, ha a napi fejésátlag a farmon 800 kg. A tej fajhője 3900 $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$. Mennyi 0 °C-os vizet lehet 30 °C-ra felmelegíteni ezzel a hőmennyiséggel a farm fűtésére?

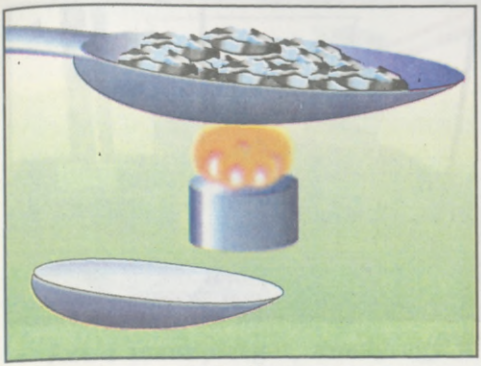
396. Mennyi vizet lehet 10 °C-kal felmelegíteni 1 kJ hő közlése révén?

47. §. A SZILÁRD TESTEK OLVADÁSA ÉS FAGYÁSA. FAJLAGOS OLVADÁSHŐ

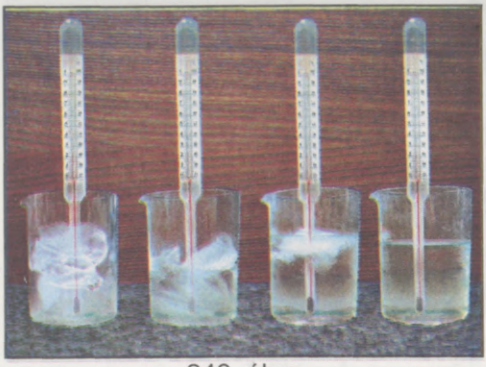
• **Megfigyelés.** A fagyasztóládából jeget veszünk ki és tányérra helyezzük; egy bizonyos idő elteltével olvadni kezd, és teljes egészében átalakul vízzé.

◆ **1. kísérlet.** Vegyünk egy darabka ólmot vagy ónt és kanálba helyezve melegítsük szesz- vagy gázégőn (248. ábra). Az ólom olvadni kezd és teljes egészében cseppfolyóssá válik. Vegyük el a láng felől a kanalat. Az ólom kristályosodni kezd és teljes egészében a kanál formáját felvevő szilárd testté válik.

Tehát a testek melegítve szilárd halmazállapotból cseppfolyós, lehűtve pedig cseppfolyósból szilárd halmazállapotúvá alakíthatók.



248. ábra



249. ábra

Az anyag szilárd halmazállapotából cseppfolyóssá való átmenetének folyamatát olvadásnak nevezzük. Az anyag cseppfolyós halmazállapotából szilárddá való átmenetének folyamatát kristályosodásnak (fagyásnak) nevezzük.

Télen, ősszel, tavasszal, amikor a levegő hőmérséklete 0 °C, olvad a jég és a hó, de ugyanakkor megfagy (kristályosodik) a víz.

Északon, az Antarktiszon, a hőmérséklet –40 °C alá süllyedhet. Itt nem használható a higanyhőmérő, mert a higany –39 °C-nál megfagy. Ezért ott szeszhőmérőket használnak, mert a szesz –114 °C-on fagy meg.

Minden anyag egy bizonyos rá jellemző hőmérsékleten olvad és kristályosodik. Azt a hőmérsékletet, amelynél az anyag olvad, **olvadáspontnak,** amelynél pedig megfagy, **kristályosodási pontnak (fagyáspontnak)** nevezzük. A tapasztalat azt mutatja, hogy az anyagok ugyanazon a hőmérsékleten fagynak, mint amilyenen olvadnak.[1] Az olvadás során a testek hőt nyelnek el, a fagyás során pedig hőt adnak le. A gyakran használt anyagok olvadáspontját a 193. oldalon a 8. táblázat tartalmazza.

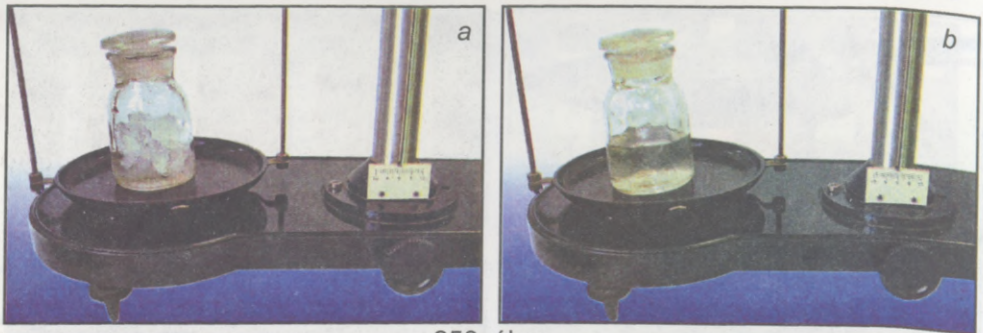
◆ **2. kísérlet.** A jégdarabkát tartalmazó edénybe hőmérőt helyezünk és melegíteni kezdjük (249. ábra). A jég olvadása során a hőmérő 0 °C-ot mutat. Amíg az összes jég el nem olvad, az edényben a hőmérséklet (0 °C) nem változik.

Az olvadás során az anyag hőmérséklete nem változik.

◆ **3. kísérlet.** A mérleg serpenyőjére zárt edényben jeget helyezünk (250. *a* ábra). Egy bizonyos idő elteltével a jég átalakul vízzé. A mérleg egyensúlyban marad (250. *b* ábra).

Az anyag halmazállapot-változásakor a tömege nem változik.

[1] Az itt leírtak a kristályos szerkezetű testekre nézve igazak. Az ugyancsak szilárd halmazállapotú, de amorf szerkezetű anyagoknak (pl. üveg, viasz, gyanta) nincs állandó olvadáspontja (fagyáspontja). (*A ford. megjegyzése.*)



250. ábra

◆ **4. kísérlet.** Az üvegbe vizet töltünk és szorosan lezárjuk. A vizet tartalmazó edényt a fagyasztóba helyezzük. Amikor a víz megfagy, az üveg eltörik, mert a jég térfogata nagyobb, mint a vízé.

Az anyag halmazállapot-változásakor változik a sűrűsége, ezzel együtt a térfogata is.



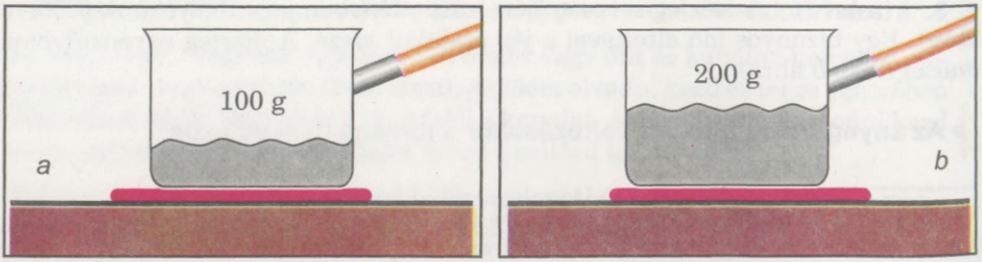
251. ábra

◆ **5. kísérlet.** Az egyik edényben 100 g (252. *a* ábra), a másikban 200 g ólmot olvasztunk (252. *b* ábra). Ha a hőforrások egyformák, megfigyelhetjük, hogy 200 g ólom megolvasztásához több hőenergia szükséges mint 100 g-hoz.

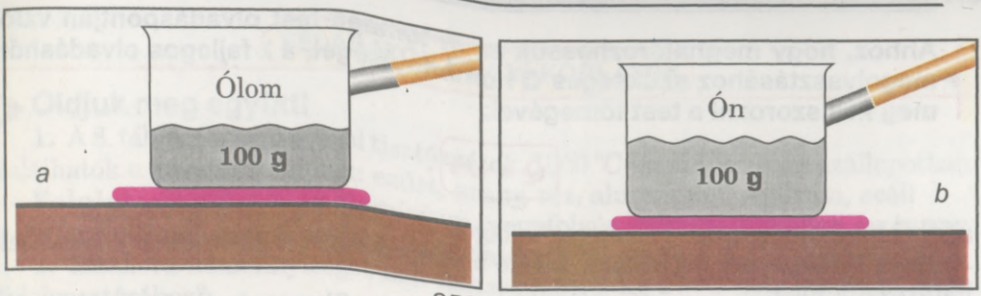
A test felolvasztásához szükséges hőmennyiség a test tömegétől függ.

◆ **6. kísérlet.** Egyforma hőforrásokon az egyik edényben 100 g ólmot (253. *a* ábra), a másikban 100 g ónt (253. *b* ábra) olvasztunk. A kísérlet során megfigyelhetjük, hogy az ón megolvasztásához több hőenergia kell, mint az ólomhoz.

A test felolvasztásához szükséges hőmennyiség a test anyagának fajtájától függ.



252. ábra



253. ábra

Azt a mennyiséget, amely egy meghatározott anyag megolvasztásának energiaszükségletét jellemzi, **az anyag fajlagos olvadáshőjének** nevezzük. Jele a görög λ (lambda). A fajlagos olvadáshő mértékegysége az SI rendszerben **egy joule per kilogramm** ($1 \frac{J}{kg}$).

Az anyag fajlagos olvadáshőjét kísérleti úton határozzák meg. Megállapították, hogy a jég fajlagos olvadáshője 340 000 $\frac{J}{kg}$ ($3{,}4 \cdot 10^5 \frac{J}{kg}$). Ez azt jelenti, hogy 1 kg jégvízzé alakításához olvadáspontján (0 °C) 340 000 J energiát kell felhasználni. A fordított folyamat, a kristályosodás során ugyanennyi hő válik ki.

Az anyag fajlagos olvadáshője az a fizikai mennyiség, amely megmutatja, mennyi hőt kell átadni az 1 kg tömegű testnek ahhoz, hogy az olvadáspontján átalakuljon folyadékká.

Kísérleti úton megállapították az anyagok fajhőjét, amelyek közül a leggyakrabban használtak a 8. táblázatban találhatók.

8. táblázat

Az anyagok fajlagos olvadáshője
(olvadáspontjukon, normál légnyomáson)

Anyag	Fajlagos olvadáshő, λ, $\frac{J}{kg}$	Olvadáspont (fagyáspont), °C	Anyag	Fajlagos olvadáshő, λ, $\frac{J}{kg}$	Olvadáspont (fagyáspont), °C
Alumínium	393 000	660	Acél, öntöttvas	85 000–140 000	1100–1500
Jég	332 400	0	Arany	67 000	1064
Vas	270 000	1535	Hidrogén	58 600	–259
Réz	213 000	1085	Ón	59 000	232
Wolfram	185 000	3387	Ólom	24 300	327
Szesz	105 000	–98	Oxigén	13 800	–218
Ezüst	87 300	962	Higany	11 700	–39

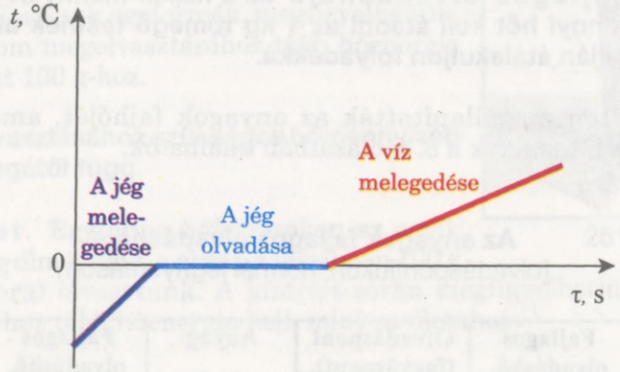
Ahhoz, hogy meghatározhassuk az m tömegű test olvadáspontján való megolvasztásához szükséges Q hőmennyiséget, a λ fajlagos olvadáshőt meg kell szorozni a test tömegével:

$$Q = \lambda m,$$

ahol Q a hőmennyiség; λ az anyag fajlagos olvadáshője; m a test tömege.

Az m tömegű test fagyásakor kiváló hőmennyiséget szintén ezzel a képlettel határozzuk meg.

A melegítés és a kristályosodás folyamatát grafikusan is ábrázolhatjuk. Az Oy tengelyen feltüntetjük az anyag hőmérsékletét, az Ox tengelyen pedig az anyag melegítésének és olvadásának időtartamát. Például a 254. ábra grafikusan ábrázolja a jég melegítését és olvadását, valamint a víz melegítését. Az anyag melegítésének és olvadásának grafikonja három szakaszból áll: a jég melegítését egy meghatározott dőlésszögű egyenes ábrázolja, amely az anyag fajhőjétől függ: minél nagyobb az értéke, annál kisebb a dőlésszög, a jég hőmérséklete a melegítés időtartamával lineárisan nő. A jég olvadásának vízszintes vonal felel meg, a jég és a víz keverékének hőmérséklete állandó marad és a jég olvadáspontjával egyenlő mindaddig, amíg az összes jég el nem olvad. A keletkezett víz melegítését olyan egyenes ábrázolja, amelynek dőlésszögét a víz fajhője határozza meg. Értéke nagyobb, mint a jégé, ezért a dőlésszög kisebb. A víz hőmérséklete lineárisan nő az idővel.



254. ábra

KÉRDÉSEK

1. Mit nevezünk olvadásnak?
2. Mit nevezünk kristályosodásnak?
3. Hogyan változik a hőmérséklet olvadáskor és fagyáskor?
4. Hogyan változik a test tömege szilárd halmazállapotából cseppfolyóssá való átmenetekor?
5. Mitől függ az a hőmennyiség, amely a kristályos test megolvasztásához szükséges, vagy a kristályosodása során kiválik?
6. Mit nevezünk az anyag fajlagos olvadáshőjének?

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. A 8. táblázat segítségével tisztázzátok, 1000 °C-on milyen halmazállapotban találhatók a következő fémek: ezüst, arany, réz, alumínium, wolfram, acél!

Felelet: az ezüst és az alumínium cseppfolyós halmazállapotban, az arany, a réz, a wolfram, az acél pedig szilárd halmazállapotban.

2. Mekkora hőmennyiséget kell felhasználni 1 kg 27 °C hőmérsékletű ólom felolvasztásához?

Adva:
$m = 1$ kg
$t = 27$ °C
$t_0 = 327$ °C
$c = 130 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$
$\lambda = 24\,300 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$

$Q - ?$

Megoldás:
Az ólom megolvasztásához előbb olvadáspontjára kell melegíteni, majd felolvasztani.
Az ólom felmelegítéséhez szükséges hőmennyiséget a következő képlettel határozhatjuk meg: $Q_1 = cm\,(t_0 - t)$.
Az ólom megolvasztásához szükséges hőmennyiséget ezzel a képlettel határozhatjuk meg: $Q_2 = \lambda m$.
Akkor az ólom melegítéséhez és felolvasztásához szükséges hőmennyiséget így határozzuk meg:
$Q = Q_1 + Q_2 = cm(t_0 - t) + \lambda m = m(c(t_0 - t) + \lambda)$.
Behelyettesítve a mennyiségek értékeit:

$$Q = 1\text{ kg}\left(130 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}\,(327\text{ °C} - 27\text{ °C}) + 24\,300 \frac{\text{J}}{\text{kg}}\right) =$$
$$= 63\,300\text{ J} = 63{,}3\text{ kJ}.$$

Felelet: $Q = 63\,300$ J $= 63{,}3$ kJ.

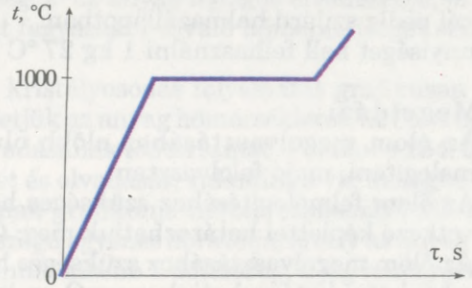
A szint

397. A vízben jég úszik (a víz és a jég hőmérséklete azonos – 0 °C). Az egyik diák azt állítja, hogy a víz éppen megfagy, a másik pedig azt, hogy a jég éppen olvad. Döntsétek el a vitát!
398. Miért lehet megolvasztani az ólmot a gyertyalángban, a vasat viszont nem?
399. Mekkora hőmennyiséget kell felhasználni 2 kg ezüst olvadáspontján való megolvasztásához?
400. Mekkora hőmennyiség szükséges 10 kg 0 °C-os jég felolvasztásához? A megoldást magyarázzátok meg!
401. Mekkora tömegű aranyat lehet felolvasztani 125 kJ energia felhasználásával?
402. Mennyi hő válik ki 5 kg víz 0 °C-on történő megfagyásakor?

B szint

403. Tavasszal, amikor a levegő hőmérséklete sokkal magasabb 0 °C-nál, a jég még hosszú ideig nem olvad, és fordítva, ősszel, amikor a levegő hőmérséklete alacsonyabb 0 °C-nál, a víz nem azonnal fagy meg. Miért?
404. Megfagyasztható-e a víz megolvadt fém segítségével?

405. Mennyi hőt kell felhasználni 2 kg 0 °C hőmérsékletű ón megolvasztásához?
406. Mekkora hő szükséges egy 7 °C hőmérsékletű, 4 kg tömegű ólomtömb teljes megolvasztásához?
407. Az 5 kg tömegű alumíniumtömb hőmérséklete 20 °C. Felolvasztható-e teljesen a tömb, ha 500 kJ energiát közlünk vele?
408. Melyik anyag melegítésének és olvadásának grafikonja látható a 255. ábrán?



255. ábra

48. §. FOLYADÉKOK PÁROLGÁSA ÉS LECSAPÓDÁSA. FAJLAGOS PÁROLGÁSHŐ

• **1. megfigyelés.** Nyáron, az eső után a tócsák gyorsan felszáradnak; este, amikor lehűl a levegő, harmat képződik. Ha a vízzel telt edényt a tűzhelyen hagyjuk, egy idő után nem marad víz az edényben, mivel kiforr. Tehát **a folyadékok párolognak, vagyis gáznemű állapotba kerülnek.** Könnyen meggyőződhetünk arról, hogy minél magasabb a hőmérséklet, annál intenzívebb ez a folyamat. Így például nyáron a tócsák gyorsabban felszáradnak, mint tavasszal vagy ősszel.

A folyadék gőzzé (gáznemű állapotba) való átmenetét párolgásnak nevezzük.

A folyadék kétféleképpen mehet át gáznemű állapotba: párolgással, illetve forrással.

A folyadék szabad felszínén végbemenő gőzképződést párolgásnak nevezzük

A párolgás bármilyen hőmérsékleten végbemegy, ám sebessége több feltételtől függ. Erről kísérleti úton győződhetünk meg.

◆ **1. kísérlet.** Papírra étert, vizet, szeszt, illetve olajat cseppentünk. Előbb az éter párolog el, majd a szesz, a víz, az olaj pedig több napig szárad.

A párolgás sebessége a folyadék fajtájától függ.

◆ **2. kísérlet.** Azonos mennyiségű vizet töltünk pohárba és széles tányérba. A víz először a tányérból párolog el, majd a pohárból.

A párolgás sebessége a folyadék felszínének területétől függ.

• **3. kísérlet.** Az egyik vízzel telt tányért a szobában az asztalra helyezzük, a másikat a fűtőtestre, vagy más meleg helyre. A folyadék abból a tányérból párolog el először, amelyik melegebb helyen állt.

A párolgás sebessége a folyadék hőmérsékletétől függ.

• **2. megfigyelés.** A kimosott ágyneműt kiterítik. Száraz, szeles időben az ágynemű sokkal gyorsabban szárad, mint szélcsendes vagy hűvös időben.

A párolgás sebessége a légáramlatok meglététől és a páratartalomtól függ.

Tehát, ismerve a párolgás sebességét meghatározó okokat, megmagyarázhatjuk, miért öntik a teát a csészéből az alátétbe, miért fújják a forró levest vagy a kását, miért használnak legyezőt a nagy melegben.

Egy bizonyos hőmérsékleten **(forrásponton)** a folyadékok intenzíven párologni kezdenek nem csak a felszínen, hanem a folyadék belsejében is megindul a gőzképződés. Ezt a folyamatot forrásnak nevezzük (256. ábra).

A forrás olyan intenzív gőzképződés, amely nem csak a folyadék szabad felszínén, de a belsejében is végbemegy, amit gőzbuborékok keletkezése jelez.

A folyadék forráspontja a légnyomástól függ. A 9. táblázatban a 199. oldalon néhány folyadék normál légnyomáson mért forráspontját találhatjuk: a víz 100 °C-on forr, az aceton 56 °C-on, a cseppfolyós oxigén pedig –183 °C-on.

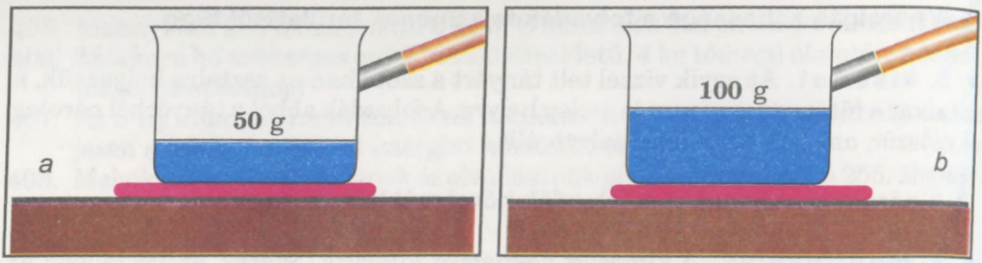
A kísérletekből ismert, hogy a gázok bizonyos hőmérsékletre történő lehűtésekor **(kondenzációs pont)** cseppfolyósodni kezdenek és folyadékká válnak. Megállapították, hogy ez ugyanazon a hőmérsékleten megy végbe, mint amelyen az adott folyadék forrni kezd. Ezek megfordítható folyamatok, akárcsak a víz jéggé való átalakulása. Az átmenet iránya a konkrét fizikai feltételektől függ: ha a folyadék hőt kap, forr és gáznemű állapotba kerül; ha a gáz hőt ad le, cseppfolyósodik, vagyis kondenzálódik. Például az ammónia –33,4 °C hőmérsékleten kondenzálódik, az oxigén –183°C-on, a sűrített levegő pedig mínusz 195 °C-on.

A levegőben sok vízgőz van. Amikor a levegő lehűl, a gőz cseppfolyós halmazállapotba kerül: felhő, köd, harmat képződik.

Most kiderítjük, mitől függ az a hőmennyiség, amely ahhoz szükséges, hogy a forráspontján elpárologtassuk a folyadékot, vagy amely kiválik a kondenzáció során.



256. ábra



257. ábra

◆ **4. kísérlet.** A tűzhelyre két edényt teszünk, az egyikbe 50 g vizet öntünk (257. *a* ábra), a másikba pedig 100 grammot (a hőforrások és az edények egyformák) (257. *b* ábra). A vizet forráspontjáig melegítjük és párologtatni kezdjük. Előbb abból az edényből párolog el a víz, ahol 50 g volt, majd abból, ahol 100 g volt.

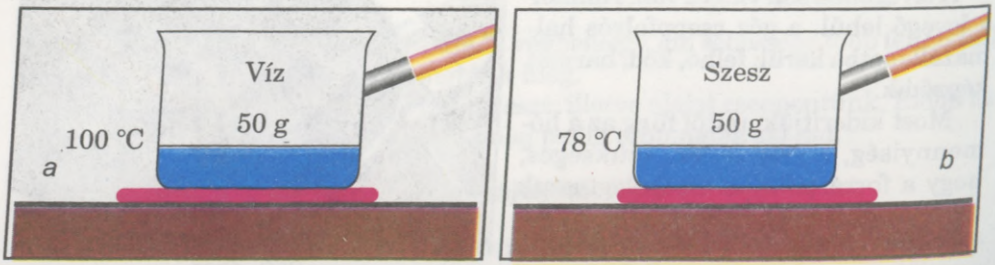
A folyadék forráspontján történő elpárologtatásához szükséges hőmennyiség a folyadék tömegétől függ.

◆ **5. kísérlet.** Azonos hőforrásokra 50 g vizet (258. *a* ábra), illetve 50 g szeszt (258. *b* ábra) tartalmazó edényt helyezünk. Forrásig hevítjük a két folyadékot (a szesz 78 °C-on, a víz 100 °C-on forr) és párologtatni kezdjük őket. Az eredmények azt mutatják, hogy előbb a szesz párolog el, majd pedig a víz.

A folyadék forráspontján történő elpárologtatásához szükséges hőmennyiség a folyadék fajtájától függ.

Azt a mennyiséget, amely egy bizonyos folyadék egy kg-ja elpárologtatásának energiaszükségletét jellemzi, **fajlagos párolgáshőnek** nevezzük. Jele ***L***. Az SI rendszerben a fajlagos párolgáshő mértékegysége **egy joule per kilogramm (1** $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$**)**.

Az anyag fajlagos párolgáshőjét kísérleti úton határozzák meg. Megállapították, hogy a vízgőzképződés fajlagos párolgáshője 100 °C-on $2{,}3 \cdot 10^6$ $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$. Másképpen szólva, 1 kg víz gőzzé alakításához 100 °C-on 2 300 000 J energia szükséges. A fordított folyamat – kondenzáció – során ugyanekkora hőmennyiség válik ki.



258. ábra

Az anyag fajlagos párolgáshője az a fizikai mennyiség, amely meghatározza, mekkora hőmennyiség szükséges 1 kg tömegű folyadék forráspontján történő elpárologtatásához.

Minden anyag a rá jellemző fajlagos párolgáshővel rendelkezik. Néhány anyag fajlagos párolgáshőjét a 9. táblázat tartalmazza.

9. táblázat

Anyagok fajlagos párolgáshője
(forráspontjukon, normális légnyomáson)

Anyag	Fajlagos párolgáshő L, $\frac{J}{kg}$	Forráspont (fagyáspont), °C	Anyag	Fajlagos párolgáshő L, $\frac{J}{kg}$	Forráspont (fagyáspont), °C
Víz	2 300 000	100	Higany	300 000	357
Aceton	521 000	57	Oxigén	213 000	–183
Szesz	900 000	78	Terpentin	161 000	287

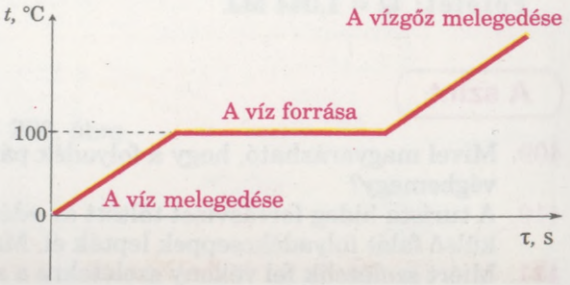
Az m tömegű anyag forrásponton történő elpárologtatásához szükséges Q hőmennyiség kiszámításához az anyag L fajlagos párolgáshőjét meg kell szorozni az anyag tömegével:

$$Q = Lm,$$

ahol Q a hőmennyiség; L az anyag fajlagos párolgáshője; m a test tömege.

Az m tömegű gőz lecsapódásakor kiváló hőmennyiséget is ugyanezzel a képlettel kell kiszámítani.

A melegítés és párolgás folyamata grafikusan is ábrázolható. Az Oy tengelyen a test hőmérsékletét tüntetjük fel, az Ox-en a folyadék melegedésének, illetve párolgásának idejét. Például a 259. ábra a víz melegedését és forrás általi párolgását ábrázolja grafikusan. A folyadék melegedésének és párolgásának grafikonja három szakaszból áll: a folyadék melegedése egy meghatározott hajlásszögű egyenes, amely az anyag fajhőjétől függ; a folyadék forrását egy vízszintes vonal jelzi. Forrás közben a folyadék hőmérséklete állandó marad és megegyezik a folyadék forrásának hőmérsékletével mindaddig, amíg a teljes mennyiség elpárolog. A keletkezett gőz melegedése egy olyan egyenes, amelynek hajlásszögét a gőz fajhője határozza meg. Értéke különbözik a folyadék fajhőjétől, ezért a hajlásszög is más. A gőz hőmérséklete egyenesen arányos a melegítés idejével.



259. ábra

KÉRDÉSEK

1. Mi a párolgás?
2. Mit nevezünk kondenzációnak?
3. Mi a forrás?
4. Mitől függ az a hőmennyiség, amely a folyadék elpárologtatásához szükséges, vagy amely a gőz kondenzációja során kiválik?
5. Mit mutat a folyadék fajlagos párolgáshője? Mi az egysége?
6. Hogyan kell kiszámítani azt a hőmennyiséget, amely a folyadék forráspontján történő elpárologtatásához szükséges?

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. Miért hűl le nehezen a zsíros leves még azután is, hogy kimerték a tányérba?

Felelet: a zsír nagyon lassan párolog a vízhez képest, ezért a leves felszínén lévő vékony zsírréteg visszatartja a víz párolgását, így a leves lehűlése lelassul.

2. Mennyi hőmennyiség szükséges 3 kg 18 °C hőmérsékletű szesz elpárologtatásához?

Adva:

$m = 3\ \text{kg}$

$c = 2400\ \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$

$t = 18\ \text{°C}$

$t_f = 78\ \text{°C}$

$L = 900\ 000\ \frac{\text{J}}{\text{kg}}$

$Q - ?$

Megoldás:

Ahhoz, hogy a szeszt elpárologtassuk, előbb fel kell melegíteni a forráspontjáig, azután elpárologtatni.

A szesz felmelegítéséhez szükséges hőmennyiséget a következő képlettel határozhatjuk meg:

$Q_1 = cm\,(t_f - t)$.

A szesz elpárologtatásához szükséges hőmennyiséget ezzel a képlettel határozhatjuk meg:

$Q_2 = Lm$.

Akkor a szesz melegítéséhez és elpárologtatásához szükséges hőmennyiséget így határozzuk meg:

$Q = Q_1 + Q_2 = cm(t_f - t) + Lm = m(c(t_f - t) + L)$.

Behelyettesítve a mennyiségek értékeit:

$Q = 3\ \text{kg}\ (2400\ \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}\ (78\ \text{°C} - 18\ \text{°C}) + 900\ 000\ \frac{\text{J}}{\text{kg}}) =$

$= 1\ 044\ 000\ \text{J} = 1044\ \text{kJ} = 1{,}044\ \text{MJ}.$

Felelet: $Q = 1{,}044\ \text{MJ}$.

A szint

409. Mivel magyarázható, hogy a folyadék párolgása bármilyen hőmérsékleten végbemegy?
410. A turista hideg forrásvizet töltött az edénybe és észrevette, hogy az edény külső falát folyadékcseppek lepték el. Magyarázzátok meg a jelenséget!
411. Miért szeletelik fel vékony szeletekre a szárításra szánt gyümölcsöket?
412. Miért száradnak fel lassabban a tócsák az erdei utakon, mint a mezein?

413. Mennyi hő szükséges 150 g víz gőzzé alakításához 100 °C-on?
414. Mennyi hő válik ki 10 kg vízgőz kondenzációjakor?

B szint

415. Köztudott, hogy a víz túlzott kipárolgása a talajból a talaj kiszáradásához és a termésátlag csökkenéséhez vezet. Azonban párolgás nélkül elképzelhetetlen a növények fejlődése. Miért?
416. A hideg vizet üvegbe, szövetborítású kulacsba, illetve égetett agyagedénybe töltötték. Az égetett agyag pórusos szerkezetű. Melyik edényben lesz a leghidegebb a víz? A legmelegebb?
417. A nedves éghajlaton élő növények széles levelűek, a száraz éghajlaton honos növények levelei keskenyek és függőlegesen helyezkednek el. Miért?
418. 5 kg 20 °C-os desztillált vizet előbb a forráspontjáig kell melegíteni, majd gőzzé alakítani. Mekkora hőmennyiség szükséges ehhez?
Az alábbi két eset melyikében válik ki több hő:
1) 5 kg víz lehűtésekor 100 °C-ról 0 °C-ig;
2) 5 kg vízgőz hőmérséklet-változás nélküli lecsapódásakor?
419. Mekkora hőmennyiség szükséges 2 kg –10 °C hőmérsékletű jég teljes mértékű gőzzé alakításához?
420. Írjátok le a grafikonon ábrázolt folyamatokat (260. ábra)!



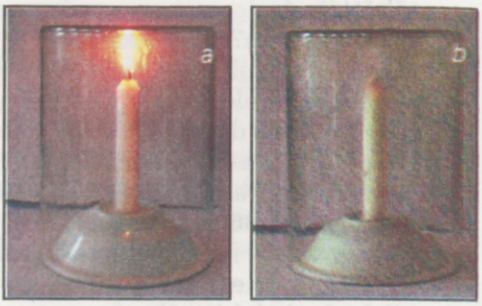
260. ábra

49. §. A TÜZELŐANYAGOK ÉGÉSE. A TÜZELŐANYAGOK FAJLAGOS ÉGÉSHŐJE

A vasúti mozdonyok, gépkocsik és traktorok, repülőgépek és egyéb közlekedési eszközök mozgását a különféle üzemanyagok biztosítják. Az iparban, a közlekedésben és a mindennapi életben a következő tüzelőanyagokat használják: szén, égőpala, kőolaj, benzin, dízelolaj, földgáz stb.

Tisztázzuk, milyen feltételek mellett megy végbe a tüzelőanyag teljes elégése és ez milyen következményekkel jár.

◆ **1. kísérlet.** Meggyújtunk egy gyertyát. Égni fog. Ráborítunk egy üvegedényt (261. *a* ábra). Egy idő múlva a gyertya elalszik (261. *b* ábra). Miért?



261. ábra

Az égéshez levegőre van szükség.

◆ **2. kísérlet.** A dugattyúval ellátott hengert egy üveggömbhöz csatlakoztatjuk. A dugattyúra súlyt helyezünk. Szárazszesz égetésével felmelegítjük a gömböt. A gömbben található levegő kitágul és kitolja a dugattyút, amely eközben felemeli a súlyt. Vagyis a levegő munkát végez.

A tüzelőanyag elégése közben energia válik ki, aminek révén munkavégzés történik.

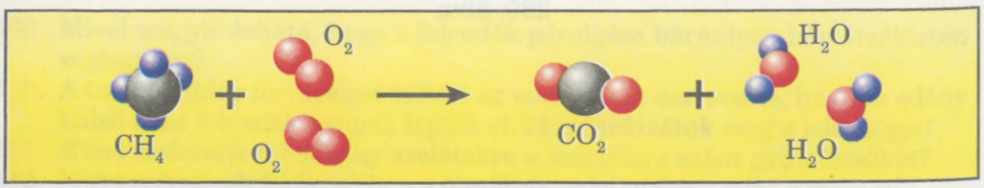
A szén, a kőolaj, a fűtőolaj, a fa szenet tartalmaz (10. táblázat). Az égés során a szén molekulái egyesülnek a levegőben lévő oxigénnel. Minden egyes szénmolekula két oxigénmolekulával kerül kölcsönhatásba, ennek eredményeként szén-dioxid keletkezik. Létrejöttét energia kiválása kíséri.

A szén teljes elégésekor szén-dioxid keletkezik, valamint energia válik ki:

$$C + O_2 = CO_2 + 402\ kJ.$$

Az égés a molekulák átrendeződésével jár, egyes molekulák megszűnnek, míg mások keletkeznek. Például a metán égésekor szén-dioxid és víz keletkezik (262. ábra), amit energia-kiválás kísér:

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O.$$



262. ábra

Az égés során az anyag belső energiájának változása nem hőcsere, vagy a testen végzett munka útján történik, hanem olyan termokémiai jelenségeinek révén, amelyben a tüzelőanyag részt vesz. Eközben az égéstermékek molekuláinak mozgási energiája, tehát a hőmérséklete is nagyobb lesz, mint a tüzelőanyag molekuláié.

A tüzelőanyag égése során a tüzelőanyag molekulái kölcsönhatásba lépnek az oxigénmolekulákkal, amit bizonyos hőmennyiség kiválása és új anyagok keletkezése kísér (10. táblázat).

10. táblázat

Egyes tüzelőanyag-fajták főbb jellemzői

Tüzelőanyag	A tüzelőanyag összetétele az összetevők százalékos arányában	A tüzelőanyag égési hőmérséklete (oxigén jelenlétében, a lánggal való érintkezéskor), °C	1 kg tüzelőanyag elégetéséhez szükséges levegő térfogata, m^3	1 kg tüzelőanyag teljes elégésekor keletkező keverék térfogata, m^3	Annak a víznek a térfogata, amelyet fel lehet forralni 1 kg tüzelőanyag teljes elégésekor keletkezett hővel, l
Száraz fa	Szerves anyagok – 83, ebből: Szén – 50 Oxigén – 43 Hidrogén – 6 Nitrogén – 1 Ásványi anyagok – 2 Víz – 15	300	3,5	4 (szén-dioxid, vízgőz, nitrogén)	40
Kőszén	Szén – 78 Hidrogén – 5 Oxigén – 6,4 Nitrogén – 1,4 Kén – 0,7 Salak – 7,3 Nedvesség – 1,2	600	9	9,5 (szén-dioxid, vízgőz, nitrogén, kén(IV-oxid)	100
Antracit	Szén – 95				
Fűtőolaj	Szén – 82–86 Hidrogén – 11–14 Kén – 0,5-ig	55	11	11,5 (szén-dioxid, vízgőz, nitrogén, kén(IV-oxid)	125

◆ **3. kísérlet.** Két egyforma poharat azonos mennyiségű vízzel töltünk fel. Az egyik pohár alatt egy, a másik alatt két szárazszesz tablettát gyújtunk meg. A poharakban található víz hőmérsékletét hőmérő segítségével állapítjuk meg. A száraz tüzelőanyag teljes elégését követően a víz hőmérséklete a második pohárban magasabb lesz, mint az elsőben.

A tüzelőanyag teljes elégésekor kiváló hőmennyiség a tüzelőanyag tömegétől függ.

A hőerőgépek tervezésekor és megépítésekor tudni kell, mekkora hőmennyiség szükséges az adott gép működéséhez, vagyis meg kell választani a tüzelőanyag fajtáját. A tüzelőanyag mennyiségének meghatározásához tudni kell, mekkora hőmennyiség válik ki a teljes elégésekor. Azért, hogy összehasonlíthassák, melyik tüzelőanyag-fajta ad le több hőt a teljes elégésekor, bevezették a tüzelőanyag fajlagos égéshőjének fizikai fogalmát.

Azt a hőmennyiséget, amely 1 kg tüzelőanyag teljes elégésekor kiválik, a tüzelőanyag fajlagos égéshőjének nevezzük.

A tüzelőanyag fajlagos égéshőjét q betűvel jelölik. Mértékegysége az SI rendszerben **egy joule per kilogramm** ($1\ \frac{J}{kg}$). A gyakorlatban általában a többszörösét, az **egy megajoule per kilogrammot** ($1\ \frac{MJ}{kg}$) alkalmazzák.

$$1\ \frac{MJ}{kg} = 1\,000\,000\ \frac{J}{kg}.$$

A tüzelőanyag fajlagos égéshője a különböző fajta tüzelőanyagok energetikai jellemzője.

A legelterjedtebb tüzelőanyagok fajlagos égéshője a 11. táblázatban található.

11. táblázat

A tüzelőanyagok fajlagos égéshője

Tüzelőanyag	q, $\frac{MJ}{kg}$	Tüzelőanyag	q, $\frac{MJ}{kg}$	Tüzelőanyag	q, $\frac{MJ}{kg}$
Faszén	34,0	Benzin	46,0	Hidrogén	120,0
Antracit	30,0	Petróleum	46,0	Metán	50,0
Kőszén	27,0	Kőolaj	44,0	Acetilén	48,1
Barnaszén	17,0	Dízelolaj	42,7	Földgáz	44,0
Tőzeg	14,0	Fűtőolaj	41,0	Propán	42,4
Trotil	15,0	Éter	34,0	Ammónia	18,4
Száraz fa	11,0	Etilalkohol	27,0	Szén-dioxid	10,1
Nedves fa	8,0	Szesz	25,0		
Lőpor	3,8	Metilalkohol	19,5		
Feltételes tüzelőanyag	30,0				

Fontos megjegyezni, hogy a táblázatban feltüntetett adatok a tüzelőanyag teljes elégésekor kiváló hőmennyiségnek felelnek meg.

Ahhoz, hogy kiszámítsuk, mennyi hőmennyiség válik ki 5 kg petróleum teljes elégésekor, a következőképpen kell okoskodnunk. 1 kg petróleum elégésekor 46 MJ energia válik ki. Ha 5 kg petróleum ég el, a kiváló hőmennyiség ötször nagyobb lesz: 46 MJ · 5 = 230 MJ.

Ahhoz, hogy meghatározzuk azt a hőmennyiséget, ami egy bizonyos tüzelőanyag adott tömegének teljes elégésekor kiválik, a fajlagos égéshőt meg kell szorozni a tüzelőanyag tömegével.

$$Q = qm,$$

ahol Q a tüzelőanyag teljes elégésekor kiváló hőmennyiség; q a tüzelőanyag fajlagos égéshője; m a tüzelőanyag tömege.

EZT JÓ TUDNI

- A tüzelőanyagban található szén nem teljes elégésekor a kályhákban vagy kazánokban, a belső égésű motorokban szén-monoxid keletkezik: $C + O_2 = 2CO$. Ez az egyik legmérgezőbb vegyület. Színtelen, szagtalan (tiszta alakjában), valamivel könnyebb a levegőnél, rosszul oldódik a vízben, rendkívül alacsony a forráspontja (–191,5 °C). Jobban kötődik a vér hemoglobinjához, mint az oxigén. Belélegzésekor légszomj lép fel, amit fejfájás, eszméletvesztés kísér. Ha a helyiség légterében 0,4% a szén-monoxid aránya, az erős mérgezés következtében beáll a halál. Elsősegélynyújtáskor a balesetet szenvedett személyt ki kell vinni a friss levegőre, és mesterséges légzést kell alkalmazni. Ajánlott óvatosan szalmiákszeszt is belélegeztetni vele.

KÉRDÉSEK

1. Mit nevezünk a tüzelőanyag fajlagos égéshőjének?
2. Melyik tüzelőanyagoknak a legmagasabb a fajlagos égéshője? A legkisebb?
3. Milyen módszerrel érik el a tüzelőanyag teljes elégését?

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

Oldjuk meg együtt!

1. Minden tüzelőanyag levegő jelenlétében bizonyos hőmérsékleten meggyúl nyílt lángon: például a fűtőolaj 55 °C-on, a száraz fa 300 °C-on, a kőszén pedig 600 °C-on. Kezdhetjük-e azzal a tűzrakást, hogy kőszenet szórunk a kazánba?

Felelet: nem, mivel a kőszén nem gyúl meg, mert a kazánban nincs meg az ehhez szükséges hőfok.

2. Mennyi vizet lehet 0 °C-ról 100 °C-ra felmelegíteni 1 kg hidrogén elégetésével?

Adva:
$t_1 = 0\ °C$
$t_2 = 100\ °C$
$m = 1\ kg$
$c = 4200\ \frac{J}{kg \cdot °C}$
$q = 120\ 000\ 000\ \frac{J}{kg}$

$m_v - ?$

Megoldás:
A tüzelőanyag teljes elégésekor kiváló hőmennyiséget a következő képlettel határozzuk meg:
$Q = qm.$
Az víz felmelegítéséhez szükséges hőmennyiséget a következő képlettel határozhatjuk meg:
$Q = cm_v (t_2 - t_1).$
Úgy tekintjük, hogy a hidrogén elégésekor kivált összes energia a víz melegítésére fordítódik.
Akkor: $qm = cm_v (t_2 - t_1).$

Innen $m_v = \frac{qm}{c(t_2 - t_1)}.$

Behelyettesítve a mennyiségek értékeit:

$$m_v = \frac{120\ 000\ 000 \frac{J}{kg} \cdot kg}{4200 \frac{J}{kg \cdot °C} \cdot 100\ °C} = 285{,}7\ kg.$$

Felelet: $m_v = 285{,}7\ kg.$

A szint

421. Soroljátok fel az általatok ismert tüzelőanyag-fajtákat!
422. Milyen tüzelőanyagokat használnak fűtésre Ukrajnában?
423. Mit jelent a kifejezés: az antracit égéshője $3 \cdot 10^7\ \frac{J}{kg}$, a száraz fáé $1 \cdot 10^7\ \frac{J}{kg}$?
424. Azonos mennyiségű fát, kőszenet, tőzeget kell-e elégetni a kályhában ugyanakkora szobahőmérséklet eléréséhez?
425. Miért válik ki a nedves fa égésekor kevesebb hő, mintha száraz fát égetnénk?
426. A kazánban 12 kg kőszenet égettek el. Mennyi hőmennyiség vált ki eközben?

B szint

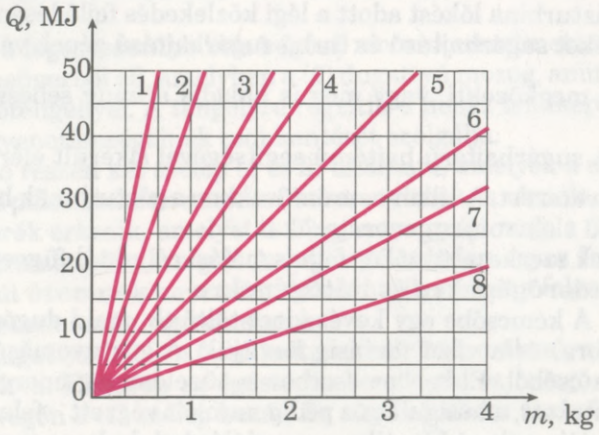
427. Elégettek 2 kg kőszenet, amelyben 90% tiszta szén van. Határozzátok meg az eközben kiváló szén-dioxid mennyiségét, ha 12 g tiszta szén elégésekor 44 g szén-dioxid keletkezik!
428. A szén-dioxid két kémiai elemből áll: szénből (27,2%) és oxigénből (72,8%). Határozzátok meg, mekkora tömegű oxigén van 50 g szén-dioxidban, mekkora tömegű szén van 25 g szén-dioxidban. Mekkora tömegű szén és oxigén egyesülésére van szükség 200 g szén-dioxid előállításához?
429. A szoba méretei: hossza 4 m, szélessége 2,8 m, magassága 2,5 m. Milyen mennyiségű száraz fa éghet el a szoba levegőjének felhasználásával? 10 kg

száraz fa teljes elégéséhez 7 m^3 oxigén szükséges. Normál légnyomáson az oxigén térfogata a szobában a levegő térfogatának 0,2 térfogatrészét teszi ki.

430. Mennyi hő válik ki 15 kg faszén teljes elégésekor? 7 kg szesz teljes elégésekor? Hasonlítsátok össze ezeket a hőmennyiségeket! Vonjatok le következtetést!

431. Hány fokkal lehet emelni 2 kg víz hőmérsékletét 10 g szesz teljes elégése révén, ha a teljes energiamennyiség a víz melegítésére fordítódik?

432. A 263. ábra egyes tüzelőanyagok – metán (*1*), benzin (*2*), antracit (*3*), barnaszén (*4*), száraz tőzeg (*5*), égőpala (*6*), nyers fa (*7*) és szilárd rakétahajtómű üzemanyag (*8*) – hőmennyisége és a tömege közötti összefüggés grafikonját mutatja. A grafikon alapján határozzátok meg:



263. ábra

a) a 2 kg száraz tőzeg elégésekor kiváló hőmennyiséget;
b) a benzin fajlagos égéshőjét;
c) melyik üzemanyagnak legnagyobb a fajlagos égéshője; legkisebb;
d) mennyi fát kell elégetni 20 MJ energia kiválásához;
e) mennyi égőpalát kell elégetni ahhoz, hogy ugyanannyi hő váljon ki, mint 0,5 kg benzin teljes elégésekor;
f) mennyi antracitot kell elégetni ahhoz, hogy 0 °C-ról 100 °C-ra melegítsünk egy cinkveder vizet? A veder tömege 1 kg, térfogata 10 l.

50. §. HŐERŐGÉPEK. A HŐERŐGÉPEK ALKALMAZÁSÁNAK ÖKOLÓGIAI PROBLÉMÁI

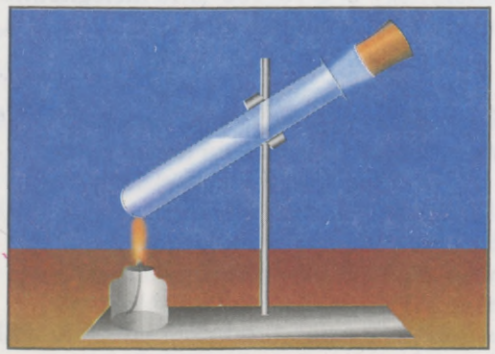
A hőerőgépeket a XVIII. sz. elején, a textil- és a vasipar robbanásszerű fejlődésének időszakában hozták létre. Thomas Savery 1698-ban elkészíti első gőzerővel működő vízszivattyúját. Thomas Newcomen 1712-ben megépíti az első, gyakorlati célokat szolgáló gőzgépet: bányákból való vízszivattyúzásra szolgál. Oroszországban a hőerőgépet 1765-ben I. Polzunov hozta létre, majd 1784-ben Angliában J. Watt kapott szabadalmat az univerzális hőerőgépre. A hőerőgépek, a belső égésű motorok létrehozása megalapozta a gépkocsi- és repülőgépgyártás fejlődését. A gázturbina lökést adott a légi közlekedés fejlődésének. A dugattyús motoros repülőket sugárhajtású és turbó-sugárhajtású gépek váltották fel, amelyek sebessége megközelíti, vagy meg is haladja a hang sebességét ($330 \frac{m}{s} = 1188 \frac{km}{h}$). A sugárhajtású hajtómű segítségével sikerült elérni az emberiség ősi álmát – az űrutazást. A villamos erőművekben a gőzturbinák hozzák mozgásba az áramtermelő elektromos generátorokat.

A hőerőgépek szerkezetüktől és felhasználási céljuktól függetlenül két típusra oszthatók: **hőerőgépekre és hűtőgépekre**.

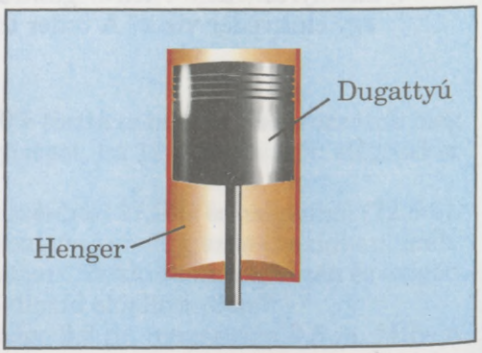
◆ **Kísérlet.** A kémcsőbe egy kevés vizet töltünk, majd dugóval szorosan bezárjuk (264. ábra) és a vizet forrásig hevítjük. A gőz nyomásának hatására a dugó kirepül a csőből. Ebben az esetben a tüzelőanyag energiája a gőz belső energiájává változott, a kitáguló gőz pedig munkát végzett – felemelte a dugót. A gőz belső energiája a dugó kinetikus energiájává alakult.

Ha a kémcsövet szilárd hengerre, a dugót pedig szorosan illeszkedő dugattyúra cseréljük (265. ábra), a legegyszerűbb hőerőgépet kapjuk, amelyben a tüzelőanyag belső energiája a dugattyú mechanikai energiájává alakul.

Hőerőgépeknek azokat a gépeket nevezzük, amelyekben a tüzelőanyag belső energiája mechanikai energiává alakul át.



264. ábra



265. ábra

A hőerőgépekhez tartoznak: **a gőzgép, a belső égésű motor (karburátoros, dízel), a gőz- és gázturbina, sugárhajtóművek.**

Ezekben a motorokban a tüzelőanyag belső energiája előbb a gáz vagy gőz belső energiájává alakul. A kitáguló gáz miközben munkát végez lehűl, és belső energiájának egy része mechanikai energiává alakul.

Belső égésű motor. Az elnevezés abból ered, hogy a tüzelőanyag a motor belsejében, a hengerben ég el.

Az első belső égésű motort E. Lenoir francia mérnök alkotta meg 1860-ban. Az ilyen motor attól jobb a többi hőerőgépnél, hogy viszonylag kicsi a mérete és a tömege. Ez lehetővé tette felhasználását a közlekedésben (gépkocsi, traktor, mozdony), a repülésben, a hajókon.

A belső égésű motorok folyékony üzemanyagot használnak (benzin, dízelolaj, kőolaj).

A 266. ábrán a legegyszerűbb belső égésű motor keresztmetszetét látjuk.

A motor egy hengerből áll, amelyben a (*3*) dugattyú mozog, amit a (*4*) hajtórúd köt össze (*5*) a főtengellyel. A tengelyre rögzítik a nehéz lendkereket (*6*), ami a tengelyforgás egyenetlenségeinek csökkentését szolgálja.

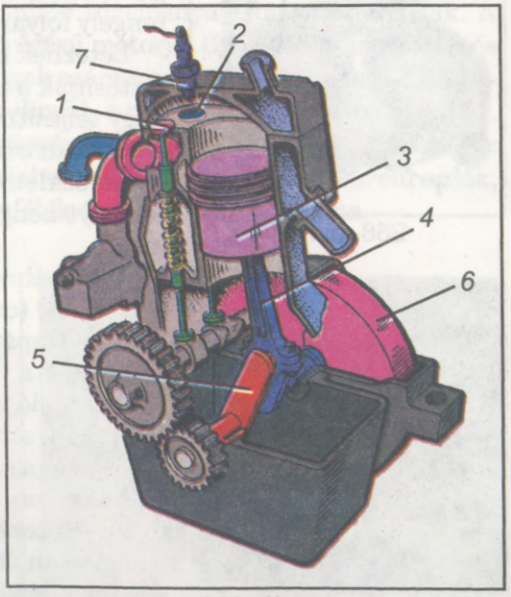
A henger felső részén két szelep (*1* és *2*) található, amelyek a motor működésekor a megfelelő pillanatokban automatikusan nyitnak és zárnak. Az (*1*) szelepen a hengerbe keverék érkezik, amelyet a (*7*) gyertya gyújt meg, a (*2*) szelep pedig az égéstermék kivezetésére szolgál. A dugattyú minden egyes fel, illetve lefelé való elmozdulását **ütemnek** nevezzük. Áttekintjük azokat a folyamatokat, amelyek az egyes ütemek során végbemennek.

Mozogjon a dugattyú lefelé a felső holtpontból (267. *a* ábra), a (*1*) szívószelep pedig legyen nyitva. Eközben az égéstérbe benzingőz és levegő robbanóelegye kerül. Az ütem végén a (*1*) szelep bezár. Ez a **szívó ütem (szívás).**

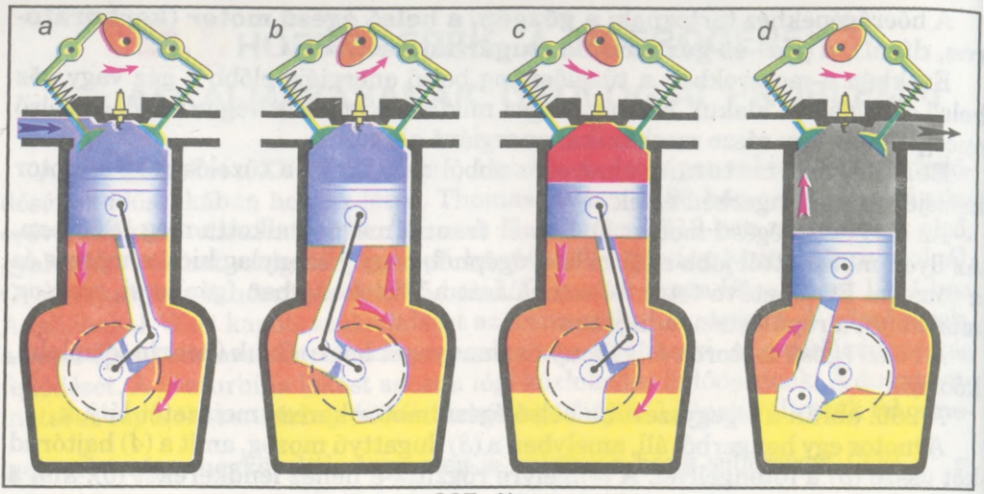
A dugattyú felfelé mozog, összenyomva a robbanóelegyet (267. *b* ábra). Ezt az ütemet **sűrítésnek** nevezik. Közvetlenül azelőtt, hogy a dugattyú eléri a felső holtpontját, a (*7*) gyertyán szikra ugrik át, a robbanóelegy begyúl.

A motor harmadik üteme (267. *c* ábra) a **munkaütem**. A keverék égésekor a gázkeverék hőmérséklete a hengerben eléri az 1600–1800 °C-ot, a nyomás pedig a 10 000 000 Pa-t. A forró gáz nagy erővel nyomja a dugattyút, ami leereszkedik és a (*4*) hajtókar valamint a forgattyús hajtómű segítségével mozgásba hozza a főtengelyt.

A munkaütem végén, amikor a dugattyú az alsó holtpontba kerül, kinyílik a (*2*) kipufogószelep (267. *d* ábra).



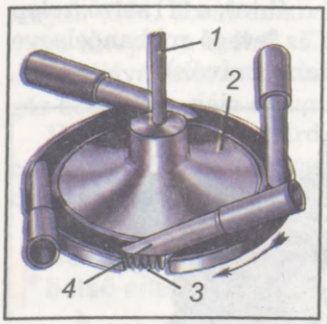
266. ábra



267. ábra

Megkezdődik a negyedik ütem, a **kipufogás**. A dugattyú felfelé mozogva kiszorítja a légkörbe az égéstermékeket.

Tehát a négyütemű motor működése a következő négy folyamatból áll: **szívás, sűrítés, munkaütem** és **kipufogás**.



268. ábra

A gépkocsikban a leggyakrabban négyhengeres belső égésű motorokat használnak. A hengerek működését úgy hangolják össze, hogy minden egyes hengerben soron követi egymást a munkaütem, és a főtengely folyamatosan energiához jut a dugattyúktól.

Léteznek nyolchengeres motorok is. Ezek jobban biztosítják a tengely egyenletes forgását és ráadásul nagy teljesítményűek.

Gőzturbina. Olyan hőerőgép, amelyben a magas hőmérsékletre hevített gőz nagy nyomást ér el és a tengelyt henger, hajtókar és főtengely nélkül hajtja meg.



269. ábra

A 268. ábra a legegyszerűbb gőzturbinát szemlélteti. Az *(1)* tengelyen járókerék található, amelynek peremén lapátokat *(3)* rögzítettek. A lapátok mellett találhatók a fúvókáknak *(4)* nevezett csövek. A kazánban fejlődött gőz a fúvókákhoz érkezve áramlatokat kelt, amelyek nagy erővel hatnak a lapátokra és forgó mozgást kölcsönöznek a turbina kerekének.

A korszerű gőzturbinákban több, azonos tengelyre rögzített kereket használnak (269. ábra). A gőz folyamatosan áthalad az összes kerék lapátján, mindegyiknek leadva energiája egy részét.

A gőzturbinák nélkülözhetetlen hőerőgépei a hő- és atomerőműveknek. Az első gyakorlati felhasználásra is alkalmas gőzturbinát 1889-ben K. Laval készítette.

Gázturbina és sugárhajtómű. A gőzturbina és a belső égésű motor előnyeit a gázturbina egyesíti, amelyben a gáz belső energiája a tengely kinetikus energiájává alakul.

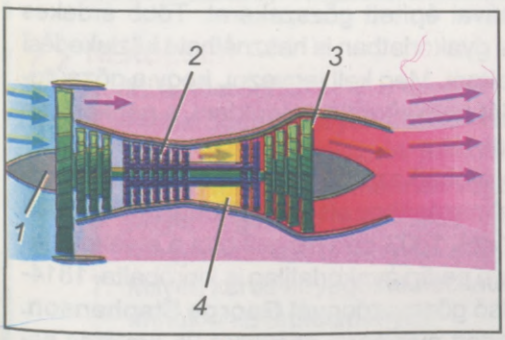
A gázturbina égésterébe (*4*) (270. ábra) a (*2*) kompresszor segítségével kb. 200 °C-os sűrített levegőt adagolnak, és nagy nyomáson befröcskölik a folyékony üzemanyagot. Az égés során az üzemanyag, a levegő és az égéstermékek 1500–2200 °C-ig hevülnek. A nagy sebességgel mozgó gáz a turbina (*3*) lapátjaira kerül. A turbina egyik kerekéről a másikra jutva a gáz leadja a belső energiáját, ezáltal forgásba hozza a turbinát. A kapott mechanikai energia, például a repülőgép légcsavarja (*1*) vagy az elektromos generátor mozgatására használható.

A rakétákban (sugárhajtóművekben) az üzemanyag az égéstérben ég el (271. ábra). A keletkezett gázok nagy erővel nyomják a falait. Az égéstér egyik végén fúvóka található, amelyen keresztül áramlanak az égéstermékek a környezetbe. A rakéta elrugaszkodik a kiáramló gáztól és az ellenkező irányba kezd mozogni. Az ilyen hajtóműveket **reaktívnak** nevezik. A sugárhajtóművekben az üzemanyag belső energiája a mozgó rakéta kinetikus energiájává alakul.

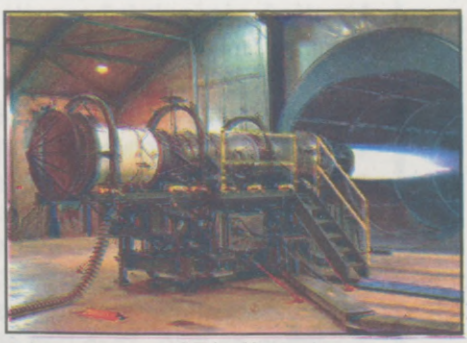
A sugárhajtóművek lehetőségét és szükségességét repülő szerkezetek világűrbe juttatására 1903-ban Konsztantyin Ciolkovszkij alapozta meg.

Életetek során állandóan találkozhattok különféle motorokkal. Ezek hozzák mozgásba a gépkocsikat és repülőket, traktorokat, hajókat és mozdonyokat. A hőerőgépek termelik az elektromos áramot az erőművekben.

A hőerőgépek működése során különféle tüzelőanyagokat alkalmaznak. A hőerőművek kazánjai, a gépkocsik belső égésű motorjai (272. ábra), a repülők és más gépek az emberek, állatok és növények számára ártalmas anyagokat juttatnak a környezetbe (szén-monoxid, szén-dioxid, a nitrogén és a kén oxidjai stb.). Ezek az anyagok a levegőben lévő nedvességgel reagálva savakat alkotnak. Ez okozza a savas esőket, amelyek következtében megsemmisülnek a tűlevelű erdők, elpusztulnak a halak, csökken a gabonafélék és a cukorrépa hozama.



270. ábra


271. ábra

A gépkocsik számának növekedése, különösen a városokban, a légkör kipufogógázok okozta súlyos szennyeződéséhez vezet. Csökkentéséhez a motorokat úgy szabályozzák, hogy az üzemanyag minél tökéletesebben égjen, és csökkenjen a kipufogógázok szén-monoxid tartalma, magas oktánszámú, tisztább üzemanyaggal működő motorokat gyártanak, alkalmaznak.



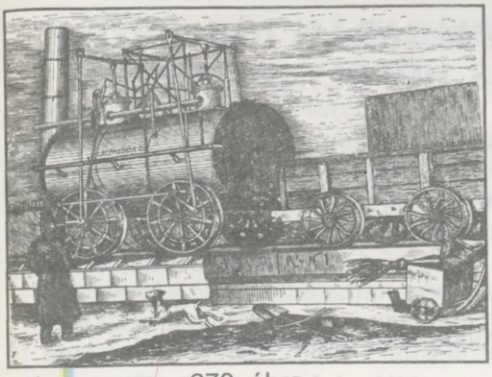
272. ábra

A gőzturbinák használata az erőművekben sok vizet és nagy területet igényel, amelyet a fáradt gőz hűtésére szolgáló víztározók igényelnek. A terület és a vízkészlet megtakarítására célszerű komplex erőműveket építeni, amelyek zárt vízgazdálkodásúak.

A környezetszennyezés elleni harc leghatékonyabb módszere a belső égésű motorok lecserélése elektromosokra, amelyek a Föld, a Nap és a szél energiáját hasznosítják.

EZT JÓ TUDNI

- A gőz felhasználásának ötlete a közlekedésben még a XVII. században felmerült. A konstruktőrök előbb a közönséges szekerekhez próbálták hozzáigazítani a gőzgépeket. 1763. október 23-án a francia **Nicolas-Joseph Cugnot** Párizsban útra bocsátotta saját gőzmeghajtású motorral rendelkező, igen tekintélyes méretű gőzkocsiját, ami a gőzmozdony és a gépkocsi közös ősének tekinthető. E járműnek még negyedóránként meg kellett állnia, hogy elegendő gőz termelődjön a haladásához. 1787-ben az amerikai **Evans** is gőzszekeret épített, de a gyakorlati felhasználás szempontjából ez is használhatatlan volt. A XVIII. sz. 80-as éveinek végén J. Watt tanítványa és segítője, **William Murdock** a mestere saját szerkesztésű gépének felhasználásával épített gőzszekeret. Több érdekes felépítésű modellt konstruált, de a gyakorlatban is használható közlekedési eszközt neki sem sikerült megépíteni. Meg kell jegyezni, hogy a gőzautomobil létrehozásának problémáját nem sikerült megoldani, a gépkocsit a belső égésű motor alapján hozták létre.
- Abban az időben sok feltaláló próbálkozott a síneken közlekedő mozdony létrehozásával. Az ötlet alkalmazásához elsőként **Richard Trevithick** skót mérnök és gépész került közel. 1803-ban megalkotta a síneken haladó mozdonyt, a következő évben pedig gyakorlatilag is kipróbálta. 1814-ben megépítette és kipróbálta első gőzmozdonyát **George Stephenson**. A világon az első, 1825-ben átadott nyilvános gőzvasút 25 km/órás se-



273. ábra



274. ábra

besség elérésére is képes volt. Szerkezete megoldotta a gőzhajtású vasút problémáját (273. ábra).

- A gőzhajó története sem marad el a gőzmozdonyétól. Még a XVIII. sz. elején **Denis Papin** szerkesztett egy csónakot, amelyet gőzgép hajtott. De a gép fejletlensége miatt a csónak sebessége viszonylag kicsi volt. 1736-ban az angol **Jonatan Cols** sikertelenül próbálta felhasználni a hajókon **T. Newcomen** gőzgépét.
- Sikeresebb kísérletek kezdődtek **J. Watt** gépének feltalálását követően. Így, 1781-ben a francia **Jeaffruaix** olyan gőzhajót épített, amelyik egy órán keresztül képes volt haladni a folyó áramlásával ellenkező irányban. Négy évvel később az amerikai **Fitch** olyan hajót épített, amelyikben a gőzgép meghajtotta az evezőket. Gyakorlati kipróbálása viszont sikertelen volt.
- Az első gyakorlatban is hasznosítható gőzhajót **Robert Fulton** ír mérnök és gépész alkotta meg. Első kísérleteit 1803-ban Párizsban a Szajnán végezte. Napóleon nem mutatott kellő érdeklődést ezirányban, s Fulton Amerikában megépítette lapátkerekes *Clermont* nevű hajóját, mely 20 lóerő (14,7 kW) teljesítményű volt, a hossza 43 méter, a hajtóereje 15 tonnát volt képes szállítani. A hajót a Hudson folyón próbálták ki New Yorktól Albany-ig a 150 mérföldes (270 km) szakaszon. A siker szilárd alapjává vált a gőzhajózás további fejlődésének (274. ábra).

KÉRDÉSEK

1. Mi a hőerőgép?
2. A hőerőgépek milyen típusait ismeritek?
3. Milyen motort neveznek belső égésű motornak?
4. Milyen folyamatok mennek végbe a négyütemű motor négy üteme alatt?
5. Milyen a gőzgép felépítése?
6. Magyarázzátok el, hogyan működik a gázturbina és a sugárhajtómű!
7. Milyen káros anyagokat bocsátanak ki a légkörbe a hőerőgépek? Mi lehet ennek a következménye?

51. §. AZ ENERGIAMEGMARADÁS TÖRVÉNYE A MECHANIKAI ÉS HŐFOLYAMATOKBAN

A Föld fölé emelt test esésekor potenciális energiája csökken, ugyanakkor kinetikus energiája nő. Az ólom- vagy a gyurmagolyó becsapódásakor a padlóba vagy egy ólomlemezbe a golyó mechanikus energiája nullára csökken, de megnő a padló vagy a lemez belső energiája. A gépkocsi vagy a traktor belső égésű motorjában az üzemanyag belső energiája révén nő a motor mozgó alkatrészeinek kinetikus energiája.

A testek mechanikus és belső energiája kölcsönösen átalakulhat.

A vízturbina kerekei a víz kinetikus energiájának köszönhetően forognak, a szélgenerátor légcsavarja pedig a szél kinetikus energiája révén. A hőcsere során az egyik test belső energiája a másik test belső energiájának megváltozása révén változik (például a víz belső energiája a beledobott forró vasdarab belső energiájának csökkenése következtében nő).

A forró és a hideg víz összekeveredésének példáját vizsgálva, a megfelelő számításokat elvégezve arra a következtetésre jutottunk, hogy a forró víz által leadott hőmennyiség egyenlő azzal a hőmennyiséggel, amit a hideg víz felvett. A *hőegyensúly tanulmányozása különböző hőmérsékletű vízmennyiségek összekeverésekor* című laboratóriumi munka teljes egészében igazolta volna ezt a következtetést, amennyiben olyan feltételek mellett végeztük volna el, ami kizárja a hőátadást a hideg vízen kívül minden más testnek, vagy figyelembe vettük volna a veszteségeket.

A hőcsere során az abban részt vevő testek által alkotott rendszerben a hőmennyiség állandó marad.

A megfigyelések és a kísérletek elvezettek az energiamegmaradás és -változás törvényének felfedezéséhez.

Az energia nem tűnik el és nem keletkezik a semmiből, csupán átalakul egyik fajtájából a másikba, miközben összértéke végig megmarad.

A test csak más testtel való kölcsönhatása következtében növelheti energiáját. A szél vagy az óceánok vizeinek áramlatai a Nap energiájának köszönhetően alakul ki. A rakéta potenciális és kinetikus energiája a kilövésére és repülésére fordított üzemanyag belső energiája révén növekszik. A szoba levegője annak az energiának köszönhetően melegszik fel, amit a fűtőtesttől vagy a kályhától kapott.

Az energiamegmaradás és -változás törvénye a természet egyik alapvető törvénye. Ezt a törvényt mindig számításba kell venni a tudományban és technikában, segítségével a természet számos jelensége megmagyarázható.

KÉRDÉSEK

1. Miben rejlik az energiamegmaradás törvénye a mechanikai és hőfolyamatokban?
2. Hozzatok fel példákat a különböző energiafajták átalakulására!
3. Minek köszönhetően mozog az autó az úton, a rakéta az űrben, a csónak a vízen?

52. §. A HŐFORRÁS HATÁSFOKA

Bármilyen hőforrás esetében fontos annak az ismerete, hogy a tüzelőanyag elégésekor kiváló energia (vagy az elektromos hőforrás munkája) mekkora részét fordítja hasznos munkává. Minél nagyobb ez az energiarész, annál gazdaságosabb a hőforrás. A különböző hőforrások gazdaságosságának jellemzésére bevezették **a hőforrás hatásfokának** fogalmát.

A hőforrás által felhasznált energia hasznos munkára fordított részének és a tüzelőanyag elégésekor kiváló (vagy az elektromos hőforrás működése során felhasznált) teljes energiának az arányát a hőforrás hatásfokának nevezzük.

A hatásfok jele a görög η (éta) betű és általában **százalékban** (%-ban) fejezik ki.

$$\eta = \frac{A_h}{Q},$$

ahol η a hőforrás hatásfoka; A_h az elvégzett hasznos munka; Q a hőforrás által kibocsátott teljes hőenergia.

Határozzuk meg például a szeszégő, a forrasztópáka vagy más hőforrás hatásfokát.

Bizonyos tömegű fűtőanyag elégésekor kiváló energiát a következő képlettel számítjuk ki: $Q_2 = qm_f$.

Ez az energia például a test melegítésére, vagyis hasznos munkavégzésre fordítódik: $A_h = Q_1 = cm(t_2 - t_1)$.

A hatásfokot a következő képlettel határozzuk meg:

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 100\% = \frac{cm(t_2 - t_1)}{qm_f} \cdot 100\%.$$

Ha egy adott teljesítményű elektromos hőforrást használunk, akkor a működése közben kiváló energiát a $Q_2 = P\tau$ képlettel határozzuk meg, ahol P az elektromos hőforrás teljesítménye; τ a működési ideje.

Akkor a hőforrás hatásfokát a következőképpen határozzuk meg:

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 100\% = \frac{cm(t_2 - t_1)}{P\tau} \cdot 100\%.$$

A hőforrás hatásfoka mindig kisebb egynél, vagyis 100%-nál.

KÉRDÉSEK

1. Mit nevezünk a hőforrás hatásfokának?
2. Hogyan határozzák meg a hőforrás hatásfokát?

14. SZ. LABORATÓRIUMI MUNKA A HŐFORRÁS HATÁSFOKÁNAK MEGHATÁROZÁSA

- **A munka célja:** kísérleti úton megbizonyosodni arról, hogy a folyadék melegítésére fordított hasznos munka kisebb a tüzelőanyag teljes elégésekor keletkezett energiánál. Meghatározni a hőforrás hatásfokát.
- **Eszközök és anyagok:** szeszégő (szárazszesz), laboratóriumi állvány, vizet vagy más folyadékot tartalmazó edény, hőmérő, mérleg, súlykészlet (dinamométer).

A munka menete

1. Határozzátok meg a szeszégő és a tüzelőanyag együttes tömegét m_1! Ezt és a többi eredményt foglaljátok táblázatba!

m_1, kg	m_2, kg	Δm, kg	m, kg	c, $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$	q, $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$	t_1, °C	t_f, °C	η, %

2. A folyadékot tartalmazó edényt rögzítsétek az állványhoz! Az edény alá helyezzetek szeszégőt!
3. A hőmérővel határozzátok meg a víz kezdeti hőmérsékletét az edényben t_1!
4. Gyújtsátok meg a szeszégőt! Forraljátok fel az $m = 100$ g tömegű vizet!
5. Oltsátok el a szeszégőt! Újra határozzátok meg a szeszégő m_2 tömegét a tüzelőanyaggal!
6. Határozzátok meg a felhasznált tüzelőanyag tömegét $\Delta m = m_1 - m_2$!
7. A 11. táblázat (204. old.) alapján határozzátok meg a tüzelőanyag fajlagos égéshőjét q!
8. Az $\eta = \frac{cm(t_2 - t_1)}{\Delta m q} \cdot 100\%$ képlet segítségével határozzátok meg a szeszégő hatásfokát!
9. Vonjatok le következtetést!

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK

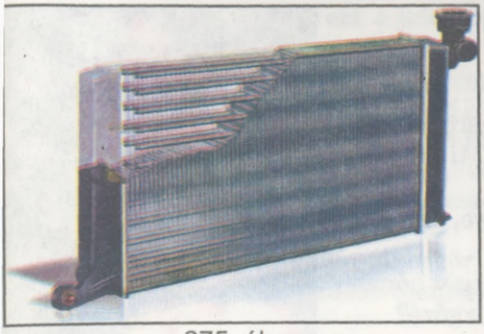
Oldjuk meg együtt!

1. A gépkocsi hűtője egy vékony csőrendszert képez, nem pedig egységes tartályt (275. ábra). Miért?

Felelet: a megfelelő hőelvezetést biztosítja a motortól a hőcserélő felület megnövelésével.

2. Milyen hőerőgépben forgatja magas hőmérsékletű gáz vagy gőzsugár a motor tengelyét henger, hajtókar és főtengely meghajtása nélkül?

Felelet: a gőzturbinában.



275. ábra



276. ábra

A szint

433. Hogyan működik, és miben különbözik egymástól az iparban alkalmazott sokféle korszerű hőerőgép?
434. Miért készítik a gépkocsi- vagy a traktormotor hűtőjének csöveit sárgarézből vagy alumíniumból?
435. A belső égésű motor működésekor miért nő a hűtővíz hőmérséklete?
436. Miért hűtik ventilátor keltette gyors légáramlattal a motor hűtőjének csöveit, méghozzá úgy, hogy a ventilátor a motorháztető alá szívja a levegőt, nem pedig kifújja a hűtőn keresztül?
437. Miért kell tiszta vizet tölteni a belső égésű motor hűtőrendszerébe?
438. Miért töltenek vizet a motorblokkba? Miért pont vizet?
439. Miért léghűtéses a motorkerékpár hajtóműve, a repülőgép motorja? Hogyan biztosítják a hatékony hűtést ezekben a motorokban?
440. A belső égésű motorok mely sajátosságai segítik elő széles körű alkalmazásukat a közlekedésben, az iparban és a mezőgazdaságban?
441. Hogyan nevezzük azt a hőerőgépet, amelynek a hengerében periodikusan elég a tüzelőanyag-keverék?
442. Hány munkaütem megy végbe a négyhengeres motorban a főtengely egy fordulata alatt?
443. A vízgőz milyen mechanikai energiáját alkalmazzák a gőzturbinákban?
444. Miért biztosítják a gőzturbinák a tengely gyors forgását?
445. A nagy teljesítményű motorral ellátott versenyautó (276. ábra) a verseny során 1000 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességet ér el. Mekkora távolságot tesz meg egyenletesen haladva 5 s alatt?
446. A trolibusz fékezett, majd megállt. Milyen energiaváltozások mentek végbe eközben?
447. Sűrű kalapácsütésekkel felmelegíthető a fémdarab. Mire fordítódik eközben a mechanikai energia?
448. Nevezzétek meg, melyik energia csökken és melyik növekszik: a) a hőerőgép működése során; b) a víz melegítése során a kazánban; c) kerékpározáskor; d) a gépkocsi kikapcsolt motorral történő haladásakor!

B szint



277. ábra

449. A belső égésű motor erős túlmelegedésekor besülhetnek a dugattyúk, megnő a méretük, ami lehetetlenné teszi a mozgásukat. Mi lehet az oka ennek?

450. Miért csökken a motor teljesítménye, ha hangtompítót szerelnek rá?

451. Miért kisebb gőzturbinában a fáradt gőz hőmérséklete, mint a lapátokra áramló vízgőzé?

452. Melyik hőerőgép alakítja át a tüzelőanyag energiáját közvetlenül a mozgó berendezés mechanikai energiájává?

453. Az égés során a sugárhajtómű égéskamrájában gázok keletkeznek, amelyek a kamra hátsó falán lévő nyíláson (fúvókán) nagy nyomás alatt, nagy sebességgel távoznak. Mely testek kölcsönhatásáról beszélhetünk eközben? Mi az oka a rakéta mozgásának? Mozogna-e a sugárhajtómű, ha az égéstéren nem lenne nyílás?

454. Az űrhajók útjuk nagyobb részét a földi atmoszférán kívül teszik meg. Magyarázzátok meg, miért lehetséges a mozgásuk a légüres térben is (277. ábra)!

455. Hány ember elől fogyasztja el a levegőt a gépkocsi, ha 4 órán keresztül 80 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel mozog? Egy ember napi oxigénszükségletét az autó egy 2,5 km-es útszakaszon elfogyasztja.

456. A modern sugárhajtású repülőgép egy óra repülésidő alatt 8 t oxigént éget el. Mennyivel lesz oxigénben szegényebb a levegő, ha a repülő 2550 km-t tesz meg 850 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel?



278. ábra

457. Nézzétek meg figyelmesen a hűtőszekrényt (278. ábra), és válaszoljatok a kérdésekre!
a) Miért festik a hűtőszekrényeket világos színűre?
b) Miért helyezkedik el a fagyasztókamra a felső részében?
c) Miért töltik ki a külső és a belső fala közötti teret habszivaccsal – pórusos anyaggal, ami rossz hővezető?
d) Mi célt szolgál a hűtő hátsó falán található csőrendszer?

458. A gépek és mechanizmusok tengelye munka közben melegszik. Mi ennek az oka, és hogyan

lehet megszüntetni ezt a jelenséget? Milyen energiaváltozások mennek végbe eközben?

459. A hegesztés egyik fajtája a dörzshegesztés. Az esztergapadon történő dörzshegesztés során például egy rúd egyik végét beszorítják a hátsó támasztékba, a másik végét pedig a forgó részbe. Összeérintve őket addig forgatják, amíg mindkét rúd a súrlódás következtében olvadáspontig melegszik. Ezután a két rúdvéget erősen összeszorítják. Milyen energiaátalakulások mentek végbe eközben?

460. A vésőt élezése közben többször is vízbe kell meríteni. Miért teszik ezt? Milyen energiaváltozások mennek végbe eközben?

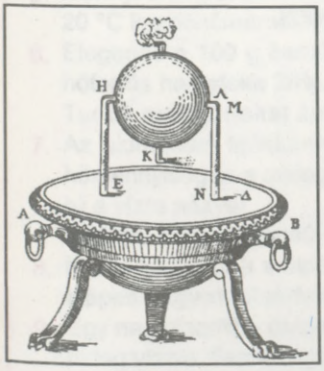
TÖRTÉNELMI TÁJÉKOZTATÓ

Az első hőerőgépet – az eolipilt – Alekszandriai Héron ógörög tudós szerkesztette az I. században (279. ábra).

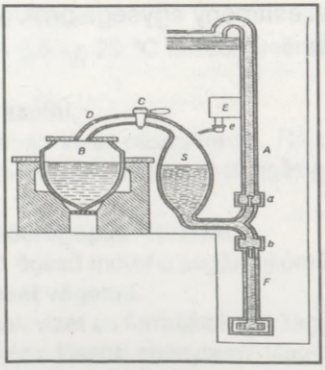
Ez a műszer egy fémgömb, két meghajlított csővel. A gömbbe vizet töltöttek és tüzet raktak alá. Amikor az így keletkezett vízgőz kiáramlott a csöveken, a golyó forogni kezdett.

A XVIII. század közepéig minden munkát emberi vagy állati izomerővel végeztek, valamint a szél és a víz természeti erejének segítségével. A működő gőzgép feltalálásának története meglehetősen hosszú. Az egyik legelső gőzszivattyú, amely a bányákban felgyülemlett víz kiszivattyúzására szolgált, a XVII. században az angol **Thomas Savery** által szerkesztett szivattyú volt (280. ábra).

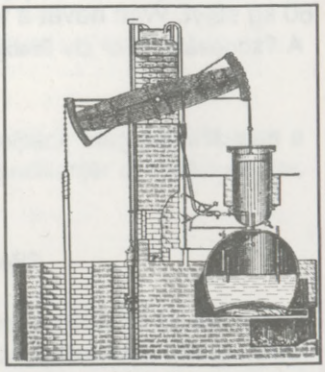
A szivattyú a következő elven működött. A *B* kazánból a gőz a *D* csövön és a *C* szelepen át az *S* tartályba kerül, és kinyomja onnan a vizet az *a* szelepen és *A* csövön keresztül. Ezután az *S* tartályt lekapcsolták a kazánról és vízzel lehűtötték. A gőz lecsapódott a tartályban, az ekkor kialakuló vákuum az *F* csövön keresztül felszippantotta a vizet, melyet később az *A* csövön át kiengedtek a szabadba. A



279. ábra



280. ábra

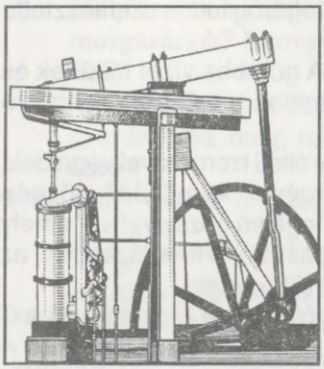

281. ábra

Savery-féle gőzszivattyú a XVIII. század elején terjedt el, javított változatait a XIX. század közepéig használták a bányákban.

Tökéletesebb gőzgépet (ún. atmoszferikus gőzgépet) szerkesztett 1705-ben egy Newcomen nevű angol kovácsmester.

Gépe (281. ábra) már rendelkezett a gőzgép fő alkatrészeivel – hengerrel és dugattyúval. A gép a következőképpen működött. A dugattyús hengerbe a csappal ellátott csövön keresztül a kazánból gőzt vezettek, és nyomása révén a felső állásba emelte a dugattyút. Ezután a csapot elzárták, ezzel elválasztva a kazánt és a hengert. A hengerbe a másik csapon át hideg vizet fecskendeztek. A gőz kondenzálódott. Ezután a kondenzátumot kiengedték, a szivattyú saját súlya alatt lefelé mozgott, majd újra gőz került a hengerbe és a folyamat megismétlődött. Így az emelővel összekötött hajtókar fel-le mozgott. Ezzel együtt az emelő másik vége mozgásba hozta a szivattyút, amely felemelte a vizet.

Savery és Newcomen gépeinek két lényeges hiányosságuk volt: elsősorban, a gép csak a dugattyú egyik mozgási irányában végzett munkát, másodsorban, állandóan nyitni, illetve zárni kellett a csapokat, vagyis a gép nem automatikusan működött.



282. ábra

1765-ben James Watt angol feltaláló egy olyan gőzgépet szerkesztett (282. ábra), amelynek egy hengere és dugattyúja volt. A gőz egy különleges mechanizmus révén felváltva, hol a dugattyú egyik, hol pedig a másik oldalából érkezett.

Egy érdekes történet maradt fenn Watt gépével kapcsolatban. Egyszer egy kis bánya tulajdonosa megállapodott a feltalálóval, hogy a gőzgépét beállítja a víz kiszivattyúzására a tárnákból. Eddig ezt a munkát lovak végezték.

– A gépének egy óra alatt legalább annyi vizet kell kiemelnie, mint a lónak – mondta a tulajdonos.

– Rendben – egyezett bele Watt. – Ez esetben az Ön lovának a teljesítményét vegyük egységnyinek.

A próba napján a ló összerogyott a fáradtságtól. Azóta létezik a technikában a teljesítmény mértékegységeként a *lóerő*. Watt ezt a teljesítményegységet megmérte és megállapította, hogy egy átlagos ló egy perc alatt 67,5 m magasra képes emelni 60 kg súlyt. Watt nevét a teljesítmény egysége örökre őrzi.

ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Hogyan lehet megváltoztatni a test belső energiáját?
2. Miért alacsonyabb a puha hótakaró hővezetése, mint a tömöré?
3. A nap mely szakában fúj a szél a tenger felé, és mikor a szárazföld felé?
4. Miért ezüstfehér színű az űrhajósok szkafandere?
5. 1 kg vizet és 1 kg olajat 1 °C-kal kell felmelegíteni. Hol van szükség több energiára?
6. Milyen halmazállapotban van az ezüst 900 °C-on?
7. Elő lehet-e állítani gáznemű aranyat?
8. Miért lőport használnak a golyókban és nem pedig más tüzelőanyagot?
9. Melyik tüzelőanyag rendelkezik a legtöbb energiával?
10. Melyik motor gazdaságosabb: a dízel vagy a karburátoros?
11. Milyen energiaátalakulások zajlanak a sugárhajtóműben?
12. Milyen módszerekkel növelhető a motor hatásfoka?

Amit már tudok, és amire már képes vagyok

Tudom, hogyan lehet megváltoztatni a test belső energiáját.

1. Nevezzétek meg a test belső energiájának megváltoztatási módját az alábbi esetekben: a) a test belső energiája megnő, ha a testen munkát végeznek; b) folyamat, amelynek során a belső energia változik, de munkavégzés nem történik; c) a test belső energiája csökken, miközben a test munkát végez.
2. 1 kg vizet és 1 kg vasat 1 °C-kal melegítettek fel. Mennyivel változott a belső energiájuk, és hogyan lehet ezt megmagyarázni az anyag molekulaszerkezetének szempontjából?

Meg tudom határozni, mekkora hőmennyiség szükséges a test felmelegítéséhez, megolvasztásához és elpárologtatásához, vagy mennyi hő válik ki a tüzelőanyag teljes elégésekor.

3. Mennyi hő szükséges a vasaló öntöttvas talpának 20 °C-ról 320 °C-ra történő felmelegítéséhez, ha tömege 2 kg?
4. Megolvasztható-e 12 kg ólom 120 000 kJ energia felhasználásával?
5. Mennyi energiát kell felhasználni ahhoz, hogy a forráspontján elpárologtassunk 3 kg 20 °C kezdőhőmérsékletű vizet?
6. Elegendő-e 100 g benzin 0,5 kg 20 °C kezdőhőmérsékletű víz felforralásához? A hőforrás hatásfoka 25%.

Tudok grafikonokat ábrázolni.

7. Az alumínium teáskannában vizet melegítenek. Rajzoljátok meg sematikusan a hőmennyiség és a melegítés ideje közötti összefüggés garafikonját: a) a teáskannára; b) a vízre nézve!

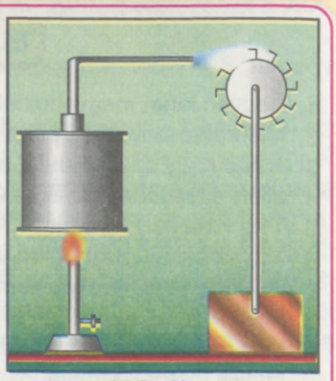
Tudom, milyen típusú hőerőgépek léteznek.

8. Miben különbözik a belső égésű motor a sugárhajtóműtől?

Képes vagyok kísérleteket végezni.

9. Egy nagy fazékba öntsetek vizet és forraljátok fel! Tegyetek bele egy kisebb edényt hideg vízzel. Felforr-e a víz a kisebb edényben? Magyarázzátok meg válaszotokat!

10. A 0 °C-os vízbe dobjatok ugyanolyan hőmérsékletű jeget. Megváltozik-e a víz hőmérséklete? Miért? **Tudom, hogyan mennek végbe az energiaváltozások.**
11. Magyarázzátok meg, miért forog a szélkerék (283. ábra)!
12. Milyen energiaváltozások mennek végbe a gázturbinában?



283. ábra

Tesztfeladatok

I. változat

1. Mi a hőmozgás?
   A. A testet alkotó részecskék rendezett mozgása.
   B. A testet alkotó részecskék rendszertelen mozgása.
   C. A test egyenes vonalú mozgása.
   D. A test nem egyenletes mozgása.
2. A síneket és más fémprofilokat hengerléssel készítik. Ehhez a fehér izzásig hevített acélöntvényt hengerek között vezetik át, amelyek felületén a síneknek megfelelő formájú csatornák vannak, így az öntvény deformálódik és felveszi a szükséges alakot. Az öntvényt többször is átvezetik a hengerek között, pótlólagosan nem melegítve. Minek a révén marad fenn a szükséges hőmérséklet a hengerlés alatt?
   A. Az elvégzett mechanikai munka révén.
   B. A belső energia révén.
   C. A hővezetés révén.
   D. Nincs helyes válasz.
3. Miért védi a vastag, puha hótakaró a kifagyástól az őszi vetést?
   A. Azért, mert jó hővezető.
   B. Azért, mert rossz hővezető.
   C. A puha hótakaróban sok a levegő, ami rossz hővezető.
   D. Nincs helyes válasz.
4. Megváltozik-e a test hőmérséklete, ha több energiát nyel el, mint amennyit kisugároz?
   A. A test melegszik.
   B. A test lehűl.
   C. A test hőmérséklete nem változik.
   D. Nincs helyes válasz.
5. Hőmennyiségnek azt a belső energiát nevezzük, …
   a) amit a test a hőcsere során egy másik testtől kap;
   b) amivel a test rendelkezik;
   c) amit a test kap, vagy lead a hőcsere során;
   d) amit a test a rajta végzett munka során kap.
6. Az ólom 327 °C-on olvad. Mit mondhatunk az ólom kristályosodási (dermedési) hőmérsékletéről?
   A. Szintén 327 °C.
   B. Alacsonyabb az olvadáspontnál.
   C. Magasabb az olvadáspontnál.
   D. Nincs helyes válasz.

gyzetelj
nkönyvbe!

7. A párolgás végbemegy...
   a) csakis forrásponton;
   b) bármilyen hőmérsékleten;
   c) egy adott hőmérsékleten minden folyadék esetén;
   d) magas hőmérsékleten.
8. A száraz fa teljes elégésekor 50 000 kJ energia vált ki. Mennyi fa égett el?
   A. 50 kg. B. 0,5 kg. C. 5 kg. D. 500 kg.
9. A gépkocsi motorjának hengerébe jutó üzemanyag-keverék ...
   a) többféle folyékony üzemanyagból áll;
   b) petróleum és levegő keverékéből áll;
   c) levegőből és benzingőzből áll;
   d) olajból és benzinből áll.
10. A bizonyos magasságra emelt golyó a homokba esik és elakad benne. Milyen energiaátalakulások történnek eközben?
    A. Potenciális és kinetikus.
    B. Potenciális és belső.
    C. Kinetikus és belső.
    D. Potenciális, kinetikus és belső.
11. A kalapács ütésekor az üllőre 15 J munkavégzés történt. Milyen mennyiségű belső energiát kapott az üllő?
    A. Kevesebb, mint 15 J.
    B. 15 J.
    C. Több, mint 15 J.
    D. Nincs helyes válasz.
12. Adott egy gázégő és egy szeszégő. Melyik hőforrásnak jobb a hatásfoka?
    A. A szeszégőnek.
    B. A gázégőnek.
    C. Egyforma.
    D. Nincs helyes válasz.

II. változat

1. Megváltozik-e a tenger vízének belső energiája az éjszaka beálltával?
   A. Növekszik.
   B. Csökken.
   C. Nem változik.
   D. Nincs helyes válasz.
2. A test deformációja során csak a molekulái kölcsönös helyzete változott meg. Megváltozott-e közben a test hőmérséklete és a belső energiája?
   A. A test hőmérséklete megnőtt, de a belső energiája nem változott.
   B. A test hőmérséklete és belső energiája nem változott.
   C. A test hőmérséklete nem változott, de a belső energiája megnőtt.
   D. Nincs helyes válasz.
3. A tábortűz mellett melegedve érezzük, ahogy a hő átadódik a tűztől a testünknek. Milyen hőátadással van dolgunk?
   A. Hővezetés.
   B. Konvekció.
   C. Hősugárzás.
   D. Hővezetés és hősugárzás.

4. Előre lehet-e jelezni a tenger mellett a szélirányt egy forró nyári napon?
   A. Nem lehet.
   B. A tengerről a szárazföld felé.
   C. A szárazföldtől a tenger felé.
   D. Nincs helyes válasz.
5. A test melegítésére fordított hőmennyiség függ…
   a) az anyag tömegétől, térfogatától és fajtájától;
   b) a hőmérséklet-változástól, az anyag sűrűségétől és fajtájától;
   c) az anyag fajtájától, tömegétől és a hőmérséklet változásától;
   d) a test tömegétől, sűrűségétől és a hőmérséklet változásától.
6. A Hold felszínén éjszaka a hőmérséklet –170 °C-ig csökken. Alkalmasak-e a hőmérséklet mérésére a Holdon a higany-, illetve szeszhőmérők?
   A. Egyik sem alkalmas.
   B. Csak a szeszhőmérő.
   C. Csak a higanyhőmérő.
   D. Nincs helyes válasz.
7. Párolog-e a víz nyílt edényben 0 °C-on?
   A. Párolog. A párolgás bármilyen hőmérsékleten végbemegy.
   B. Nem párolog, mert a víz 0 °C-on megfagy.
   C. Nem párolog, mert vízgőz csak forráskor keletkezik.
   D. Nincs helyes válasz.
8. Elégettek 0,2 kg hidrogént. Milyen mennyiségű vizet lehet 0 °C-ról 100 °C-ra melegíteni az égés során kiváló hővel?
   A. 65 kg.
   B. 70 kg.
   C. 40 kg.
   D. 57 kg.
9. A belső égésű motor … működik.
   a) kőolajjal;
   b) kőszénnel;
   c) benzinnel;
   d) petróleummal.
10. Milyen energiaváltozások mennek végbe a meteorit becsapódásakor?
    A. Potenciális és kinetikus.
    B. Potenciális és belső.
    C. Kinetikus és belső.
    D. Potenciális, kinetikus és belső.
11. A vonat fékezésekor 150 000 J munkavégzés történt. Mennyi hő vált ki a fékekben?
    A. Kevesebb, mint 150 000 J.
    B. Több, mint 150 000 J.
    C. 150 000 J.
    D. Nincs helyes válasz.
12. A gyakorlatban sokszor alkalmaznak hidrogént és földgázt használó hőforrásokat. Melyiknek nagyobb a hatásfoka?
    A. A hidrogénnel működőé.
    B. A földgázzal működőé.
    C. Egyforma.
    D. Nincs helyes válasz.

Ne jegyzetelj a tankönyvbe!

FIZIKAI FELADATOK A KÖRNYEZETÜNKBEN

1. A pilóta egy kamion tetején landolt a sportrepülőgéppel. Milyen fizikai feltételek mellett lehetséges ez?
2. A csavarra rögzítik az anyát. Milyen mozgáspályát ír le az anya középpontja?
3. Milyen alakú a körhintán forgó gyerekek mozgáspályája?
4. Milyen mozgásfajtákat valósítanak meg a varrógép különböző részei?
5. Az utas meséli: „Autóbuszunk kis sebességgel haladt. Kinéztem az ablakon és láttam, ahogy feltűnt mellettem egy másik busz első ajtaja, majd ablakai és hátsó ajtaja. Miért tolat a buszunk, tettem fel magamnak a kérdést, de a járda felé fordulva meggyőződtem arról, hogy előre haladunk." Magyarázzátok meg ennek a benyomásnak az okát! Minek az alapján vonta le az utas azt a következtetést, hogy az autóbusz előre halad?
6. A szélirányban haladó motorkerékpáros sebessége 10 $\frac{m}{s}$. Megérzi-e a szelet, ha annak sebessége ugyanekkora?
7. Miért nehéz eltörni a diót puha alátéten és könnyű keményen?
8. Miért hullnak le az esőcseppek a ruháról, ha hirtelen megrázzuk azt?
9. Kétféleképpen lehet elhasítani a fahasábot. Az első esetben gyors mozdulattal rácsapnak a fejszével. A másodikban lazán belevágnak a fejszével a fahasábba, majd felemelve a fejszét a hasábbal, a fejsze fokával nagyot ütnek a tönkre. Magyarázzátok meg, milyen jelenségek zajlanak le eközben!
10. A kőműves a tenyerében tartott téglára üt a kőműveskalapáccsal. Miért nem érez fájdalmat a kezében a kalapácsütést követően?
11. A lovas vágtat a lóval. Mi történik a lovassal, ha megbotlik a ló?
12. A medence közepén úszik egy labda. Hogy közelebb terelje a medence széléhez, a kisfiú hullámokat kelt egy bottal. Eléri-e a célját ezzel a módszerrel? A választ indokoljátok meg!
13. Lehet-e ingaórát használni a súlytalanság állapotában?
14. Miért hallható jól a suttogás az üres szobában?
15. A kórusban néha jobban hallható a második szólam, mint az első, habár a hangmagasságuk alacsonyabb. Magyarázzátok meg, miért!
16. A favágók munkáját távolról figyelve előbb látjuk a fejszecsapást, azután pedig meghalljuk az ütés hangját. Miért?
17. Kialakulhat-e visszhang a sztyeppén?
18. Miért folyik a víz mindig a magasabb szintről az alacsonyabb felé?
19. Miért hullnak az esőcseppek gyorsabban a föld felé, mint az apró ködszemcsék?
20. A súlyzó készítésekor kis bemélyedést fúrnak bele, amibe ólom vagy rézdugót préselnek. Milyen célból teszik ezt?
21. Megváltozik-e a levegő sűrűsége az űrhajó kabinjában vagy az űrállomáson a súlytalanság állapotában?
22. Ajánljatok olyan módszert, amellyel meghatározható az az erő, amivel a kisautó a fahasábot az asztalon húzza!
23. Miért hagy nyomot a kréta a táblán?
24. Miért nem simák a fémlépcső fokai (a létrák, a villamos, a vagon lépcsője), hanem egyenetlen felületűek?
25. Miért könnyebb elvágni a mosószappant egy erős cérnaszállal, mint késsel?
26. Miért polírozzák tükörfényesre az orvosi tűket?
27. Miért nehéz kézben tartani az élő halat?
28. A pótkocsis teherautón nehéz terhet kell szállítani. Hol célszerűbb elhelyezni: a gépkocsi platóján vagy az utánfutón? Miért?

29. Az Apolló-12 személyzete, Charles Conrad és Alan Bean elmondták, hogy a Holdon könnyű járni, de gyakran elvesztették az egyensúlyukat, mivel a legkisebb előrehajláskor is fel lehetett bukni. Magyarázzátok meg ezt a jelenséget!
30. Miért kellemesebb párnára helyezni a fejünket, mint egy ferde deszkára?
31. Miért dönti ki a nyári vihar az élő fát, viszont a közelben álló kiszáradt fát megkíméli?
32. Nem szabad közel menni ahhoz az emberhez, aki alatt beszakadt a jég. Megmentésére kötelet dobnak, létrát vagy hosszú deszkát fektetnek a jégre. Magyarázzátok meg, miért lehet ilyen módon megmenteni a bajbajutottat!
33. Miért élezik be a hidegvágót, fűrészlapot és egyéb vágószerszámokat?
34. Az új reszelő használatakor nagyobb erőt kell kifejteni, mint a régi esetében. Miért használnak mégis új reszelőt?
35. Magyarázzátok meg, hogyan csiszolja a dörzspapír a fémtárgyakat!
36. Miért marad „nyugalomban" a limonádé vagy az ásványvíz a zárt üvegben, viszont azonnal „kifut", ha kinyitjuk az üveget?
37. Milyen egyszerű módszerrel lehet eltávolítani a horpadást a pingponglabdából?
38. A kőolaj felszínre emeléséhez sűrített levegőt használnak, amit kompresszorokkal juttatnak az olajréteg fölötti térbe. Milyen fizikai törvényt alkalmaznak ebben az esetben?
39. Ugyanúgy működne a hidraulikus sajtó a Holdon, mint a Földön?
40. Miért folyik ki a víz gyorsabban, ha a kádba valaki belemerül?
41. Miért érez fájdalmat a fülében a mélyre merült úszó?
42. Miért kényelmetlen a rövid csőrű teáskanna?
43. Miért nem folyik víz az épület felső emeleteinek csapjaiból, miközben az alsó szintek csapjai adnak vizet?
44. Miért kell komoly erőt kifejteni az embernek ahhoz, hogy kihúzza a lábát a mocsaras talajból, a páros patájú állatok viszont könnyen megbirkóznak ezzel?
45. Miért ömlik ki szaggatottan, bugyborékolva a víz a felborult üvegből, a gumitömlőből viszont egyenletes folyamként?
46. Miért sokkal szélesebb a higany barométer csészéje, mint a csöve?
47. Tekinthetjük-e szivattyúnak az orvosi fecskendőt?
48. Milyen azoknak a szelepeknek a felépítése, amelyek lehetővé teszik a kerékpár belsőjének felfújását, és hol helyezkednek el?
49. A szívó hatású víz- vagy légszivattyú kisebb erőfeszítéssel működik, mint a toló hatású. Miért?
50. A mentőkutya könnyedén mozgatja a bajbajutottat a vízben, de a parton nem tudja megmozdítani. Miért?
51. A tengeralattjárók számára meghatározzák azt a vízmélységet, amelynél lejjebb nem merülhetnek. Mivel magyarázható ez a korlátozás?
52. Milyen következtetést lehetne levonni az archimédeszi erő nagyságával kapcsolatban a Holdon végzett kísérletek alapján, ahol a nehézségi erő hatszor kisebb, mint a Földön?
53. Megerősítést nyer-e Pascal törvénye és az archimédeszi erő a Föld műholdjain?
54. Az ember mozdulatlanul fekszik a hátán a vízen, és mély be-, illetve kilégzést végez. Hogyan változik eközben testének helyzete a vízfelszínhez képest?
55. Képes-e megtartani a mentőöv mindenkit, aki csak belekapaszkodik?
56. Hogyan változna meg az óceán vízszintje, ha elolvadna az összes jéghegy?
57. Miért ereszkedik le a tej a pohár aljára, ha beletöltik a teába?
58. Miért nem lehet az égő petróleumot vízzel oltani?
59. A tej sűrűségét laktométerrel állapítják meg. Melyik tejben, a magasabb vagy az alacsonyabb zsírtartalmúban merül el jobban a laktométer? Miért?
60. Használható-e a földi légsűrűségmérő a Holdon?

61. A hidrogénnek és a héliumnak a nehézségi erő hatására le kell ereszkednie. Azonban az említett gázokkal töltött repülő szerkezetek (kormányozható léghajók, szondák, léghajók) felemelkednek. Mivel magyarázható ez az ellentmondás?
62. Használható-e a Holdon az űrhajósok helyváltoztatására a léghajó?
63. Végez-e mechanikai munkát a ló, miközben felgyorsítja a szekeret?
64. Miért halad lassabban a terhet szállító hajó, mint az üres? A motorok teljesítménye mindkét esetben egyforma.
65. Miért nem készítik rövidre a mérlegek karjait?
66. Ismert, hogy az állócsiga nem nyújt erőnyereséget. Azonban a dinamométerrel végzett ellenőrzés kimutatta, hogy a súlyt az állócsigán tartó erő valamivel kisebb a súlyra ható nehézségi erőnél, az egyenletes emeléskor viszont nagyobb. Mivel magyarázható az eredmény?
67. Miért rögzítik a toronydaruk horgát a mozgócsiga peremével, nem pedig közvetlenül a kötélhez?
68. A magasugrás során a léc fölött könnyebb „átbukni", mint egyenesen átugrani. Miért?
69. A gépkocsi kikapcsolt motorral ereszkedik le a hegyről. Milyen energia révén mozog ekkor a gépkocsi?
70. Az elsüllyedt hajót pontonok segítségével emelik fel a tenger mélyéről. Milyen energia segítségével történik az emelés?
71. Milyen energia révén emelkedik fel a léghajó vagy a szonda az atmoszféra felső rétegének vizsgálatára?
72. A sofőrnek egy mocsaras pocsolyán kell áthaladni. Úgy döntött, hogy lendületbe hozza az autót, és nagy sebességgel küzdi le az akadályt. Helyesen cselekedett-e?
73. Miért kell nagyobb teljesítményű fék a teherautókra, mint a személygépkocsikra?
74. A tornász előbb az ugródeszkára ugrik, majd pedig fel. Miért sikerül így magasabbra ugrania, mint deszka nélkül?
75. Miért nem képes néha az autó feljutni a dombra, ha az alján nem vett lendületet (nem tett szert megfelelő sebességre)?
76. A téli vagy a nyári szélnek nagyobb a teljesítménye ugyanolyan sebesség mellett?
77. Miért mennek tönkre a traktorok csapágyai nem megfelelő kenés mellett?
78. Mivel magyarázható a gépkocsik kerekeinek jelentős felmelegedése a hosszú út során?
79. A gépkezelők aratáskor ügyelnek arra, hogy a kombájnok tengelyére ne tekeredjen szalma. Miért?
80. Mikor fogyaszt több üzemanyagot az autó, folyamatos vagy megállókat beiktatva történő haladáskor?
81. Miért kell hűteni speciális szerkezetek segítségével a hangsebesség felett haladó repülőgépek külső részeit?
82. Mikor melegszik fel jobban az űrhajó: felszálláskor vagy leszálláskor?
83. Melyik edényben ég oda gyakrabban az étel: a rézből vagy az öntöttvasból készítettben? Miért?
84. Miért égeti a forró teát tartalmazó fémcsésze a szánk szélét, a porcelán viszont nem?
85. Milyen hőmérsékletnél tűnik érintésre egyformán melegnek a fa és a fém?
86. A nedves vagy a száraz talaj melegszik fel gyorsabban a napsugarak hatására?
87. Milyen célt szolgál a bálnák, fókák és más sarkvidéki állatok bőr alatti vastag zsírrétege?
88. Az ember nem érzi hidegnek a 20 °C-os levegő hőmérsékletét, de a 25 °C-os víz hűsítőnek tűnik. Miért?
89. Mikor hűl le gyorsabban a forróvizes teáskanna: ha jeget teszünk alá, vagy ha a fedőjére kerül a jég?
90. Miért védi meg a vékony polietilén fólia a növényeket az éjszakai talaj menti fagyoktól?

91. Miért mozog a rezgőnyárfa levele szélcsendes időben is?
92. Miért kapcsolják a kazánhoz alulról a fűtési rendszerből visszatérő vizet, nem pedig felülről?
93. Gazdaságos-e a vízfűtés radiátorait simára polírozni, vagy jobb feketére festeni?
94. Miért alszanak hideg időben összegömbölyödve egyes állatok?
95. Miért kerek és nem szögletes a termoszok keresztmetszete?
96. A Föld folyamatosan energiát sugároz a világűrbe. Miért nem hűl ki a Föld?
97. Hogyan lehet hőmérséklet mérésére használni azt a hőmérőt, amelyen csak a 20 °C és a 40 °C beosztásérték maradt meg?
98. A szigetek éghajlata mérsékeltebb és egyenletesebb, mint a kontinenseké. Miért?
99. Miért van forróság nappal a sivatagokban, éjszaka viszont 0 °C alá esik a hőmérséklet?
100. Miért előnyösebb higany használata a hőmérőkben más folyadékokhoz (szesz, éter) képest?
101. Miért készítik a kaloriméter belső edényének falát vékony sárgarézből vagy alumíniumból, és nem üvegből?
102. Miért ropog az izzó szénre dobott só?
103. Hogyan lehet a legegyszerűbben megállapítani, két test közül melyik a keményebb?
104. Megolvad-e az óndarab, ha egy megolvadt ólmot tartalmazó tégelybe dobják?
105. Mikor fázik meg inkább a cipőbe bújtatott lábunk: a havas járdán vagy a sóval felszórtan?
106. Miért válik csaknem édesvizűvé a tenger sós vizéből származó jég?
107. Miért fagynak oda télen a nedves ujjaink a fémtárgyakhoz, a fából készítettekhez viszont nem?
108. Mivel magyarázható, hogy ősz elején nem fagy be a tó vize, habár a levegő hőmérséklete néhány fokkal fagypont alatt van?
109. Meleg téli napon miért hagy nyomot a havon a sítalp?
110. Felgyorsul-e a jég olvadása a meleg szobában, ha letakarjuk szőrmebundával?
111. Miért locsolják forró vízzel a jégpályát erős fagyban a sima felület helyreállítása érdekében?
112. Mivel magyarázható, hogy erős fagyban recsegnek a fák az erdőben?
113. A szubtrópusokon a mocsarak kiszárítása érdekében eukaliptuszfákat ültetnek. Hová tűnik az általuk felszívott vízmennyiség?
114. Miért nem válik puhává az agyag, a lisztből készült tészta melegítéskor, hanem épp ellenkezőleg, megkeményszik?
115. Mi hűl le gyorsabban azonos körülmények között: a zsíros leves vagy a tea?
116. Hogy kánikulai napon ne savanyodjon meg a tej, az edényt vízbe teszik, és kis abrosszal letakarják úgy, hogy a szélei belelógnak a vízbe. Mi az alapja a tej ilyen megőrzési módjának?
117. Miért viseli el az ember a 100 °C-os hőmérsékletet száraz levegőn?
118. Nyáron a naplementét követően miért a rét alacsonyabban fekvő részein jelenik meg előbb a köd?
119. Miért készítenek nyílást a teáskanna fedőjén?
120. Mivel magyarázható, hogy a burgonya főzésének ideje a víz felforrásának pillanatától nem függ a hőforrás teljesítményétől?
121. Miért alacsonyabb a nedves fa fajlagos égéshője, mint az ugyanolyan fajtájú száraz fáé?
122. Miért fújunk erősen a gyufa, a gyertya lángjára, ha el akarjuk oltani?
123. Az izzó szén gyorsan kihuny, ha fémlemezre tesszük, a deszkán pedig tovább izzik. Miért?
124. A konzervdoboz aljára és tetejére koncentrikus köröket nyomnak (hullámosítják). Milyen célból?
125. Mikor van nagyobb belső energiája a motor hengerében a gáznak: a szikra átfutásakor vagy a munkaütem végén?

FIZIKAI SZAKKIFEJEZÉSEK SZÓTÁRA

A

A forgás periódusideje T – az az időtartam, ami alatt az anyagi pont egy teljes fordulatot tesz meg a körvonalon egyenletes mozgása során. A forgás periódusidejének egysége az SI rendszerben egy másodperc (1 s).

A hőforrás hatásfoka η – a hőforrás hasznos munkavégzésre fordított energiájának és a tüzelőanyag elégésekor vagy az elektromos hőforrás működésekor kiváló összenergiájának aránya.

A mechanizmus hatásfoka η – azt mutatja, hogy a mechanizmushoz vezetett energia mekkora része fordítódik hasznos munkavégzésre.

A rezgés amplitúdója – a test legnagyobb kitérése az egyensúlyi helyzethez képest. Egysége az SI rendszerben egy méter (1 m).

A rezgés periódusideje T – az a legkisebb időtartam, ami alatt a test mozgása teljesen megismétlődik. A rezgés periódusidejének egysége az SI rendszerben egy másodperc (1 s).

A test egyenletes mozgásának sebessége v – fizikai mennyiség, amit a test által megtett út és a mozgásidő hányadosa határoz meg. Egysége az SI rendszerben egy méter per másodperc ($1 \frac{m}{s}$).

A test hőmérséklete – fizikai mennyiség, amely a test molekulái által végzett hőmozgás intenzitását jellemzi; arányos a molekulák haladó mozgásának átlagos kinetikus energiájával.

A test mérlegelése – a test tömegének vagy súlyának meghatározása mérleg segítségével.

A test tömege m – a test tehetetlenségét jellemző fizikai mennyiség. Egysége az SI rendszerben egy kilogramm (1 kg).

Aerométer (légsűrűségmérő) – a folyadék sűrűségét a belemerülésének mélysége alapján mérő szerkezet.

Archimédeszi erő F_A – a folyadékba vagy gázba merített testre ható erő, merőlegesen felfelé irányul, a folyadék vagy a gáz sűrűségétől és a beléje merített test térfogatától függ.

Atmoszféra – a Földet körülvevő légkör, amely egységes egészet alkotva forog a Földdel együtt.

Az energiamegmaradás törvénye – az energia nem tűnik el és nem keletkezik a semmiből, csupán átváltozik egyik fajtából a másikba, miközben összértéke megőrződik.

B, C

Barográf – a légnyomás változó értékeit önműködően feljegyző műszer.

Barométer-aneroid – a légnyomás mérésére szolgáló folyadék nélküli készülék.

Barométer – a légnyomás mérésére szolgáló műszer.

Batiszféra – mélytengeri megfigyeléseket lehetővé tevő speciális berendezéssel ellátott erős acélkamra; a hajóról acélsodronyon eresztik a vízbe.

Batiszkaf – mélytengeri és óceáni kutatásokat végző önjáró szerkezet.

Csavar – egyszerű gép, a lejtő egyik változata.

Csiga – egyszerű gép, kerületén vájattal ellátott korong, amelyen láncot vagy kötelet vetnek át.

D, E, F

Deformáció – fizikai jelenség, a test alakjának és formájának külső erő, illetve hőmérséklet vagy más paraméter hatására történő megváltozása.

Dinamométer – az erő mérésére szolgáló műszer.

Egyenletes körmozgás – körvonal mentén végzett állandó nagyságú, de változó irányú sebességgel végzett mozgás.

Egyenletes mozgás – olyan mozgás, amikor a test tetszőleges egyenlő időközök alatt egyenlő utat tesz meg.

Egyszerű gépek – az erő átalakítására szolgáló berendezések. Az egyszerű gépek egyike sem ad munkanyereséget: ahányszoros az erőnyereség, annyiszoros az útveszteség. Ez a mechanika aranyszabálya.

Energia E – a test munkavégzési képességét kifejező fizikai mennyiség. Az SI rendszerben a mértékegysége egy joule (1 J).

Erő F – a testek kölcsönhatásának mértékét jellemző fizikai mennyiség, a sebességváltozás oka. Három jellemzője van: iránya, értéke és támadáspontja.

Erőkar – a test forgástengelye és az erőhatás vonala közötti legkisebb távolság.

Fordulatszám n – az egyenletes körmozgás során az anyagi pont által végzett fordulatok száma egységnyi idő alatt. Egysége az SI rendszerben ($1 \frac{1}{s}$).

Forrás – olyan intenzív gőzképződés, amely nem csak a folyadék szabad felszínén, de a belsejében is végbemegy, amit gőzbuborékok keletkezése jelez.

G, H

Gép – az energia átalakítására szolgáló szerkezet vagy szerkezetek rendszere. Minden gép három fő részből áll – munkaeszköz, mozgást átalakító berendezés (mechanizmus) és motor. Ennek a három résznek a megléte megkülönbözteti a gépet minden más technikai berendezéstől.

Gőzfejlődés – az anyag cseppfolyós halmazállapotból gáznemű vé való átmenetének fizikai folyamata, aminek megvalósításához bizonyos hőmennyiséget kell közölni az anyaggal.

Hangerő – a hang által keltett hallásérzet mértékét jellemző fizikai mennyiség.

Hidraulikus sajtó – hidraulikus gép, amely a pórusos testek préselésére (összenyomására) szolgál.

Hidrosztatikus nyomás p – a folyadékokban a nehézségi erő hatása által előidézett nyomás.

Hőcsere – a test belső energiaváltozásának folyamata a rajta és az általa végzett munka kizárásával.

Hőerőgép – olyan gépek, amelyekben a tüzelőanyag belső energiája mechanikai energiává alakul át. A hőerőgépek közé tartozik a gőzgép, a belső égésű motor (karburátoros és dízel), a gőz- és gázturbina, a sugárhajtómű.

Hőmennyiség Q – a belső energia mértéke, amely a hőcsere során munkavégzés nélkül az egyik testtől a másikhoz kerül. A testet alkotó anyagtól, a test tömegétől és a végső, illetve a kezdeti hőmérsékletétől függ. A hőmennyiség mértékegysége, akárcsak az energiáé, egy joule (1 J).

Hőmérő – a hőmérséklet mérésére szolgáló műszer. A mérés a vizsgált közeggel való kontaktus során történik.

Hőmozgás – az atomok és molekulák rendezetlen mozgása, ami meghatározza a test hőmérsékletét.

Hősugárzás – a hőcsere egyik fajtája, amely nem igényel közvetítő közeget a testek között, és a hősugarak általuk való kibocsátásán, illetve elnyelésén alapul.

Hővezetés – hőátadás a test melegebb részétől a hidegebb felé a test részecskéinek hőmozgása és kölcsönhatása révén.

I, K, L

Inercia (tehetetlenség) – a test mozgássebessége megmaradásának jelensége, amennyiben nem hatnak rá más testek.

Infrahangrezgések (infrahang) – olyan rezgések, amelyek frekvenciája a legalacsonyabb hangfrekvenciánál, 16 Hz-nél kisebb.

Kaloriméter – a fizikai folyamatok során kiváló vagy elnyelődő hőmennyiség mérésére szolgáló műszer.

Kinetikus energia E_k – a mechanikai rendszer mozgását jellemző fizikai mennyiség; a test és a rendszerhez tartozó testek mozgássebességeitől és tömegüktől függ.

Kondenzáció – az anyag gáznemű halmazállapotból (a kondenzációs hőmérsékleten) cseppfolyósba való átmenetének fizikai folyamata lehűtésének következtében.

Konvekció (légáramlás) – energiaátvitel folyadék vagy gázáramlatok révén.

Kölcsönhatás – a testek vagy részeik kölcsönös kapcsolata, ami mozgásállapotukban változást idéz elő. A mechanikában a kölcsönhatás mennyiségi jellemzője az erő és a helyzeti energia.
Közlekedő edények – egymással összekötött edények, amelyekben a folyadék szabadon átfolyhat egyik edényből a másikba.
Kristályosodás – az anyag cseppfolyós állapotból (a kristályosodási hőmérsékleten) szilárdba való átmenetének fizikai folyamata lehűtésének következtében.
Léghajó – léghajózásra szolgáló szerkezet, könnyebb a levegőnél, hidrogénnel vagy héliummal töltik fel.

M, N

Manométer (nyomásmérő) – a nyomás vagy nyomáskülönbség mérésére szolgáló műszer.
Mechanikai mozgás – a test helyzetének változása az idő függvényében más testekhez képest.
Mechanikai munka – az a munka, amelyet a test a rá ható erő hatására mozgása közben végez. Egyenesen arányos a testre ható erővel és azzal a távolsággal, amelyre a test az erő hatásának irányában elmozdul. Mértékegysége az SI rendszerben egy joule (1 J).
Merülési vonal – a hajótest és a vízfelület metszésvonala; a leterhelt hajó vízbe merülésének határát mutatja.
Mozgáspálya– virtuális vonal, amit a test mozgása közben leír.
Nehézségi erő F_n – az az erő, amellyel a Föld vonzza a testeket. A nehézségi erő mértékegysége, mint bármely más erőé is, egy newton (1 N).
Normális légnyomás p – a légkör nyomása, amely megegyezik a 760 mm magasságú higanyoszlop nyomásával 0 °C-on. A légkör nyomásának egységei: 1 higanymilliméter, egy pascal (1 Pa) és egy hektopascal (1 hPa).
Nyomás p – olyan mennyiség, amelyet a felületre merőlegesen ható erőnek és a felület területének aránya határoz meg. A nyomás egysége egy pascal (1 Pa).

O, P, R

Olvadás – az anyag kristályos (szilárd) halmazállapotából (az olvadásponton) cseppfolyósba való átmenetének fizikai folyamata, amit energiaelnyelés kísér.
Pascal törvénye – a folyadékra vagy a gázra a külső erők hatására létrejött nyomást minden irányba egyenlően adja át a folyadék vagy a gáz.
Potenciális energia E_p – a testek kölcsönhatása által meghatározott energia, amely a testek vagy ugyanezen testek részeinek kölcsönös helyzetétől függ.
Rezgés – a test olyan mozgása, amely bizonyos időközönként pontosan vagy jó közelítéssel ismétlődik.
Rezgésszám n – az egységnyi idő alatt végzett rezgések száma. Az SI rendszerben egysége egy hertz ($1\ \text{Hz} = 1\ \frac{1}{\text{s}}$).
Rugalmassági erő F_{rug} – a test deformációja során fellépő erő, amely a deformáció irányával szemben hat.

S, T, U, V, Zs

Sebességmérő – a közlekedési eszközök mozgássebességét mérő műszer.
Súrlódási erő $F_{súrl}$ – a szilárd testek kölcsönhatásakor az érintkező felületek között jön létre, és azok viszonylagos mozgását akadályozza.
Teljesítmény N – az elvégzett munka és munkavégzésre fordított idő aránya által meghatározott fizikai mennyiség. A teljesítmény egysége az SI rendszerben egy watt (1 W).
Test belső energiája – a testet alkotó részecskék mozgásának és kölcsönhatásának energiája. A test belső energiáját munkavégzéssel vagy hőcserével lehet megváltoztatni.
Test súlya P – az az erő, amellyel a Föld vonzása révén a test az alátámasztásra vagy a felfüggesztésre hat.

Ultrahangrezgések (ultrahang) – olyan rezgések, amelyeknek a frekvenciája a legmagasabb hangfrekvenciánál, 20 000 Hz-nél nagyobb.
Út – a test mozgáspályájának hossza, amit mozgása során egy bizonyos időintervallum alatt megtesz. Az út egysége az SI rendszerben egy méter (1 m).
Viszonylagos mozgás – a testek mozgása más testekhez képest. A természetben minden test mozgásban van, ezért mindenfajta mozgás vagy nyugalmi helyzet viszonylagos (relatív), vagyis a test állapota attól függ, melyik testhez képest vizsgáljuk ezt az állapotot.
Vonatkoztatási test – az a test, amelyhez képest vizsgáljuk a mozgást.
Zsilip – hidrotechnikai létesítmény, ami a folyókon vagy csatornákon a különböző színtű vizek között a hajózást a víz felduzzasztásával, illetve leeresztésével lehetővé teszi.

FELADATOK ÉS GYAKORLATOK MEGOLDÁSAI

2. A testek mechanikai mozgásának példái: a fecske bogarakra vadászik a levegőben; a szél felemelt egy papírlapot. **4.** Nem lehet kiválasztani a vonatkoztatási testet. **6.** Nyugalomban van. Mozog. Egyenes vonal. **9.** Egyenletesen, egyenes vonalúan. **11.** Egyformán. **12.** 16 $\frac{m}{s}$. **13.** 10 $\frac{m}{s}$. **16.** a) nyugalomban; b) mozgásban; c) mozgásban; d) minden testhez képest nyugalomban. **19.** Körvonalat. **21.** A személygépkocsi kétszer gyorsabban haladt. **23.** 320 óra. **24.** 41 698 800 m = 41 698,8 km. **27.** 81 000 km. **28.** 2,56 s. **30.** 1) 50 s; 2) 1000 m; 3) 1,25 $\frac{m}{s}$; 5 $\frac{m}{s}$; 2,5 $\frac{m}{s}$. **33.** Egyenes vonal mentén. **34.** 0,008 s. **35.** 74 $\frac{m}{s}$. **36.** 50 Hz. **37.** 1,7 $\frac{1}{s}$; 0,84 $\frac{1}{s}$. **38.** 0,40 m. **39.** 0 $\frac{m}{s}$; 5 $\frac{m}{s}$; 10 $\frac{m}{s}$. **44.** Az áramlatok zúgását a légbuborékok kipukkadásának zaja okozza a vízben. **45.** Fémtárggyal ütögetik (kalapáccsal, kanállal). **47.** 0,0625 s; 0,00005 s. **48.** Szúnyog. **49.** 3310 m = 3,31 km. **51.** A vatta elnyeli a hangot. **53.** Azért, mert a hang visszaverődik az alagút faláról. **56.** Az infrahangokat; 0,11 s. **60.** Azért, mert ritkított a levegő. **62.** A legyek; 0,003 s; 0,5 s. **64.** 50 s; 3 s. **65.** A falat elérő hangok elnyelésére, a zaj megszüntetésére. **66.** Hosszú ideig halljuk a dörgést, mivel a villámláskor létrejött hang visszaverődik a felhőktől. **70.** Nem halljuk a visszavert hangot. A fáktól való többszörös visszaverődés következményeként nehéz meghatározni a hang forrásának irányát. **74.** Érzékelik az infrahangokat. **75.** 2175 m = = 2,175 km. **78.** A csónak eltávolodik a parttól az emberrel való kölcsönhatás következtében. **80.** Amikor az ember a széllel szemben halad, ellenállást érez. Az ember kölcsönhatásba kerül a széllel és a földdel. **82.** A puska és a golyó kölcsönhatásával a lövéskor. **84.** A tehetetlenség jelenségei. **86.** Az autóbusz jobbra fordult. **89.** Azért, hogy a gépkocsi, a motorkerékpár, a kerékpár ne sodródjon ki a kanyarban. **91.** 522 g 700 mg = 0,5227 kg. **92.** Azért, mert a kereskedelmi mérlegek skálájának beosztásértéke 50 g. **94.** A lengéscsillapítók kiegyenesednek. **96.** Azért, mert a kutya tömege nagyobb, így a tehetetlensége is. **98.** Le kell mérni például 10 szög tömegét. Ismerve az összes szög tömegét, valamint 10 szögét, meg lehet határozni a számukat. **99.** Nincs szükség. **101.** Meg kell mérni 1 méter huzal tömegét, majd a tekercset. A huzal hosszát a tekercsben úgy lehet megállapítani, hogy a huzal össztömegét el kell osztani 1 m huzal tömegével. **103.** A nehézségi erő. **105.** A nehézségi erő. Jégeső – levegő – Föld. **106.** Hogy ne legyen túlterhelés, ami a sodrony szakadásához vezet. **109.** Az 1,4 kg tömegű kalapácsra; 1,6-szer. **111.** A rugalmassági erő és a nehézségi erő hatására. **113.** 745,56 N. **114.** 98,1 N. **115.** 76,45 kg. **116.** 49,05 N. **117.** Egyenlők. **118.** Nem mindig. **120.** A nehézségi erő hatására. **122.** Keménységükkel. **123.** 121,5 N. **125.** 24,5 cm. **126.** 2,45 N. **127.** 133 N. **128.** 146-szor. **129.** 37 kg. **130.**

Súlya. **132.** a) egyforma; b) egyforma; c) megváltozott. **134.** Vonzódnak. **135.** 220 N. **136.** 70 N. **137.** Azért, mert a korongra csúszó súrlódási erő hat. **140.** A szövet cérnaszálakra hullana szét. **142.** Ez azzal áll összefüggésben, hogy a korcsolyázó egyik felületről a másikra megy, ahol különböző csúszó súrlódási erő hat. **144.** Amikor a kerekek tengelyére nagyobb súrlódási erő hat, mint a csúszó súrlódási erő. **145.** Hogy javítsák a kerekek és az út tapadását, vagyis megnövelik a gördülő súrlódási erőt. **150.** 6 N. **151.** Egyszerre kell erőt kifejteni a két dinamométerre. **154.** Ez a súrlódási erővel kapcsolatos. **158.** Hogy megnöveljük a súrlódási erőt. **160.** Csökken a súrlódási erő. **163.** Hogy csökkenjen a súrlódási erő a facsavar becsavarásakor. **164.** Olyan nyomás kifejtéséhez, amikor roncsolódik a fa, a vágóél nagyobb területére nagyobb erővel kell hatni. **166.** Hogy csökkenjen a mozdony nyomása a talajra. **168.** A faakasztó nélküli vödörre. **169.** 1 mm^2. **170.** A legnagyobb 60 $\frac{kN}{cm^2}$, a legkisebb 6 $\frac{kN}{m^2}$. **171.** A nyúl. **172.** 2400 N. **173.** Az szükséges, hogy a terület, amire az erő hat 0,02 m^2 = 200 cm^2 legyen. **175.** 73,575 MPa. **177.** 19,075 kPa; 38,150 kPa. **178.** 167 759-szer. **179.** 450 m^2. **180.** 1 kN; 2 kN; 4 kN. **181.** 4893 kg. **184.** A fullánk kis területe miatt. **185.** A folyadék nyomásának hirtelen növelésekor megrepedhet az üveg. **187.** Azért, mert nagy mélységben nagy a nyomás, ami a búvár egészségének árthat. **190.** 1765,8 Pa. **191.** 9417,6 Pa. **192.** 74 m. **194.** A nyers tojásban érvényes Pascal törvénye. **196.** A legnagyobb a higanyt tartalmazó edényben, a legkisebb a petróleumot tartalmazóban. **198.** Ha tele van a szamovár, a pohár gyorsabban megtelik forró vízzel. **200.** Nem változott – a tej tömege, a nehézségi erő, a tej súlya, a tej térfogata, a nyomás ereje; megváltozott a nyomás. **201.** 10 104 300 Pa; 11 114 730 N. **202.** 7602,75 Pa. **203.** A légnyomás révén. **207.** Azért, mert hirtelen lecsökkent a légnyomás. **208.** 0,0000529 N = 52,9 μN. **216.** Ahhoz, hogy a kenőanyag kifolyhasson a kannából. Ha nem lenne a kis nyílás, a légnyomás miatt a kenőanyag nem folyna ki, és nem tudnánk feltölteni vele a kannát. **219.** Nem fog működni. **220.** 162 120 Pa. **222.** 3200 N. **226.** Nyomó (toló). **229.** 248 475 Pa. **231.** Hogy a csövek ne nyomódjanak össze. **232.** Azért, mert a lábakra felhajtóerő hat merőlegesen felfelé. **234.** Hogy a vízben könnyebb legyen bizonyos mélységbe merülni. **236.** Amikor a horgony a vízben van, a lánc kevésbé feszül. **237.** 19 620 N; 15 696 N. **238.** 4,08 dm^2. **239.** 800 $\frac{kg}{m^3}$ (petróleum). **240.** Az ólomöntet felúszik a higanyban; a tölgyfahasáb elmerül a benzinben; a jégdarab elmerül a petróleumban; az olaj a víz tetején úszik. **245.** 10 000 t. **246.** 970 m. **247.** Nem. Nem, megbomlik. **249.** Azért, mert a gázok sűrűsége sokkal kisebb a folyadékokénál. **254.** A tejet hideg helyre kell tenni. A pohár tej nehezebb. **256.** Nem. **262.** Mivel a tengeralattjáróra nem hat az archimédeszi erő. **263.** 60,6 MPa. **265.** 253 kN. **266.** 126,5 N. **267.** a) nehézségi erő; b) súrlódási erő; c) a sportoló által kifejtett erő; d) az archimédeszi erő. **268.** 200 kg tömegű teher; 2,5-szer. **269.** 500 J. **270.** 3434 J. **271.** 41 cm. **273.** 39,6 MJ. **274.** 576 kJ. **275.** 20 m. **276.** 147 W. **277.** 33 kW. **278.** 42 500 W. **279.** 0,1 mW. **280.** 2,5 kW. **284.** A kalapács potenciális energiája révén. **285.** Az 5 kg tömegű test. **289.** 294,3 J. **290.** 20 kg. **291.** 0,32 J. **292.** 3,5 kJ. **293.** Képesek, ha különböző sebességekkel mozognak. **296.** Potenciális energia. Potenciális energiához juttatni az órát. **297.** A fejsze potenciális energiája révén. **305.** 1962 J; 2943 J. **306.** Potenciális – 24 kJ; kinetikus – 400 kJ. **308.** 30 J. **309.** 48 J. **310.** 750 W. **311.** 5 kW. **312.** 147 J. **316.** Könnyebb középen eltörni a gyufát, mivel így nagyobb az erőkar. **321.** Az emelődaru stabilitásának biztosítására a teher emelésekor. **323.** Kiegyensúlyozni. **325.** 400 N. **326.** 360 N. **329.** Menetsűrűségükben. **331.** A test elmozdításakor 8 m-re 25 N erő hatására. **332.** 736 W. **335.** Nem egyforma. **336.** Semmilyen. **342.** 83%. **343.** 78%. **344.** A forró víz belső energiája nagyobb, mivel nagyobb a hőmérséklete. **345.** Nem. **347.** Megégethetjük a kezünket. **350.** Hogy a fémkanál ne vegye el az energiát. **352.** Tégla. **365.** Nem. Igen. **369.** Az első esetben a belső energia nőtt, a másodikban csökkent. **375.** A téglának. **376.** A huzat növelésére. **382.** Megváltozik. **383.** Nem. 1 °C-kal való melegítéshez 1 kg alumínium 920 J-t igényel, 1 kg vas 460 J-t, 1 kg sárgaréz 380 J-t, 1 kg ólom 140 J-t. **388.** Azért, mert a víznek a

legnagyobb a fajhője. **390.** 336 kJ. **391.** 92 kJ. **392.** 750 kJ. **394.** 241,92 MJ. **395.** 96,72 MJ; 767,6 kg. **396.** 24 g. **398.** Azért, mert az ólom olvadáspontja alacsony – 232 °C. **399.** 174,6 kJ. **400.** 3324 kJ. **401.** 1,87 kg. **402.** 1662 kJ. **404.** Lehet. **405.** 234 kJ. **406.** 276,4 kJ. **407.** Nem. **408.** Az ezüst. **411.** Hogy megnöveljük a száradási felületet. **413.** 345 kJ. **414.** 23 MJ. **418.** 13,18 MJ; 5 kg gőz kondenzációjakor. **419.** 6,147 MJ. **425.** Azért, mert az energia egy része a víz elpárologtatására fordítódik. **426.** 324 MJ. **427.** 6,6 kg. **428.** 36,4 g; 6,8 g; 54,5 g szén és 145,6 g oxigén. **429.** 8 kg. **430.** 510 MJ; 175 MJ. **432.** a) 28 MJ; b) 46 MJ/kg; c) metán; szilárd rakétahajtóműüzemanyag; d) 1,8 kg; e) 1 kg; f) 0,14 kg. **435.** Működése közben a motor felhevül, a víz energiát vesz át tőle, lehűtve ezzel a motort. **438.** A motor hűtésére. A folyadékok közül a víznek a legnagyobb a fajhője. **441.** A belső égésű motor. **442.** 4. **443.** A gőz kinetikus energiája. **445.** 1389 m. **447.** A fémdarab belső energiájának megváltoztatására. **451.** A gőz energiájának egy része a turbina lapátjainak forgatására fordítódik. **454.** A sugárhajtómű működéséhez nem kell levegő. **455.** 128 személy. **456.** 24 tonnával.

FELELETEK AZ *AMIT MÁR TUDOK, ÉS AMIRE MÁR KÉPES VAGYOK* C. RÉSZHEZ

1. fejezet. 3. 2040 m. **4.** 50 Hz. **5.** 850 m. **9.** Hogy leellenőrizzék a tengelyek épségét. **12.** 0,9 s.

2. fejezet. 1. 153 t; 50 kN. **3.** A. A Föld tömegvonzási ereje által. B. A súrlódási erő által. C. A rugalmassági erő által. **4.** 1. A nehézségi erőt. 2. A rugalmassági erőt. 3. A test súlyát. **5.** Dinamométerek; 100 g; 500 g; 1 N; 5 N. **6.** 2 N; 2 N; 200 g. **7.** 12,8 N. **8.** 687 N. **9.** Nem egyenletesen, mivel $F > F_{ell}$. **11.** Azért, mert a vashenger sűrűsége nagyobb, mint a vízé, a jégé pedig kisebb. **12.** Nem, elsüllyed.

3. fejezet. 2. A fiúk azonos munkát végeztek – 19 620 J-t. **3.** 64 W. **4.** 216 GJ. **6.** 0,25 J; 1,58 m/s; 9,25 J. **9.** Négyszeres. **10.** Hatszoros. **11.** Megbomlik. **12.** 83%.

4. fejezet. 2. 1 kg víz belső energiája 4200 J-al nőtt, egy kg vasé pedig 460 J-al. **3.** 324 kJ. **4.** Lehet. **5.** 7 908 kJ. **6.** Elegendő. **9.** Nem. **10.** Nem változik, amíg a jég el nem olvad.

FELELETEK A *FIZIKAI FELADATOK A KÖRNYEZETÜNKBEN* C. RÉSZHEZ

1. Igen, ha a repülő mozdulatlan a gépkocsihoz képest, vagyis, ha a gép az autóval megegyező sebességgel, csaknem vízszintesen halad a Földhöz képest. **2.** Egyenes vonalú. **3.** Körvonal. **4.** Haladó és körmozgás. **5.** Mivel a másik autóbusz nagyobb sebességgel haladt. **6.** Nem. **7.** A puha támasztékok esetében az ütés ereje javarészt a dió mozgássebességének megváltozására irányul – előbb felgyorsul, majd a támasztékba fúródva elveszti sebességét. A dióhéj alig változtatja a formáját, ezért nem törik össze. Ha a dió kemény felületen van, ez nem következik be és eltörik. **8.** A vízcseppek tehetetlenségének következtében. **9.** Ha úgy vágják a fát, hogy a fejszével a hasábra csapnak, a fejsze a tehetetlensége következtében folytatja mozgását a fában és mélyen

a mozdulatlan hasábba hatol. Ha viszont a tönkre ütnek a fejsze fokával, ami részben a fahasábban van, a fejsze megáll, a hasáb pedig tehetetlensége miatt tovább folytatja mozgását és elhasad. **10.** A tehetetlenség miatt a tégla az ütés időtartama alatt képtelen jelentősen megváltoztatni a sebességét és nem nyomja a kőműves kezét, ezért az nem érez fájdalmat. **11.** Amikor a ló megáll, tehetetlensége következtében a lovas átbukik a ló fején. **13.** Nem. **15.** A hangerő a test rezgéseinek amplitúdójától függ. **16.** Mivel a hang sokkal lassabban terjed, mint a fény. **17.** Nem. **18.** A nehézségi erőnek köszönhetően. **19.** Azért, mert nagyobb a tömegük. **20.** A súlyzó megfelelő tömegének biztosítása céljából az ellenőrzése során. **21.** Nem. **23.** A súrlódási erőnek köszönhetően. **24.** Azért, hogy megnöveljék a csúszó súrlódási erőt a cipőtalp és a lépcső között. **25.** Amikor cérnával történik a vágás, sokkal kisebb a súrlódási erő, mint a kés esetében. **26.** Azért, hogy csökkentsék a súrlódási erőt a tű és az ember bőre között az injekció beadásakor. **27.** A hal teste nyálkás, ami csökkenti a csúszó súrlódást, ezért kicsúszik a kézből. **28.** A nyugalmi súrlódási erő növelése céljából a gépkocsi platóján, hogy a kerekek és az úttest között nagyobb legyen a súrlódás. **29.** Az ember haladásának biztosságát a cipőtalp és a talaj közötti súrlódás határozza meg. Mivel a Holdon hatszor kisebb a nehézségi erő, mint a Földön, ezért ott a járáskor kisebb súrlódási erő keletkezett. **30.** A fej kisebb nyomást fejt ki a párnára, mint a deszkára. **31.** Egységnyi felületre mindkét fa esetén egyenlő nagyságú erő hat. De mivel az élő fák felülete nagyobb, mint a szárazaké, ezért rájuk nagyobb erő hat. **32.** Megnő a nyomásfelület, és a jég nem szakad be. **33.** A vágószerszám területének csökkentésére. **34.** Az új reszelő jobban behatol a fémbe, ezért csökken az alkatrész megmunkálására fordított idő. **36.** Az üdítőkben feloldott szénsav a légkörinél nagyobb nyomáson van. Ha kinyitják az üveget, a gáz a palackban kitágul, ezért a folyadék mintegy „felforr". **37.** Forró vízben kell felmelegíteni a labdát. **38.** Pascal törvényét. **39.** Igen. **40.** Azért, mert megnő a vízoszlop magassága a kádban. **41.** Azért, mert megnő a dobhártyára ható nyomás. **42.** Ha a teáskanna színültig van, a legkisebb dőlés hatására kiömlik belőle a víz. **43.** Azért, mert a víztoronyban a víz magassága alacsonyabb az épületek felső emeletein lévő csapok szintjénél. **44.** A levegő átszivárog a hasított paták között, ezért nem alakul ki nyomáskülönbség a paták alatt, illetve fölött. **45.** Amikor a víz kifolyik az üvegből, a benne lévő levegő kitágul, nyomása csökken és a légkörinél alacsonyabbá válik. Ennek következtében a külső levegő bugyborékolással kísérve a folyadékon át az üvegbe hatol, amit jellegzetes hanghatás kísér. A gumitömlő falai rugalmasak. A víz kifolyásakor a falak összehúzódnak. A levegő nyomása a gumitömlő belsejében és azon kívül egyforma, ezért a víz egyenletesen folyik ki a tömlőből. **46.** Hogy megnöveljék a műszer pontosságát. **47.** Nem. **48.** Az egyik szelep a pumpa dugattyúja, a másik a tömlőben lévő szelep. **49.** A kút felső részén elhelyezett szívó hatású szivattyú révén a víz a légköri nyomás hatására emelkedik fel, míg a kút alján elhelyezett toló hatású szivattyúban a víz felemelkedését az emberi izomerő biztosítja. **50.** A vízben az archimédeszi erő hat az emberre. **51.** Azért, mert létezik egy adott határa a hajó szerkezeti szilárdságának, ezáltal a merülésnek is. **52.** Az érték azonos. **53.** A Pascal-féle erő hat, az archimédeszi nem. **54.** Belégzéskor az ember felemelkedik, kilégzéskor mélyebbre merül, mivel csökken a mellkasának térfogata. **55.** Nem. **56.** Emelkedne a vízszintje. **57.** Mivel a tej sűrűsége nagyobb. **58.** A petróleum úszni fog a vízen és tovább ég. **59.** A zsíros tej sűrűsége kisebb, ezért benne a laktométer mélyebbre süllyed. **60.** Igen. **61.** A hidrogén és hélium felfelé való mozgása a levegő aerosztatikus nyomásának köszönhető, ami kiszorítja ezeket a gázokat. **62.** Nem. **63.** Igen. **64.** A terhelés növelésével a hajó mélyebbre merül a vízbe, ezáltal növekszik az ellenállási erő, amit a motornak le kell küzdenie, ezért veszít a sebességéből. **65.** A mérlegek érzékenységének javítása céljából. **66.** A súrlódási erő az oka. **67.** Az ilyen kötés kétszeresére csökkentheti a kötélre ható nyomást. **68.** Amikor a magasugró átbukik a lécen, nem emeli olyan magasra a súlypontját, mint amikor egyenesen ugrik, ezért kisebb munkát kell végeznie. **69.** A gépkocsi helyzeti energiájának különbsége miatt a hegytetőn, illetve a hegy lábánál. **70.** A sűrített levegő potenciális energiája révén. **71.** A potenciális energia révén, amit az léghajó feltöltésekor

kapott. **72.** Igen. **73.** Azonos sebességeknél a nagyobb tömegű test kinetikus energiája nagyobb. **74.** A rugalmasan deformált test potenciális energiája révén. **75.** Ha a gépkocsi gyorsul, a motorok mechanikai energiájához hozzáadódik a gépkocsi korábban szerzett kinetikus energiája. **76.** Téli. **77.** A csapágyak rossz kenésekor a súrlódás következtében a mechanikai energia belső energiává alakul. **78.** A gépkocsi kerekei felmelegednek mind a súrlódási erő révén az úttesten való részleges csúszáskor, mind a gumik gördülő súrlódás miatti deformációja következtében. **79.** A súrlódás következtében a szalma felhevülhet és meggyúlhat, ami tüzet okozhat. **80.** Megállókkal. **81.** Azért, mert elvesztenék szilárdságukat a levegővel való súrlódás során. **82.** Leszállás közben. **83.** A rézben, mivel a réz fajhője nagyobb, mint az öntöttvasé. **84.** A fém sokkal jobb hővezető, mint a porcelán. **85.** Az ember testhőmérséklete mellett. **86.** A nedves. **87.** A zsír rossz hővezető, és óvja az állat szervezetét a túlzott lehűléstől a sarkvidéki vizekben. **88.** A víz sokkal jobban vezeti a hőt, mint a levegő, ezért a vízben az ember teste gyorsabban lehűl. **89.** Amikor a jeget a teáskanna fedelére teszik. **90.** A fólia megőrzi az adott hőmérsékletű levegőt a növények közelében. **91.** A levegő felszálló légmozgásai révén. **92.** Azért, hogy biztosítsák a víz természetes keringését a vízfűtéses rendszerekben. **93.** Jobb feketére festeni. **94.** Azért, hogy csökkentsék a test hőkisugárzási felületét. **95.** A henger alakú termosz kisebb felületű, ezért kisebb mértékben adja le és nyeli el a hőt. **96.** Az energia világűrbe történő kisugárzásával párhuzamosan zajlik a Nap energiájának elnyelése is. **99.** A homok fajhője alacsony, ezért gyorsan felmelegszik és ugyanolyan gyorsan lehűl. **100.** Alacsony a fajhője, jó a hővezetése, emiatt nem nedvesíti az üveget, viszonylag könnyű tisztán előállítani, magas a forráspontja, ám a víznél alacsonyabb a dermedési pontja. **102.** A só belsejében lévő víz gőzzé alakulva szétszakítja a kristályt. **103.** Egyik tárggyal meg kell karcolni a másik felületét. **104.** Megolvad. **105.** A sóval felszórt járdán. **106.** Fagyban a só oldat formájában távozik a jégből. **107.** A fém hővezetése jobb, mint a fáé, ezért olyan gyorsan elvezeti a hőt a vékony vízrétegtől, hogy az fagypont alá hűl és megdermed. **108.** A víz magas fajhőjével. **109.** Amikor a síléc a havon csúszik, a hó előbb megolvad, majd újra megfagy. **110.** Nem. **111.** A forró víz megolvaszt egy vékony jégréteget, nem túl gyorsan dermed, így elfolyik és a jégréteg újra tükörsima lesz. **112.** Az erős hidegben megfagyó víz roncsolja a fa rostjait. **113.** Elpárolog a levelek felületéről. **114.** A víz elpárolgása következtében válik keménnyé. **115.** Tea. **116.** A víz állandó párolgása a nedves abroszból lehűti a tejet. **117.** Száraz levegőben az izzadtság elpárolog és hűti az ember testét. **118.** Az alacsonyabb fekvésű helyeken a hőmérséklet alacsonyabb, mint a magasabb fekvésűkön. **119.** A gőz elvezetésére. Ha nem lenne nyílás a fedőn, a gőz kiszorítaná a vizet a teáskanna csőrén. **120.** A hőforrás teljesítménye nem hat annak a víznek a forrására, amiben a burgonya fő. A víz hőmérséklete főzés közben nem változik. **121.** Egy bizonyos hőmennyiség a nedves fában lévő víz elpárologtatására fordítódik. **122.** A légáramlás letépi a lángot a gyertyáról és a gyufáról, lehűtve a gyúlékony anyagokat. **123.** Mivel a fém sokkal gyorsabban elvonja a hőt a széntől, mint a fa. A fém jobb hővezető. **124.** Azért, hogy melegítéskor ne dudorodjanak fel. **125.** A szikra keletkezése után.

TÁRGYMUTATÓ

A forgás periódusa 24
A hang terjedési sebessége 37, 38
A mechanika aranyszabálya 151, 152
A mechanizmusok hatásfoka 152
A mozgások viszonylagossága 9
A rezgés periódusa 27, 28
A test egyenletes mozgásának sebessége 12, 13, 15
A test tömege 65
A testek kölcsönhatása 52–53
A testek olvadásának feltétele 111, 112
A tüzelőanyag égése 202
Állócsiga 145
Általános tömegvonzás 63
Anyagi pont 8
Anyagok kristályosodása 191
Archimédesz törvénye 109
Átlagsebesség 15
Az anyag fajhője 182
Az anyagok olvadása 191
Az emelő egyensúlyának feltétele 150
Az emelő törvénye 152

B arográf 99, 100
Barométer-aneroid 99, 100
Batiszféra 112
Batiszkaf 112
Belső égésű motor 209
Belső energia 170
Blaise Pascal 122

C elsius-skála 166, 167
Csavar 147
Csúszó súrlódás 73, 75

D ecibel 33, 41
Dinamométer 70–71

E gyenes vonalú egyenletes mozgás 11, 16
Egyszerű gépek 147
Ék 147
Emelő 145, 149
Energia 135
Energiamegmaradás törvénye a mechanikai és hőfolyamatokban 214
Eredő erő 78, 79
Erő 60
Evangelista Torricelli 122

F ajlagos olvadáshő 193
Fajlagos párolgáshő 199
Felhajtóerő 108, 109
Fogaskerék 147
Folyadékszivattyú 103, 104
Fordulatszám 24
Forgatónyomaték 149
Forgó mozgás 23
Forrás 197
Forráspont 197
Fül 31

G abriel Fahrenheit 166
Galilei termoszkópja 165
Galileo Galilei 10, 54, 122
Gázturbina 211
Gép 144,145
Gördülő súrlódás 73,75
Gőzképződés 196
Gőzturbina 210
Graham Bell 33

H aladó mozgás 10
Hangerősség 33
Hanghullám 31, 32, 36
Hangmagasság 33
Hangrezgések 33
Hangtan 31
Hangvilla 32
Harmatpont 197
Heinrich Hertz 28
Hertz 28
Hidraulikus fék 93
Hidraulikus gép 91, 92
Hidraulikus sajtó 92
Hidrosztatikus mérlegelés 116
Hidrosztatikus nyomás 87
Higanyos barométer 99,100
Hooke törvénye 65
Hőcsere 172
Hőegyensúly 185
Hőerőgép 208
Hőforrás hatásfoka 215
Hőmennyiség 180, 182
Hőmérleg egyenlet 186

Hőmérő 165, 168
Hőmozgás 165
Hővezetés 173
Hullámhossz 35
Infrahangrezgések 39

Jacques-Yves Cousteau 112
James Joule 130
James Watt 213, 220
Joule 130

Kinetikus energia 137
Kisugárzás 175, 176
Konvekció 174
Könnyűbúvár-felszerelés 112
Körmozgás 23
Közegellenállás 76
Közlekedőedények törvénye 94
Közlekedőedények 93, 94
Kristályosodási pont 191

Léghajó 114, 115
Légköri nyomás 97, 98
Légsűrűségmérő (aerométer) 113
Lejtő 146, 147

Manométer 102, 103
Mechanikai mozgás 8
Mechanikai munka 130
Mechanikus rezgések 26
Mechanizmus 143
Méter 11
Mozgásgrafikon 17
Mozgáspálya 10
Mozgócsiga 146

Nehézségi erő 62
Newton 62
Nyomás 82
Nyomóerő 82
Nyugalmi súrlódás 73, 75

Olvadáspont 191
Otto Guericke 101
Örvény 146

Párolgás 196
Pascal törvénye 86, 87
Pascal 82
Periodikus mozgások 24
Potenciális energia 135, 136

Reaktív motor 211
Réamur-skála 166
Rezgés amplitúdója 27
Rezgésszám 28
Rezgő mozgás 26
Robert Boyle 37
Robert Hooke 64, 121
Rugalmassági erő 64, 65

Sebességgrafikon 17
Sebességmérő 21
Sir Isaac Newton 121
Súlytalanság 66
Súrlódási erő 73
Sűrűségmérő 113
Szabadrezgések 27
Sztroboszkóp 25

Tehetetlenség 54
Teljesítmény 131
Tüzelőanyag fajlagos égéshője 204

Ultrahangrezgések 39
Út 11

Váltakozó mozgás 12
Vektormennyiség 13
Visszhang 38
Visszhangos vízmélységmérő 39
Vízkiszorítás 114
Vízvonal 113
Vonatkoztatási test 9

Watt 132

Zaj 34, 41–43
Zajmérő 41
Zenei hang 32
Zsilip 95

A tankönyv állapota

Sorszám	A tanuló családi és utóneve	Tanév	A tankönyv állapota		Osztályzat
			a tanév elején	a tanév végén	
1.	Mitrovic Nevanka	2011/12	jó	jó	jó
2.					
3.					
4.					
5.					

Сиротюк В. Д.

С40 Фізика: Підручник для 8 кл. загальноосвітніх навчальних закладів із навчанням угорською мовою / Переклад угорською мовою О. О. Балог, А. А. Штерр. – Львів: Світ, 2008. – 240 с.: іл.
ISBN 978-966-603-583-0.

УДК 53(075)
ББК 22.3я721

ISBN 978-966-603-583-0 (угор.)
ISBN 978-966-7090-60-9 (укр.)

Навчальне видання

СИРОТЮК Володимир Дмитрович

Фізика

Підручник для 8 класу загальноосвітніх навчальних закладів
із навчанням угорською мовою

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Переклад з української

Перекладачі: *Олександр Олександрович Балог, Аттила Адальбертович Штерр*

Угорською мовою

Зав. редакцією *А. А. Варга*
Редактор *Б. Б. Ковач*
Коректор *І. О. Петро*
Макет, художнє оформлення *А. Віксенко*
Малюнки *О. Гула, В. Хайдурова*
Фотографії *В. Сиротюк, А. Віксенко, К. Дмитренко, Г. Милиневський, О. Гула, А. Маковнєв*

Джерела ілюстрацій:
Collection J.-P. Durandeau "Sciences Physiques" 5e,
Fernand Nathan "Eveil aux sciences physiques", 5e,
Collection Daniel Secretan "Sciences Physiques", 3e,
Roger Caratini "La physique et la chimie",
журнал "За рулем", № 9, 2003

Підп. до друку 31.10.08. Формат 70x100/16. Папір офс. Гарнітура Century Schoolbook, Ariel.
Друк офс. Умовн. друк. арк. 19,5 + 0,33 форзац. Обл.-вид. арк. 19,8 + 0,4 форзац.
Тираж 2260 пр. Вид. № 27. Зам. №143П

Державне підприємство "Всеукраїнське спеціалізоване видавництво "Світ"
79008 м. Львів, вул. Галицька, 21
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2980 від 19.09.2007
www.dsv-svit.lviv.ua
e-mail: office@dsv-svit.lviv.ua

ДРУК ВАТ "Патент"
88006 м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101
e-mail: patent@uzh.ukrtel.net