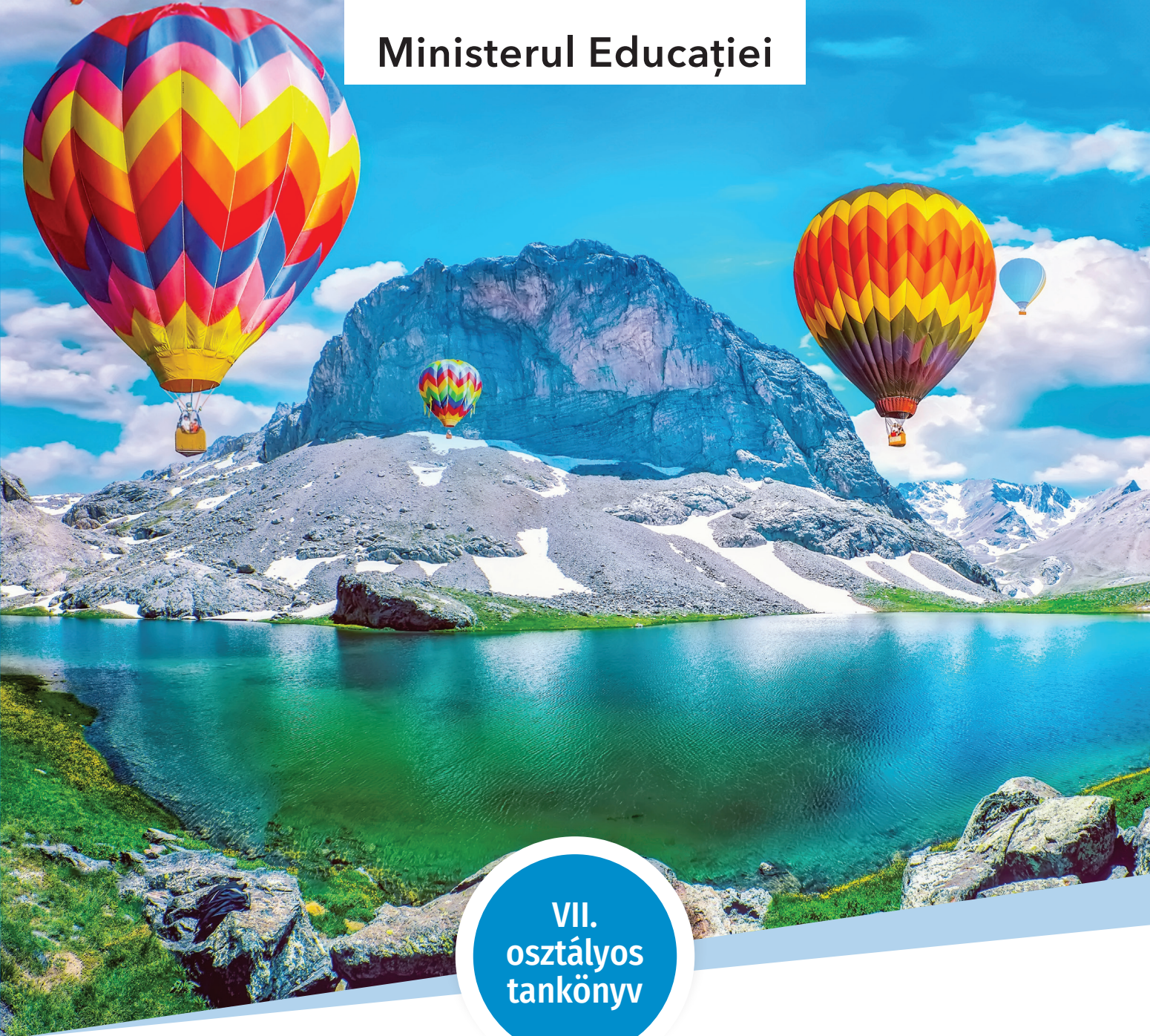




Ministerul Educației

VII.
osztályos
tankönyv

Fizika

Cristian Presură (koordinátor)

Daniela Berchez • Károly Bogdan • Gabriela Deliu

Petronela Ioja • Aneta Mihalcsik • Daniela Țepeș

CORINT
LOGISTIC

Ez a tankönyv az Oktatási Minisztérium tulajdona.
Ez a tankönyv az Oktatási Minisztérium OM 3393 / 28.02.2017
rendeletével engedélyezett tanterv szerint készült.

116.111 – a gyermekvédelem telefonszáma

The background of the top half of the cover is a scenic photograph of a mountain landscape. In the foreground, a calm, turquoise lake reflects the sky. The middle ground shows a rocky shoreline with patches of snow. In the background, a large, rugged mountain peak rises against a blue sky with scattered white clouds. Three hot air balloons are visible: a large one on the left with a colorful chevron pattern, a smaller one in the center, and another on the right. The text 'Ministerul Educației' is overlaid on a white rectangular box in the top right corner.

Ministerul Educației

Tankönyv
VII.
osztály

Fizika

Cristian Presură (koordinátor)

Daniela Berchez • Károly Bogdan • Gabriela Deliu

Petronela Ioja • Aneta Mihalcsik • Daniela Țepeș

CORINT
LOGISTIC

Ezt a tankönyvet az Oktatási Minisztérium 5420/04.07.2024 számú rendelete engedélyezte.

A tankönyvhöz a tanulók nyomtatott és digitális formátumban is ingyen jutnak hozzá, és a 2024-2025-ös tanévtől kezdődően négy tanéven keresztül továbbadható.

Tanfelügyelőség.....

Iskola/Főgimnázium/Líceum.....

EZT A TANKÖNYVET HASZNÁLTA:

Év	A tanuló neve	Osztály	Tanév	A tankönyv állapota*			
				Nyomtatott formátum		Digitális formátum	
				átvételkor	átadáskor	átvételkor	átadáskor
1							
2							
3							
4							

*A tankönyv állapotára a következő kijelentések egyikét használjuk: új, jó, gondozott, gondozatlan, megrongált.

- A tanárok ellenőrzik a táblázat helyes kitöltését.
- A diákok a tankönyvbe semmilyen bejegyzést nem tehetnek.

A szerzőkről:

CRISTIAN PRESURĂ (koordinátor) – a fizikai tudományok doktora (doktorátusát a hollandiai Groningeni Egyetemen szerezte). Az Atomfizikai Intézetben dolgozott, majd a hollandiai Philips cég kutatója lett. Számtalan szakfolyóiratban közzölt cikk, könyvek, VI. osztályos tankönyv, munkafüzet és találmányi szabadalom szerzője. Román nyelvű folyóiratokban újságokban és a televízióban komoly tudománynépszerűsítő tevékenységet folytat.

DANIELA BERCHEZ – a nagyváradi Emanuil Gojdu Főgimnázium 1-es fokozatú tanára, „Fizika Másként” oktató, a „Fizika Másként” program keretei között működő tanári támogató csoport megyei koordinátora, a *Sam-sung Ecosystem for Education Development* (SEED) nagyváradi tanárok felkészítési programjának oktatója, tanároknak írt dolgozatok társszerzője, VI. osztályos tankönyv és a hozzá tartozó munkafüzet társszerzője.

KÁROLY BOGDAN – a nagyváradi Ady Endre Líceum 1-es fokozatú tanára, a nagyváradi Fizika Tehetséggondozó Központ koordinátora, az Irenaeus regionális Fizika- és Találmányverseny kezdeményezője és főszervezője, a versenyre ajánlott szakkönyvek társszerzője, VI. osztályos tankönyv és a hozzá tartozó munkafüzet társszerzője.

GABRIELA DELIU – a brassói „Gr. Moisiu” Informatika Főgimnázium 1-es fokozatú tanára. Az általános iskolás Fizika Programot kidolgozó munkacsoport tagja 2017-ben, útmutatók társszerzője: Predarea fizicii în gimnaziu (CRED-2022), *Repere metodologice pentru consolidarea achizițiilor din anul școlar 2019-2020; Repere metodologice pentru*

aplicarea curriculumului la nivel liceal (2021, 2022, 2023, 2024); oktatói segédanyagok társszerzője: *Învățarea centrată pe competențe de la proiectare la evaluare* (CNFPE), a CNPEE együttműködő munkatársa, „MERITO”-díjas tanár (2024).

PETRONELA ANGELA IOJA – az aradi Vasile Goldiș Főgimnázium 1-es fokozatú tanára, módszertani szakvezető, a fizikatanárok konzultatív tanácsának tagja, nemzeti és CRED oktató, VI. osztályos tankönyv és a hozzá tartozó munkafüzet társszerzője, nyílt oktatási források (RED-ek) szerzője.

ANETA MIHALCSIK – az aradi Alexa Popovici Baptista Líceum 1-es fokozatú tanára, a „Fizika Másként” program keretei között működő tanári támogató csoport megyei koordinátora és oktatója, tantervek és oktatói segédanyagok szerzője, a IV. osztályos Természettudomány tankönyv társszerzője, módszertani körfelelős, módszertani szakvezető, nyílt oktatási források (RED-ek) szerzője.

DANIELA ȚEPEȘ – a Hârșova-i (Konstanca megye) Ioan Cotovu Elméleti Líceum 1-es fokozatú tanára, az általános iskolás Fizika Programot kidolgozó munkacsoport tagja 2017-ben, útmutatók társszerzője: Predarea fizicii în gimnaziu (CRED-2022), *Repere metodologice pentru consolidarea achizițiilor din anul școlar 2019-2020; Repere metodologice pentru aplicarea curriculumului la nivel liceal* (2021, 2022, 2023, 2024); oktatói segédanyagok társszerzője: *Învățarea centrată pe competențe de la proiectare la evaluare* (CNFPE), a CNPEE együttműködő munkatársa, „MERITO”-díjas tanár (2023).

Tudományos referensek:

Conf. univ. dr. **OCTAVIAN MĂDĂLIN BUNOIU** – Temesvári Nyugati Egyetem, Fizika Tanszék

Prof. gr. I **DANA BUZULESCU** – Brassó megyei tanfelügyelő

Prof. gr. I **SIMONA ILEANA CRĂSNIC** – Aradi Vasile Goldiș Főgimnázium

Szerkesztő: **Corina Toader**
Számítógépes szerkesztés: **Dan Crăciun**
Borító dizájn: **Dan Mihalache**
Fotók: **Shutterstock**
Digitális változat: **Editsoft & Services**
Közreműködő diákok: **Alexandru Mihalcsik** – Aradi Nemzeti Informatika Líceum, **Ioan Tudor Bogdan** – Nagyváradi Emanuil Gojdu Főgimnázium
Fordítók: **Bogdan Károly, Faluvégi Ervin, Faluvégi Melánia, Kovács Nikoletta, Pető Mária, Rend Erzsébet, Székely Zoltán**

A Corint Logistic Kiadó a kiadvánnyal kapcsolatos minden jogot fenntart.

Rendelésekért forduljanak a Terjesztési Osztályhoz:

GRUPUL EDITORIAL CORINT
Departamentul de Vânzări
Str. Mihai Eminescu nr. 54A, sector1, București,
cod poștal 010517. Tel./Fax: 021.319.47.97; 021.319.48.20
Depozit
Str. Gării nr.11, Mogoșoaia, jud. Ilfov. Tel.: 0758.053.416
E-mail: vanzari@edituracorint.ro|Magazin virtual: www.edituracorint.ro

ISBN 978-630-6526-82-6

ELŐSZÓ HELYETT

Mi az erő? Az erő „végigkísér” a fizikaórákon a VII. osztályban. Léteznek olyan erők, amelyek állandóan hatnak rád, akár tudod, akár nem. Most is, amikor a tankönyvet olvasod, létezik sok olyan erő, amely „vonz” vagy „taszít” téged.

Ezért javasoljuk a tankönyv lenti tartalomjegyzékét:

Megtudod, miért mozognak a testek, tanulsz a testekre ható **erőkről**, de az atomoktól a bolygókig, minden testre érvényes dinamika alaptörvényeiről is.

**DINAMIKA.
KÖLCSÖNHATÁSOK**

A fizika az a kísérleti tudomány, amely a matematika segítségével magyarázza a Világegyetem törvényeit. Íme a „matematika **ereje**”!

**SZÜKSÉGES
MATEMATIKA**

Megtanulod, hogy minden mechanikai folyamat energiaátadással jár, amely egy **erőt** feltételez. Az energiaátadás sebességét teljesítménynek nevezzük, és nem tévesztjük össze az erővel.

**DINAMIKA.
ENERGIA**

ERŐ

Megtanulod, hogy az erők eltolhatnak egy testet, de meg is forgathatják azt. Tapasztaltad, milyen nehéz felemelni egy súlyos testet csupán karjaid **erejével**, emelővel vagy csigával viszont könnyű.

**STATIKA.
EGYENSÚLY**

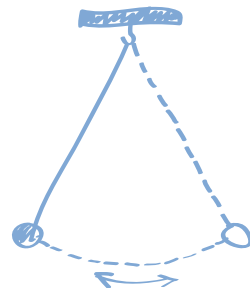
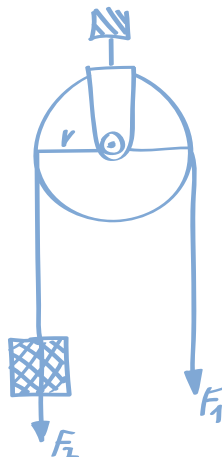
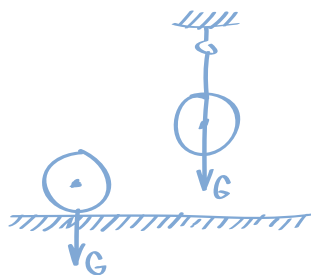
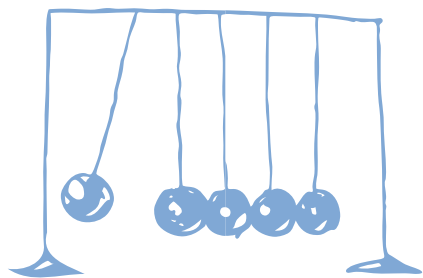
Megtanulod, hogy az **erők** mechanikai hullámokat is generálhatnak, melyeket földrengés esetén érzünk, vagy amikor a körülöttünk terjedő hangokat halljuk, vagy egyszerűen a tenger hullámain lebegünk.

**MECHANIKAI
HULLÁMOK**

Megtanulod, hogy mi köze van az **erőnek** a nyomáshoz, miért használnak a mélybúvárok speciális öltözeteket, s miért tud a tengeralattjáró lebegni és elmerülni.

**FOLYADÉKOK
STATIKÁJA**





Tartalomjegyzék

A tankönyv használati útmutatója	6
Általános kompetenciák és sajátos kompetenciák ..	8
Év eleji ismeretfelmérő tesztek	9

1 FIZIKÁBAN HASZNÁLT MATEMATIKAI FOGALMAK ÉS MODELLEK

Tanult fizikai jelenségek és mennyiségek

Tanult fizikai mennyiségek és jelenségek	12
A. Tanult fizikai jelenségek	
B. Tanult fizikai mennyiségek és mértékegységek	
Egy kísérlet elvégzésének lépései	16
Kiterjesztés: A derékszögű háromszög metrikus összefüggéseinek kísérleti tanulmányozása ...	18

Skaláris és vektoriális fizikai mennyiségek

Skaláris és vektoriális fizikai mennyiségek ...	20
A. Skaláris fizikai mennyiségek. Skaláris fizikai mennyiségek azonosítása	
B. Vektoriális fizikai mennyiségek. Vektoriális fizikai mennyiségek azonosítása	
Ismétlő feladatok	23
Ismeretellenőrző teszt	24

2 MECHANIKAI JELENSÉGEK. KÖLCÖSNHATÁSOK

A kölcsönhatás és a kölcsönhatás következményei

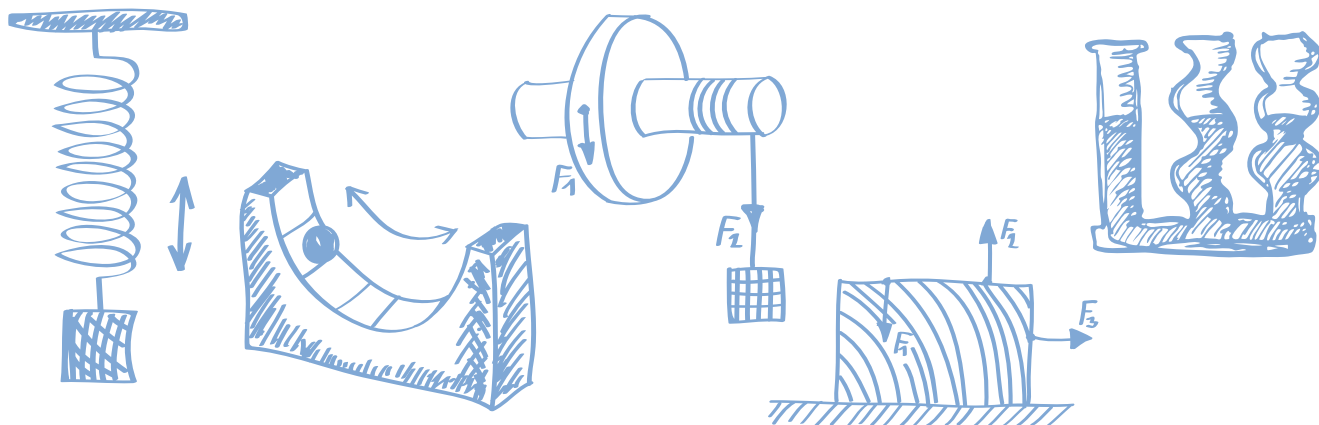
A kölcsönhatás. A kölcsönhatás következményei (statikus, dinamikus). Érintkezési kölcsönhatás és távolhatás	26
Az erő, a kölcsönhatás mértéke. Érintkezési és távolhatási erők	27
A tehetetlenség elve	29

A hatás és visszahatás elve	30
Az erők összetétele. A paralelogramma-szabály	32
Kiterjesztés: Vektorsokszög-szabály, több vektor összetételére	34
Az erő felbontása két, egymásra merőleges irány szerint	36
Példák erőkre: súly, merőleges nyomóerő, súrlódási erő, szálban fellépő feszítőerő, rugalmas erő	37
A. A súly	
B. A merőleges nyomóerő	
C. A súrlódási erő	
D. A feszítőerő	
E. A rugalmas erő	
Az erők mérése. A dinamométer	48
Egy test mozgása lejtőn	49
Több erő hatásának kitett test mozgása	51
Kísérletezz otthon!	52
Ismétlő feladatok	53
Ismeretellenőrző teszt	54

3 MECHANIKAI JELENSÉGEK. MECHANIKAI MUNKA. ENERGIA

Mechanikai munka és energia

A mechanikai munka	56
A mechanikai teljesítmény	58
A hatásfok	60
A mechanikai energia	62
A mozgási energia	63
A gravitációs helyzeti energia	64
Kiterjesztés: A rugalmas helyzeti energia	65



A mechanikai energia megmaradása	66
Kiterjesztés: A mechanikai energia átalakítási módszerei	68
Kísérletek	70
Ismétlő feladatok	71
Ismeretellenőrző teszt	72

4 MECHANIKAI JELENSÉGEK. A TESTEK EGYENSÚLYA

A merev testek haladó mozgása és forgómozgása	
haladási egyensúly	74
Az erő forgatónyomatéka. Mértékegység.	
Forgási egyensúly	77
A. Az erő forgatónyomatéka. Mértékegység	
B. Forgási egyensúly	
Emelők (interdiszciplináris megközelítés – emelők a mozgásszervi rendszerben)	81
A csiga	84
A súlypont	88
A testek egyensúlya és helyzeti energiája	90
Kutatás	94
Ismétlő feladatok	95
Ismeretellenőrző teszt	96

5 MECHANIKAI JELENSÉGEK. FOLYADÉKOK STATIKÁJA

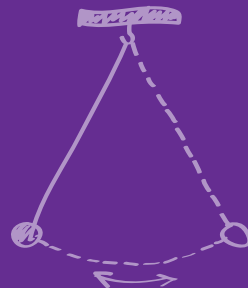
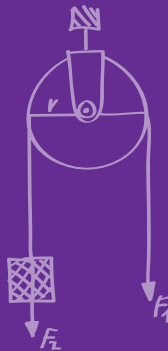
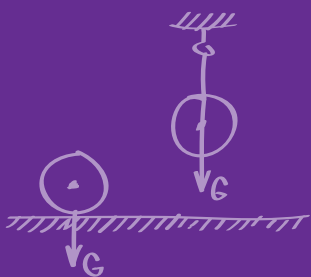
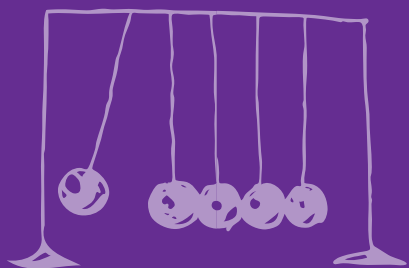
A nyomás	
A nyomás. A hidrosztatikai nyomás	98
A. A nyomás	
B. A hidrosztatikai nyomás	
A légköri nyomás (interdiszciplináris megközelítés–földrajz)	103

Pascal törvénye. Alkalmazások	106
Arkhimédész törvénye. Alkalmazások	108
Kísérletezz otthon!	112
Ismétlő feladatok	113
Ismeretellenőrző teszt	114

6 MECHANIKAI JELENSÉGEK. MECHANIKAI HULLÁMOK. A HANG

Mechanikai hullámok (interdiszciplináris megközelítés–földrajz: szeizmikus hullámok, tengeri hullámok)	116
A. Mechanikai hullámok	
B. Szeizmikus hullámok.	118
A hangok előállítása és érzékelése (interdiszciplináris megközelítés – biológia)	120
A. A hangok előállítása	
B. A hangok érzékelése	
A hang terjedése. A visszhang	124
A hang tulajdonságai (interdiszciplináris minőségi megközelítés – zene)	126
Kísérletezz otthon!	129
Önálló projekt	130
Ismeretellenőrző teszt	131

Év végi ismétlés	132
Útmutatások és válaszok	135



A tankönyv használati útmutatója

A tankönyvet 6 fejezetre osztottuk, amelyek megfelelnek az iskolai tanterv követelményeinek. Minden lecke az „Észrevetted, hogy...?” leckerésszel kezdődik, olyan mondatokkal, amelyek megismertetik a következő tartalmat, de magyarázat nélkül. A „Mit gondolsz?” provokálni szeretné a diákokat, hogy minél többet tudjon meg a témáról, ami következik. Az első felfedezési kísérlet a „Kísérletezz!” résszel kezdődik, amely irányítva segít, hogy a diákok aktívan használja ismereteit, kutasson, megfigyeljen, összehasonlítsa, és fogalmazza meg saját következtetéseit. A következő szakasz a „Jegyezd meg!”, amely elvezeti a diákokat a tudományos igazsághoz, a fogalmak megmagyarázásához, új fogalmak meghatározásához. Azért, hogy a diákokat rávezessük a megértésre, minden lecke végén található az „Ellenőrizd, megértetted-e!” lépés, ami minden leckére alacsony szintű feladatokat kínál. Az „Alkalmazd a tanultakat!” rész arra biztatja a diákokat, hogy az új ismereteket alkalmazzák, kiegészítő kutatásokat végezzenek; tulajdonképpen lehetőséget kínál a tanultak integrálására a tudomány más ágaiba. A „Tudod-e?” leckerész rövid és lenyűgöző érdekességei bepillantást kínálnak a tudomány és technológia világába, valamint a mindennapi élet történeisébe.

A lecke címe

Kulcsfogalmak

A leckében lévő új fogalmakat mutatja.

Észrevetted, hogy...?

Vettél-e észre a környezetben jelenségeket/problémákat, amelyeken elgondolkodtál?

Mit gondolsz?

Fogalmazd meg a véleményed!

Emlékezz!

Eszedbe jutnak az előző lecekben vagy előző években tanult ismeretek.

Kísérletezz!

A törvények vagy fizikai jelenségek ellenőrzésére gyakorlati tevékenységet végzel.

58 Mechanikai jelenségek. A mechanikai munka. Energia

3. FEJEZET

Kulcsfogalmak

- egységnyi idő
- watt
- lóerő
- teljesítmény
- kilowattóra



1. ábra – Az idők folyamán az autók egyre jobban teljesítenek.



2. ábra – Mindketten elvégzik ugyanazt a munkát, de nem ugyanannyi idő alatt.



A motorok feltalálása előtt a nehéz munkát állatok segítségével végezték. James Watt, az első modern gőzgép feltalálója úgy próbálta eladni találmányát, hogy annak erejét egy átlagos lóéhoz hasonlította. Így jelent meg a lóerőnek (LE) nevezett mértékegység.

$$1 \text{ LE} = 735 \text{ W} = 0,735 \text{ kW}$$

A Nemzetközi Mértékegységrendszer bevezetésével a lóerőt fokozatosan felváltotta a kW.

A mechanikai teljesítmény

Észrevetted, hogy...?

- Egyes autók jobban teljesítenek, mint mások. Mikor mondjuk egy autóról azt, hogy nagy a teljesítőképessége (1. ábra)?
- Ugyanazt a földterületet egy felnőtt rövidebb idő alatt felássza, mint egy gyerek. Melyiküknek nagyobb a teljesítménye?
- Az autók és a biciklik sebességváltóval rendelkeznek. Vajon, miért?

Mit gondolsz?

Ha egy ember nagyobb teljesítménnyel rendelkezik, ez azt jelenti, hogy mindig több munkát is végez?

Kísérletezz!

1. A gyerek és a súlyemelő (gondlatkísérlet) (2. ábra)

Egy idős asszony vett 50 kg krumplit, amit fel kell vinnie a 10. emeletre. Mivel a lift nem működik, segítségére van szüksége. Egy gyerek és egy súlyemelő között választhat. Mindkettőnek fel kell vinnie a krumplit a 10. emeletre, tehát bármelyikük teszi, ugyanakkora jutalmat kap.

Mit kell tenned?

Találd ki, hogyan tudná a gyerek felvinni a krumplit a 10. emeletre. Melyikük végezne nagyobb munkát? Melyikük végezné el hamarabb a munkát? Melyiküknek lenne nagyobb a teljesítménye?

Mit állapíthatsz meg?

A krumpli cipelését különbözőképpen oldanák meg. A gyerek 5 kilogrammonként vinné fel egy zacskóban, és tízszer fordulna. A súlyemelő egyszerre vinné fel az 50 kg krumplit.

Hogyan magyarázod?

Mindketten ugyanakkora hasznos munkát végeznének, ezért kapnának ugyanakkora jutalmat. A súlyemelő azonban ezt a munkát sokkal rövidebb idő alatt végezné el, mint a gyerek, mert nagyobb a teljesítménye (ugyanannyi idő alatt nagyobb munkát képes végezni).

2. Egységnyi idő alatt végzett munka (gondlatkísérlet)

Egy porszívó $L = 48\,000 \text{ J}$ munkát végez $\Delta t = 2 \text{ min}$ alatt.

Mit kell tenned?

Számítsd ki az egységnyi idő alatt végzett munkát.

Mit állapíthatsz meg?

Ha 2 perc alatt a végzett munka $48\,000 \text{ J}$, egy perc alatt a végzett munka ennek fele, vagyis $24\,000 \text{ J}$.

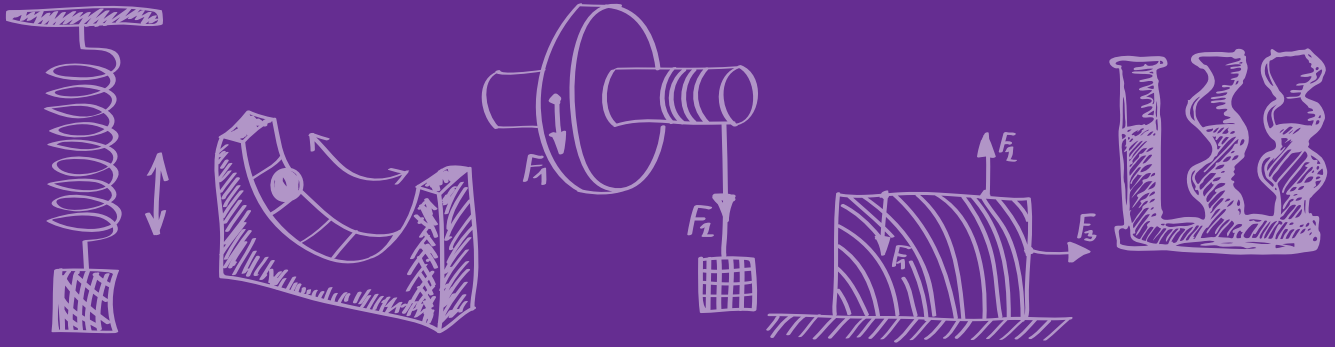
Ha egy perc alatt a végzett munka $24\,000 \text{ J}$, akkor egyetlen másodperc alatt ennek a 60-ad része, vagyis 400 J .

Hogyan magyarázod?

A kérdésre a válasz a választott időegységtől függ.

Ha egységnek a percet választjuk, akkor az időegység alatt végzett munka $24\,000 \text{ J}$ (vagy $24\,000 \text{ J/min}$).

Ha egységnek a másodpercet választjuk, akkor az időegység alatt végzett munka 400 J (vagy 400 J/s).



A tankönyv nyomtatott és digitális változatot tartalmaz



Oldd meg



Figyeld meg



Nézd meg

A digitális változat szimbólumai

Fejezet címe

3. FEJEZET

Mechanikai jelenségek. Mechanikai munka. Energia

59

Jegyezd meg!

► **A teljesítmény meghatározása.** A teljesítmény (jele P) skaláris fizikai mennyiség, amely számszerűen egyenlő az egységnyi idő alatt (1 s) végzett munkával.

A mechanikai munka a teljes időtartam alatt végzett munka.

► **A teljesítmény meghatározási képlete** (lásd a 2. kísérletet):

$$P = \frac{L}{\Delta t}, \text{ ahonnan } [P]_{\text{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{s}} = \text{W}$$

► **A teljesítmény másik kifejezése.** Egy motor teljesítménye kifejezhető a motor „húzóerejének” és a test sebességének függvényében is:

$$P = \frac{L}{\Delta t} = \frac{F \cdot \Delta d}{\Delta t} = F \cdot \frac{\Delta d}{\Delta t} = F \cdot v_{\text{átlag}}$$

Megoldott feladat

Egy emelődaru egy 1 000 kg-os betontömböt 1 perc alatt 30 m magasra emel. Ismert: $g = 10 \text{ N/kg}$.

a) Mekkora az emelődaru mechanikai teljesítménye?

b) Egy másik emelődaru egy fél tonnás betontömböt 1 m/s-os állandó sebességgel emel magasba. A két daru közül melyiknek nagyobb a teljesítménye?

Megoldás:

$$\begin{aligned} m_1 &= 1000 \text{ kg} \\ m_2 &= 0,5 \text{ t} = 500 \text{ kg} \\ h &= 30 \text{ m} \\ \Delta t &= 1 \text{ min} = 60 \text{ s} \\ v &= 1 \text{ m/s} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \text{a) } P_1 &= \frac{L}{\Delta t} = \frac{F \cdot h}{\Delta t} = \frac{m_1 \cdot g \cdot h}{\Delta t} \\ &= \frac{1000 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 30 \text{ m}}{60 \text{ s}} = \frac{300\,000 \text{ J}}{60 \text{ s}} = 5000 \text{ W} \\ \text{b) } P_2 &= F \cdot v = G \cdot v = m_2 \cdot g \cdot v \\ P_2 &= 500 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 5\,000 \text{ W} \\ P_1 &? P_2 \\ P_1 &= P_2 \end{aligned}$$

Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

2 Jelöld meg a helyes válaszokat!

Két motor közül annak nagyobb a teljesítménye, amelyik:

- ugyanannyi idő alatt nagyobb munkát végez;
- ugyanannyi idő alatt kisebb munkát végez;
- ugyanakkora munkát végez kevesebb idő alatt;
- ugyanakkora munkát végez hosszabb idő alatt.

2 Mit mérünk kWh-ban?

3 A 100 lóerős vagy a 100 kW-os gépnek nagyobb a teljesítménye?

4 Melyik a helyes kifejezés: „kilowattóra” vagy „kilowatt per óra”?

Alkalmazd a tanultat!

Egy autó úgy indul el, hogy a sofőr a gázpedált maximálisan lenyomja. Mikor nagyobb a motor teljesítménye: az elején, amikor kisebb az autó sebessége, vagy később, amikor gyorsan megy? Mit állapíthatsz meg a húzóerőről? Mikor gyorsul jobban az autó? Válaszaidat indokold!

Tudod-e?

► **A kilowattóra (kWh)** nem a teljesítmény, hanem a mechanikai munka mértékegysége. 1 kWh az 1 kW-os (1 000 W) teljesítményű gép által 1 óra (3 600 s) alatt végzett munka.

$$1 \text{ kWh} = 1\,000 \text{ W} \cdot 3\,600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ J}$$



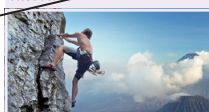
Ha ezt a munkát (1 kWh) egy elektromos motor végzi el, kb. 1 lejt fizetünk érte.

► Ahhoz, hogy egy 100 kg-os ember tengerszínről a 2500 m magas Ömü csúcsra feljusson, legalább

$$L = G \cdot h = m \cdot g \cdot h = 100 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 2\,500 \text{ m} = 2\,500\,000 \text{ J} = 0,69 \text{ kWh}$$

munkát kell végezzen. Elektromos motor segítségével ez a munka 0,69 lejtbe kerülne. Te elvégzed ezt a munkát ennyiért?

A munkát gyakran gépek végzik az emberek helyett, mert úgy sokkal olcsóbb.



► Egy motor vagy egy biciklis maximális teljesítménye állandó. Mivel $P = F \cdot v$, a húzóerő és a sebesség szorzata is állandó (ha az egyik csökken, a másik nő). Ez több lehetőséget ad az adott teljesítmény felhasználására.

Domon fel felé nagy a húzóerő, ezért kicsi a sebesség. Vízszintes terepen kisebb a húzóerő, nagyobb a sebesség. Lejtőn lefelé nagyon kicsi a húzóerő, tehát nagyon nagy lehet a sebesség. A sebességváltó segít abban, hogy a motor/biciklis ne érezzen teljesítménybeli különbséget egyik esetben sem.

Tudod-e?

Olyan dolgokat és érdekességeket fedezel fel, amelyeket nem tudtál!

Jegyezd meg!

Mélyítsd el az új tartalmak ismereteit!

Megoldott feladat

Kapsz egy megoldási modellt a feladatokra.

Ellenőrizd, megértetted-e!

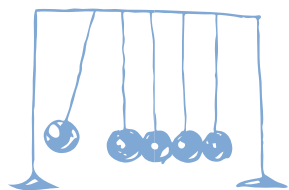
Egyszerű kérdésekre válaszolsz és megtudod, megértetted-e a leckét.

Alkalmazd a tanultat!

Portfólió témák

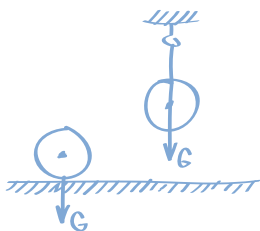
A javasolt témáról különböző tevékenységeket, kutatásokat végezel, esszét írsz stb.!

Általános kompetenciák és sajátos kompetenciák



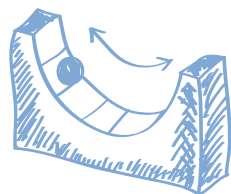
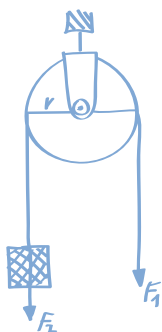
1 Egyszerű, észlelhető fizikai jelenségek rendszerezett, főként kísérleti jellegű tudományos vizsgálata

- 1.1. Fizikai tulajdonságok és jelenségek feltárása egyszerű, irányított kutatás keretében
- 1.2. A kísérleti és elméleti adatok rögzítésére, rendezésére és feldolgozására szolgáló egyszerű módszerek alkalmazása
- 1.3. Érvekkel alátámasztott következtetések megfogalmazása a tudományos kutatás során kapott adatok alapján



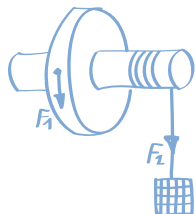
2 Egyszerű fizikai jelenségek és ezek műszaki alkalmazásainak tudományos magyarázata

- 2.1. A természetben és a műszaki alkalmazásokban vizsgált, egyszerű fizikai jelenségek besorolása a tanult fizikai jelenségek típusai közé
- 2.2. A természetben és a műszaki alkalmazásokban azonosított egyszerű fizikai jelenségek minőségi és mennyiségi leírása megfelelő tudományos nyelv használatával
- 2.3. A különböző műszerek, eszközök, készülékek használatakor felmerülő kockázatok önálló azonosítása, amelyek saját személyre, másokra és a környezetre nézve veszélyt jelentenek



3 Egyszerű fizikai jelenségekre és ezek gyakorlati alkalmazására vonatkozó kísérleti, vagy más úton nyert adatok és információk értelmezése

- 3.1. Lényeges tudományos adatok és információk gyűjtése saját megfigyelésekből és/vagy ajánlott könyvészeti anyagból
- 3.2. Kísérleti/tudományos adatok rendezése egyszerű megjelenítési formákba
- 3.3. A kapott adatok és a saját tanulási tapasztalatok fejlődésének kritikus értékelése



4 Feladatok/problémahelyzetek megoldása a fizika sajátos módszereivel

- 4.1. Mennyiségek és elvek, tételek, törvények, fizikai modellek felhasználása a kérdések/feladatok megválaszolásához
- 4.2. Egyszerű modellek használata feladatok/kísérleti és elméleti problémahelyzetek megoldására



Év eleji ismeretfelmérő teszt

1. (18p) Töltsétek ki az üres részeket úgy, hogy igaz egyenlőségeket kapjatok:

a) $520 \text{ cm} = \dots\dots\dots \text{ m} = \dots\dots\dots \text{ mm};$

b) $0,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \dots\dots\dots \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \dots\dots\dots \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3};$

c) $54 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \dots\dots\dots \frac{\text{m}}{\text{s}} = \dots\dots\dots \frac{\text{m}}{\text{min}}.$

2. (12p) Töltsétek ki az alábbi táblázatot figyelembe véve, hogy melyik fizikai mennyiségnek milyen mértékegység és mérőműszer felel meg:

Fizikai mennyiség		Mértékegység SI-ben	Mérőműszer
Megnevezése	Jele		
idő			
	L		
		K	
			mérőhenger

A 3-5 pontoknál a válaszlapon karikázzátok be a helyes választ:

3. (10p) Egy ablakban két hőmérő van: egyik kint van és $t_1 = -5^\circ\text{C}$ -ot mutat, a másik pedig a szobában és $t_2 = 21^\circ\text{C}$ -ot mér. A szobában lévő levegő hőmérséklete és a kinti hőmérséklet közötti különbség:

- a) $16^\circ\text{C};$ b) $37^\circ\text{C};$ c) $26^\circ\text{C};$ d) $-20^\circ\text{C}.$

4. (10p) Egy dinamométer skáláján 50 beosztás van és $2,5 \text{ N}$ maximális erőt tud mérni. Egy kölcsönhatás következtében, a dinamométer jelzője a 20-as beosztásnál áll meg. Ebben az esetben a dinamométer által mért érték:

- a) $1 \text{ N};$ b) $2 \text{ N};$ c) $3 \text{ N};$ d) $4 \text{ N}.$

5. (10p) Egy fémgömb melegítése következtében:

- a) megnő a gömb tömege és térfogata is;
b) mind a tömege, mind pedig a térfogata változatlan marad;
c) a gömb tömege változatlan, térfogata pedig nő;
d) a gömb tömege nő, térfogata pedig változatlan.

6. (10p) Használva az áramköri elemek jeleit, készítsd el annak az áramkörnek a kapcsolási rajzát, amely egy elemből és két egymással sorosan, illetve párhuzamosan kötött izzóból áll.

7. (20p) Számítsátok ki egy $\rho = 3 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű, 2 cm oldalhosszúságú kocka térfogatát, tömegét és súlyát.

Munkaidő 40 perc. Hivatalból 10 pont jár.

Összpontszám: 100 pont.

Év eleji ismeretfelmérő teszt–Mechanika

Hivatalból jár 1 pont.

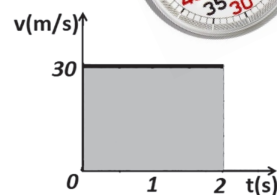
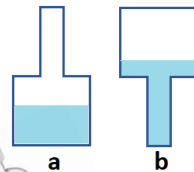
1. (0,5p) Az alábbi kijelentésre karikázd be a helyes választ:

Egy feldobott labda 5 m magasságból visszatér eredeti helyzetébe. A labda elmozdulása:

- a) nulla; b) 10 m; c) 5 m; d) nem megállapítható.

2. (3,5p) Határozzátok meg az alábbi kijelentések logikai értékét (igaz vagy hamis)

- a) Ha a mellékelt ábrán lévő edényt a szájával lefelé fordítjuk, a víz térfogata megnő.
 b) Egy test súlyának mérésére használt dinamométereket újra kalibráljuk, attól függően, milyen helyen végezzük a méréseket.
 c) A stopperóra hosszabbik mutatójának periódusa 47,5 s.
 d) Ha egy 2 cm élhosszúságú acélkockát egy pohár vízbe helyezünk, a kocka által kiszorított víz térfogata 6 cm^3 .
 e) Ha egy krumpolis ládát szállító teherautó sofőrje hirtelen fékez, a rendeltetési helyére érve észreveszi, hogy több láda felborult.
 f) Ha egy autó a mellékelt grafikon szerint mozog, a szürke felület területe számszerűen egyenlő az autó által 2 s alatt megtett távolsággal.
 g) Amikor feldobsz egy labdát, az hatni fog a kezedre.



3. (1p) A VI. osztályos Géza mérőkorongokat akasztott egy rugóra, majd vonalzót helyezett mellé, hogy megmérje a rugó végleges hosszát. A mérésről fényképeket készített három különböző magasságból, és a mérési eredményeket az alábbi táblázatba írta be.

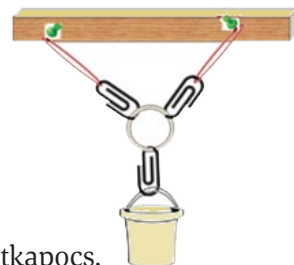
Töltsd ki a szöveg hiányzó részeit és a táblázat üres kockáit:

Amikor Géza lejjebb vagy feljebb tartja a fényképezőgépet hibát követ el.

A Géza által használt rugó alakváltozása

Mérésszám	ℓ (cm)	ℓ_m (cm)	$\Delta\ell$ (cm)
1	6,1		
2	6,2		
3	6,3		

A legpontosabb mérés



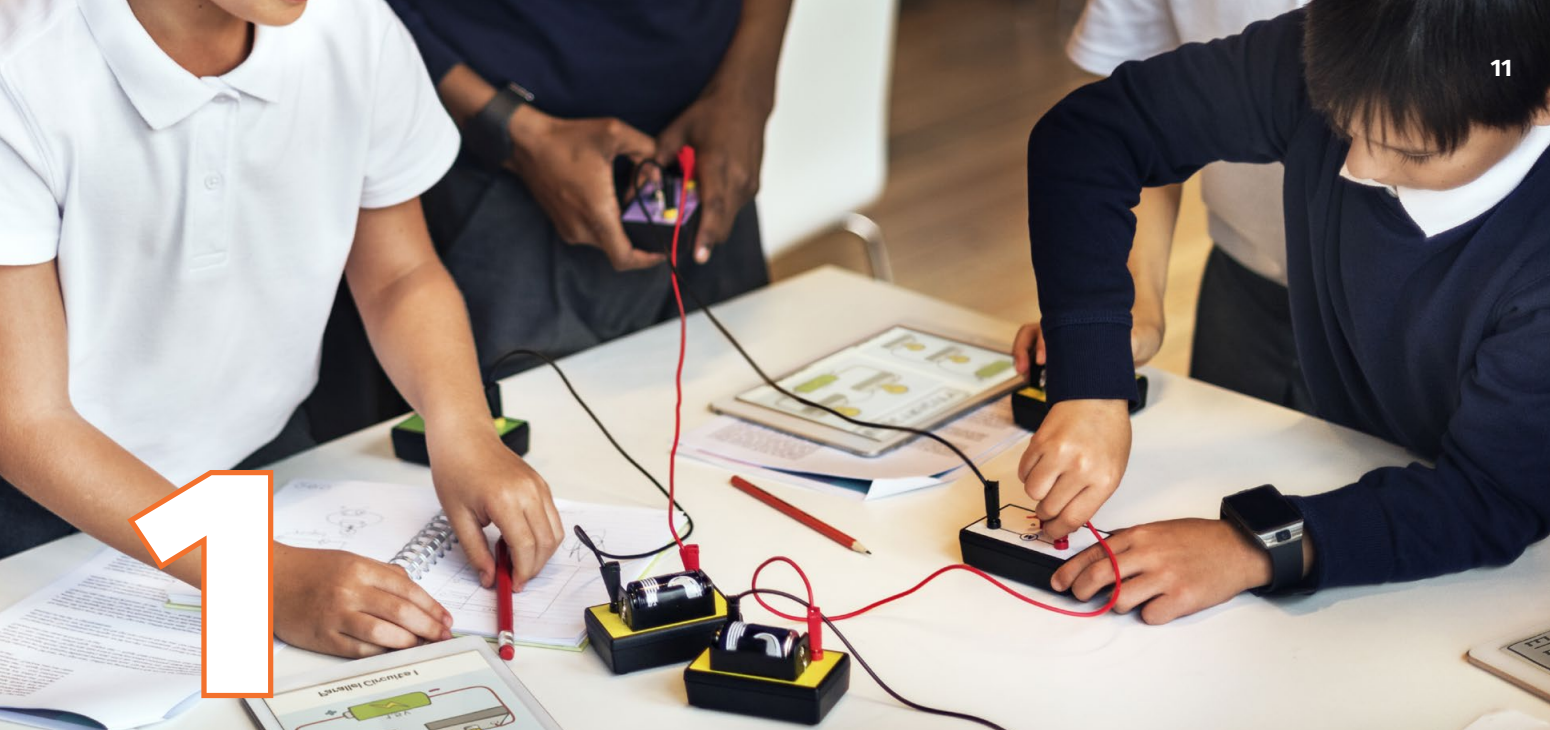
4. (2,5p) Olvasd figyelmesen az alábbi szöveget és felelj a kérdésekre:

Bogdán és Gabi a mellékelt ábrán látható kísérletet állítja össze két körgumi, három iratkapocs, egy pohár, néhány érme és egy fémgyűrű segítségével. Rendre beleteszik a pohárba a rendelkezésükre álló érmét.

- a) Mi történik a befőttes gumikkal?
 b) Milyen erők hatnak a fémgyűrűre?
 c) Miután az összes érmét belehelyezte a pohárba, Bogdán kiakasztja az egyik körgumit. Mit vesz észre?
 d) Gabi a kezével addig húzza a szabadon maradt iratkapcsot, míg a fémgyűrű visszakérül eredeti helyzetébe (mielőtt kiakasztották volna az egyik gumit). Milyen iránya és irányítása van annak az erőnek, amit Gabi keze érez? Rajzold le ezt az irányt egy egyenessel, az irányítását pedig jelöld egy nyíllal.
 e) Milyen hatása van a három erőnek a gyűrűre?

5. (1,5p) Oldd meg az alábbi feladatot:

Egy sűrűségmérő megépítéséhez Áginak ólomsörétekre (kis ólomgolyók) és egy kémcsőre van szüksége. Hány ólomsöréttel tudta megtölteni a kémcső $2,7 \text{ cm}^3$ térfogatú részét? Tudjuk, hogy egy sörét tömege $m_0 = 1 \text{ g}$. Mekkora a súlya a sűrűségmérőben használt ólomnak? A sörétek átlagsűrűsége $\rho = 9\,500 \text{ kg/m}^3$.



Fizikában használt matematikai fogalmak és modellek



Ebben az fejezetben felelevenítjük a VI. osztályban fizikából tanult fogalmakat, elmélyítjük a tanultakat és válaszokat kapunk újabb kérdésekre:

- ▶ Miért érted meg jobban a fizikai jelenséget egy kísérlet segítségével?
- ▶ Hogyan írod le egy általad elkészített kísérlet „meséjét”?
- ▶ Hogyan számolod ki egy épület magasságát az árnyéka hosszából?
- ▶ Mi a Pitagorasz-tétel és hogyan tudod használni a fizikafeladatok megoldásában?
- ▶ Mi a hasonlóság és mi a különbség egy hópihe sebessége és térfogata között?



Tanult fizikai jelenségek és mennyiségek



Kulcsfogalmak

- fizikai jelenség
- mechanikai jelenség
- termikus jelenség
- mágneses és elektromos jelenségek
- optikai jelenségek



1. ábra

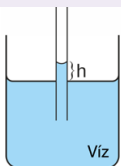


2. ábra



Tudod-e?

Ha vékony szívószálat teszel egy pohár üdítőbe, a szívószálban magasabbra emelkedik az üdítő, mint a pohárban. Ezt **kapilláris jelenségnek** nevezzük, és a növények víz- és tápanyag ellátásának alapját képezi.



A. Tanult fizikai jelenségek



Észrevetted, hogy...?

- A fák ágai a szélben meghajolnak, viharban el is törhetnek (1. ábra).
- Ha a labdába belerúgunk, megváltoztatja mozgás-állapotát (2. ábra).
- A mágnes „feltapad” a hűtőajtóra (3. ábra).
- Az asztalra helyezett jégkocka megolvad (4. ábra).
- Az árnyékok nagysága és helyzete függ a Nap helyzetétől az égen (5. ábra).



Mit gondolsz?

Milyen fizikai jelenségek zajlanak le a testedben?



Emlékezz

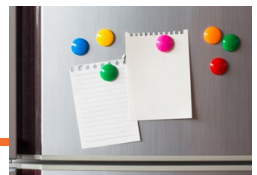
VI. osztályban megtanultad, hogy egy fizikai jelenség egy test tulajdonságainak változását jelenti más testtel történő kölcsönhatás következtében, és észrevetted a testre ható különböző kölcsönhatások következményeit. Megtutad azt is, hogy a fizikai jelenségek több csoportba oszthatóak:

- **Mechanikai jelenségek** – a testek mozgása, rugalmas és rugalmatlan alakváltozások;
- **Termikus jelenségek** – kitágulás, melegítés, hűtés, olvadás, szilárdulás, párolgás, lecsapódás;
- **Mágneses és elektromos jelenségek** – mágnesezés, elektromos feltöltés, elektromos áram, villám;
- **Optikai jelenségek** – árnyék és félárnyék képződése, fogyatkozások, fény-visszaverődés és fénytörés.



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

Milyen típusú jelenségeket látsz az 1-5 ábrákon?



3. ábra



4. ábra



5. ábra

Alkalmazd a tanultakat!

- 1 Nevezd meg néhány fizikai jelenséget, amelyet nemrég tapasztaltál, és mondd meg mindegyikre, milyen kategóriába tartozik.
- 2 Törj le kis darabot egy kockacukorból. Zúzd össze kalapáccsal egy sötét szobában. Mit veszel észre? Milyen fizikai jelenségeket tapasztalsz?
- 3 Az alábbiak közül melyek fizikai jelenségek: az acéltű mágnesesződése, egy gumiszalag megnyúlása, egy test hossza, a hőmérő, a vas rozsdásodása, a víz párolgása, egy repülő elmozdulása, a sebesség, a mérleg, a gyertya lángja?

B. Tanult fizikai mennyiségek és mértékegységek

Észrevetted, hogy...?

Ha tudni szeretnéd magasságodat, mérőszalagot használsz. Ha a tömegedre vagy kíváncsi, akkor mérleget, ha pedig a hőmérsékleted érdekel, hőmérőt használsz. Minden felsorolt esetben, a testedet jellemző fizikai mennyiséget közvetlenül mérheted a megfelelő mérőműszerrel.

Mit gondolsz?

Milyen mérőműszerrel mérheted meg a tested térfogatát? Létezik ilyen mérőműszer? Hogyan járnál el?

Kísérletezz!

Mennyi a tojás térfogata?

● **Szükséged lesz:** egy tojásra, 20 mL-es fecskendőre, egy elég nagy pohárra, egy mélytányérba, vízre.

Mit kell tenned?

A poharat a tányérba teszed. A poharat színültig töltöd vízzel és behelyezed a tojást úgy, hogy a víz teljesen ellepje azt.

Mit veszel észre?

A pohárban lévő víz egy része kifolyik a tányérba.

Hogyan magyarázod?

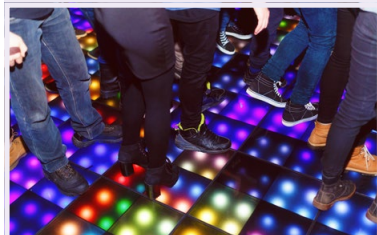
A vízbe merülő tojás a térfogatával egyenlő térfogatú vizet szorít ki. A pohárból kiszorított folyadék a tányérba folyik, ahonnan a fecskendővel kiszívható. Mivel a fecskendő beosztásos, pontosan leolvasható a kiszorított folyadék térfogata (mL-ben kifejezve), amely egyben a tojás térfogata is. Mivel SI-ben a térfogat mértékegysége m^3 , ha az eredményt m^3 -ben szeretnéd kifejezni, akkor figyelembe kell vened, hogy $1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$, majd cm^3 -ből át kell alakítanod m^3 -be, ahogy VI. osztályban tanultad.



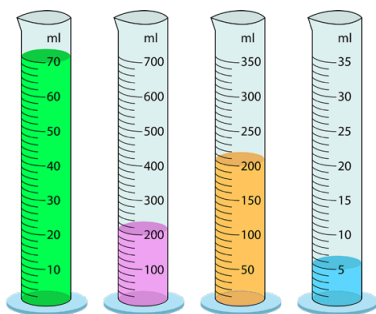
Tudod-e?

► Ha az ujjaddal egy kis kvarckristályt megnyomsz, áramot hoz létre. Ezt a jelenséget **piezoelektromosságnak** nevezzük.

Rotterdamban van egy tánclub, melynek padlójába piezoelektromos kvarckristályos generátorokat szereltek. Ezek átalakítják a táncosok lépéseinek energiáját elektromos energiává, mely fedezi a klub energiaszükségletének egy részét.



► Egy fadarab égése, egy vasdarab rozsdásodása vagy az étel meg savanyodása kémiai jelenségek. Ez alatt nem csak a testek tulajdonságai, de az őket alkotó anyagok is megváltoznak.



6. ábra– Folyadékok térfogatának közvetlen mérésére használt mérőhengerek



Kulcsfogalmak

- fizikai mennyiség
- mérőműszer
- mértékegység
- többszörösök, törtrészek
- közvetlen mérés
- közvetett mérés



Emlékezz

• A fizikai jelenségeket és a testek tulajdonságait **fizikai mennyiségekkel** jellemezzük (ahogy VI. osztályban tanultad).

• Néhány fizikai mennyiséget (hosszúság, idő, tömeg, erő, hőmérséklet, elektromos áramerősség) mérőműszerekkel mérhetünk közvetlenül. Másokat (felület, térfogat, sűrűség, sebesség) közvetett módon határozzuk meg, más fizikai mennyiségek közvetlen mérésével és elvégezve a szükséges számításokat.

• Azért, hogy könnyebben megértsék egymást, az emberek meg egyeztek, hogy létrehozzanak egy „közös nyelvet”, a mennyiségek és mértékegységek Nemzetközi Rendszerét (SI). Ebben minden fizikai mennyiségnek megfelel egy jel és egy mértékegység (tömeg: $[m]_{SI} = kg$; hosszúság: $[l]_{SI} = m$; sebesség: $[v]_{SI} = \frac{m}{s}$ stb.).

• Gyakorlatban, hogy megfelelő módon fejezzük ki a fizikai mennyiség értékét, használhatjuk a mértékegységek többszöröseit vagy törtrészeit.

Például, így fogalmazunk:

Az osztályterem hossza 8 m, a ceruza hossza 18 cm, a Bukarest-Brassó távolság 180 km. Habár SI-ben a hosszúság mértékegysége a méter, ennek egyik törtrészét használjuk amikor kicsi hosszúságot kell kifejezni és egyik többszörösét amikor nagyot.

7. ábra – A dinamométer az erő közvetlen mérésére szolgál, de a felfüggesztett test tömegének közvetett mérésére is használható.



Megoldott feladatok

1 Két ceruza hosszúságai $l_1 = 2 \text{ dm}$ és $l_2 = 180 \text{ mm}$. Melyik hosszabb? Oldd meg kétféleképpen.



$$l_1 = 2 \text{ dm}$$

$$l_2 = 180 \text{ mm}$$

$$l_1 ? l_2$$

a. Előbb átalakítod dm-ből mm-be, majd összehasonlítod a két értéket:

$$l_1 = 2 \text{ dm} = 2 \cdot 100 \text{ mm} = 200 \text{ mm};$$

$$200 \text{ mm} > 180 \text{ mm} \Rightarrow l_1 > l_2.$$

b. Előbb átalakítod mm-ből dm-be, majd összehasonlítod a két értéket:

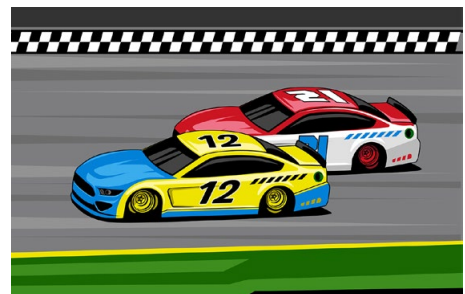
$$l_2 = 180 \text{ mm} = 180 \cdot 0,01 \text{ dm} = 1,8 \text{ dm};$$

$$2 \text{ dm} > 1,8 \text{ dm} \Rightarrow l_1 > l_2.$$

Vedd észre, hogy a választott módszertől függetlenül, a két hosszúságot csak akkor tudtad összehasonlítani, ha ugyanabban a mértékegységben fejezted ki. Így állapítottad meg, hogy az első ceruza hosszabb, mint a második:

$$l_1 > l_2.$$

2 Egy autó sebessége $v_1 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, egy másiké pedig $v_2 = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Határozd meg a két autó sebességének arányát.



$$v_1 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$v_2 = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = ?$$

Többféleképpen dolgozhatsz:

a. Átalakítod a $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ -t $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ -ba, majd kiszámolod a két sebesség arányát:

$$v_1 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 72 \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}};$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{30 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1}{30} \frac{\text{s}}{\text{m}} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{3}.$$

b. Átalakítod a $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ -ot $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ -ba, majd kiszámolod a két sebesség arányát:

$$v_2 = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 30 \cdot \frac{1 \text{ km}}{1000} \cdot \frac{3600}{1 \text{ h}} = 108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{72 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{108 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{108} \frac{\text{h}}{\text{km}} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{3}.$$

Észreveszed, hogy a két sebesség arányát a következőképpen is kiszámíthatod:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{72 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{30 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{72 \text{ km}}{30 \text{ h}} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}} = \frac{72}{30} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{3}.$$

Függetlenül, hogy melyik módszert választottad, leegyszerűsíthetted a számértékeket is és a mértékegységeket is, és ugyanazt a sebességarányt kaptad: $\frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{3}$.

3 Jani minden reggel biciklivel megy iskolába. Ő 4,8 km-re lakik az iskolától. Hány perc alatt teszi meg az utat, ha sebessége $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$?

$$v = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$D = 4,8 \text{ km}$$

$$\Delta t = ?$$

$$v = \frac{D}{\Delta t} \text{ összefüggésből} \Rightarrow \Delta t = \frac{D}{v}.$$

Behelyettesítve az értékeket:

$$\Delta t = \frac{4,8 \text{ km}}{4 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 4,8 \cdot 1000 \text{ m} \cdot \frac{1}{4 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \Rightarrow \Delta t = 1200 \text{ s}.$$

Percben kifejezve:

$$\Delta t = 1200 \text{ s} = 1200 \cdot \frac{1 \text{ min}}{60} \Rightarrow \Delta t = 20 \text{ min}.$$



Jegyezd meg!

► A mértékegység mindig a fizikai mennyiség számértéke után következik (például, hosszúság, $l = 5 \text{ m}$).

► Ha össze kell hasonlítanod egy fizikai mennyiség két különböző értékét, de ezek mértékegysége különbözik, át kell alakítanod őket ugyanabba a mértékegységbe.

► A betűkkel jelölt fizikai mennyiségekkel végzett matematikai műveletekre azonos szabályok vonatkoznak, mint a számokkal végzett műveletekre.

► A fizikafeladatok megoldásában, a mértékegységekkel végzett matematikai műveletekre is azonos szabályok vonatkoznak, mint a számokkal végzett műveletekre.



Alkalmazd a tanultakat!

1 Két test sűrűségének értékei $\rho_1 = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ és $\rho_2 = 2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Melyik test sűrűsége nagyobb? Számold kétféleképpen.

2 Egy kezdetben nyugalomban lévő autó, mozgása első 15 másodpercében eléri a $60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességet. A következő percben sebessége $100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ -ra nő. Melyik időintervallumban volt az autó átlagsebessége nagyobb, az első 15 másodpercben vagy a következő percben?

3 Ahhoz, hogy befűvesítsenek egy focipályát, melynek méretei $L = 110 \text{ m}$ és $l = 75 \text{ m}$, 25 kg-os zsákokban árult fűmagot vásároltak. Hány zsák fűmagot kell vegyenek, ha a megfelelő minőség biztosításához $\frac{4 \text{ kg}}{100 \text{ m}^2}$ a fűmagszükséglet.

4 Egy vastagfalú befűttesüveg tömege 1,250 kg ha 850 mL olajat tartalmaz. Mennyi az üveg falainak térfogata, ha az üveg sűrűsége $2,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, az olajé pedig $800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$?



Ellenőrizd, megértetted-e!

1 Jegyezd le a VI. osztályban tanult fizikai mennyiségeket, amelyeket:

- közvetlen mérhetsz;
- közvetve mérhetsz, mérések és számítások segítségével
- közvetlen, de közvetve is meghatározatsz.

Mindegyikhez írd oda a mértékegységét SI-ben és a mérőműszert, amelyet használtál a közvetlen mérésnél. Esetenként jegyezd le a meghatározási képletet közvetett mérésnél.

2 Szerinted melyik a legmegfelelőbb mértékegység, hogy kifejezd: a fizikafüzet területét, a szobádban lévő szőnyeg területét, a sportpálya területét az iskolaudvaron, a településszel területét? Válaszodat indokold.

3 Két edény belső térfogata 2 600 mL, illetve 2,75 dm³. Melyikbe tehetünk több vizet?



Tudod-e?

► Az SI-ben csupán 7 **fizikai alapmennyiség** van. Ezeket más fizikai mennyiségtől függetlenül határozzuk meg, **mértékegységeiket pedig alaplémértékegységeknek** nevezzük.

1. idő	másodperc	(s)
2. hosszúság	méter	(m)
3. tömeg	kilogramm	(kg)
4. áramerősség	amper	(A)
5. hőmérséklet	kelvin	(K)
6. anyagmennyiség	mól	(mol)
7. fényerősség	candela	(cd)

► Vannak olyan fizikai mennyiségek, melyeknek nincs mértékegységük. Ezeket **adimenzionális fizikai mennyiségeknek** nevezzük. Ilyen mennyiségek: a csúszó súrlódási együttható (μ), az anyag törésmutatója (n).

Kulcsfogalmak

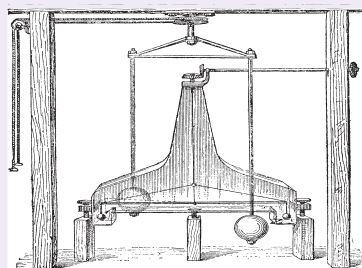
- kísérlet
- a kísérlet lépései
- a kísérlet beszámolója

Emlékezz

VI. osztályban egyszerű kísérleteket végeztél, hogy jobban megértsd a tanult jelenségeket. Megtanultad megfigyelni a jelenségek okait és következményeit, majd ezekből, tudományos érveléssel következtetéseket fogalmaztál meg.

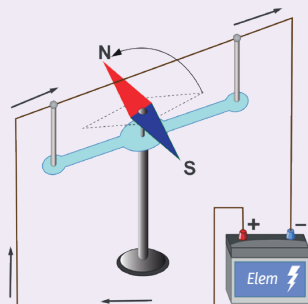
Tudod-e?

► Henry Cavendish, brit tudós, 1798-ban végezte el híres kísérletét. Megmérte, milyen erős vonzóerő lép fel két golyó között a gravitációs erőknek köszönhetően. Ez az erő nagyon kicsi!



Cavendish kísérletében használt torziós mérleg

► Hans Christian Oersted, dán fizikus 1820-ban végzett kísérlete kiemeli az elektromos és mágneses jelenségek közötti kapcsolatot. Kimutatta, hogy egy áram által átvárt vezető közelében a tűmágnes elmozdul.



Oersted által használt eszköz

Egy kísérlet elvégzésének lépései

Észrevetted, hogy...?

• Néha, amikor a környezetemben lezajló fizikai jelenségeket próbálok megmagyarázni, többféle lehetséges válaszra gondolsz, és elég nehéz eldönteni, melyik a helyes válasz.

Mit gondolsz?

Miért használnak korongot a jégkorongban (1. ábra), gyeplabdában pedig egy kis méretű labdát (2. ábra)?



1. ábra



2. ábra

Kísérletezz!

Miért van kereke az autónak?

• **Szükséged lesz:** egy vastag és sima kartonlapra; 2-3 könyvre; egy kisautóra.

Mit kell tenned?

Készíts a kartonlapból egy könyvekkel alátámasztott lejtőt. Bizonyosodj meg arról, hogy a lejtő egy elég hosszú, vízszintes felülettel folytatódik.

a. Helyezd a kisautót a lejtő legmagasabb pontjába és engedd el. Jelöld meg a vízszintes szakaszon azt a pontot, ahol az autó megáll. Mérd meg a vízszintesen megtett távot és jegyezd le a füzetbe.

b. Fordítsd az autót a kerekeivel felfelé, és helyezd a lejtő legmagasabb pontjába anélkül, hogy megváltoztatnád a lejtő szögét.

c. Jelöld meg a pontot a vízszintes szakaszon, ahol az autó megáll. Mérd meg a vízszintesen megtett távot és jegyezd le a füzetbe.

Ismételd meg a kísérletet különböző szögekbe állítva a lejtőt.

Mit veszel észre?

Bármilyen szög esetén a kisautó hosszabb távot tesz meg a vízszintes szakaszon, ha a kerekein gurul, mint amikor csúszó mozgást végez.

Hogyan magyarázod?

Az autó megáll, mivel hat rá a súrlódási erő. Ez az erő kisebb, ha az autó a kerekein gurul, mint amikor csúszó mozgást végez.



Jegyezd meg!

► **A kísérlet** környezetünk felfedezésére és megértésére használt tudományos módszer.

► A kísérlet elvégzésének lépései:

- *A kísérlet céljának megfogalmazása* – Mit akarok megtudni, bizonyítani?
- *A szükséges eszközök megválasztása* – Mire van szükségem?
- *A munkamenet meghatározása* – Milyen lépéseket követek?
- *Kísérleti mérések elvégzése és az adatok lejegyzése* – Milyen adatokat gyűjtök? Hogyan fogom ezeket rendszerezni?

● *Az eredmények elemzése és értelmezése* – Mit veszek észre a begyűjtött kísérleti adatokból?

● *A következtetések megfogalmazása* – Mit tudtam meg? Mit bizonyítottam be?

► Kísérletezhetsz, hogy jobban megérts egy tanult jelenséget, vagy hogy tesztelj más jelenséggel kapcsolatos feltételezéseket.

► Amikor megtervezel vagy elvégzel egy kísérletet, meg kell írd a kísérlet beszámolóját. Ennek a szerkezete a következő:

- a. *A kísérlet címe* – leírod röviden, miről szól a kísérlet.
- b. *A beszámoló elméleti része* – leírod, mit gondolsz, mi történik a kísérletben (az alapján, amit már tudsz a tanulmányozott jelenségről).
- c. *Szükséges eszközök* – leírod, milyen eszközökre van szükséged, és hogy kell azokat elrendezd.
- d. *Munkamenet* – leírod lépésről-lépésre, mit kell tenned.
- e. *Adatrögzítés és adatfeldolgozás* – a kapott kísérleti adatokat egy táblázatra vezeted be, és az adatok elemzése után lejegyzed észrevételeidet.
- f. *Hibaforrások. Hibaszámítás* – lejegyzed a legfőbb hibaforrásokat (a mérőműszerek pontosságával és a mérési módszerekkel kapcsolatban). Kiszámolod a középértéket, a mérési eltérést és a közepes mérési eltérést, majd lejegyzed a végeredményt.
- g. *A kísérlet következtetései* – megmagyarázod a kísérlet eredményét és összehasonlítod azzal, amire számítottál. Itt írhatod le a véleményedet is arról, hogy miként használható fel ez az eredmény a gyakorlatban vagy jövőbeli kutatások során.



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

Olvasd el újra a „Kísérletezz!” részben javasolt kísérlet utasításait, és válaszolj a következő kérdésekre:

- Mi volt a kísérlet célja?
- Milyen eszközöket használtál?
- Mi volt a munkamenet?
- Milyen adatokat gyűjtöttél? Hogyan rendezted őket? Mit figyeltél meg a kísérleti adatok elemzésekor?
- Milyen hibaforrásokat ismertél fel?
- A kísérletben milyen váratlan dolog történt? Milyen meglepetés ért?
- Mi volt a következtetés?



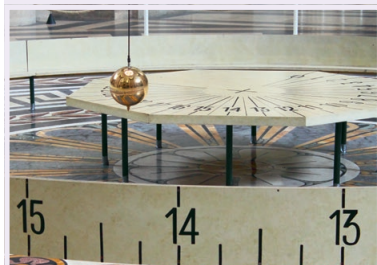
Alkalmazd a tanultakat!

Ha egy kísérletben más eredményt kapsz, mint amire számítottál, akkor kudarcnak tekinted a kísérletet? Indokold a választ.



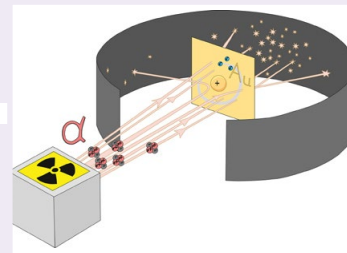
Tudod-e?

► Foucault 1851-ben végzett kísérlete egy inga segítségével bizonyította be, hogy a Föld forgó mozgást végez a saját tengelye körül. Megfigyelte, hogy az inga mozgásának síkja folyamatosan változik a nap során.



Foucault ingája a párizsi Panteon nagytermében

► 1909-ben Ernest Rutherford kísérlete forradalmasította az atom szerkezetének megértését. Kisméretű pozitív részecskékkal bombázott vékony aranylemezt. A részecskék eltérése azt bizonyította, hogy az atom közepében van egy kisméretű mag.



Rutherford kísérleti eszköze



Kutatás

Tervezz és végezz el egy kísérleti kutatást, amelyben az alábbi **kérdésre keresed a választ**: „Hogyan befolyásolja egy gumiszalag kezdeti hossza annak megnyúlását egy alakítóerő hatására?”.

Készítsd el a kísérlet beszámolóját figyelembe véve a javasolt szerkezetet, és tedd a személyes portfóliódba.

Kulcsfogalmak

- derékszögű háromszög
- Pitagorasz tétele
- egy szög szinusza
- egy szög koszinusza

Emlékezz

Az oldalak hossza szerint egy háromszög lehet: egyenlő oldalú háromszög, egyenlő szárú háromszög, általános háromszög.

A derékszögű háromszög egyik szöge 90° . Azokat az oldalakat, amelyek közrezárják a derékszöget, **befogó**knak nevezzük, a derékszöggel szemben fekvő oldalt pedig **átfogó**-nak nevezzük.

Tudod-e?

Habár Pitagorasz tételének mai alakja Pitagorasznak és az ókori görög iskolának tulajdonítható, mégis az ő születése előtt már 1 000 évvel használták. Az ókori babiloni és egyiptomi civilizációk használták a derékszögű háromszöget az épületek tökéletes sarkainak létrehozására, a tengeren horgonyzó hajók távolságának vagy a csillagok helyzetének meghatározására.



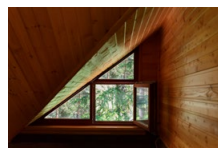
Egyes hidak tartószerkezetei derékszögű háromszögeket tartalmaznak, amelyek nagyobb ellenállást biztosítanak a külső erőkkkel szemben, mint például a szél ereje vagy az autók súlya.



Kiterjesztés: A derékszögű háromszög metrikus összefüggéseinek kísérleti tanulmányozása

Észrevetted, hogy...?

A bútortervezéstől az építészetig a derékszögű háromszögeket mindenhol megtalálhatjuk a környezetünkben.



Mit gondolsz?

Miért használják gyakran az építészek és a mérnökök a derékszögű háromszögeket az általuk tervezett és épített szerkezetekben?

Kísérletezz!

1. Mit fedezett fel Pitagorasz?

- Szükséged lesz:** négyzethálós papírlapra, színes ceruzákra, vonalzóra, ollóra.
- Mit kell tenned?**

Rajzolj egy derékszögű háromszöget, melynek befogói 3 cm, illetve 4 cm. Szerkessz egy-egy négyzetet a háromszög minden oldalára. Vágj ki egy matematika füzetlapból annyi 1 cm x 1 cm-es négyzetet, amennyivel teljesen lefeded a két kisebb négyzetet. Helyezd át a négyzeteket a nagy négyzetbe, a mellékelt ábra szerint.

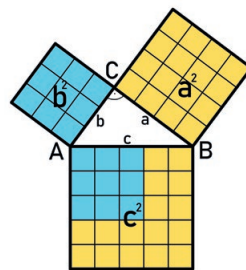
- Mit veszel észre?**

A nagy négyzet területe egyenlő a két kisebb négyzet területeinek összegével ($S_3 = S_1 + S_2$). Mivel $S_1 = a^2$, $S_2 = b^2$, $S_3 = c^2$, behelyettesítve a következő összefüggést kapjuk: $c^2 = a^2 + b^2$.

- Hogyan magyarázod?**

Egy derékszögű háromszög oldalai között fennáll az alábbi összefüggés:

$$\text{átfogó}^2 = \text{befogó}_1^2 + \text{befogó}_2^2 \text{ (Pitagorasz tétele)}$$



2. Pitagorasz tétele mindig igaz?

- Szükséged lesz:** vonalzóra, ceruzára, zsebszámológépre.
- Mit kell tenned?**

Rajzolj különböző derékszögű háromszögeket, mérd meg a befogók és az átfogók hosszát. A számológép segítségével, határozd meg a lehető legpontosabban minden oldal négyzetét. Ellenőrizd, hogy igaz-e a Pitagorasz tétel.

- Mit veszel észre?**

Minden megrajzolt háromszögre Pitagorasz tétele jó megközelítéssel érvényes, habár vannak különbségek.

- Hogyan magyarázod?**

Minden derékszögű háromszögben alkalmazható Pitagorasz tétele. A különbségek a mérőműszerek okozta pontatlan mérésekből adódhatnak.

3. Más „meglepetések” a derékszögű háromszögben

- **Szükséged lesz:** vonalzóra, ceruzára, zsebszámológépre, szögmérőre.
- **Mit kell tenned?**

Rajzolj egy vízszintes egyenest, majd egy hegyesszöget, amelynek csúcsa az egyenesen fekszik (1. ábra). A csúcstól különböző távolságra, rajzolj legalább három függőleges egyenest úgy, hogy derékszögű háromszögek jöjjenek létre. Minden így kapott háromszög esetén mérd meg az oldalakat, számold ki a szöggel szemben fekvő befogó és az átfogó arányát, majd a szög melletti befogó és átfogó arányát. A kapott adatokat jegyezd az alábbi táblázatba:

Sorszám	Sz.sz. bef. (cm)	Sz.m. bef. (cm)	átfogó	$\frac{\text{Sz.sz. bef.}}{\text{átfogó}}$	$\frac{\text{Sz.m. bef.}}{\text{átfogó}}$

- **Mit veszel észre?**

A szöggel szemben fekvő befogó és az átfogó aránya minden háromszögben állandó. Hasonlóan a szög melletti befogó és átfogó aránya is állandó.

- **Hogyan magyarázod?**

A derékszögű háromszögben a szögek és az oldalak között sajátos összefüggések vannak.

 **Jegyezd meg!**

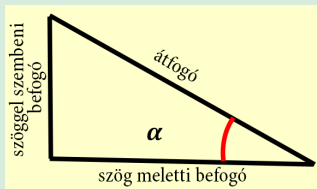
► A derékszögű háromszög oldalai között fennáll a következő összefüggés (Pitagorasz tétele):

$$\text{átfogó}^2 = \text{befogó}_1^2 + \text{befogó}_2^2$$

► A szöggel szemben fekvő befogó és az átfogó arányának értéke állandó és a szög **szinuszának** nevezzük ($\sin \alpha$), a szög melletti befogó és az átfogó arányának értéke állandó és a szög **koszinusának** nevezzük ($\cos \alpha$):

$$\sin \alpha = \frac{\text{Sz.sz.bef.}}{\text{átfogó}}; \quad \cos \alpha = \frac{\text{Sz.m.bef.}}{\text{átfogó}}$$

A szögek szinusz és koszinusz értékeit a mel-
lékelthez hasonló táblázatba foglalták:



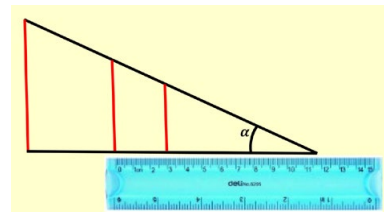
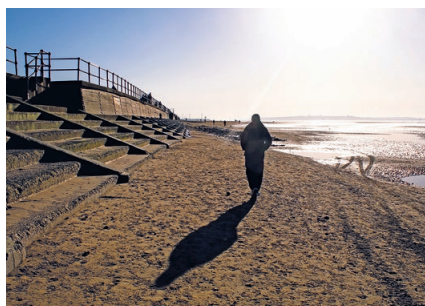
α	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$
30°	1/2	$\sqrt{3}/2$
45°	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{2}/2$
60°	$\sqrt{3}/2$	1/2



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

1 Misi magassága 1,6 m. Egy adott pilan-
tatban az árnyékának hossza 0,8 m. Rajzold meg azt a derékszögű három-
szöget, amelynek egyik befogója Misi magassága, a másik pedig az árnyéka. Számítsd ki a távolságot a feje tetejétől az árnyéka csúcsáig.

2 Egy derékszögű vonalzó átfogója 25 cm és egyik befogója 12,5 cm. Mennyi a vonalzó szögeinek mértéke?



1. ábra



Tudod-e?

► A derékszögű háromszögek fontosak a topográfiában is, mivel pontos mérési módszereket adnak a távolságok, szögek és magasságok meghatározásához.



► A középkori tengerészek szinusz és koszinusz táblázatokat használtak, hogy visszatáljanak a kezdeti útvonalra, ha elsodródtak.



Alkalmazd a tanultakat!

Barátaid gördeszkás gyakorló pályát szeretnének építeni. Kiszámolták, hogy a rámpa optimális szöge, amely egyszerre ad biztonságot és sebességet is, 15°. A rámpa magassága 78 cm. Mennyi lesz a hossza? Tudjuk, hogy $\sin 15^\circ \approx 0,26$.



Kulcsfogalmak

- skaláris fizikai mennyiség
- vektoriális fizikai mennyiség
- számérték/modulusz
- irányítottság (irány és irányítás)
- támadópont



1. ábra



2. ábra



Tudod-e?

► A „skaláris” szó a latin „scala”, szóból származik, ami „létrát” jelent.

► Mindennapi esetekben, olyan fizikai mennyiségek, mint a tömeg, hosszúság vagy idő nem függenek a kiválasztott vonatkoztatási rendszertől és a test sebességétől sem. Például egy repülő hossza és tömege ugyanannyi, akár áll, akár mozgásban van. Einstein bebizonyította, hogy ha a repülő nagyon nagy sebességgel repülne (majdnem a fény sebességével), hossza és tömege változna a vonatkoztatási rendszertől függően.



Skaláris és vektoriális fizikai mennyiségek

A. Skaláris fizikai mennyiségek. A skaláris fizikai mennyiségek azonosítása

Észrevetted, hogy...?

● Ha megkérdezik tőled a magasságodat (1. ábra), elég egy számot mondanod (a számértéket) és a mértékegységet. Mindenki megérti és nincs szükség plusz információra. Hasonlóan, ha valaki megkérdezi, mennyi időbe került a házi feladat elkészítése (2. ábra), akkor például azt mondd, hogy 30 perc (számérték és mértékegység).

Mit gondolsz?

Miért van az, hogy amikor egy fizikai mennyiségről beszélsz, meg kell adnod a számértékét és a mértékegységét is egyaránt?

Kísérletezz!

Mérjél és fedezz fel

● **Szükséged lesz:** egy tasak grízre, egy konyhamérlegre, egy üres tálra, egy papírlapra.

Mit kell tenned?

Tedd a mérlegre az üres tálat. Jegyezd le a tömegét és a mértékegységet, majd vedd le a mérlegről. Tegyél egy papírlapot a mérlegre, és önts rá 200 g grízt. Töltsd át a grízt a tálba, majd tálastól tedd fel újra a mérlegre.

Mit veszel észre?

A grízzel teli tál tömege egyenlő az üres tál tömege és a gríz tömegének összegével, ha ugyanabban a mértékegységben vannak kifejezve.

Hogyan magyarázod?

Egy test tömege egy olyan fizikai mennyiség, amelyet csak számértéke és mértékegysége jellemez. Egy ilyen mennyiséget **skaláris fizikai mennyiségnek** nevezünk. A testek tömegét úgy adjuk össze, mint a számokat matematikában.

Jegyezd meg!

► A számértékkel és mértékegységgel megadott fizikai mennyiséget **skaláris fizikai mennyiségnek** nevezzük.

A hosszúság, terület, térfogat, idő, tömeg, sűrűség, hőmérséklet skaláris fizikai mennyiségek.

► Azonos mértékegységben kifejezett skaláris fizikai mennyiségeket ugyanúgy adjuk össze, mint a számokat.



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

1 Mondj példákat olyan helyzetekre, amikor egy fizikai mennyiség számértékének megadása, mértékegység nélkül, félreértéshez vezethet.

2 Emlékezz, milyen fizikai mennyiségeket tanultál VI. osztályban. Ezek közül melyek skaláris fizikai mennyiségek és melyek nem?



Alkalmazd a tanultakat!

- 1 Jellemezd magad a lehető legpontosabban, skaláris fizikai mennyiségekkel.
- 2 Nyiss meg egy olyan alkalmazást a telefonodon, amely megmutatja a településed időjárását (3. ábra). Az időjárást leíró fizikai mennyiségek közül, színted melyik skaláris és melyik nem az? Magyarázd meg.



3. ábra

B. Vektoriális fizikai mennyiségek. A vektoriális fizikai mennyiségek azonosítása

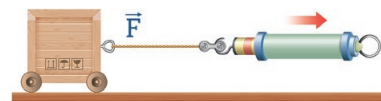
Észrevetted, hogy...?

Ha fizikaórán a tanár arra kér, hogy húzz el egy testet egy dinamométer segítségével, 2 N nagyságú erővel, nem fogod tudni, mit kell tenned. Meg kell kérdezned, hogy hol fogd a dinamométert, és milyen irányba húzd a testet (4. ábra).

Ha ismered egy autó sebességét, de nem ismered a haladási irányt és az irányítást (5. ábra), nem tudhatod, hol lesz egy bizonyos idő múlva.

Mit gondolsz?

Milyen hasonlóság van a testet húzó erő és egy autó sebessége között?



4. ábra

Kísérletezz!

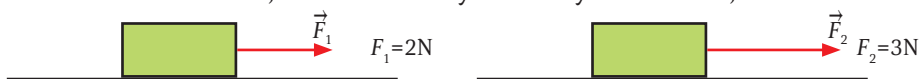
1. Erő és mozgás

Szükséged lesz: egy fa téglatestre, egy dinamométerre.

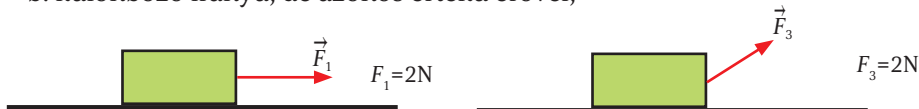
Mit kell tenned?

Húzd a testet a dinamométer segítségével az alábbi 6 ábra szerint:

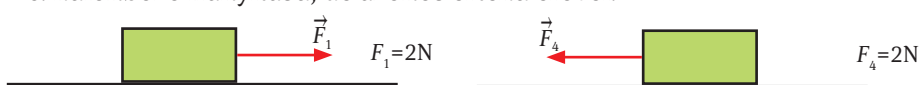
a. különböző értékű, de azonos irányú és irányítású erővel;



b. különböző irányú, de azonos értékű erővel;



c. különböző irányítású, de azonos értékű erővel.



Mit veszel észre?

Az erő testekre gyakorolt hatása függ:

- a. az erő nagyságától (mekkora erővel húzod);
- b. az erő irányától (milyen irányba húzod);
- c. az erő irányításától (merre húzod az adott egyenes mentén).

Hogyan magyarázod?

A testre ható erő jellemzéséhez meg kell adni annak értékét, irányát és irányítását.

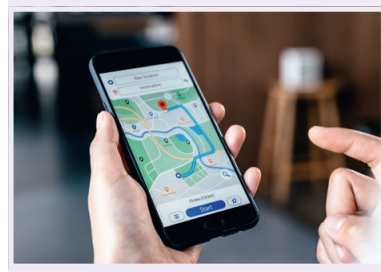


5. ábra

Tudod-e?

► A „vektor” latin eredetű szó, jelentése „hordozó”.

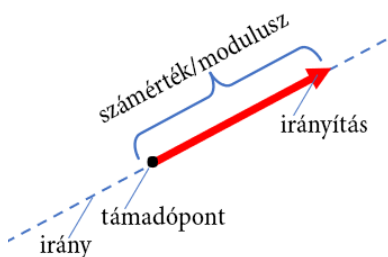
► Egy tárgy helyzete egy vonatkoztatási rendszerhez viszonyítva egy **helyzetvektornak** nevezett vektoriális fizikai mennyiséggel jellemezhető. Ezt a mennyiséget egy test helyzetének meghatározásánál is használjuk a Globális helymeghatározó rendszerben (GPS).





Portfólió témák

A tanév során alkoss egy kis értelmező szótárt a tanult fizikai mennyiségekkel. Minden fizikai mennyiségre jegyezd fel: annak fajtáját (skaláris vagy vektoriális), mértékegységét (a Nemzetközi Mértékegység Rendszerben), mérőműszerét (ha szükséges) és minden egyéb információt. Készíts mindegyik fizikai mennyiséghez egy számodra kifejező rajzot.



7. ábra – Egy vektoriális fizikai mennyiség grafikus ábrázolása



8. ábra



9. ábra



10. ábra

2. Azonos erők, különböző hatások?

● **Szükséged lesz:** egy cérnaszálra, egy négyzet alakú kartonra, egy állványra a testek felfüggesztéséhez, ragasztószalagra, dinamométerre.

● Mit kell tenned?

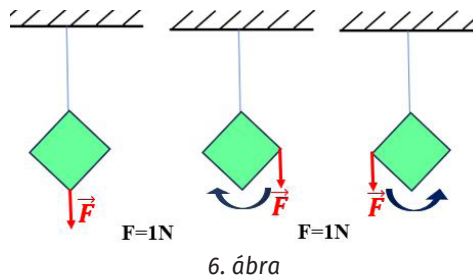
Rögzíts a négyzet minden sarkához egy-egy cérnahurkot. Akaszd a testet az állványra az egyik hurok segítségével, majd akaszd a dinamométert rendre a többi hurokba, és húzd függőlegesen lefelé 1 N nagyságú erővel (6. ábra).

● Mit veszel észre?

Ha az erő különböző pontokban hat a testre, a rá gyakorolt hatások is különbözőek, még akkor is, ha értékük és irányításuk azonos.

● Hogyan magyarázod?

Ahhoz, hogy a testre ható erőt teljesen jellemezhesd, meg kell adni a pontot is, ahol ez hat. Ezt **támadási pontnak** (vagy **támadópontnak**) nevezzük. A fenti esetben ez az a pont, ahol a dinamométert beakasztottuk, hogy meghúzzuk vele a négyzetet.



Jegyezd meg!

► Azokat a fizikai mennyiségeket, melyeket *támadóponttal, iránnyal, irányítással, számértékkel (modulusz) és mértékegységgel* jellemezhetünk, *vektoriális fizikai mennyiségnek* nevezzük. Az irány és az irányítás a vektoriális fizikai mennyiség **irányítottságát** adja meg (7. ábra).

Az erő, a sebesség és a gyorsulás vektoriális fizikai mennyiségek.

► Az azonos vektoriális fizikai mennyiségek (melyeknek azonos a mértékegységük) összeadhatók, de összeadásuknál figyelembe kell venni irányítottságukat is, nem csak a számértéküket. A vektoriális fizikai mennyiségek összeadását a **vektorok összetételének** nevezzük.

► A vektoriális fizikai mennyiséget a betűjele fölé helyezett nyíllal jelöljük (például, a sebesség jelölése $\vec{v}$, az erőé pedig $\vec{F}$). Amikor csak a fizikai mennyiség számértékéről és mértékegységéről beszélünk, kétféle jelölést használhatunk, például:

$$|\vec{v}| = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ vagy } v = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ és } |\vec{F}| = 5 \text{ N vagy } F = 5 \text{ N.}$$



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

Emlékezz, milyen fizikai mennyiségeket tanultál VI. osztályban. Ezek közül melyiknek van támadópontja, iránya, irányítása, számértéke és mértékegysége?

Alkalmazd a tanultakat!

1 Mi a különbség egy test tömege és súlya között?

2 Jegyezz le minél több skaláris és vektoriális fizikai mennyiséget, amelyet a 8, 9 és 10-es ábrákkal tudsz társítani. Hasonlítsd össze az általad talált mennyiségeket azokkal, amelyeket osztálytársaid találtak és beszéljétek meg a válaszaitokat.

Ismétlő feladatok

Tanult fizikai mennyiségek és jelenségek

Karikázd be az alábbi kérdések helyes válaszait: (minden kérdésre csak egy helyes válasz van):

1. Melyik mértékegység-sorozatban szerepelnek csak a Nemzetközi Rendszer (SI) mértékegységei?

- a. másodperc, méter, gramm;
- b. óra, kilométer, kilogramm;
- c. newton, kilogramm, liter;
- d. newton, kilogramm, másodperc.

2. Ha este 21:53 órakor elalszol és reggel 6:15-kor megébredsz, mennyit aludtál?

- a. 15 h és 37 perc; b. 16 h és 22 perc;
- c. 8 h és 22 perc; d. 6 h és 37 perc.

3. Mária és András biciklivel mennek iskolába. Mária átlagsebessége $1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, András sebessége pedig $9 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. A két gyerek sebességei között az alábbi összefüggés áll fenn:

- a. $\frac{v_M}{v_A} = \frac{3}{5}$; b. $\frac{v_M}{v_A} = \frac{1}{4}$; c. $\frac{v_M}{v_A} = \frac{1}{3}$; d. $\frac{v_M}{v_A} = \frac{4}{3}$.

Oldd meg a következő feladatokat:

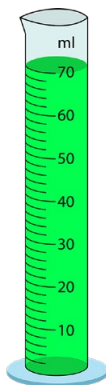
4. A mellékelt ábrán azonos tömegű golyók vannak. Mit mondhatsz a sűrűségükről?



5. Egy fal burkolásához 6 doboz csempélapot használnak. Egy lap mérete 20 cm × 20 cm, egy dobozban pedig 15 lap van. Mekkora falfelületet lehet burkolni ezzel a csempével?

Egy kísérlet elvégzésének lépései

6. Egy mérőhengerben 80 mL víz van. Ha a hengerbe 40 darab azonos irodai gemkapcsot süllyesztünk, a víz eléri a 88 mL-es szintet. Mekkora egy kapocs térfogata? Az eredményt fejezd ki m^3 -ben. Határozd meg a hibaforrásokat a kapocs térfogatának meghatározásában.



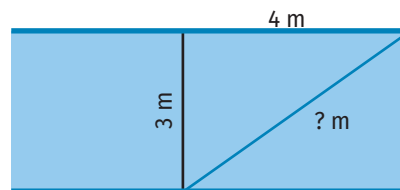
7. Egy üveg köhögés elleni sziruphoz kiskanalat is adnak, amelynek belső térfogatát nem tűntették fel. Hogy meghatározza a kiskanál térfogatát, Irénke 25 kiskanál vizet tölt egy mérőhengerbe és megfigyeli, hogy a víz térfogata 30 cm^3 . Számítsd ki a kiskanál térfogatát. Fejezd ki az eredményt mL-ben.



A derékszögű háromszög metrikus összefüggései

8. Egy lejtő szöge $\alpha = 30^\circ$, magassága 3 m. Milyen hosszú a lejtő?

9. Egy gyerek úszva szeli át a 3 m széles folyót és az indulási ponthoz viszonyítva 4 m-el lejjebb éri el a túlsó partot (lásd a mellékelt ábrát). Mekkora távot úszott a gyerek?



Skaláris és vektoriális fizikai mennyiségek

Karikázd be az alábbi kérdések helyes válaszait: (minden kérdésre csak egy helyes válasz van):

10. Melyek vektoriális fizikai mennyiségek az alábbi mennyiségek közül?

- a. sebesség és idő; b. erő és gyorsulás
- c. erő és tömeg; d. sebesség és tömeg.

11. Az alábbiak közül melyik egy vektoriális fizikai mennyiség mértékegysége (SI-ben)?

- a. $\frac{\text{N}}{\text{kg}}$; b. $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; c. s; d. K.

12. Határozd meg, hogy az alábbi fizikai mennyiségek közül melyik skaláris és melyik vektoriális:

hosszúság, terület, idő, térfogat, sebesség, gyorsulás, tömeg, sűrűség, erő, hőmérséklet, súly, elektromos áram erőssége, törésmutató.

A tanulók tevékenységének és viselkedésének szisztematikus megfigyelése a fejezet során

Töltsd ki a kérdőívet:

1. Legjobban tetszett	Az órák alatt így éreztem magam:
2. Legkevésbé érdekelt	
3. Megértési nehézségekbe ütköztem	
4. Tisztáznom kellene a	







Ismeretellenőrző teszt

Hivatalból 1 pont jár.

I. (1p) Olvasd el az alábbi kijelentéseket. Ha szerinted a kijelentés igaz, írd **I** betűt a kijelentés sorszámához. Ha pedig úgy gondolsz, hogy hamis, írd **H** betűt.

1. Egy test rugalmas alakváltozása termikus jelenség.	
2. A hosszúság egy skaláris fizikai mennyiség.	
3. A hőmérő egy mérőműszer.	
4. A gyorsulás egy vektoriális fizikai mennyiség.	

II. (2p) Az alábbi feladatok esetén karikázd be a helyes választ. Csak egy helyes válasz létezik:

A. A sebesség mértékegysége SI-ben:

- a. m/s; b. km; c. km/h; d. s.

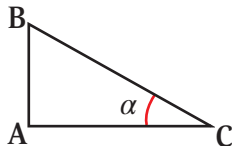
B. A test súlya ilyen fizikai mennyiség:

- a. skaláris; b. vektoriális; c. adimenzionális; d. alap.

C. A mellékelt ábrán a szinusz α helyes kifejezése:

a. $\sin \alpha = \frac{AC}{BC}$ b. $\sin \alpha = \frac{AB}{BC}$

c. $\sin \alpha = \frac{AC}{AB}$ d. $\sin \alpha = \frac{AB}{AC}$



D. Az alábbi fizikai mennyiségek közül melyik skaláris?

- a. gyorsulás; b. sebesség; c. idő; d. erő.

III. (2p) Töltsd ki az üres részeket:

- Egy fizikai mennyiség irányítottságát az és adja meg.
- A skaláris fizikai mennyiségeket csak a és a jellemzi.
- Amikor kísérletezünk, miután a kísérleti adatokat, feldolgozzuk őket és
- Egy kísérlet beszámolójában, a tanulmányozott jelenséggel kapcsolatos ismert adatok bemutatása a részben történik, az eredménnyel kapcsolatos észrevételeket pedig a jegyzed le.

IV. (2p) A start utáni első másodpercekben egy versenyautó gyorsulása $a_1 = 9 \frac{\text{km}}{\text{min}^2}$, a cél előtti utolsó másodpercekben pedig $a_2 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Melyik gyorsulás nagyobb?

V. (2p) Egy alumíniumból készített test ($\rho = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) tömege 135 g, térfogata pedig 75 cm^3 . Határozd meg a test belsejében lévő üregek összterfogatát.

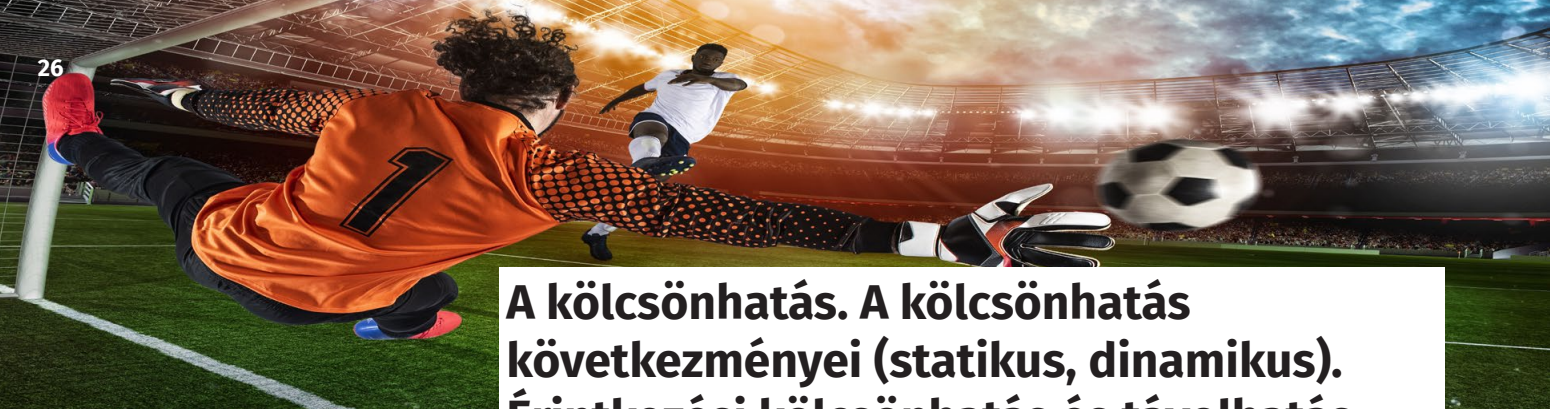
2

Mechanikai jelenségek. Kölcsönhatások



Ebben a fejezetben a következő kérdésekre fogsz választ kapni:

- ▶ Miért kell a teli bevásárlószekeret erősebben tolni, mint az üreset, ha el akarjuk indítani, vagy hirtelen meg akarjuk állítani?
- ▶ Milyen hatáson alapszik a dinamométer működése?
- ▶ Ha nem lenne súrlódás, tudnánk járni?
- ▶ Egy hosszú gumiszálból vágott rövidebb darab ugyanannyira rugalmas, mint a hosszú?
- ▶ Miért nyúlik meg jobban egy műanyag szál, mint egy pamutszál?



A kölcsönhatás. A kölcsönhatás következményei (statikus, dinamikus). Érintkezési kölcsönhatás és távolhatás

Kulcsfogalmak

- kölcsönhatás
- dinamikus hatás
- statikus hatás
- rugalmas alakváltozás
- rugalmatlan alakváltozás
- érintkezési kölcsönhatás
- távolhatás



1. ábra – A kéz-labda kölcsönhatásnak dinamikus és statikus hatása is van.



2. ábra – A gumiszalag rugalmas alakváltozása



3. ábra – Egy fém munkadarab rugalmatlan alakváltozása megmunkálása közben



Ellenőrizd, megértetted-e!

Sorolj fel közvetlen és közvetett kölcsönhatásokat, amelyek köztéd és más testek között jönnek létre testnevelésórán. Nevezd meg a kölcsönhatások következményeit.

Észrevetted, hogy...?

• Röplabdázás közben a kezed és a labda között fellépő kölcsönhatás megváltoztathatja a labda mozgásirányát és sebességét. Ugyanakkor a labda alakváltozását is okozhatja a kölcsönhatás ideje alatt.

Mit gondolsz?

• A zsinegen keresztül, köztéd és egy papírsárkány között érintkezési kölcsönhatás vagy távolhatás jön létre?

Emlékezz!

- A kölcsönhatás két test egymásra gyakorolt hatása.
- A kölcsönhatásoknak kétféle **következménye (hatása)** lehet:
 - a. dinamikus** – a sebesség irányának és értékének változása;
 - b. statikus** – a testek alakjának változása: **maradandó (rugalmatlan alakváltozás)** vagy **ideiglenes, a kölcsönhatás ideje alatti (rugalmas alakváltozás)**.

Kísérletezz!

Kölcsönhatások

• **Szükséged lesz:** zsinegre, mágnesre, vasreszelékre.

• **Mit kell tenned?**

4. ábra

Kösd a mágnest a zsinegre, és mozgasd függőlegesen úgy, hogy közeledjen a vasreszelékhez. Figyeld meg a következő kölcsönhatásokat: kéz–zsineg, zsineg–mágnes, mágnes–vasreszelék. Ismételd meg a kísérletet úgy, hogy a kezeden fogod a mágnest, és a zsineg végét tartod a vasreszelék fölé (4. ábra).

• **Mit veszel észre?**

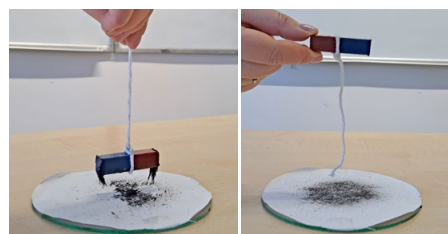
A zsinegen keresztül a kezed közvetlen kölcsönhatásban van a mágnessel, és elmozdítja azt. A mágnes távolról vonzza a vasreszeléket. A zsineg nem vonzza a vasreszeléket, pedig a mágneshez van kötözve.

• **Hogyan magyarázod?**

A kölcsönhatás a zsinegen keresztül közvetlen (érintkezési). A mágneses kölcsönhatások távolhatások, amelyeket a mágneses mező közvetít.

Jegyezd meg!

- ▶ A testek közti kölcsönhatás lehet **közvetlen (érintkezési)** vagy **közvetett (távolhatás)**. A távolhatást **fizikai mezők** közvetítik.
- ▶ A zsineg által közvetített kölcsönhatás érintkezési kölcsönhatás.



Az erő, a kölcsönhatás mértéke. Érintkezési és távolhatási erők

Észrevetted, hogy...?

Ha a labdát ferdén feldobod vagy vízszintesen dobod el, nem ugyanannyi idő múlva esik a földre. Ez a dobás erejétől függ, de a dobás irányától is.

Ha meghúzol egy rugalmas zsinórt, rendszerint csak rugalmas alakváltozást okozol. Viszont, ha a zsinórt túl erősen húzod meg, visszafordíthatatlanul megváltozhat az alakja (például elszakad), vagyis rugalmatlan alakváltozást szenved.

Mit gondolsz?

Horgászás közben, ha nem látod a horgodra akadt halat, hogyan tudod megállapítani, hogy kicsi vagy nagy?

Emlékezz!

- A kölcsönhatások erősségét jellemző fizikai mennyiség az **erő**.
- Az erő mértékegysége Nemzetközi Mértékegységrendszerben (SI-ben) a **newton**.

$$[F]_{SI} = N$$

- Az erő mérőeszköze a **dinamométer**.

Kísérletezz!

- Szükséged lesz:** két dinamométerre, egy testre, zsinegre.
- Mit kell tenned?**

Helyezd a testet az asztalra, és kösd hozzá az első dinamométer kampóját. Egy zsineggel kösd össze a két dinamométert (4. ábra). Húzd a második dinamométert egy olyan erővel, amely szöget zár be a vízszintessel. Mekkora erőt mutatnak a dinamométerek?

- Mit veszel észre?**

Az $\vec{F}_1$ erő, amellyel az első dinamométer hat a testre, és az $\vec{F}_2$ erő, amellyel a kezéd húzza a második dinamométert, azonos irányú és irányítású.

- Hogyan magyarázod?**

A testtel való kölcsönhatás, amelyet a zsinég közvetít, közvetlen kölcsönhatás. Ez alatt a zsinegben egy mérhető érintkezési erő lép fel.

Jegyezd meg!

A közvetlen kölcsönhatásoknak megfelelő erőket **érintkezési erőknek** nevezzük: húzóerő, tolóerő, súrlódási erő, testek között kifeszített zsinegeken fellépő erők (1-4. ábra).

A fizikai mezők közvetítésével ható erőket **távolhatási erőknek** nevezzük: gravitációs erő, elektromosan feltöltött testek vagy mágnesek közti vonzó és tasztítóerők.

Az erő egy vektoriális fizikai mennyiség, és egy vektorral (nyíllal) ábrázoljuk.

Kulcsfogalmak

- érintkezési erők
- távolhatási erők
- vektor



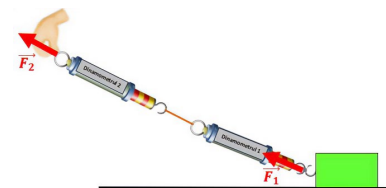
1. ábra – Az anya tolóerővel hat a babakocsira.



2. ábra – Mindegyik gyerek egy húzóerővel hat a kocsira.



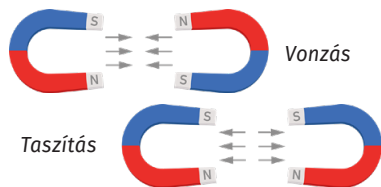
3. ábra – A sípálya felülete és a síléc között csúszó súrlódási erők lépnek fel.



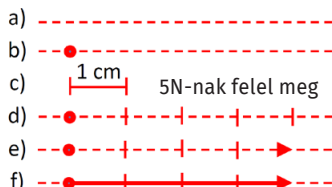
4. ábra – A zsinegben érintkezési erők lépnek fel, mivel a kölcsönhatás a zsinegen keresztül egy közvetlen kölcsönhatás.



5. ábra – A csillagok és bolygók között fellépő vonzóerők távolhatási erők.



6. ábra – A mágnesek közti vonzó- és taszítóerők távolhatási erők.



7. ábra – A vektor ábrázolásának lépései



Tudod-e?

► A Nap óriási ($3,52 \cdot 10^{22}$ N nagyságú) gravitációs erővel vonzza a Földet, habár az tőle közel 150 millió kilométer távolságra van.

► Ha a Nap hirtelen eltűnne, a Föld még 8,33 percig keringene akörül a pont körül, ahol a Nap volt. Ennyi időre van szüksége a gravitációs mezőnek, hogy az információt a Nap eltűnéséről a Földre hozza.



8. ábra



9. ábra



10. ábra

► A vektor egy irányított szakasz (egy nyíl), amely teljes mértékben jellemzi az általa ábrázolt vektoriális fizikai mennyiséget.

► Legyen egy vízszintes, jobbra mutató, 20 N-os erő. Az erőnek megfelelő vektor ábrázolásakor a következőképpen fogsz eljárni (7. ábra):

a. Szaggatott vonallal húzol egy egyenest, melynek iránya megegyezik az erő irányával (vízszintes).

b. Felveszed a támadáspontot a tartóegyenesen.

c. Húzol egy bizonyos hosszúságú szakaszt (legyen például 1 cm). A szakaszhoz hozzárendelsz egy tetszőleges értéket úgy, hogy az erő értéke (nagysága) ennek egész számú többszöröse legyen (például 5 N).

d. A szakaszt az erő irányába helyezed, és az irányítása felé haladva (jobbra) megsokszorozod ahányszor szükséges, hogy megkapd az erő értékét (a példa esetében 4-szer, mivel $20 = 5 \cdot 4$).

e. A szakasz végére teszel egy nyilat, amely az erő irányítását mutatja.

f. Folytonos vonallal összekötöd a támadáspontot a nyíl hegyével.

► Az erőket $\vec{F}$ – el jelöljük. Ha csak az erő értékére utalunk (számértéke a mértékegységével együtt), akkor azt F – el vagy $|\vec{F}|$ – el jelöljük.



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

1 Állapítsd meg a kölcsönhatás típusát (érintkezési vagy távolhatás) a 8-10 ábrákon. Rajzold le vázlatosan a füzetedbe a kölcsönhatásban lévő testeket, és ábrázold vektorok segítségével a kölcsönhatási erőket.

2 Rajzolj egy erőt, amely függőlegesen felfelé hat, és az értéke 100 N.

a) Hasonlítsd össze az általad rajzolt erőt a padtársad rajzával. Mit veszel észre?

b) Beszéljétek meg, miként jártatok el, amikor meghatároztátok az erőt ábrázoló vektor hosszát.

c) Lehetséges, hogy a rajzaitok különböznek, és mégis helyes mindkettő? Magyarázzátok meg!

Alkalmazd a tanultakat!

1 Ábrázolj ugyanazon a rajzon:

a) egy függőleges, felfelé mutató és 0,5 N értékű erőt;

b) egy vízszintes, balra mutató és 0,2 N értékű erőt;

c) egy erőt, mely 45° -os szöget zár be a vízszintessel, É-Ny felé mutat és az értéke 1,2 N.

2 Egy gépkocsira két erő hat: az 1500 N-os húzóerő hat vízszintesen jobbra, és az 1000 N-os súrlódási erő vízszintesen balra. Rajzold le a két erőt. Mit gondolsz? Mozogni fog a gépkocsi?

3 Egy feladat megoldásához Tibinek két olyan erőt kell ábrázolnia egy rajzon, amely ugyanarra a testre hat: $F_1 = 2$ N vízszintesen jobbra és $F_2 = 4$ N vízszintesen balra. Az alábbi ábrán látható rajzot készíti el. Helyes ez a rajz? Indokold a válaszodat.



A tehetetlenség elve

Észrevetted, hogy...?

● Ha a kerékpárt hirtelen lefékezed, előredob, és megtörténhet, hogy le is esel róla.

● Ha arccal a menetirány felé állsz egy autóbuszban, megtörténhet, hogy hirtelen induláskor hátraesel, ha nem fogózkodsz elég jól.

Mit gondolsz?

Miért kell becsatolnod a biztonsági övet akkor is, amikor az autó hátsó ülésén utazol?

Kísérletezz!

A „játékos” tojás

● **Szükséged lesz:** egy tojásra, egy közepes kartontányérra.

Mit kell tenned?

Tedd a tányérra egy vízszintes felületre, és helyezz bele egy tojást.

a. Rántsd meg a tányér szélét. Figyeld a tojás mozgását.

b. Mozgasd lassan a tányérra úgy, hogy a tojás vele együtt mozogjon. Állítsd meg hirtelen a tányérra. Figyeld meg, mi történik a tojással.

Mit veszel észre?

a. Amikor a tányérra megrántjuk egy irányba, a tojás megőrzi nyugalmi állapotát az asztalhoz képest (lemerad a tányérhoz képest) (2. ábra).

b. Amikor a tányérra hirtelen megállítjuk, a tojás folytatja mozgását arra, amerre a tányérral együtt mozgott (3. ábra).

Hogyan magyarázod?

A tojásnak tehetetlensége van! Amikor a tányér hirtelen elindul, a tojás igyekszik megőrizni nyugalmi állapotát, amikor pedig hirtelen megáll, a tojás igyekszik megőrizni egyenes vonalú egyenletes mozgását.

Jegyezd meg!

► **A tehetetlenség** a testnek az a tulajdonsága, hogy megőrzi egyenes vonalú egyenletes mozgását vagy nyugalmi állapotát addig, amíg egy külső erő nem hat rá.

► **A tehetetlenség elve:** bármely test megőrzi nyugalmi állapotát vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását mindaddig, amíg nem hat rá egy külső erő, amely megváltoztatja az állapotát, amelyben van.

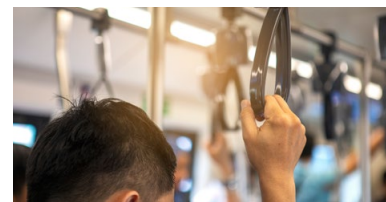
Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

1 Mi történne a Föld felszínén lévő tárgyakkal, ha a Föld forgása hirtelen leállna? Mi történne a légkörrel?

2 Hogyan lehetséges az aszteroidák és meteoritok mozgása a világűrben, amikor a bolygók vagy a csillagok nem vonzzák ezeket?

Kulcsfogalmak

● tehetetlenség



1. ábra – Az autóbuszokban fogantyúk vannak, amelyekbe kapaszkodhatsz, hogy a tehetetlenség miatt ne veszítsd el az egyensúlyodat.

Emlékezz!

● Külső hatás hiányában bármely test a Világegyetemben megőrzi nyugalmi állapotát vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását. A testeknek ezt a tulajdonságát **tehetetlenségnek** nevezzük.

● A testek tehetetlenségét jellemző fizikai mennyiség a **tömeg**, melynek mértékegysége SI-ben a kilogramm.

● A nagyobb tömegű testeket nehezebb elindítani és megállítani, mint a kisebb tömegűeket.

Tudod-e?

► Az ókori Görögország tudósa, Arisztotelész úgy vélte, hogy a tárgyak mozgásban tartásához erővel kell hatni rájuk. Az erő hiányában a tárgyak visszatérnek nyugalmi állapotba.

► Galileo Galilei a XVI. század végén rámutatott arra, hogy a tárgyak azért állnak meg, mert erők hatnak rájuk, mint például a súrlódási erők. Ezek hiányában a testek megőrzik egyenes vonalú egyenletes mozgásukat.

Alkalmazd a tanultakat!

Mi történne olyan sportokban, mint a futball, kosárlabda, kézilabda, ha a labdának nem volna tehetetlensége?

Kulcsfogalmak

- hatás
- visszahatás
- a hatás és visszahatás elve



6. ábra – A halak úgy haladnak előre, hogy uszonyaikkal hátrafelé lökik a vizet.



7. ábra – A madarak úgy szállnak fel és repülnek, hogy szárnyaikkal ellenkező irányba lökik a levegőt.

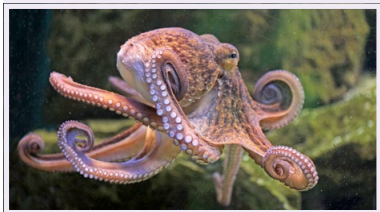


8. ábra – Az emberek úgy járnak, hogy a talpukkal a mozgásiránnyal ellentétes irányba lökik a felületet, amelyen mennek.



Tudod-e?

► A polipok a hatás és visszahatás elvét alkalmazva mozognak. Vizet szívnak be a környezetükből, és erős vízszugár formájában kinyomják a kívánt haladási irányba ellentétesen. A polipok változtatni tudják a vízszugár irányát és sebességét, így különböző irányba képesek mozogni, hirtelen meg tudnak állni vagy fel tudnak gyorsulni.



A hatás és visszahatás elve

Észrevetted, hogy...?

- Azért tudsz fallabdát (squash) játszani, mert a fal a rápattanó labdát visszszakuldi a játéktérbe (1. ábra).
- Amikor az egyik ujjadat a másikkal megnyomod, az érintkezési felületnél mindkettő ellaposodik (2. ábra).
- Amikor szeget ütsz a falba, a kalapács visszapattan (3. ábra).



1. ábra



2. ábra



3. ábra

Mit gondolsz?

Ha rollerezel, miért kell időnként meghajtanod magad úgy, hogy a földet lököd a lábadal?

Kísérletezz!



1. Kölcsönhatások!

● **Szükséged lesz:** a padra, 3 fizikatan-könyvre, egy 40 cm hosszú és 4 cm széles kartonpapírszalagra, egy könnyű golyóra.

Mit kell tenned?

► Hajtogasd össze a papírszalagot úgy, hogy rugó legyen belőle (4. ábra).

► Helyezz két tankönyvet a padra úgy, hogy a hosszabbik élük párhuzamos legyen, és köztük egy 4 cm széles folyosó alakuljon ki. A harmadik tankönyvvel zárd le a folyosó egyik végét. Tedd a folyosóba a papírrugót úgy, hogy az egyik vége a harmadik könyv alatt legyen. A labdát helyezd a folyosó másik végébe.

► Üsd meg egy kicsit a golyót, hogy mozgásba jöjjön (5. ábra).

► Figyeld meg, hogy mi történik, amikor a golyó a rugónak ütközik.

Mit veszel észre?

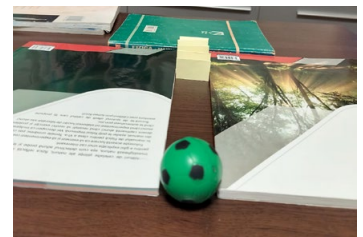
A golyó és a rugó közti kölcsönhatásnak következtében a rugó összenyomódik, és a golyó visszatér.

Hogyan magyarázod?

Amikor a golyó ütközik a rugóval, egy erővel hat rá, amellyel összenyomja azt. Ezzel egyidőben a rugó ellenszegül, és egy azonos irányú és ellentétes irányítású erővel hat a golyóra megváltoztatva annak mozgásirányát.



4. ábra



5. ábra

2. Mekkora a visszahatás?

● **Szükséged lesz:** két pontosan kalibrált dinamométerre és egy állványra, amelyhez a dinamométer egyik végét rögzíted.

● Mit kell tenned?

a. Rögzítsd az egyik dinamométert az állványhoz. Kapcsold a második dinamométert az elsőhöz, és húzd vízszintesen, lassan magad felé. Olvasd le a dinamométerek által mutatott erőket.

b. Növelj vagy csökkentsd egy kicsit a húzóerőt. Olvasd le ismét a dinamométerek által mutatott erőket.

● Mit veszel észre?

Az első dinamométer által mért erő minden esetben megegyezik a második dinamométer által mért erővel.

● Hogyan magyarázod?

A két dinamométer kölcsönhatásban van. A második dinamométer hat az első kampójára egy erővel (melyet az 1-es dinamométer mér). Az első dinamométer visszahat, és a második dinamométer kampóját egy azonos irányú és ellentétes irányítású visszaható erővel húzza (ezt a 2-es dinamométer méri). A két erő egyenlő nagyságú.



Jegyezd meg!

► A hatás és visszahatás elve:

Ha egy test egy erővel hat egy másik testre (**hatóerő**), a másik test egy azonos nagyságú és irányú, de ellentétes irányítású erővel hat vissza az első testre (**visszaható erő**).

- A hatóerő és a visszaható erő páros erők, amelyek egyszerre hatnak.
- A hatóerőnek és a visszaható erőnek különböző testen van a támadáspontja.
- A hatóerőnek és a visszaható erőnek eltérő hatásai vannak.
- A hatóerő és a visszaható erő nem egyenlítik ki egymást, mivel nem ugyanarra a testre hatnak (6 -10. ábra).



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

1 Rajzold le vázlatosan a füzetedbe a 11. ábrán látható kölcsönható testeket, és tüntesd fel a hatóerőket és a visszaható erőket. Jelöld A-val a hatóerő támadáspontját és B-vel a visszaható erő támadáspontját.

2 Amikor egy bevásárlószekeret tolsz az üzletben, te és a szekér ugyanabba az irányba mentek. Hogyan lehetséges ez, ha a hatóerő és a visszaható erő ellentétes irányításúak?



Alkalmazd a tanultakat!

1 Egy ember meg tud nyomni és mozgásba tud hozni egy nyugalomban lévő gépkocsit, pedig a kocsit tömege sokkal nagyobb, mint az emberé. Hogyan magyarázod?

2 Rajzold le vázlatosan a füzetedbe a különböző testek közötti kölcsönhatásokat, amelyeket egy átlagos napon megfigyelsz az iskolában. Tüntesd fel mindegyik rajzon a hatóerőt és a visszaható erőt (használd különböző színeket a két erő ábrázolására), és az erők támadáspontjait. Írd le, milyen hatása van mindegyik erőnek.

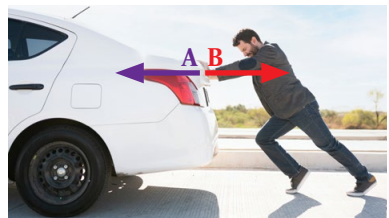


Tudod-e?

► A légpárnás hajó vagy hovercraft olyan jármű, amely majdnem súrlódásmentesen közlekedik vízen és szárazföldön. Motorjai levegőt vesznek a környezetből, és nagy erővel nyomják a hajó alá. A levegő visszahat a hajóra, és felfele nyomja, így az gyakorlatilag egy légpárnán lebeg.



9. ábra – Az evezők erővel nyomják hátra a vizet (hatás), a víz ellentétes irányítású, egyenlő nagyságú erővel nyomja előre az evezőket (visszahatás).



10. ábra – Hatóerő és visszaható erő az ember-autó kölcsönhatáskor



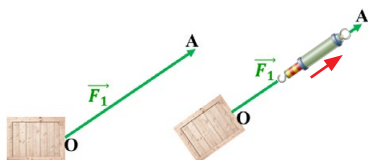
11. ábra – Különböző kölcsönhatások

Kulcsfogalmak

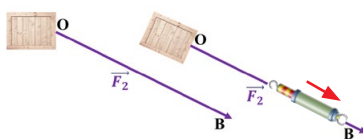
- összetétel
- kollineáris vektorok
- összetartó vektorok
- eredő
- paralelogramma-szabály



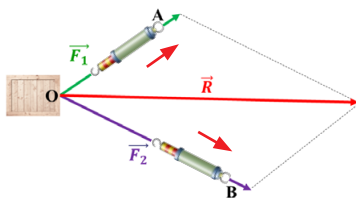
1. ábra – Gyerekkorod meséje



2. ábra – A testre csak az $\vec{F}_1$ erő hat.



3. ábra – A testre csak az $\vec{F}_2$ erő hat.



4. ábra – A testre az $\vec{F}_1$ és $\vec{F}_2$ erők egyszerre hatnak.



5. ábra – A vontatókábeleken fellépő két erő határozza meg az uszály haladási irányát.

Az erők összetétele. A paralelogramma-szabály

Észrevetted, hogy...?

- Egyenletes esés közben az ejtőernyőst több zsinór tartja.
- A mesebeli retekre több erő is hat (1. ábra).
- Néha a szerelvényeket két mozdony húzza.

Mit gondolsz?

El tudsz mozdítani egy testet egyszerre két különböző irányba?

Emlékezz!

A vektoriális fizikai mennyiségeket teljes mértékben jellemzi: a támadáspont (kezdőpont), irány, irányítás, számérték és mértékegység. Az azonos típusú és ugyanabban a mértékegységben kifejezett vektoriális mennyiségek összeadhatók, de számításba kell venni az irányukat és irányításukat is, nem csak a számértéküket.

Kísérletezz!

- Szükséged lesz:** egy vízszintes felületre, egy testre, két dinamométerre.
- Mit kell tenned?**

Húzd a testet $\vec{F}_1$ erővel az OA irányba a dinamométer segítségével (2. ábra). Jegyezd le a dinamométer által mutatott értéket.

Húzd most a testet $\vec{F}_2$ erővel az OB irányba egy másik dinamométer segítségével (3. ábra), és jegyezd le ismét a dinamométer által mutatott értéket.

Húzd a testet egyszerre mindkét dinamométerrel (4. ábra) úgy, hogy az AOB szög ne változzon. Jegyezd le a két erő értékét ebben az esetben is.

Állapítsd meg mindegyik esetben a test mozgásirányát.

- Mit veszel észre?**

A test mozgásiránya minden esetben más és más.

- Hogyan magyarázod?**

Amikor a testre csak egy erő hat, mozgásiránya megegyezik az illető erő irányával és irányításával. Amikor az $\vec{F}_1$ és $\vec{F}_2$ erők egyszerre hatnak, a test mozgásirányát a két erő együttes hatása adja meg.

Jegyezd meg!

► Egy testre egyidejűleg több erő is hathat. Ezeket egyetlen erővel helyettesíthetjük, melynek ugyanaz a hatása, mint az erőknek együttvéve. Ezt az erőt **eredőnek** ($\vec{R}$) nevezzük. Az eredő erőt az **összetételnek** nevezett művelet segítségével határozzuk meg. A továbbiakban az erők összetételéről beszélünk, de az összetétel szabályai érvényesek bármely más vektoriális mennyiségre.

► Az erők összetételének három szabálya van: a paralelogramma-szabály, a háromszög-szabály és a vektorsokszög-szabály.



► Abban az esetben, amikor a két erőnek azonos a támadáspontja, használhatjuk a **paralelogramma-szabályt**:

- Paralelogrammát szerkesztünk, amelynek két oldala a két erő, vagyis mindegyik erő csúcsából egy párhuzamost húzunk a másik erővel.
- Meghúzzuk az erők közös támadáspontján áthaladó átlót.
- Megszerkesztjük a vektort, melynek kezdőpontja a közös támadáspontban, a végpontja pedig a paralelogramma szemben lévő csúcsában van; ez lesz az erők eredője (az erők VEKTORIÁLIS ÖSSZEGE), melyet $\vec{R}$ - el jelölünk.
- Felírjuk a vektoriális összeadást jelentő összefüggést: $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

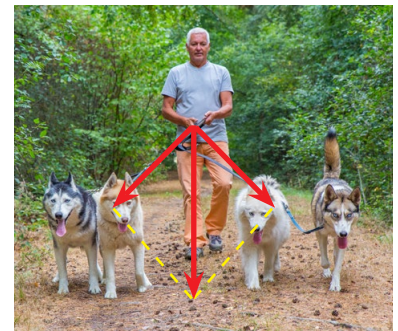
► **Az eredő erő (összegvektor) jellemzői:**

- kezdőpontja azonos az $\vec{F}_1$ és $\vec{F}_2$ erők kezdőpontjával;
- irányát a paralelogramma átlója adja meg;
- irányítása az erők közös kezdőpontjától a paralelogramma szemben lévő csúcsa felé van;

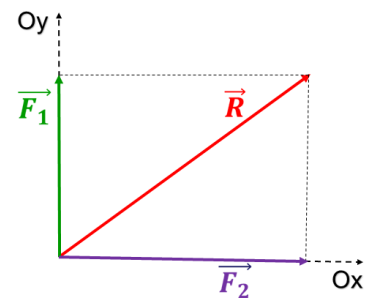
– számértéke egyenlő a paralelogramma átlójának hosszával.

► **Sajátos eset – egymásra merőleges erők esete** (amelyek 90° -os szöget zárnak be egymással – 6. ábra). Ha beolvasod a QR-kódot, egy ilyen esetre kapsz példát.

Ha paralelogramma-szabállyal összetesszük az $\vec{F}_1$ és $\vec{F}_2$ erőket, egy téglalapot kapunk, melynek átlója éppen a két erő eredője (7. ábra), amelyet Pitagorasz tételével számítunk ki: $R^2 = F_1^2 + F_2^2$.



6. ábra – Két erő összetételekor kapott eredő szemléltetése

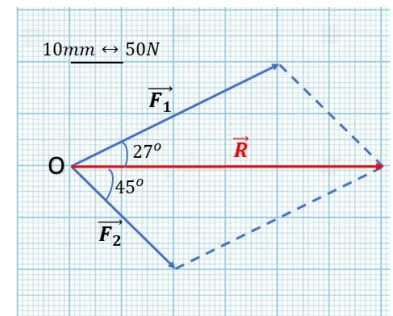


7. ábra – Egy egymásra merőleges erők összetétele

Megoldott feladat

Mérd meg vonalzóval a 8. ábrán látható $\vec{F}_1$ és $\vec{F}_2$ erők eredőjét, ismerve az értéküket: $F_1 = 225$ N és $F_2 = 140$ N.

Megoldás: Az ábra léptéke szerint 5 N nagyságú erőnek 1 mm hosszúságú vektor felel meg. Így a 225 N és 140 N nagyságú erőknek 45 mm, illetve 28 mm hosszú vektorok felelnek meg. Rajzold meg a két vektort. Vonalzóval mérd meg a hosszukat és szögmérővel az irányuknak megfelelő szöget (8. ábra). Szerkeszd meg a két erő által meghatározott paralelogrammát, és mérd meg vonalzóval az eredő hosszát. Ha helyesen jártál el, 53 mm körüli értéket kell kapnod. Ennek a hosszúságnak egy 265 N-os erő felel meg.



8. ábra – A megoldott feladathoz



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!



1 Olvasd be a QR-kódot. Figyeld meg, hogyan változik az eredő erő nagysága, ha változtatjuk a két erő irányát által bezárt szöget. Vond le a következtetést.

2 Tedd össze a két erőt paralelogramma-szabállyal az alábbi esetekben:

- $F_1 = F_2 = 5$ N, és az irányaik közti szög 60° ;
- $F_1 = F_2 = 5$ N, és az irányaik közti szög 120° ;
- $F_1 = 8$ N, illetve $F_2 = 5$ N, és az irányaik közti szög 30° ;
- $F_1 = 8$ N, illetve $F_2 = 5$ N, és az irányaik közti szög 60° .

Ábrázold a három erőt ($\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{R}$), és mérd meg vonalzóval az eredő erő mindegyik esetben. Mit veszel észre?



Alkalmazd a tanultakat!

A paralelogramma-szabály a vektorok összetételének általános szabálya. Így a sebességek összetételére is alkalmazható.

Egy folyó $v_v = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel folyik. Egy csónak a víz folyásirányára merőlegesen szeli át a folyót $v_{cs} = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel. Határozd meg grafikusan a csónak sebességét a parthoz képest. Miként tudod meghatározni a sebességet számítással? Mit veszel észre?

Kulcsfogalmak

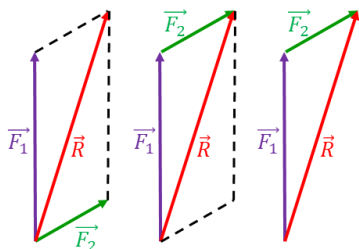
- sokszög
- háromszög-szabály
- vektorsokszög-szabály



1. ábra – A Titanic kalandja



2. ábra – Játék ovális labdával



3. ábra – Heuréka! Felfedeztem a „háromszög-szabályt”.



4. ábra – A lovak a szánt két párhuzamos, azonos irányítású erővel húzzák.



5. ábra – A kutyák a gyűrűt két kollineáris, ellentétes irányítású erővel húzzák.

Kiterjesztés: Vektorsokszög-szabály több vektor összetételére

Észrevetted, hogy...?

- Az úszó hajóra egyszerre több erő is hat, például a szél, a víz és a motor ereje (1. ábra).
- A rögbi egy labdajáték, melynek “tolongás” nevezetű szakaszában mind-egyik játékos a másik csapat felé nyomja a többieket (2. ábra).
- Ha paralelogramma-szabállyal adsz össze két erőt, és az egyiket önmagával párhuzamosan eltolod úgy, hogy a kezdőpontja a másik erő végpontjába kerüljön, egy háromszöget kapsz, melynek egyik oldala éppen a két erő eredője (3. ábra).

Mit gondolsz?

Ha egy tengerjáró hajóra három különböző erő hat: a szél, a tengeri áramlat, illetve a motor ereje, meg tudod határozni a hajóra ható eredő erő irányát és nagyságát?

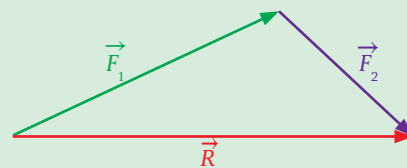
Emlékezz!

A sokszög (vagy poligon) egy több oldallal rendelkező síkidom (a poligon a görög *polis* = sok és *gonia* = szög szavak összetételéből ered), mint például: háromszög, négyszög, ötszög, hatszög, hétszög, nyolcszög, kilencszög stb.

Jegyezd meg!

► Két erő összetétele háromszög-szabállyal

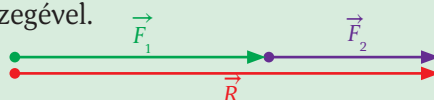
Háromszög-szabály: háromszöget alkotunk úgy, hogy az egyik erőt rögzítjük, a másikat pedig önmagával párhuzamosan eltoljuk a rögzített erő csúcsába. A rögzített erő támadáspontjából kiinduló, és az elmozdított erő végpontjához húzott vektor adja meg az eredő erőt.



► **Sajátos eset: kollineáris erők esete** – ezek az erők ugyanazon az egyenesen vannak vagy egymással párhuzamosak.

a) **Két azonos irányú és irányítású erő** (0° -os szöget zárnak be – 4. ábra)

Két azonos irányú és irányítású erő eredője egy vektor ($\vec{R}$), melynek iránya és irányítása megegyezik az erőkével, nagysága pedig egyenlő a két erő nagyságának összegével.

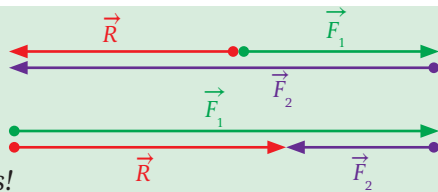


$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$R = F_1 + F_2$$

b) **Két azonos irányú és ellentétes irányítású erő** (180° -os szöget zárnak be – 5. ábra)

Két azonos irányú és ellentétes irányítású erő eredője egy vektor ($\vec{R}$), melynek iránya megegyezik az erőkével, irányítása azonos a nagyobbik erő irányításával, nagysága pedig egyenlő a két erő nagyságának különbségével.



$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

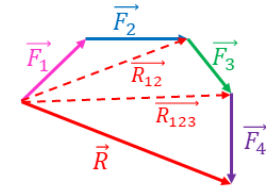
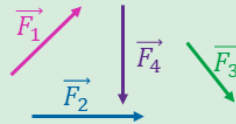
$$R = |F_1 - F_2|$$

Megjegyzés!

Ha a két erő egyenlő nagyságú, az eredőjük zéró lesz. A test nyugalomban marad, habár két erő hat rá.

► **Az erők összetétele vektorsokszög-szabállyal** (amely a háromszög-szabály általánosítása)

A vektorsokszög-szabályt több erő eredőjének megszerkesztésére használjuk. Ez egy intuitív és szemléletes módszer, amely segítségével könnyen összetehető kettőnél több erő, amelyek a testre különböző irányba hatnak. Fontos, hogy helyesen rajzold meg és kapcsold össze a vektorokat, egyiket a másik után, hogy az eredő erőt pontosan kapd meg.



6. ábra – Erők összetétele vektorsokszög-szabállyal

A vektorsokszög-szabály alkalmazása:

● eltoljuk az erővektorokat, "egyiket a másik folytatásába" (az első erő végpontjában legyen a második erő kezdőpontja, és így tovább);

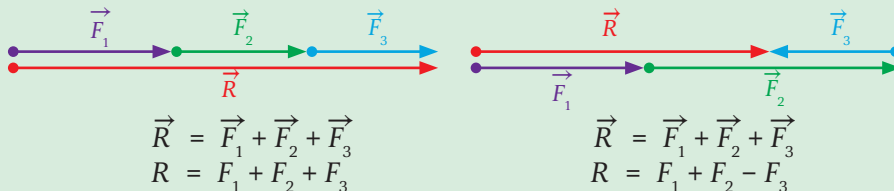
● a sokszöget az eredő erővektorral "zárjuk" (amelynek kezdőpontja az első vektor kezdőpontjában, végpontja pedig az utolsó vektor végpontjában van (6. ábra);

Az összeadási műveletet (összetételt) a következőképpen írjuk:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

$$R \neq F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$$

► **Három kollineáris erő esete:**



$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

$$R = F_1 + F_2 + F_3$$

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

$$R = F_1 + F_2 - F_3$$

Megoldott feladat

Egy testet négy összetartó (azonos támadáspontú) erő mozdit el. $F_1 = F_2 = 2 \text{ N}$, $F_3 = 6 \text{ N}$, $F_4 = 5 \text{ N}$ (7. ábra). Határozd meg grafikusan a négy erő eredőjét. Határozd meg a test elmozdulásának irányát és irányítását, valamint az eredő erő nagyságát.

Megoldás:

$F_1 = F_2 = 2 \text{ N}$
 $F_3 = 6 \text{ N}$
 $F_4 = 5 \text{ N}$
 $R = ?$

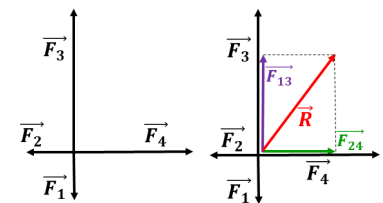
Összetesszük az $\vec{F}_2$ és $\vec{F}_4$ vízszintes erőket. Mivel irányuk azonos és irányításuk ellentétes, az eredőjük $F_{24} = |F_4 - F_2| = |5 - 2| \text{ N} = 3 \text{ N}$ lesz, jobb felé.

Összetesszük az $\vec{F}_1$ és $\vec{F}_3$ függőleges erőket. Mivel irányuk azonos és irányításuk ellentétes, az eredőjük $F_{13} = |F_3 - F_1| = |6 - 2| \text{ N} = 4 \text{ N}$ lesz, felfelé.

A végső eredőt paralelogramma-szabállyal határozzuk meg. Az eredő erő nagyságát Pitagorasz tételével számítjuk ki:

$$R = \sqrt{F_{24}^2 + F_{13}^2} \Rightarrow R = \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ N} = \sqrt{9 + 16} \text{ N} = 5 \text{ N}$$

Példákat láthatsz, ha beolvasod a QR-kódot.



7. ábra – A megoldott feladathoz



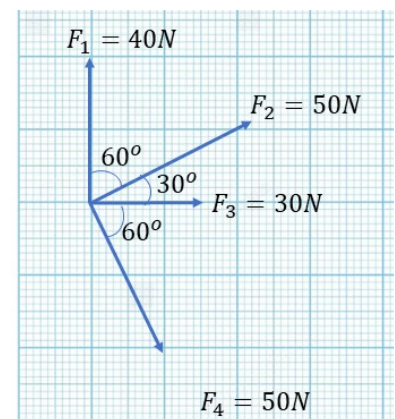
Ellenőrizd, megértetted-e!

Három gyerek tol egy padot, mindegyik 50 N nagyságú erővel, de különböző irányba. Hogyan lehetséges, hogy az erők eredője megközelítőleg 20 N? Indokold meg az eredményt.



Alkalmazd a tanultakat!

Mérd meg az ábrán látható erők eredőjét, ha 1 cm a rajzon 20 N-nak felel meg.



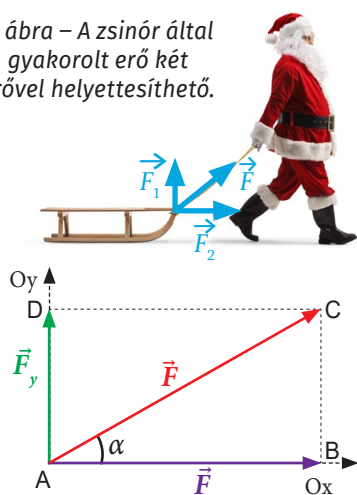
Kulcsfogalmak

- felbontás
- az erő összetevői



1. ábra – Az árkád stabilitását a zárókő biztosítja, melynek súlya a tartóoszlopokhoz közvetítődik.

2. ábra – A zsinór által gyakorolt erő két erővel helyettesíthető.



3. ábra – Az $\vec{F}$ erő összetevői



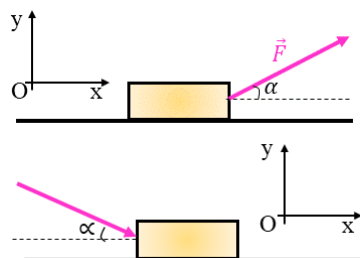
Ellenőrizd, megértetted-e!

- 1 Milyen szabályt használsz egy erő felbontásakor?
- 2 Hogyan választod meg az irányokat, melyek szerint felbontod az erőt?



Alkalmazd a tanultakat!

Bontsd fel az alábbi ábrán lévő erőket, és írd fel az összefüggéseket az $\vec{F}$, $\vec{F}_x$ és $\vec{F}_y$ között.



Az erő felbontása két, egymásra merőleges irány szerint

Észrevetted, hogy...?

Az árkád felső részén lévő kövek nem esnek le (1. ábra). Az összehajló felső kövek súlyuk miatt nyomják az ék alakú középső követ.

Mit gondolsz?

Hogyan könnyebb húzni egy szánkót, ha a függőleges, vagy ha a vízszintes irányhoz van közelebb a zsinórja (2. ábra)?

Kísérletezz!



Hogyan csinálsz egy erőből kettőt?

- **Szükséged lesz:** virtuális laboratóriumra (olvasd be a QR-kódot)
- **Mit kell tenned?**

Állítsd be az $\vec{F}_1$ erő nagyságát 5 N-ra. Állítsd be tetszőlegesen a két szöget úgy, hogy összegük legyen 90° . Nyomd meg a narancssárga gombot. Jegyezd le egy táblázatba a két összetevő erő értékét.

Az eredő erő nagysága	1-es szög	2-es szög	Az $\vec{F}_1$ erő értéke	Az $\vec{F}_2$ erő értéke
5 N	20°	70°		
	40°	50°		
	60°	30°		
	80°	10°		

Mit veszel észre?

Az erőt többféleképpen is fel lehet bontani úgy, hogy az összetevők eredője a kezdeti 5 N-os erő legyen.

Hogyan magyarázod?

Az eredő nagysága változatlan, de az F_1 és F_2 értékek változnak az illető erő iránya és az eredő erő közti szög függvényében.

Jegyezd meg!

Az $\vec{F}$ erőt felbonthatjuk két merőleges, Ox és Oy irány szerint úgy, hogy téglalapot szerkesztünk, melynek az erő az átlója. A téglalapnak az erő támadáspontjából kiinduló oldalai lesznek az erő két irány szerinti összetevői (komponensei) (3. ábra).

Megoldott feladat

A 2. ábrán látható szánt 8 N-os erővel húzzák egy zsinórral, amely $\alpha = 30^\circ$ -os szöget zár be a vízszintessel. Határozd meg az erő összetevőit.

Megoldás:

$$\begin{aligned}
 F &= 8 \text{ N} \\
 \alpha &= 30^\circ \\
 F_x &= ? \\
 F_y &= ?
 \end{aligned}$$

Az ABC derékszögű háromszögben a 30° -os szöggel szembeni befogó egyenlő az átfogó felével: $BC = \frac{AC}{2} = 4 \text{ N}$, tehát $F_y = 4 \text{ N}$. Pitagorasz tételét alkalmazva: $AC^2 = AB^2 + BC^2 \Rightarrow AB^2 = 48 \text{ N}^2 \Rightarrow AB = 4\sqrt{3} \text{ N} \Rightarrow F_x = 4\sqrt{3} \text{ N} = 6,92 \text{ N}$.

Példák erőkre: súly, merőleges nyomóerő, súrlódási erő, szálban fellépő feszítőerő, rugalmas erő

A. A súly

Észrevetted, hogy...?

- Ha kiejted a füzetet a kezedből, mindig a Föld felé esik.
- Miután kiugrott, az ejtőernyős a Föld felé ereszkedik (1. ábra).
- Könnyen meg tudsz tartani egy almát a tenyereden, habár az egész Föld vonzza azt. Talán varázskézed van, hogy képes legyőzni azt az erőt, amellyel a hatalmas Föld vonzza az almát?

Mit gondolsz?

A Föld nagyobb, mint a Hold. Egy gyerek súlya ugyanakkora a Földön, mint a Holdon (2. ábra)?

Emlékezz!

● A testek esése a gravitációs erőnek köszönhető, amellyel a Föld hat rájuk. Ezt az erőt súlynak nevezzük és newtonban mérjük. A test súlya függ a tömegtől, amelyet kilogrammban mérünk.

● Más égitesteken egy test tömege ugyanakkora, de a súlya különbözik a Földön mért értéktől, mivel függ az illető helyre jellemző gravitációs gyorsulástól.

● A tömeg és a súly két különböző fogalom, bár gyakran összetévesztik. A test tömege a tehetetlenségét jellemzi. A tömeg változatlan, bárhol is van a test a Világegyetemben. A súly viszont a testek közti kölcsönhatást jellemzi, és a gravitációs gyorsulástól függően változik, következésképpen különböző égitesteken más és más értéke lehet.

Kísérletezz!

Mi esik le hamarabb?

● **Szükséged lesz:** egy zsebkendőre, egy A4-es papírlapra, egy összegyűrt A4-es papírlapra, egy gumilabdára.

Mit kell tenned?

Engedd a négy testet leesni megközelítőleg 1 m magasságból. Jegyezd le a füzetedbe, hogy melyik test érkezik hamarabb a padlóra, és melyiknek kell a legtöbb idő a földet éréshez.

Mit veszel észre?

A testek nem egyszerre érnek földet.

Hogyan magyarázod?

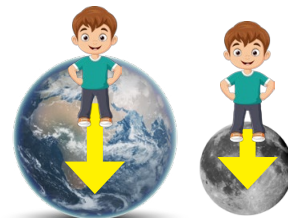
Levegőben a testek esési ideje különbözik (alakjuktól és méretüktől függ), mivel a súlyukon kívül, azzal ellentétesen, ellenállási erő is hat rájuk a levegő részéről.

Kulcsfogalmak

- tömeg
- súly
- gravitációs vonzóerő
- vektoriális mennyiség



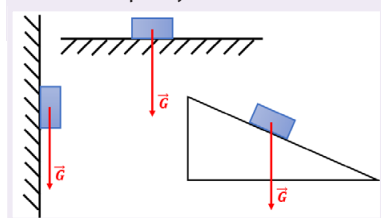
1. ábra – Az ejtőernyős azért ereszkedik, mert vonzza a Föld.



2. ábra – A gyerek súlya a Földön nagyobb, mint a Holdon.

Tudod-e?

▶ A gravitációs gyorsulás (következésképp a test súlya is) kicsit változik a Földön a magasság és a földrajzi szélesség függvényében. A gravitációs gyorsulás azért függ a földrajzi szélességtől, mert a Föld nem tökéletes gömb, hanem a sarkoknál lapított, az Egyenlítőnél pedig kidudorodott. Így a sarkok (Észak és Dél) közelebb vannak a Föld középpontjához, mint az Egyenlítő, tehát a gravitációs gyorsulás a sarkoknál nagyobb, mint az Egyenlítőnél. Ahogy nő a magasság, úgy csökken a gravitációs gyorsulás, mivel távolodunk a Föld középpontjától, a gravitációs vonzás központjától.



3. ábra – Egy test súlya különböző felületeken



Emlékezz!

A testre jellemző egyik fizikai mennyiség a sűrűség, melyet a $\rho = \frac{m}{V}$ összefüggéssel számítunk ki (m a test tömege, V a térfogata). A sűrűség mértékegysége $[\rho]_{SI} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.



Ellenőrizd, megértetted-e!

1 Ha megszűnne a gravitációs erő, vajon a Földön lévő tárgyaknak lenne még súlya? A testek akkor is a Föld felé esnének?

2 Milyen erőt kell legyőznie a sportolónak a súlyzó emelésekor?



3 Egy testet a Föld 245 N nagyságú erővel vonz, a Hold pedig 40 N -al. Számítsd ki a gravitációs gyorsulást a Holdon. Hányszor kisebb, mint a Földön?



Kulcsfogalmak

- merőleges nyomóerő
- merőleges visszaható erő



Jegyezd meg!

► **A test súlya ($\vec{G}$)** az a vonzóerő, amellyel hat rá a Föld. A súly vektoriális fizikai mennyiség, amely a következő összefüggéssel adható meg: $\vec{G} = m \cdot \vec{g}$.

► **A súlyerő jellemzése:**

– Jele: $\vec{G}$.

– Támadáspontja a test szimmetria-középpontjában van (a homogén és szimmetrikus testek esetében).

– Iránya mindig függőleges (a függőön iránya).

– Irányítása lefelé mutat, a Föld középpontja felé (3. ábra).

– A súly számértékét a $G = m \cdot g$ összefüggés adja meg (m a test tömege, g a gravitációs gyorsulás). A Földön a 45° -os szélességi körön, tengerszinten $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

– Mértékegysége SI-ben: $[G]_{SI} = \text{N}$ (newton).

– Mérőeszköze a dinamométer.



Megoldott feladatok

1 Amikor a kengurukra gondolsz, egy erős ausztráliai állatot képzelsz el, amellyel ide-oda ugrál, és az erszényében hordja a kicsinyét. Képzeld el egy 66 kg tömegű kengurut, amely a 425 g tömegű kölykét hordozza. Figyelembe véve, hogy $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$, számítsd ki az együttes súlyukat.

$$m_1 = 66 \text{ kg}$$

$$m_2 = 425 \text{ g} = 0,425 \text{ kg}$$

$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$G = ?$$

Megoldás:

$$G = m \cdot g$$

$$m = m_1 + m_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = 66 \text{ kg} + 0,425 \text{ kg} = 66,425 \text{ kg}$$

$$G = 66,425 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 664,25 \text{ N}$$

2 Mekkora egy liter gázolaj súlya, ha az átlagsűrűsége 850 kg/m^3 ?

$$V = 1 \text{ L} = 0,001 \text{ m}^3$$

$$\rho = 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G = ?$$

Megoldás:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V = 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,001 \text{ m}^3 = 0,85 \text{ kg}$$

$$G = 0,85 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 8,5 \text{ N}$$



Alkalmazd a tanultakat!

Mikor kisebb a rakéta kilövéséhez szükséges erő: amikor a kilövőállomás a tengerparton van, vagy a hegycsúcson? Hogy könnyebb legyen a rakéta kilövése, hová telepítenéd a kilövőállomást: a sarkokhoz vagy az Egyenlítőhöz?

B. A merőleges nyomóerő



Észrevetted, hogy...?

- Amikor a tornászlánya a gerendán van, a gerenda tartja őt.
- Amikor a görkorcsolyás gyerek erősen megnyomja a falat, hátralökődik.

Mit gondolsz?

Melyik erő hatása okoz kényelmetlen érzést, amikor sokáig ülsz egy kemény széken?

Kísérletezz!

1. Elrejtett erők

● **Szükséged lesz:** a fizikatan könyvre.

● **Mit kell tenned?**

Tartsd nyitott tenyereden a fizikatan könyvet. Állapítsd meg, hogy milyen erők hatnak a tankönyvre és a tenyeredre.

● **Mit veszel észre?**

A tankönyvre a gravitációs erő hat. Ezért a tankönyv a tenyeredet nyomja egy erővel, amelyet merőleges nyomóerőnek nevezünk. Bár a gravitáció a könyvet lefelé húzza, a tenyered megtartja, így megakadályozza a leesését. Az erőt, amellyel a tenyered felfelé nyomja a tankönyvet, merőleges visszaható erőnek nevezzük.

● **Hogyan magyarázod?**

A könyvre két ellentétes erő hat, amelyek hatására a könyv a tenyereden nyugalomban van. Az első a gravitációs erő, amely lefelé hat, a második a merőleges visszaható erő, amely felfelé hat, és tartja a könyvet.

2. A merőleges nem mindig függőleges (5. ábra)

● **Szükséged lesz:** asztalra, egy lemezre, egy dobozra.

● **Mit kell tenned?**

I. Helyezd a dobozt az asztalra.

II. Tartsd ferdén a lemezt (egyik végével az asztalon), és tedd rá a dobozt.

● **Mit veszel észre?**

Az asztalon a doboz mozdulatlanul áll. A ferdén tartott lemezen a doboz le akar csúszni.

● **Hogyan magyarázod?**

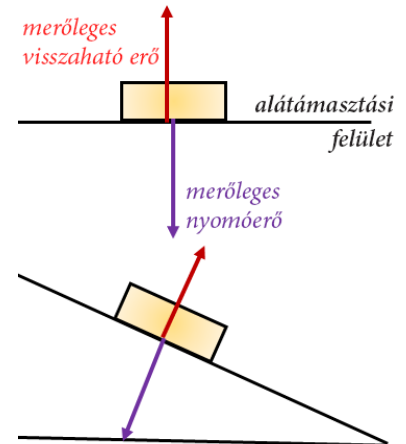
Az asztal egy felfelé irányuló erővel tartja egyensúlyban a rajta álló dobozt. Ez a merőleges visszaható erő, melynek iránya függőleges és egyben merőleges az asztal vízszintes felületére. Amikor a doboz a ferdén tartott lemezen van, a merőleges visszaható erő iránya eltér a függőlegestől, és a dobozt már nem tartja olyan jól. A merőleges nyomóerő merőlegesen hat a lemezre, de ebben az esetben nem lesz függőleges a földhöz képest.

Jegyezd meg!

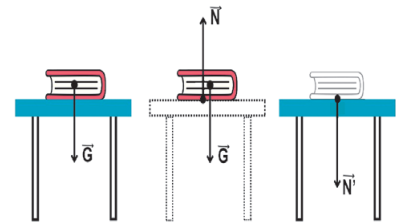
► **A merőleges (normális) nyomóerő ($\vec{N}$)** az az erő, amellyel egy test merőlegesen hat az alátámasztási felületre/testre, amikor érintkezik vele. Iránya mindig merőleges a felületre, ennek helyzetétől függetlenül. A hatás és visszahatás elvének értelmében ennek az erőnek megfelel egy visszaható erő a másik test részéről, amely vele egyenlő nagyságú és ellentétes irányítású. Ezt **merőleges (normális) visszaható erőnek ($\vec{N}$)** nevezzük, és mindig merőleges az alátámasztási felületre.

Emlékezz!

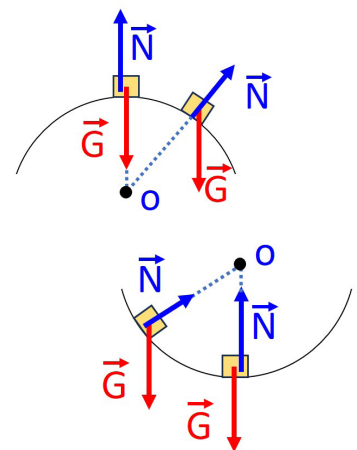
Matematikában a „normális” szó merőlegességet fejez ki (pl. egy háromszög magassága, a szakaszfelező merőleges, a pont távolsága egy egyenestől stb.).



5. ábra – Vízszintes vagy ferde asztalon lévő dobozra ható erők



6. ábra – Az erők hatásának jobb megértése érdekében mindegyik tárgyat külön rajzoltuk le.

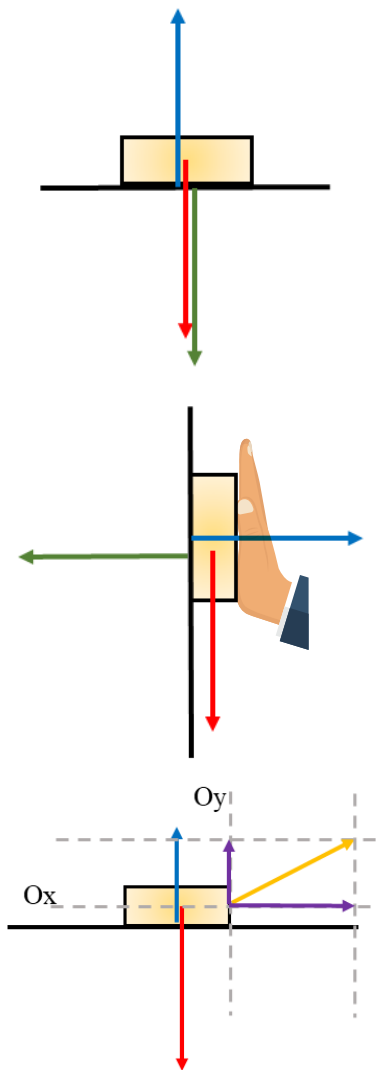


7. ábra – Test görbült felületen



Ellenőrizd, megértetted-e!

Jelöld és nevezd meg az alábbi ábrákon lévő testekre ható erőket:



Kulcsfogalmak

- csúszó súrlódási erő
- súrlódási együttható
- dimenziómentes mennyiség



8. ábra – A stoplik megakadályozzák a csúszást.

► A merőleges visszaható erő jellemzői:

– Jele: $\vec{N}$.

– Támadáspontja a testen van, épp az érintkezési felületen.

– Iránya merőleges az érintkezési felületre, ha az síkfelület. Gömbfelület esetén az erők iránya megegyezik a görbületi sugár irányával.

– Irányítása az érintkezési felülettől a test felé mutat.

– Nincs saját számítási képlete.

– Mértékegysége SI-ben: $[N]_{SI} = N$ (newton).

– Mérészköze a dinamométer.

► A merőleges nyomóerő és a merőleges visszaható erő különböző testekre hatnak, ezért különböző a támadáspontjuk. A merőleges nyomóerő arra a felületre hat, amelyen a test van, míg az ellentétes irányítású merőleges visszaható erő a testre hat.

A merőleges nyomóerő ($\vec{N}'$) és a visszaható erő ($\vec{N}$) páros erők (egyik a hatóerő, másik a visszaható erő), melyek egyenlő nagyságúak, azonos irányúak (merőlegesek a felületre) és ellentétes irányításúak.

A merőleges nyomóerő nagysága változik a felület hajlásszöge és a testre ható erők függvényében.

1. A merőleges visszaható erő nagysága egyenlő a test súlyának nagyságával, amikor:

- a test nyugalomban van vízszintes felületen;
- a test vízszintes felületen mozog vízszintes húzóerő hatására.

2. A merőleges visszaható erő nagysága nem egyenlő a test súlyának nagyságával, amikor:

- a test vízszintes felületen mozog ferde húzóerő hatására;
- a test egy ferde felületen emelkedik vagy ereszkedik.



Alkalmazd a tanultakat!

1 Helyezz egy léggömböt az asztalra, és figyeld meg, hogy az alsó része megváltoztatja az alakját. Mit gondolsz, mi nyomja a léggömböt, és változtatja meg az alakját?

2 Gondolj olyan hétköznapi esetekre, amikor a tested kölcsönhatásban van különböző tárgyakkal és felületekkel: széken ülsz, lejtős úton jársz, vagy nyomod az asztalon lévő könyvet. Állapítsd meg mindegyik esetben, hogyan hat és nyilvánul meg a merőleges nyomóerő. Melyik a merőleges visszaható erő? Beszéld meg a példáidat osztálytársaidal.

C. A súrlódási erő



Észrevetted, hogy...?

● A jégpályán és a nedves fűvön könnyen elcsúszunk, de az aszfalton és a száraz fűvön nem.

● A futballcipők talpán stoplik vannak (8. ábra).

● Télen a jégen járáshoz hótaposót (téli bakancsot) viselünk, nem cipőt (9. ábra).

- Az autógumik felülete érdes (9. ábra).
- Ha banánhéjra lépsz, könnyen eleshetsz.

Mit gondolsz?

A 10. ábrán látható két csúszda közül melyiken csúszol könnyebben? A vizesen vagy a szárazon?

Kísérletezz!

1. Mozgó táblafile (marker)

● **Szükséged lesz:** egy változtatható dőlésszögű sima lemezre és egy táblafile (markerre).

Mit kell tenned?

Helyezd el a lemezt vízszintesen; lökd meg a táblafilet úgy, hogy csússzon, majd guruljon a lemezen megállásáig. Állítsd be a lemezt 60° -ra, és engedd a táblafilet lecsúszni rajta gurulás nélkül. Fordítsd el a táblafilet 90° -al, és engedd legurulni. Változtasd a felület dőlésszögét 10° -ra, és ismételd meg a két kísérletet.

Mit veszel észre?

A vízszintes lemezen a marker mindkét esetben megáll, de nem ugyanannyi idő alatt. A 60° -os dőlésszögű felületen a marker mindkét esetben elindul, de guruláskor jobban gyorsul. Amikor a dőlésszöget 60° -ról 10° -ra változtatjuk, a marker nem fog csúszni a felületen, ellenben gurulni fog.

Hogyan magyarázod?

Mivel a marker a vízszintes felületen megáll, azt jelenti, hogy a felület ellenállást fejtett ki, amely a marker és a felület közti súrlódás következménye. Az ellenállás kisebb guruláskor (gördüléskor), mint csúszáskor, amit a többi kísérlet bizonyít.

2. Egyenletes mozgásban

● **Szükséged lesz:** hengeres lyukakkal ellátott téglatestre, zsinegre, kampóra, melyen bevágott szélű korongok vannak, mérőtömegeket tartalmazó dobozra, állócsigára, mérlegre.

Mit kell tenned?

Vesd át a csigán a zsineget úgy, hogy kifeszítve vízszintesen álljon, ahogy a 12. ábrán látható.

1. Mérd meg a téglatest M tömegét. Tegyél a kampóra korongokat (vagy horoggal ellátott mérőtömegeket), míg a rendszer egyenletesen mozog ($G = F_s$). Jegyezd le a korongok és a kampó m össztömegét.

Helyezz a téglatest egyik lyukjába egy mérőtömeget, és mérd meg az új tömeget. Ismételd meg az eljárást még kétszer. Számítsd ki az m/M arányt mindegyik esetben. Jegyezd le az eredményeket. Állapítsd meg, hogyan függ a csúszó súrlódási erő a merőleges visszaható erőtől.

Ábrázold grafikusán az $F_s = f(N)$ függvényt, ahol N a merőleges visszaható erő nagyságát jelenti. Elemezd a grafikont, és fogalmaz meg egy következtetést.



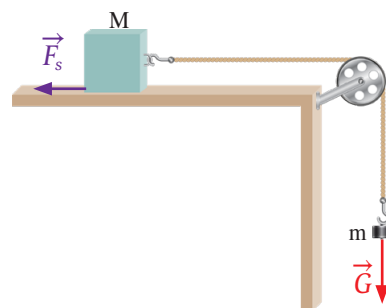
9. ábra – Az autógumikon és a bakancsok talpán lévő csíkok járás közben növelik a súrlódást.



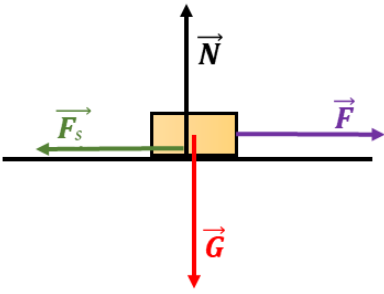
10. ábra – Csúszdák



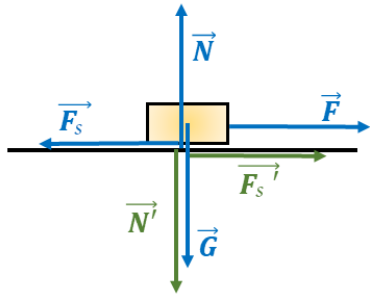
11. ábra – Csúszó és guruló táblafile



12. ábra – Vízszintes felületen egyenletesen mozgó test, amikor $G = F_s$



13. ábra



14. ábra – Szétválasztott erők aszerint, hogy melyik testre hatnak



Tudod-e?

► A meteorok a Föld légkörébe érkezve a levegővel való súrlódás miatt meggyúlnak és elégnek, mielőtt a földbe csapódnának.



► A legyek képesek a mennyezeten mászni a lábuk végén lévő mikroszkopikus karmok és szívókorongok segítségével, amelyek lehetővé teszik, hogy sima felületen is megkapaszkodjanak.



Ellenőrizd, megértetted-e!

1 Hogyan tudod elérni, hogy a száánk csússzon a fűvön?

2 Miként lehet csökkenteni a súrlódást a gépezetek különböző mozgó alkatrészei között?

2. Fordítsd meg a téglatestet úgy, hogy változzon az érintkezési felület (a keskenyebb oldala legyen az asztalon). Ismételd meg az 1-es pontban bemutatott lépéseket. Hasonlítsd össze a súrlódási erőt azzal, amit az 1-es pontban kaptál, amikor ugyanazt a mérőtömeget tetted a téglatestre. Grafikus ábrázolás itt nem szükséges.

3. Helyezd a téglatestet egy kis szőnyegre. Ismételd meg az 1-es pontban bemutatott lépéseket. Hasonlítsd össze a súrlódási erőt azzal, amit az 1-es pontban kaptál, amikor ugyanazt a mérőtömeget tetted a téglatestre.

● **Mit veszel észre?**

A rendszert mozgató $\vec{F}$ erő a kampó és a rajta lévő korongok súlya.

A mozgásnak ellenszegülő erő a súrlódási erő.

Ha megduplázzuk az M tömegű test súlyát, az $\vec{F}$ erő is megduplázódik. Ha változtatjuk az érintkezési felület nagyságát, az $\vec{F}$ erő nem változik. Ha a testet a szőnyegre tesszük, az $\vec{F}$ erő ismét változik.

● **Hogyan magyarázod?**

Az $\vec{F}$ erő és a súrlódási erő csak akkor azonos nagyságú, ha a rendszer egyenletesen mozog. Ekkor $F_s = m \cdot g$. A merőleges nyomóerő és visszaható erő az M tömegű test súlyával egyenlő: $N = N' = M \cdot g$. Figyeld meg, hogy az $\frac{F_s}{N}$ arány állandó.



Jegyezd meg!

► Amikor a test csúszik vagy gördül egy felületen, az érintkezési felületnél megjelenik egy erő, amely ellenszegül a test mozgásának. Ezt az erőt **súrlódási erőnek** ($\vec{F}_s$) nevezzük.

► **A súrlódási erők csoportosíthatók** aszerint, hogy miként mozog a test:

- a) amikor a test csúszik, **csúszó súrlódási erő** hat rá;
- b) amikor a test gördül (gurul), **gördülő súrlódási erő** hat rá;
- c) amikor a test nem mozog, de erők hatnak rá, amelyek próbálják elmozdítani, **nyugalmi** vagy **tapadási súrlódási erő** hat rá.

► A 13. ábrán látható testre az $\vec{F}$ vízszintes húzóerő hat. A testre a felület, amelyen van, hatni fog a súrlódási erővel ($\vec{F}_s$), melynek irányítása a mozgásiránnyal ellentétes. A hatás és visszahatás elvének megfelelően a test is hat a felületre egy egyenlő nagyságú, ellentétes irányítású súrlódási erővel, melyet $\vec{F}_s'$ -el jelölünk (14. ábra). A két erő közti vektoriális összefüggés: $\vec{F}_s = -\vec{F}_s'$, nagyságuk pedig egyenlő: $F_s = F_s'$.

► **A súrlódás törvényei:**

1. A csúszó súrlódási erő nagysága az érintkező felületek anyagától és kidolgozásától függ. Az összefüggést egy dimenziómentes mennyiség fejezi ki, amelyet **csúszó súrlódási együtthatónak** nevezünk és μ -vel jelölünk, értéke 0 és 1 között van.

2. A csúszó súrlódási erő nagysága nem függ az érintkező felületek nagyságától.

3. A csúszó súrlódási erő nagysága egyenesen arányos a merőleges nyomóerő nagyságával, amivel a test hat a felületre, ez pedig egyenlő a merőleges visszaható erő nagyságával.

► A súrlódási erő jellemzői:

- Jele: $\vec{F}_s$
- Támadáspontja a testen van (az erő a testre hat), közel az érintkezési felülethez.
- Iránya érintője az érintkezési felületnek, egybeesik a test mozgási irányával.
- Irányítása ellentétes a test mozgásával.
- A csúszó súrlódási erő nagyságát az $F_s = \mu \cdot N$ összefüggés adja meg (ahol μ a súrlódási együttható, N a merőleges visszaható erő nagysága). Ez a képlet a súrlódás törvényeit fejezi ki.
- Mértékegysége SI-ben: $[F_s]_{SI} = N$ (newton).
- Mérészköze a dinamométer.

Megoldott feladat

Dóra egyenes vonalban, egyenletesen húzza tolltartóját a padon dinamométer segítségével, amely 1,6 N-t mutat. A tolltartó és a pad közti súrlódási együttható 0,4. Számítsd ki a tolltartó tömegét.

Megoldás:

$$\begin{aligned} 0 &= F - F_s \Rightarrow F = F_s \Rightarrow F_s = 1,6 \text{ N} \\ F &= 1,6 \text{ N} \\ \mu &= 0,4 \\ m &= ? \end{aligned} \quad \left| \begin{aligned} F_s &= \mu \cdot N \Rightarrow N = \frac{F_s}{\mu} \Rightarrow N = \frac{1,6 \text{ N}}{0,4} = 4 \text{ N} \\ 0 &= N - G \Rightarrow G = N = 4 \text{ N} \\ G &= m \cdot g \Rightarrow m = \frac{G}{g} \Rightarrow m = \frac{4 \text{ N}}{10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 0,4 \text{ kg} \end{aligned} \right.$$

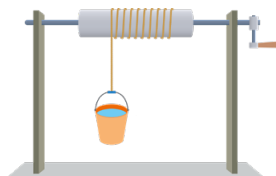
Alkalmazd a tanultakat!

Egy 50 cm oldalélű márványkockát egyenes vonalban, egyenletesen mozgatunk egy vízszintes felületen 675 N nagyságú húzóerővel. Számítsd ki: a) a kocka súlyát; b) a súrlódási együtthatót. Adottak: a márvány sűrűsége $\rho = 2,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$; $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

D. A feszítőerő

Észrevetted, hogy...?

- Amikor egy vadászrepülőgép leszáll a repülőgép-hordozóra, fékező kötelek segítik a megállását.
- Az ábrán látható függőágyat feszülő kötelek rögzítik a fához.
- Amikor a vedret felfüggesztik, a tartókötel megfeszül.
- A hidat feszes acélkábelek és rudak tartják.



Mit gondolsz?

Elszakadnak a mellékelt képeken látható szálak/kábelek, ha túl vannak feszítve?

Portfólió téma

Olvasd el újra az „Egyenletes mozgásban” című kísérletet. Ennek alapján készíts egy laboratóriumi dolgozatot, melynek témája: „A csúszó súrlódási együttható meghatározása egy vízszintes felületen”. Állandó értéket kapsz az $\frac{F_s}{N}$ arányra? A beszámolódnak tartalmaznia kell a következőket:

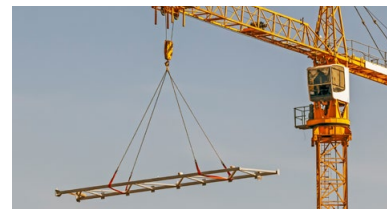
- 1 elméleti rész (a súrlódási erővel kapcsolatos ismeretek);
- 2 szükséges eszközök;
- 3 munkamódszer;
- 4 táblázat:

m (kg)		
$F_s = m \cdot g$ (N)		
M (kg)		
$N = M \cdot g$ (N)		
$\mu = \frac{F_s}{M \cdot g}$		
μ_k		
$\Delta\mu = \mu - \bar{\mu} $		
$\Delta\mu_k$		

- 5 a mérés közben megfigyelt mérési hibák;
- 6 következtetések.

Kulcsfogalmak

- nyújthatatlan szál
- szálban fellépő feszítőerő



15. ábra – A felfüggesztett test kifeszíti a tartóköteleket.



16. ábra – Kifeszített kábelek tartják a függőhidat.

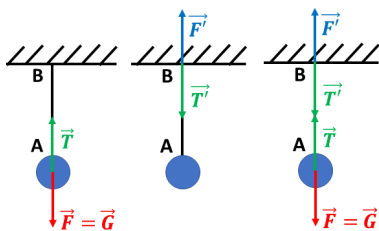


17. ábra – Kifeszült kábel tartja a vízisízőt.



Tudod-e?

► A mérnökök egy űrlift létrehozását tervezik. A lift eszközöket és embereket fog szállítani az űrbe. Kábelon fog közlekedni, amelynek egyik végét egy geostacionárius űrállomáshoz rögzítik. Sajnos még nem találtak olyan kábelt, amely elég hosszú lenne, és kibírna ilyen nagy feszítőerőt anélkül, hogy elszakadna.



18. ábra – Nyújthatatlan szálra függesztett test

Kísérletezz!

● **Szükséged lesz:** egy doboz karácsonyi gömbre, fenyőágra/ faágra.

● **Mit kell tenned?**

Figyeld meg a dobozban lévő gömböket, főleg a rájuk kötött szálakat. Függesszd a gömböket a fenyőágra. Mi történik a szálakkal?

● **Mit veszel észre?**

A szál függőleges lesz, kifeszül, a gömb pedig nyugalomban lesz a szál végén.

● **Hogyan magyarázod?**

A gömbök a szálon keresztül húzzák lefelé (egy erővel) az ágot, amelyre függesztették. A szál kifeszül, és felfelé húzza a gömböt, így megakadályozza, hogy leessen.



Jegyezd meg!

► Amikor egy test meghúzza egy szálát, a szál kifeszül, és egy erőt közvetít a szál másik végére kötött testnek. A szál egyenlő nagyságú, ellentétes irányítású erővel hat vissza a testre. Ezt az erőt **feszítőerőnek** ($\vec{T}$) nevezzük. A feszítőerő nemcsak a nyújthatatlan szálakban lép fel, hanem merev rudakban is.

► **A feszítőerő jellemzői:**

– Jele: $\vec{T}$.

– A feszítőerővel a szál hat a testre.

– Támadáspontja: a testen van abban a pontban, amelyben a szál kapcsolódik hozzá.

– Iránya a szál mentén van, egybeesik a kifeszítést vagy összenyomást létrehozó erő irányával.

– Irányítása a testtől a szál felé mutat kifeszítéskor, és fordítva a rúd összenyomásakor.

– Nincs saját számítási képlete.

– Mértékegysége SI-ben: $[T]_{SI} = N$ (newton).

– Mérőeszköze a dinamométer.

A 18. ábrán egy nyújthatatlan szálra függesztett test látható.

A testre lefelé hat a $\vec{G}$ súlya. Ezért a test a szálát ugyanakkora $\vec{F}$ erővel húzza lefelé ($\vec{F} = \vec{G}$). A hatás és visszahatás elve szerint a szál is húzza a testet egy ellentétes irányítású $\vec{T}$ feszítőerővel, amely a testre hat. A kifeszített szál bármely keresztmetszetében két egyenlő nagyságú, de ellentétes irányítású feszítőerő lép fel, a hatóerő és a visszaható erő, amellyel a szál egyik része hat a másikra.

Például a B pontban a szál a $\vec{T}$ erővel azonos nagyságú $\vec{T}'$ feszítőerővel húzza lefelé az állványt. A hatás-visszahatás elve szerint az állvány egyenlő nagyságú és ellentétes irányítású $\vec{F}'$ erővel ($\vec{F}' = -\vec{T}'$) húzza felfelé a szálát. Tehát $T = T' = F = F' = G$.



Ha a szál tömege elhanyagolható, akkor a feszítőerő ugyanakkora értékű a szál bármely pontjában. Ha a szálnak tömege van, akkor a szál különböző pontjaiban a feszítőerő különböző értékű lehet.

A feszítőerők nemcsak a kifeszített szálakban és rudakban jelennek meg, hanem az összenyomott rudakban is.

Megoldott feladat

Egy lift tömege az utasokkal együtt 800 kg. Határozd meg a tartókábelt feszítő erőt, amikor a lift áll a III. emeleten.

$$m = 800 \text{ kg} \quad \text{Megoldás:}$$

$$T = ? \quad T = G \Rightarrow T = m \cdot g \Rightarrow T = 800 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 8000 \text{ N}$$



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

Két majom pihen egy liánon, az egyik tömege 10 kg, a másiké 8 kg (19. ábra).

- Ábrázold a fellépő erőket.
- Számítsd ki a majmok súlyát.
- Számítsd ki a liánban fellépő feszítőerőt.



19. ábra – Elszakad vagy nem?
Ez itt a kérdés!

E. A rugalmas erő



Észrevetted, hogy...?

- Amikor felkelsz az ágyból, a matrac is „felemelkedik veled” (20. ábra).
- Amikor megnyomod a golyóstoll gombját, a betét hegye kijön, amikor újra megnyomod, visszamegy a helyére (21. ábra).
- Ahhoz, hogy összefogd az osztálytársad hosszú haját, össze kell nyomnod a hajcsat csipeszét.



Mit gondolsz?

Figyeld meg a 22. ábrán látható expandert. Mit gondolsz, a gyerek miért csak kezdetben tudja nyújtani, később már csak alig, habár nagy erővel húzza? Ha az expandernek több rugója lenne, nehezebben vagy könnyebben lehetne nyújtani?



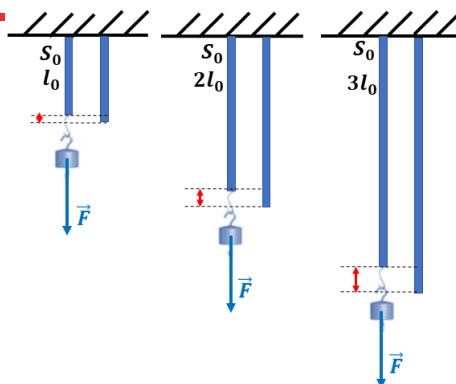
Kísérletezz!

1. Különböző hosszúságú játékos szálak

- Szükséged lesz:** 3 azonos anyagú rugalmas szálra, melyek hossza különbözik, de ugyanolyan vastagok.

Mit kell tenned?

Mérd meg a szálak kezdeti hosszát.

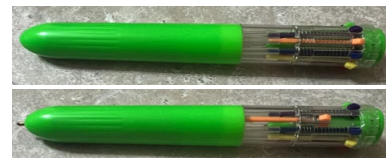


Kulcsfogalmak

- alakváltoztató erő
- rugalmas erő
- a rugalmas alakváltozás törvénye



20. ábra – Az összenyomott matrac visszanyeri eredeti alakját.



21. ábra – Golyóstoll ki- és bekapcsolva



22. ábra – Rugós expander



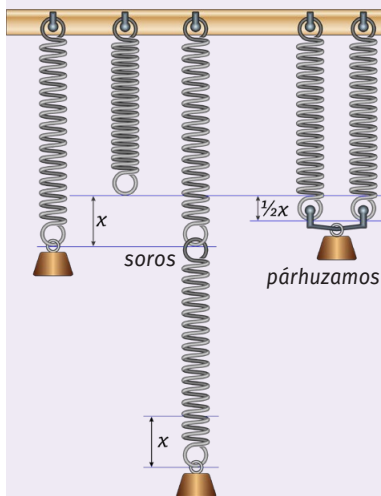
Emlékezz!

A kölcsönhatásokat jelenségek kísérik, ezeket a kölcsönhatás következményeinek (hatásainak) nevezzük. A mechanikai kölcsönhatások következményei: dinamikus hatás (a testek mozgásállapotának megváltozásában nyilvánul meg) és statikus hatás (a testek alakváltozásában nyilvánul meg).



Tudod-e?

► Az égők kapcsolásához hasonlóan a rugókat is lehet sorosan és párhuzamosan kapcsolni.



23. ábra – Sorosan és párhuzamosan kapcsolt rugók

► Ha a rugók sorosan vannak kapcsolva, az alakjukat megváltoztató erők azonosak, a rugórendszer megnyúlása pedig egyenlő lesz az egyes rugók megnyúlásának összegével.

► Ha a rugók párhuzamosan vannak kapcsolva, a megnyúlásuk egyenlő, a rendszer alakváltozását létrehozó erő pedig egyenlő az egyes rugókra ható erők összegével.

Függesz egy-egy azonos súlyú testet mindegyik szál végére. Határozd meg a szálak megnyúlását minden esetben.

● **Mit veszel észre?**

Minél hosszabb kezdetben a szál, annál jobban megnyúlik.

● **Hogyan magyarázod?**

A test felfüggesztésekor a szál megnyúlik. Minél hosszabb a szál, annál kevésbé áll ellen az alakváltoztatásnak, így a hosszabb szálak jobban megnyúlnak.

2. Különböző vastagságú játékos szálak

● **Szükséged lesz:** 3 azonos anyagú rugalmas szálra, melyek vastagsága különbözik, de hosszúságuk egyenlő.

● **Mit kell tenned?**

Mérd meg a szálak kezdeti hosszát.

Függeszd ugyanazt a testet rendre mindhárom szálra.

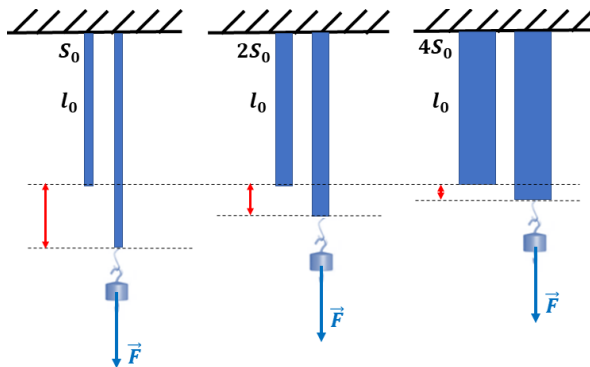
Határozd meg a szálak megnyúlását mindegyik esetben.

● **Mit veszel észre?**

Ahogy nő a szál vastagsága, úgy csökken a megnyúlás.

● **Hogyan magyarázod?**

A test felfüggesztésekor a szál megnyúlik. Minél vastagabb a szál, annál jobban ellenáll az alakváltoztatásnak, így a vastagabb szálak kevésbé nyúlnak meg.



Jegyezd meg!

► A rugalmas szál megnyúlását, illetve a rugó megnyúlását vagy összenyomását okozó erőt **alakváltoztató erőnek** ($\vec{F}$) nevezzük. Amikor megszűnik az alakváltoztató erő, a szál vagy a rugó visszanyeri eredeti alakját, mivel fellép benne egy másik erő, mely nagyságra egyenlő az alakváltoztató erővel, de vele ellentétes irányítású. Ezt az erőt, amely a szálát vagy rugót visszaviszi eredeti alakjára, **rugalmas erőnek** ($\vec{F}_e$) nevezzük.

► **A rugalmas erő jellemzői:**

– Jele: $\vec{F}_e$.

– Támadáspontja abban a pontban van, ahol a rugó vége a testhez kapcsolódik; a támadáspont a testen van, az erő tehát a testre hat.

– Iránya megegyezik az alakváltoztató erő, illetve a rugó irányával.

– Irányítása ellentétes az alakváltoztató erő irányításával, tehát ellentétes az alakváltozással.

– Nagyságát a rugalmas alakváltozás törvénye adja meg: $F_e = k \cdot \Delta l$, ahol k a rugó rugalmassági állandója, Δl pedig az alakváltozás.

– Mértékegysége SI-ben: $[F_e]_{SI} = \text{N}$ (newton).

– Mérőeszköze a dinamométer.

A rugalmas alakváltozás törvényének vektoriális alakja: $\vec{F}_e = -k \cdot \vec{\Delta l}$

A „-” jel az $\vec{F}_e = -k \cdot \vec{\Delta l}$ összefüggésben azt fejezi ki, hogy a rugalmas erő ellenszögül az alakváltozásnak, vagyis vele ellentétesen hat.

Nagysága, $F_e = k \cdot \Delta l \Rightarrow k = \frac{F_e}{\Delta l} \Rightarrow [k]_{SI} = \frac{N}{m}$.

A k rugalmassági állandó a rugó tulajdonságaitól függ: az anyagtól, amelyből készült, a hosszától és a vastagságától. A hosszabb rugók k rugalmassági állandója kisebb, a vastagabb rugók rugalmassági állandója nagyobb.

Megoldott feladatok

1 Milyen hosszú lesz a 150 N/m állandójú rugó, amikor ráfüggesztünk egy 180 g tömegű testet, ha a rugó kezdeti hossza 10 cm volt?

$$\begin{aligned} k &= 150 \frac{N}{m} \\ m &= 180 \text{ g} = 0,18 \text{ kg} \\ l_0 &= 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m} \\ l &= ? \end{aligned}$$

Megoldás:

$$F_e = G = m \cdot g \Rightarrow F_e = 0,18 \text{ kg} \cdot 10 \frac{N}{kg} = 1,8 \text{ N}$$

$$F_e = k \cdot \Delta l \Rightarrow \Delta l = \frac{F_e}{k} \Rightarrow \Delta l = \frac{1,8 \text{ N}}{150 \frac{N}{m}} = 0,012 \text{ m}$$

$$\Delta l = l - l_0 \Rightarrow l = l_0 + \Delta l \Rightarrow$$

$$\Rightarrow l = 0,1 \text{ m} + 0,012 \text{ m} = 0,112 \text{ m} = 11,2 \text{ cm}$$

2 Egy vízszintes helyzetű rugó hossza kezdetben 8 cm. Hat rá egy test, amely megváltoztatja az alakját úgy, hogy hosszúsága 3 cm lesz. Tudva, hogy a rugalmas erő nagysága 500 N, határozd meg a rugó rugalmassági állandóját. Állapítsd meg és indokold az alakváltozás típusát.

$$\begin{aligned} l_1 &= 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m} \\ l_2 &= 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m} \\ F_e &= 500 \text{ N} \end{aligned}$$

a) $k = ?$

b) az alakváltozás típusa

Megoldás:

$$\Delta l = l_2 - l_1 \Rightarrow l = 0,03 \text{ m} - 0,08 \text{ m} = -0,05 \text{ m}$$

Az erő összenyomta a rugót (a rugó kezdeti hossza nagyobb, mint a végső hossza).

$$F_e = k \cdot |\Delta l| \Rightarrow k = \frac{F_e}{|\Delta l|} = \frac{500 \text{ N}}{0,05 \text{ m}} = 10\,000 \frac{N}{m}$$

b) összenyomás (a rugó kezdeti hossza nagyobb, mint a végső hossza).



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

Miért rugalmas a szőnyeg, amelyen a tornászlány talajgyakorlatot mutat be (24. ábra)?

Alkalmazd a tanultakat!

A leckében szereplő kísérletben egy hosszú rugó több, sorosan kapcsolt rövid rugó láncolatának tekinthető. Ezt felhasználva számítsd ki két azonos rugóból álló rendszer rugalmassági állandóját, ha azok:

- párhuzamosan vannak kapcsolva (k_p);
- sorosan vannak kapcsolva (k_s).



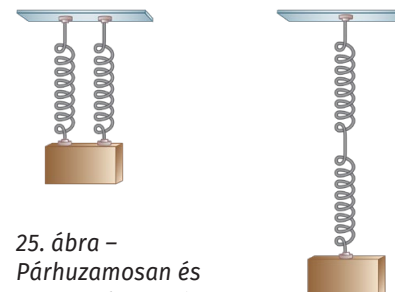
Tudod-e?



► A kötélugrás (bungee jumping) egy szabadidős tevékenység, amely során egy magas építményről ugranak le. Az ugró testéhez egy hosszú, rugalmas kötelet erősítenek, amely megnyúlik, így lassítja az esést és megakadályozza a becsapódást. Az ugróhely általában rögzített (egy magas épület vagy híd), de mozoghat is (a föld felett lebegő hőlégballon vagy helikopter).



24. ábra – Talajgyakorlatot végző tornászlány



25. ábra – Párhuzamosan és sorosan kapcsolt rugók láncolata

Kulcsfogalmak

dinamometria

Emlékezz!

Az erőket közvetlenül mérhetjük úgy, hogy összehasonlítjuk őket egy egységnek választott erővel. Az erők mérésére használt eszköz a dinamométer. A dinamométer skálájának egysége a newton.

Tudod-e?

A dinamométerek fajtái: csavar-rugós, laprugós, hidraulikus, pneumatikus, elektro-mechanikus, nyúlásérzékelős. A dinamométerrel való mérés folyamatát **dinamometriának** nevezzük.



1. ábra – Hidraulikus kézi dinamométer/Körskálás dinamométer



3. ábra – A súrlódási erő meghatározása dinamométerrel



4. ábra – Eredő erő meghatározása dinamométerrel

Az erők mérése. A dinamométer

Észrevetted, hogy...?

Miközben bekötöd a hajad, a hajgumi megnyújtásához erővel kell hatnod.



Mit gondolsz?

Meg tudod mérni az erőt, ha ismered az általa okozott alakváltozást?

Kísérletezz!

Hogyan készítünk egy dinamométert?

- **Szükséged van:** egy rugóra, egy darabka kartonlapra, milliméterpapírra, átlátszó ragasztószalagra, ismert nagyságú tömegekre.
- **Mit kell tenned?** Készítsd el az ábrán látható berendezést. Kalibráld a dinamométert (rugós erőmérő) az alábbi utasítások szerint:
 - a nyújtatlan rugó végének helyzete 0 N-nak felel meg;
 - akassz a dinamométer végére egy 100 g-os testet és jelöld meg a rugó végének helyzetét, amely kb. 1 N – nak felel meg;
 - ismételd meg az eljárást 200 g, 300 g, 400 g tömegekre és jelöld meg a 2 N, 3 N, 4 N értékeket.



Mit veszel észre?

A rugó megnyúlása egyenesen arányos a rá akasztott test súlyával.

Hogy magyarázod?

A nyugalomban lévő testre ható súlyerő nagysága egyenlő a rugalmassági erő nagyságával, amely viszont egyenesen arányos a rugó megnyúlásával.

Jegyezd meg!

2. ábra – A súlyerő és a feszítőerő mérése dinamométerrel



A dinamométer erők mérésére szolgáló eszköz, amelynek működési elve a rugók alakváltozásán alapul.

► **Súlymérés dinamométerrel** (2. ábra): Amikor a testet függőleges helyzetű rugóra akasztjuk, a test súlya a rugóra ható alakváltoztató erő. A rugóban ébredő rugalmassági erő visszahat a testre, és ellenszegül a megnyújtásnak. Mivel a test nyugalomban van, a rugalmassági erő és a súlyerő nagysága megegyezik.

► **A súrlódási erő meghatározása dinamométerrel** (3. ábra): Ha a dinamométer közbeiktatásával vízszintes felületen vízszintes irányban húzzuk a testet, a húzóerő a dinamométer által mutatott erővel egyezik. A mozgás irányában a testre ható rugalmassági erő és súrlódási erő nagysága megegyezik, irányításuk ellentétes.

► **A feszítőerő meghatározása dinamométerrel** (2. ábra): Amikor a testet felfüggesztjük, a nyújthatatlan szál kifeszül, a rugó pedig megnyúlik. Mivel a test egyensúlyban van, a szálban fellépő feszítőerő nagysága a súlyerő nagyságával egyenlő. A hatás-visszahatás elve alapján a feszítőerő nagysága megegyezik a dinamométer által jelzett értékkel.

► **Az eredő erő meghatározása dinamométerrel** (4. ábra): A dinamométer által mutatott erő nagysága megegyezik a két rugórészben fellépő rugalmassági erők eredőjének nagyságával.

Egy test mozgása lejtőn

Észrevetted, hogy...?

- Egy rakodó rámpa használata megkönnyíti az áru le- és felpakolását.
- Kötélpályával gyorsabban lehet közlekedni lejtős terepen.



Mit gondolsz?

Hogyan készültek az ókor hatalmas építményei, hogyan emelték fel a nagy súlyokat?



Kísérletezz!

A merőleges és ferde létrák harca

● **Szükséged lesz:** lejtőre, vonalzóra, dinamométerre, egy kampóval ellátott testre, amely könnyen csúszik a lejtő felületén.

Mit kell tenned?

Akaszd a testet a dinamométerre, és mérd meg a súlyát ($F = G$).

Helyezd a testet a lejtőre és a dinamométer segítségével húzd egyenletesen felfelé. Jegyezd fel a dinamométer által mutatott F erő értékét.

Ismételd meg a kísérletet a lejtő két másik hajlásszögére. Mérési eredményeidet írd be egy, a 2. ábrán látható táblázathoz hasonló táblázatba.

Mit veszel észre?

Minél nagyobb szöget zár be a lejtő a vízszintessel, annál nagyobb F erő szükséges a test felhúzásához.

Hogyan magyarázod?

Minél nagyobb a lejtő hajlásszöge, a test mozgásának iránya egyre inkább közelít a függőlegeshez, és a test súlyának hatása a mozgás során egyre jelentősebb.

Jegyezd meg!

A lejtő a vízszintes síkkal hegyesszöget bezáró sík felület. Segítségével nehezebb testeket kisebb erővel tudunk bizonyos magasságba emelni, mintha a függőleges irány mentén emelnénk őket.

A lejtő elemei: a lejtő hossza, jele l ; a lejtő alapja, jele b ; a lejtő magassága, jele h ; a lejtő hajlásszöge, jele α . Pitagorasz tétele összefüggést teremt a lejtő elemei között: $l^2 = h^2 + b^2$.

Amikor egy test súrlódás nélkül, egyenletesen mozog egy lejtőn felfelé, három különböző irányú erő hat rá: az $\vec{F}$ húzóerő (a lejtővel párhuzamos irány mentén), a $\vec{G}$ súlyerő és az $\vec{N}$ tartóerő (merőleges visszaható erő). Figyeld meg a 4. ábrán, hogyan ábrázoljuk ezeket az erőket.

A mozgás tanulmányozása érdekében minden erőt két irány mentén bontunk fel. Az egyik irány a mozgás irányával megegyező Ox tengely, (amely párhuzamos a lejtővel), a másik irány pedig a mozgás irányára (tehát a lejtőre) merőleges Oy tengely. A súlyerő az egyetlen olyan erő, amelynek iránya nem egyezik az Ox és Oy tengelyek egyikével sem, így ezt az erőt felbontjuk az előző leckékben tanult módszerrel.

Kulcsfogalmak

- lejtő
- lejtő menti összetevő
- lejtőre merőleges összetevő

Emlékezz!

	30°	45°	60°
sin	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
cos	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$

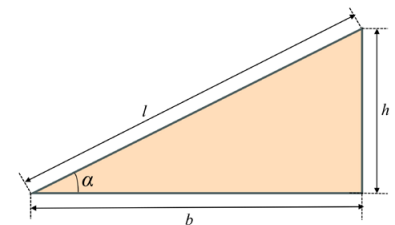
1. ábra – A szinusz és koszinusz függvények értéke különböző hajlásszögű lejtők esetén

Tudod-e?

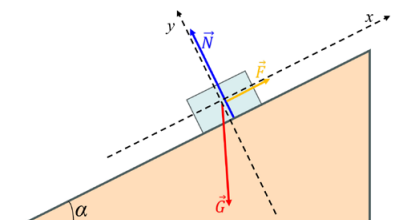
▶ A lejtős utak szerpentinesek, hogy egyik szakasza se legyen túl meredek és könnyebben haladhasunk felfelé.

α	G	F
90°		
30°		
45°		
60°		

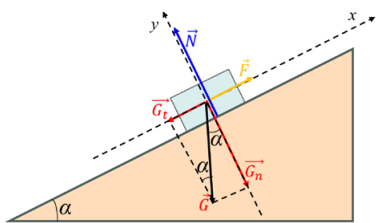
2. ábra – A húzóerő és a lejtő hajlásszöge közötti összefüggés



3. ábra – A lejtő elemei



4. ábra – A lejtőn lévő testre ható erők ábrázolása

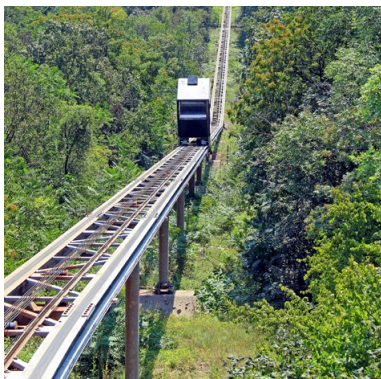


5. ábra – A súlyerő felbontása
 $\vec{G}_t$ és $\vec{G}_n$ összetevőkre



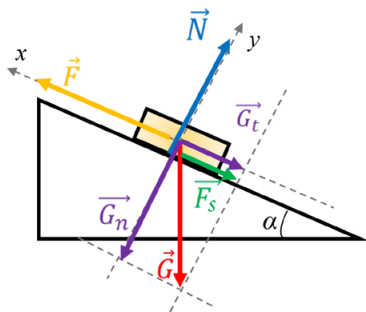
Ellenőrizd, megértetted-e!

Elemezd a Déva várába felvezető síklő sínje által alkotott lejtőt. Mit veszel észre? Melyik az a szakasz, amelyen nagyobb húzóerő szükséges?



Alkalmazd a tanultakat!

Egy $m = 80$ kg tömegű testet 16 m hosszúságú és 8 m magasságú lejtőn egyenletesen csúsztatunk le egy kötélszál segítségével. Határozd meg a kötélszálban fellépő feszítőerő nagyságát, ha a test és a lejtő között a súrlódási együttható értéke $\mu = 0,2$.



6. ábra – A 2. megoldott feladathoz

A súlyerő összetevői (5. ábra):

- $\vec{G}_t$ – lejtő menti összetevő (párhuzamos a lejtővel)

$$G_t = G \cdot \sin \alpha; \quad G_t = G \cdot \frac{h}{l} < G$$

- $\vec{G}_n$ – merőleges összetevő (merőleges a lejtőre)

$$G_n = G \cdot \cos \alpha; \quad G_n = G \cdot \frac{b}{l} < G$$

Ezek helyettesítik a súlyerőt ($\vec{G} = \vec{G}_t + \vec{G}_n$), és mindegyiknek csak egy hatása van: a párhuzamos összetevő mozgatja, a merőleges összetevő pedig a lejtőnek nyomja a testet.

Ahhoz, hogy egy test nyugalomban maradjon a lejtőn, vagy egyenes vonalú egyenletes mozgás végezzen, a rá ható erők eredője nulla kell legyen. Ilyenkor az erők eredője mind az Ox, mind az Oy tengely mentén nullával egyenlő.

- az Ox tengely mentén: $\vec{R}_x = \vec{F} + \vec{G}_t = 0$; $R_x = F - G_t = 0 \Rightarrow F = G_t$

- az Oy tengely mentén: $\vec{R}_y = \vec{N} + \vec{G}_n = 0$; $R_y = N - G_n = 0 \Rightarrow N = G_n$

Következtetések: Amikor egy súrlódás nélkül mozgó testet egyenletesen húzzunk fel a lejtőn, a lejtővel párhuzamos húzóerőnek nem kell legyőznie a test teljes súlyát, csupán egy részét, a $\vec{G}_t$ összetevőt ($F = G_t$). Amikor egy súrlódással mozgó testet húzzunk fel egyenletesen a lejtőn, a lejtővel párhuzamos húzóerőnek a $\vec{G}_t$ összetevőn kívül a súrlódási erőt is le kell győznie: $F = G_t + F_s$

Megoldott feladatok

1 Egy 400 g tömegű testet egy 0,5 m hosszú, 25 cm magas súrlódás nélküli lejtőn húzzunk fel. Határozd meg annak a lejtővel párhuzamos erőnek a legkisebb értékét, amellyel fel tudjuk húzni a testet a lejtő csúcsára. ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

$m = 400 \text{ g} = 0,4 \text{ kg}$
 $v = \text{állandó}$
 $l = 0,5 \text{ m}$
 $h = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$
 $F = ?$

Megoldás: Az 5. ábrán láthatod a testre ható erőket. A legkisebb, Ox tengely mentén ható erő, amely legyőzi a súlyerő $\vec{G}_t$ összetevőjét:

$$F = G_t \Rightarrow F = G \cdot \frac{h}{l} \Rightarrow F = m \cdot g \cdot \frac{h}{l} \Rightarrow F = 0,4 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \frac{0,25 \text{ m}}{0,5 \text{ m}} = 2 \text{ N}.$$

2 Egy $G = 2100$ N súlyú testet $\alpha = 30^\circ$ -os hajlásszögű lejtőn húzzunk fel. Ismerve a test és a lejtő közti csúszó súrlódási együttható értékét, $\mu = 0,2$, számítsd ki: a) a test tömegét; b) a súlyerő összetevőinek nagyságát; c) a felhúzáshoz szükséges húzóerő legkisebb értékét. (Adott: $\sqrt{3} = 1,73$).

$G = 2100 \text{ N}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $\mu = 0,2$
 a) $m = ?$
 b) $G_t = ?$;
 $G_n = ?$
 c) $F = ?$

Megoldás: a) $G = m \cdot g \Rightarrow m = \frac{G}{g} = \frac{2100 \text{ N}}{10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 210 \text{ kg}.$

b) $G_t = G \cdot \sin \alpha = 210 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ = 210 \text{ N} \cdot \frac{1}{2} = 105 \text{ N}$

$G_n = G \cdot \cos \alpha = 210 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ = 210 \text{ N} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow G_n = 210 \text{ N} \cdot 0,865 = 181,65 \text{ N}$

c) $F_{\min} = G_t + F_f$

$N = G_n \Rightarrow N = 181,65 \text{ N} \Rightarrow F_s = \mu \cdot N = 0,2 \cdot 181,65 \text{ N} = 36,33 \text{ N} \Rightarrow F = 105 \text{ N} + 36,33 \text{ N} = 141,33 \text{ N}$

Több erő hatásának kitett test mozgása

Észrevetted, hogy...?

Az 1-3 ábrán látható testek egyszerre több kölcsönhatásban is részt vesznek.

Mit gondolsz?

Van olyan test, amelyre semmilyen erő nem hat?

Kísérletezz!

Szükséged van: egy vékony spárgára rögzített testre, egy kampóra és a rá helyezhető korongokra, tartóállványra, csigára.

Mit kell tenned?

Helyezd a testet az asztalra. Vezesd át a spárgát az állványra szerelt csigán (4. ábra). A spárga függőleges végére akaszd fel a kampót. Helyezz a kampóra annyi korongot, hogy a spárga másik végén lévő test egyenletesen mozogjon a vízszintes asztallapon. Határozd meg a kampóra helyezett korongok össztömegét. Növeld a testet húzó spárga vízszintessel bezárt szögét és ismételd meg a kísérletet. Írd be a mért adatokat az 5. ábrán láthatóhoz hasonló táblázatba.

Mit tapasztalsz?

Kis szögek esetén a korongok száma nem tér el jelentősen egymástól.

Nagyobb szögek esetén a szög növekedésével nő a szükséges korongok száma.

Hogyan magyarázod?

Ahhoz, hogy egy test egyenletesen mozogjon, a rá ható erők eredője nulla kell legyen.

Jegyezd meg!

Ha egy **vízszintes felületen, súrlódással mozgó testet tanulmányozol**, (6. ábra), bontsd fel az erőket vízszintes és függőleges irányok mentén. A függőlegesen ható erők eredője nulla (a test nem válik el a felülettől), tehát meghatározhatod azt az N visszaható erőt, amellyel a felület tartja a testet.

Az Oy tengelyen: $\vec{R}_y = \vec{N} + \vec{G}_y = 0 \Rightarrow R_y = N + F_y - G = 0 \Rightarrow N = G - F_y$

A merőleges visszaható erő ismeretében a súrlódási erő meghatározható: $F_s = \mu \cdot N$, így az Ox tengely mentén ható eredő erő kiszámításával jellemezheted a mozgást.

Ha a test jobbra mozog, $\vec{R}_x = \vec{F}_x + \vec{F}_s \Rightarrow R_x = F_x - F_s$.

Ha $R_x = 0$, a test egyenletesen mozog, vagy nyugalomban van.

Ha $R_x > 0$, a test gyorsulva mozog, ha pedig $R_x < 0$, a test lassulva mozog (és egy idő után megáll).

Alkalmazd a tanultakat!

Egy autó vízszintes felületen egy vízszintes, rugalmas kábel segítségével 2000 kg tömegű rakományt vonat. Az egyenletes mozgás során a kábel megnyúlása 2,5 cm. Ha a súrlódási erő a merőleges nyomóerő értékének 20%-a, számítsd ki a kábel rugalmassági állandóját. ($g = 10 \frac{N}{kg}$).



2. ábra – Ipari alpinista

Kulcsfogalmak

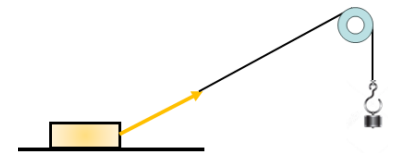
- gyorsuló mozgás
- lassuló mozgás



1. ábra – Nehezekekkel terhelt szánkót húzó futó a pályán



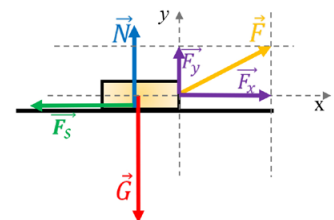
3. ábra – Csónak szállítása vontatórúd segítségével



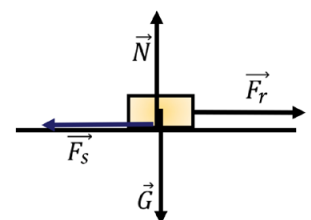
4. ábra – Kísérletezz

Sorsz.	Szög (fok)	Tömeg (kg)
...	...	...

5. ábra



6. ábra – Vízszintes felületen súrlódással mozgó testre ható erők ábrázolása



7. ábra – Ábra az Alkalmazd a tanultakat! feladathoz

Kísérletezz otthon!

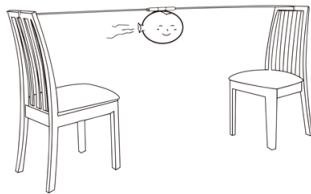
1. Rakéta-lufi

● **Szükséged van:** 2 támlás székre, lufira, szívószálra, madzagra (zsinegre), ragasztószalagra.

● **Mit kell tenned?**

Helyezd el a székeket egymástól 5-6 m-re. Vágj le 6 m madzagot. Kösd a madzag egyik végét az egyik szék támlájának felső részéhez. Húzd fel a szívószálát a madzagra, majd kösd a madzag másik végét a másik szék támlájához. Fújd fel a lufit, majd erősítsd a ragasztószalaggal a szívószálra. Vigyázz, hogy közben ne ereszkedjen le. Csúsztasd a szívószálát a lufi nyílása felőli székig, majd engedd szabadon.

Mit veszel észre? Magyarázd meg! Magyarázatotat egy fotóval illusztrálva tedd a portfóliódba.



2. Könyvragasztás ragasztó nélkül

● **Szükséged van:** 2 egyforma könyvre.

● **Mit kell tenned?** Helyezd függőlegesen, nyílásukkal felfelé, egymással párhuzamosan a könyveket, egymástól borítói távolságra, majd lapozd össze őket. 4-5 lap az egyik könyvből kerüljön a másik könyv 4-5 lapja fölé, és így tovább, amíg el nem fogynak a lapok. Próbáld széthúzni a könyveket.

Mit tapasztalsz? Milyen erő tartja össze a könyveket? Magyarázatotat egy fotóval illusztrálva tedd a portfóliódba.



3. Légpárnás CD

● **Szükséged van:** egy régi CD-re, mosogatószeres palack kupakjára, ragasztóra, lufira.

● **Mit kell tenned?** Ragaszd a kupakot a CD közepére. A kupak másik végére húzz rá egy lufit, és tedd a CD-t egy sima felületre. Mit észlelsz? Vedd le a lufit, fújd fel, állítsd a kupakot zárt állásba, húzd vissza rá a lufit. Nyisd ki a kupakot. Mit tapasztalsz? Helyezz CD közepére nehezekeket (például egy gyűrű alakú nagyobb mágnes) és ismételd meg a kísérletet.

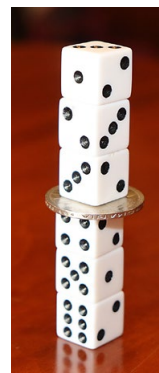
Mit tapasztalsz? Magyarázd meg. Magyarázatotat egy fotóval illusztrálva tedd a portfóliódba.



4. Dobókockatorony

● **Szükséged van:** 6 dobókockára, egy pénzérmére.

● **Mit kell tenned?** Építs 6 kockából egy tornyot úgy, hogy három kocka után egy pénzérmét is beiktatsz a sorba. Középső ujjaddal hirtelen pöccintsd meg vízszintes irányban a pénzérmét. *Mi történik a dobókockákkal? Magyarázd meg. Magyarázatotat egy fotóval illusztrálva tedd a portfóliódba.*

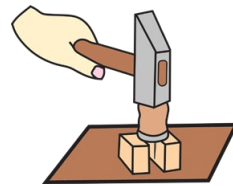


5. Pénzt átszűrő tű

● **Szükséged van:** parafadugóra, acél varrótűre, pénzérmére, két db. fa alátétre, kalapácsra, harapófogóra (a kísérlethez kérd felnőtt segítségét).

● **Mit kell tenned?** Szúrd bele a tűt a dugóba úgy, hogy a hegye egy picit kilátszódjon, a tű másik végét pedig a dugó síkjában vágd le a harapófogóval. Tedd a fa alátéteket a padlóra, helyezd rájuk a pénzérmét, az érmére pedig tedd rá a dugót, a tűhegygel lefelé. Üss rá a kalapáccsal a dugó másik végére.

Mit tapasztalsz? Magyarázd meg. Magyarázatotat egy fotóval illusztrálva tedd a portfóliódba.



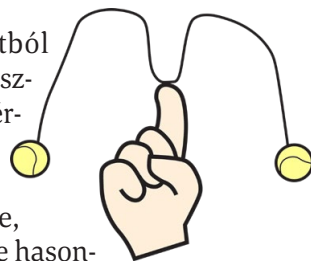
6. Az elvarázsolt kalap

● **Szükséged van:** egy drótból készült vállfára vagy egy kb. 1 m hosszú drótra, 2 teniszlabdára (a kísérlethez kérd felnőtt segítségét).

● **Mit kell tenned?** Egyenesítsd ki a drótot, hajtsd kettőbe, majd formázz belőle egy M betűre hasonlító alakzatot.

Erősíts a drót szabad végeire egy-egy teniszlabdát, majd tedd a fejedre az így elkészült kalapot. Üsd meg az egyik labdát, úgy, hogy a kalap forogjon a fejedben. Mit tapasztalsz? Kezdj el forogni a mozdulatlan kalap alatt.

Mit tapasztalsz? Magyarázd meg. Magyarázatotat egy fotóval illusztrálva tedd a portfóliódba.



Önértékelés:

Mi a véleményed az otthoni kísérletekről?

Egészít ki:

Megtanultam, hogy...

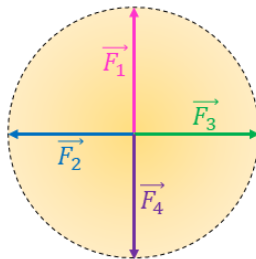
Legjobban az tetszett, ...

Legnehezebb az volt, ...

Ismétlő feladatok



1. Az autók világában egyik legismertebb szimbólum a körben háromágú csillagot formáló márkajelzés. Határozd meg annak a három, egyenként 15 N nagyságú erőnek az eredőjét, amelyek közös támadópontja a kör középpontjában van, és a csillag szárai mentén hatnak.



2. A mellékelt ábrán látható négy erő mindegyike sugár az adott körben. A sokszögszabályt alkalmazva szerkeszd meg és számítsd ki a négy erő eredőjét.

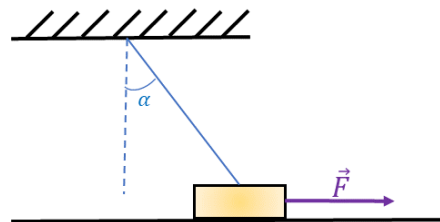
3. Egy vaskockát egy vízszintes helyzetű dinamométer segítségével egyenletesen mozgatunk egy vízszintes asztallapon. A dinamométer 30 N nagyságú erőt mutat. Ismerve, hogy a kocka és az asztal között a súrlódási együttható értéke $\mu = 0,2$, határozd meg a súrlódási erő nagyságát és a kocka súlyát.

4. Egy $m = 3$ kg tömegű deszkát vízszintes erővel nyomunk neki a függőleges falnak. A deszka és a fal között fellépő súrlódási erő értéke a merőleges visszaható erő értékének 15%-a. Mekkora nyomóerővel lehet megakadályozni a deszka lecsúszását?

5. Egy $m = 10$ kg tömegű kisgyerek beleült egy $M = 15$ kg tömegű dobozba. Gyuri egy terem padlóján állandó sebességgel tolja a dobozt. Ismerve, hogy a padló és a doboz között a súrlódási együttható értéke $\mu = 0,15$, határozd meg a tolóerő értékét.

6. Egy gyerek egy vízszintes, nyújthatatlan kötéll segítségével állandó sebességgel húz egy játéktraktort. Ismerve, hogy a traktor tömege $m = 5$ kg és a csúszó súrlódási együttható értéke $\mu = 0,2$, számítsd ki, mekkora erővel húzza a gyerek a kötéll végét, és a kötéllben fellépő feszítőerő nagyságát.

7. *Az ábrán látható zsineg szabad végéhez rögzítünk egy 2 kg-os testet, majd egyenletesen húzzuk a vízszintes felületen. Amikor $\alpha = 30^\circ$ -os szöget zár be a függőlegessel, a zsineg megfeszül, a test pedig megáll. Ekkor a merőleges visszaható erő értéke $N = 15$ N, a súrlódási erő pedig ennek a tizede. Határozd meg, hogy ebben a helyzetben (amikor a zsineg a függőlegessel 30° -os szöget zár be) mekkora a testre ható vízszintes irányú F erő nagysága, és mekkora erő feszíti a kötelet.



8. Egy kaszkadőrmutatvány során egy autót $k = 150$ kN/m rugalmassági állandójú vízszintes irányú kábel segítségével vontatnak. Az autó tömege $m = 2\,000$ kg, a súrlódási erő a merőleges visszaható erő értékének 20%-a. Számítsd ki a kábel megnyúlását, amikor az autó egyenes vonalú, egyenletes mozgást végez.

9. Bálint egy olyan vastag gumikötél végén csimpaszkodik, amelynek nyújtatlan hossza $l_0 = 30$ m. Ismerve a kötéll rugalmassági állandóját, $k = 30$ N/m, és Bálint tömegét, $m = 60$ kg, számítsd ki a kötéll hosszát, amikor Bálint nyugalomban van a kötéll végén.

10. Gyuri füzetekkel telt dobozt tol állandó sebességgel a padlón, egy olyan, $F = 100$ N nagyságú erővel, amelynek iránya 30° -os szöget zár be a vízszintessel. Ismerve a súrlódási együttható értékét, amely 0,2, határozd meg a doboz tömegét ($g = 10$ N/kg).

11. Egy 100 kg tömegű testet egy, a lejtővel párhuzamos kötéll eleresztünk le egyenletesen, a 10 m hosszú és 6 m magas lejtőn. A test és a lejtő közti súrlódási együttható 0,1. Határozd meg a kötéllben fellépő feszítőerő nagyságát. Mekkora a feszítőerő, ha ugyanazzal a kötélllel felfelé húzzuk a testet a lejtőn?

12. András a nagyszülők háza melletti havas domboldalon egyenletesen húzza felfelé a szánkót a lejtővel párhuzamos, 120 N nagyságú erővel. A dombocska hossza 10 m és magassága 5 m. Ha a szánkó tömege 20 kg, határozd meg a szánkó és a dombocska közti súrlódási erő értékét.

A tanulók tevékenységének és viselkedésének szisztematikus megfigyelése a fejezet során

Töltsd ki a kérdőívet:

1. Legjobban tetszett	Így éreztem magam az órákon:
2. Legkevésbé érdekelt	
3. Nehezen értettem	
4. Tisztáznom kell még	







Ismeretlenőrző teszt

Hivatalból 1 pont jár.

I. (1p) Olvasd el a kijelentéseket. Jelöld az általad igaznak vélt kijelentéseket **I** betűvel, a hamisakat pedig **H** betűvel.

1. Az erő mértékegysége a newton.	
2. Ha összeszorítok a markomban egy darab viaszt, a kölcsönhatás következménye rugalmas alakváltozás.	
3. A csúszó súrlódási erő nagysága nem függ az egymáson csúszó testek érintkezési felületeinek nagyságától.	
4. Egy repülő bogárra hat a merőleges visszaható erő.	

II. (2p) A következő kérdések esetén karikázd be a helyesnek vélt válasz betűjelét. Minden esetben csak egy helyes válasz van.

A. Az az erő, amely két test érintkezési felületénél hat, és akadályozza a testek egymáshoz viszonyított mozgását a:

- a. súrlódási erő; b. rugalmas erő; c. testek súlya; d. feszítőerő.

B. Ha egy testre egyidőben több erő is hat, a test akkor mozoghat egyenletesen, ha:

- a. az erők algebrai összege nulla;
b. az erők eredője nulla;
c. az erők eredője nem nulla.

C. Az erő mérésére szolgáló eszköz neve:

- a. sűrűségmérő; b. dinamométer; c. barométer; d. kronométer.

D. A következő testek közül melyik nem szenvedhet rugalmas alakváltozást?

- a. egy parittyagumi; b. az agyag a fazekas kezében; c. egy acéllemez.

III. (2p) Egészítsd ki:

a) A közvetlen kölcsönhatás során fellépő erők neve:

b) Hatás és visszahatás esetén fellépő erők nagysága, irányuk....., irányításuk

c) A vektorok összeadásának műveletét -nek nevezzük.

d) Azt az erőt, amelynek hatására egy alakváltozást szenvedett test visszanyeri eredeti alakját, nevezzük.

IV. (2p) Egy 60 kg tömegű hegymászó kötélén függeszkedve pihen.

- a) Ábrázold a hegymászóra ható erőket.
b) Számítsd ki a kötélen ható feszítőerőt.

V. (2p) Egy $m = 100$ kg tömegű test $F = 400$ N nagyságú erő hatására egyenes vonalú egyenletes mozgást végez egy vízszintes felületen. Ismerve, hogy az erő $\alpha = 45^\circ$ - os szöget zár be a vízszintessel, határozd meg:

- a) a testre ható merőleges visszaható erőt;
b) a súrlódási együtthatót. Adott $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

3

Mechanikai jelenségek. *Mechanikai munka. Energia*



Ebben a fejezetben a következő kérdésekre fogsz választ kapni:

- ▶ Végez munkát a súlyemelő, miközben mozdulatlanul tartja a súlyt?
- ▶ Mi a különbség az erő és a teljesítmény között?
- ▶ Visszapattanhat egy labda az elejtés szintjénél magasabbra?
- ▶ Hogyan függ egy autó féktávolsága a kezdeti sebességétől?
- ▶ Mi az energia?
- ▶ Létezhet örökmozgó?
- ▶ Miért tud egy kisbolygó hatalmas pusztításokat végezni: azért, mert nagy sebességgel mozog, vagy azért, mert nagy erővel vonzza a Föld?



A mechanikai munka



Kulcsfogalmak

- erő
- elmozdulás
- mechanikai munka
- joule (zsúl)



1. ábra – Bútor cipeléskor a munkások dolgoznak.



2. ábra – A daru által végzett mechanikai munka a test súlyától és az emelés magasságától függ.



3. ábra – A rakéta motorja munkát végez a gravitációs erő ellenében.



4. ábra – A hölgy csak az egér mozgása közben végez munkát.



5. ábra – Amikor az ember összenyomva tartja a gumigyűrűt, bár erősen szorítja, nem végez munkát.



Észrevetted, hogy...?

- Vannak, akiket megfizetnek azért, mert munkát végeznek: testeket emelnek, vagy egyik helyről a másikra cipelik őket (1. ábra).
- Valamikor a nehéz munkát teherhordók végezték, de szerepüket fokozatosan a gépek vették át. Most azok dolgoznak (2. ábra).
- A műholdakat nagy teljesítményű rakéták állítják pályára, amelyek „dolgoznak”, hogy megfelelő magasságra emeljék őket (3. ábra).



Mit gondolsz?

Meg lehet mérni, hogy mekkora munkát végez egy ember vagy egy gép?



Kísérletezz!

Dolgozik vagy sem? (gondolatkísérlet)

● Mit kell tenned?

Amikor az emberek (vagy a gépek) fizikai munkát végeznek, azt mondjuk, hogy mechanikai munkát végeznek.

Elemezd az 1-5 ábrán vázolt helyzeteket, és dönts el:

1. Melyik esetben van, és melyikben nincs munkavégzés?
2. Mi a közös azokban a helyzetekben, amelyekben van munkavégzés?
3. Melyik esetben nagyobb a munkavégzés?

● Mit állapíthatsz meg?

1. A szellemi munka (emberekkel történő kommunikálás, érvelés, információfeldolgozás stb.) nem tekinthető mechanikai munkának.

2. Akkor beszélünk mechanikai munkáról amikor egy erő elmozdulást okoz.

3. Az egeret mozgató fiatal hölgy végzi a legkisebb munkát, a bútort cipelő munkások munkavégzése nagyobb, a darué még nagyobb, a legnagyobb munkát pedig a rakéta végzi.

● Hogyan magyarázod?

A mechanikai munka rangsorolható, tehát mérhető mennyiség.

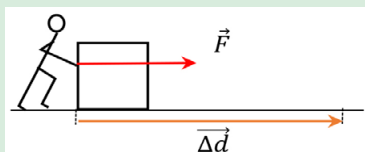
A mechanikai munka az öt létrehozó erőtlől és a test elmozdulásától függ. Minél nagyobb az erő vagy az elmozdulás, annál nagyobb a végzett mechanikai munka.



Jegyezd meg!

► A mechanikai munka meghatározása

A mechanikai munka skaláris fizikai mennyiség, amely egyenlő az erő és az elmozdulás szorzatával, ha a test az erővel azonos irányba és irányítással mozdul el. A mechanikai munka jele **L**.



$$L = F \cdot \Delta d$$

$$[L]_{\text{SI}} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J (joule)}$$

- Ha az erő és az elmozdulás iránya és irányítása megegyezik, $L > 0$.
- Ha az erő merőleges az elmozdulásra, $L = 0$ (6. ábra).
- Ha az erő ellentétes az elmozdulással, $L < 0$ (lásd a megoldott feladatot).

► **A mechanikai munka geometriai értelmezése:** ha a testre ható F erőt grafikusán ábrázoljuk támadópontjának koordinátája szerint, akkor az L mechanikai munka számszerűen megegyezik a Δd elmozdulásnak megfelelő **grafikon alatti területtel** (7. ábra).

Megoldott feladat

Egy $m = 100 \text{ kg}$ tömegű testet egyenletesen húzunk vízszintes felületen. A test $d = 50 \text{ m}$ távolságot tesz meg. Ismertek: $\mu = 0,2$ és $g = 10 \text{ N/kg}$.

- Ábrázold a testre ható erőket.
- Számítsd ki mindegyik erő nagyságát.
- Számítsd ki az erők által végzett munkát külön-külön, és határozd meg az összmunkát (a mechanikai munkák előjeles összegét).

Megoldás:

$$m = 100 \text{ kg}$$

$$d = 50 \text{ m}$$

$$\mu = 0,2$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

a) ábra

b) $F = ?$

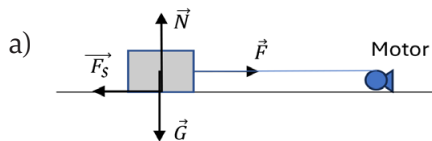
c) $L_F = ?$

$L_{F_s} = ?$

$L_G = ?$

$L_N = ?$

$L_{\text{teljes}} = ?$



$$\text{b) } G = m \cdot g = 100 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 1000 \text{ N}$$

$$N - G = 0 \Rightarrow N = G = 1000 \text{ N}$$

$$F_s = \mu \cdot N = 0,2 \cdot 1000 \text{ N} = 200 \text{ N}$$

$$F - F_s = 0 \Rightarrow F = F_s = 200 \text{ N}$$

c) Az F húzóerő pozitív munkát végez (segíti a mozgást). Az F_s súrlódási erő negatív munkát végez (fékezi a mozgást).

A súlyerő és a merőleges visszaható erő nem végez munkát (nem segítik és nem gátolják a mozgást).

$$L_F = F \cdot d = 200 \text{ N} \cdot 50 \text{ m} = 10\,000 \text{ J}$$

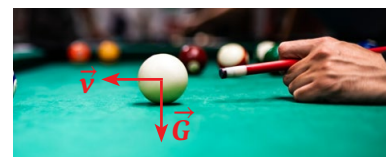
$$L_{F_s} = -F_s \cdot d = -200 \text{ N} \cdot 50 \text{ m} = -10\,000 \text{ J}$$

$$L_G = 0 \text{ J}; L_N = 0 \text{ J}; L_{\text{teljes}} = L_F + L_{F_s} + L_G + L_N = 0 \text{ J}$$

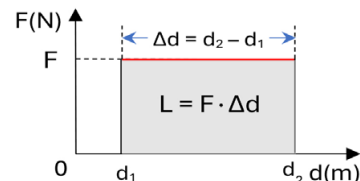


Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

- Mikor végzünk nagyobb munkát: ha egy 5 tonnás testet a 3. emeletre emelünk fel, vagy ha egy 3 tonnás testet az 5. emeletre emelünk?
- Mekkora munkát végez az 1 kN nagyságú erő, miközben saját iránya mentén 50 cm távolságon mozditja el a testet?
- Aladár és Jancsi egy kötel két végét ellentétes irányítású, $F_1 = 100 \text{ N}$, illetve $F_2 = 120 \text{ N}$ nagyságú erővel húzza. Ki végez közülük negatív munkát?
- Melyik esetben végez munkát egy súlyemelő, miközben felemeli a súlyt, vagy miközben a feje fölött tartja?



6. ábra – Az elmozdulás irányára merőleges súlyerő nem végez munkát (közvetlen módon nem befolyásolja a golyó mozgását).



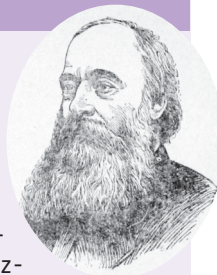
7. ábra – A téglalap területe számszerűen egyenlő a végzett munkával



Tudod-e?

► **James Prescott Joule (1818-1889)**

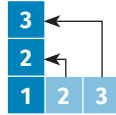
Angol fizikus, aki a mechanikai munka hővé alakítását tanulmányozta, hozzájárulva az energiamegmaradás gondolatának megalapozásához. Höelmélete akkoriban annyira vitatott volt, hogy a kiadók megtagadták eredményeinek közzétételét. Felfedezte azt a törvényt, amely leírja az elektromos áram segítségével történő hőtermelés jelenségét. Ez a törvény és a mechanikai munka mértékegysége az ő nevét viseli.



Alkalmazd a tanultakat!

Mennyi mechanikai munkát kell végezni ahhoz, hogy a 3 kockát vízszintes helyzetből áthelyezzük függőleges helyzetbe, a nyilakkal jelzett utakat követve? Mindegyik kocka oldala 5 cm, tömege 100 g. Útmutatások:

- Számítsd ki a mozgás szakaszain végzett mechanikai munkát külön-külön!
- Vedd figyelembe az erő és az elmozdulás által bezárt szöveget.



Kulcsfogalmak

- egységnyi idő
- watt
- lóerő
- teljesítmény
- kilowattóra



1. ábra – Az idők folyamán az autók egyre jobban teljesítenek.



2. ábra – Mindketten elvégzik ugyanazt a munkát, de nem ugyanannyi idő alatt.



Tudod-e?



► A motorok feltalálása előtt a nehéz munkát állatok segítségével végezték. James Watt, az első modern gőzgép feltalálója úgy próbálta eladni találmányát, hogy annak erejét egy átlagos lóéhoz hasonlította. Így jelent meg a lóerőnek (LE) nevezett mértékegység.

$$1 \text{ LE} = 735 \text{ W} = 0,735 \text{ kW.}$$

A Nemzetközi Mértékegységrendszer bevezetésével a lóerőt fokozatosan felváltotta a kW.

A mechanikai teljesítmény

Észrevetted, hogy...?

- Egyes autók jobban teljesítenek, mint mások. Mikor mondjuk egy autóról azt, hogy nagy a teljesítőképessége (1. ábra)?
- Ugyanazt a földterületet egy felnőtt rövidebb idő alatt felássza, mint egy gyerek. Melyiküknek nagyobb a teljesítménye?
- Az autók és a biciklik sebességváltóval rendelkeznek. Vajon, miért?

Mit gondolsz?

Ha egy ember nagyobb teljesítménnyel rendelkezik, ez azt jelenti, hogy mindig több munkát is végez?

Kísérletezz!

1. A gyerek és a súlyemelő (gondolatkísérlet) (2. ábra)

Egy idős asszony vett 50 kg krumplit, amit fel kell vinnie a 10. emeletre. Mivel a lift nem működik, segítségre van szüksége. Egy gyerek és egy súlyemelő között választhat. Mindkettőnek fel kell vinnie a krumplit a 10. emeletre, tehát bármelyikük teszi, ugyanakkora jutalmat kap.

Mit kell tenned?

Találd ki, hogyan tudná a gyerek felvinni a krumplit a 10. emeletre. Melyikük végezne nagyobb munkát? Melyikük végezné el hamarabb a munkát? Melyiküknek lenne nagyobb a teljesítménye?

Mit állapíthatsz meg?

A krumpli cipelését különbözőképpen oldaná meg. A gyerek 5 kilogrammonként vinné fel egy zacskóban, és tízszer fordulna. A súlyemelő egyszerre vinné fel az 50 kg krumplit.

Hogyan magyarázod?

Mindketten ugyanakkora hasznos munkát végeznének, ezért kapnának ugyanakkora jutalmat. A súlyemelő azonban ezt a munkát sokkal rövidebb idő alatt végezné el, mint a gyerek, mert nagyobb a teljesítménye (ugyanannyi idő alatt nagyobb munkát képes végezni).

2. Egységnyi idő alatt végzett munka (gondolatkísérlet)

Egy porszívó $L = 48\,000 \text{ J}$ munkát végez $\Delta t = 2 \text{ min}$ alatt.

Mit kell tenned?

Számítsd ki az egységnyi idő alatt végzett munkát.

Mit állapíthatsz meg?

Ha 2 perc alatt a végzett munka $48\,000 \text{ J}$, egy perc alatt a végzett munka ennek fele, vagyis $24\,000 \text{ J}$.

Ha egy perc alatt a végzett munka $24\,000 \text{ J}$, akkor egyetlen másodperc alatt ennek a 60-ad része, vagyis 400 J .

Hogyan magyarázod?

A kérdésre a válasz a választott időegységtől függ.

Ha egységnek a percet választjuk, akkor az időegység alatt végzett munka $24\,000 \text{ J}$ (vagy $24\,000 \text{ J/min}$).

Ha egységnek a másodpercet választjuk, akkor az időegység alatt végzett munka 400 J (vagy 400 J/s).

Jegyezd meg!

► **A teljesítmény meghatározása.** A teljesítmény (jele **P**) skaláris fizikai mennyiség, amely számszerűen egyenlő az egységnyi idő alatt (1 s) végzett munkával.

A mechanikai munka **a teljes időtartam alatt végzett munka.**

► **A teljesítmény meghatározási képlete** (lásd a 2. kísérletet):

$$P = \frac{L}{\Delta t}, \text{ ahonnan } [P]_{\text{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{s}} = \text{W}$$

► **A teljesítmény másik kifejezése.** Egy motor teljesítménye kifejezhető a motor „húzóerejének” és a test sebességének függvényében is:

$$P = \frac{L}{\Delta t} = \frac{F \cdot \Delta d}{\Delta t} = F \cdot \frac{\Delta d}{\Delta t} = F \cdot v_{\text{átlag}}$$

Megoldott feladat

Egy emelődaru egy 1 000 kg-os betontömböt 1 perc alatt 30 m magasra emel. Ismert: $g = 10 \text{ N/kg}$.

a) Mekkora az emelődaru mechanikai teljesítménye?

b) Egy másik emelődaru egy fél tonnás betontömböt 1 m/s-os állandó sebességgel emel magasba. A két daru közül melyiknek nagyobb a teljesítménye?

Megoldás:

$$\begin{aligned} m_1 &= 1\,000 \text{ kg} \\ m_2 &= 0,5 \text{ t} = 500 \text{ kg} \\ h &= 30 \text{ m} \\ \Delta t &= 1 \text{ min} = 60 \text{ s} \\ v &= 1 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$P_1 = ?$$

$$P_1 ? P_2$$

$$\begin{aligned} \text{a) } P_1 &= \frac{L}{\Delta t} = \frac{F \cdot h}{\Delta t} = \frac{G \cdot h}{\Delta t} = \frac{m_1 \cdot g \cdot h}{\Delta t} \\ P_1 &= \frac{1\,000 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 30 \text{ m}}{60 \text{ s}} = \frac{300\,000 \text{ J}}{60 \text{ s}} = 5\,000 \text{ W} \\ \text{b) } P_2 &= F \cdot v = G \cdot v = m_2 \cdot g \cdot v \\ P_2 &= 500 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 5\,000 \text{ W} \\ P_1 &= P_2 \end{aligned}$$



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

2 Jelöld meg a helyes válaszokat!

Két motor közül annak nagyobb a teljesítménye, amelyik:

- ugyanannyi idő alatt nagyobb munkát végez;
- ugyanannyi idő alatt kisebb munkát végez;
- ugyanakkora munkát végez kevesebb idő alatt;
- ugyanakkora munkát végez hosszabb idő alatt.

2 Mit mérünk kWh-ban?

3 A 100 lóerős vagy a 100 kW-os gépnek nagyobb a teljesítménye?

4 Melyik a helyes kifejezés: „kilowattóra” vagy „kilowatt per óra”?

Alkalmazd a tanultakat!

Egy autó úgy indul el, hogy a sofőr a gázpedált maximálisan lenyomja. Mikor nagyobb a motor teljesítménye: az elején, amikor kisebb az autó sebessége, vagy később, amikor gyorsan megy? Mit állapíthatsz meg a húzóerőről? Mikor gyorsul jobban az autó? Válaszaidat indokold!



Tudod-e?

► **A kilowattóra (kWh)** nem a teljesítmény, hanem a mechanikai munka mértékegysége. **1 kWh** az 1 kW-os (1 000 W) teljesítményű gép által 1 óra (3 600 s) alatt végzett munka.

$$1 \text{ kWh} = 1\,000 \text{ W} \cdot 3\,600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ J}$$

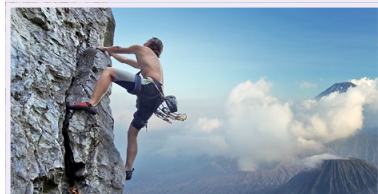


Ha ezt a munkát (1 kWh) egy elektromos motor végzi el, kb. 1 lejt fizetünk érte.

► Ahhoz, hogy egy 100 kg-os ember tengerszintről a 2500 m magas Omu csúcsra feljusson, legalább $L = G \cdot h = m \cdot g \cdot h = 100 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 2\,500 \text{ m} = 2\,500\,000 \text{ J} = 0,69 \text{ kWh}$ munkát kell végezzen.

Elektromos motor segítségével ez a munka 0,69 lejtbe kerülne. Te elvégeznéd ezt a munkát ennyiért?

A munkát gyakran gépek végzik az emberek helyett, mert úgy sokkal olcsóbb.



► Egy motor vagy egy biciklis maximális teljesítménye állandó. Mivel $P = F \cdot v$, a húzóerő és a sebesség szorzata is állandó (ha az egyik csökken, a másik nő). Ez több lehetőséget ad az adott teljesítmény felhasználására.

Dombon felfelé nagy a húzóerő, ezért kicsi a sebesség.

Vízszintes terepen kisebb a húzóerő, nagyobb a sebesség.

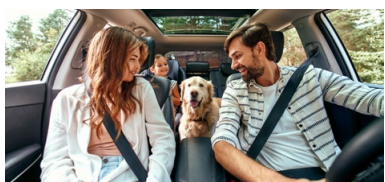
Lejtőn lefelé nagyon kicsi a húzóerő, tehát nagyon nagy lehet a sebesség. A sebességváltó segít abban, hogy a motor/biciklis ne érezzen teljesítménybeli különbséget egyik esetben sem.

Kulcsfogalmak

- hasznos munka
- haszontalan munka
- teljes munka
- hatásfok



1. ábra – A csúsztatott farönkök súrlódása során hő fejlődik.



2. ábra – Az autó az utasok mellett saját magát is szállítja.



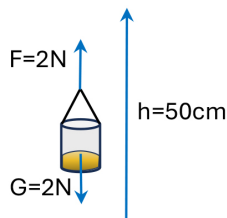
3. ábra – A lift motorja a hölgy mellett a liftet is felvontatja.



4. ábra – Ha vödörrel vizet merünk, a vödört is felhúzzuk, vízpumpával csak a vizet.



5. ábra – A bőrönd felpakolása közben a karunkat is emeljük.



6. ábra – Hatásfok mérő kísérlet

A hatásfok

Észrevetted, hogy...?

- A felvonókra ellensúlyt szerelnek, hogy csökkentsék a motor által kifejtett munkát.
- A gépek alkatrészeit bezsírozzák, ezáltal csökken a súrlódás, így csökken a haszontalan munka is.
- A Forma 1-es versenyautók készítésénél kis sűrűségű anyagokat (alumíniumot és szénszálakat) használnak.

Mit gondolsz?

Melyik esetben végzünk kisebb munkát: ha egy kútból 20 liter vizet vödörrel húzunk fel, vagy ha vízpumpával? (4. ábra)

Kísérletezz!

1. Hasznos - haszontalan (gondolatkísérlet)

Mit kell tenned?

Figyeld meg alaposan az 1-5 ábrát, és azonosítsd be minden esetben a hasznos, a haszontalan és a teljes munkát.

Mit állapíthatsz meg?

A farönkök és az utasok szállítása, a hölgy felemelése, a víz felhúzása, a bőrönd felpakolása mind-mind hasznos munka. A súrlódás legyőzésére, a kisbusz mozgatására, a lift felemelésére, a vödör felhúzására, a karok magasba emelésére fordított munka mind veszteség.

Hogyan magyarázod?

Tevékenységeink során látszólag haszontalan munkát is végzünk, de ezek nélkülözhetetlenek a hasznos munka elvégzéséhez.

A teljes befektetett munka (a hasznos és a haszontalan munka összege) minden esetben nagyobb a hasznos munkánál.

2. A hatásfok mérése (6. ábra)

● **Szükséged van:** egy 2 N-nál kisebb súlyú üvegpohárra, homokra, mérőszalagra, 2,5 N méréshatárral rendelkező dinamométerre.

Mit kell tenned?

Mérd meg az üvegpohár súlyát. Tölts annyi homokot a pohárba, hogy a dinamométer 2 N-t mutasson. Emeld a poharat 50 cm magasra. Számítsd ki a végzett munkát. Számítsd ki az üres pohár felemelésére végzett haszontalan munkát. Számítsd ki mekkora munkát kellett volna végezni, ha csak a homokot emelted volna fel. Hány százaléka ez a teljes befektetett munkának?

Mit veszel észre?

A teljes munka 1 J nagyságú. A haszontalan munka kisebb (például 0,6 J). Mivel a homokot nem lehet a pohár nélkül felemelni, nem küszöbölhetjük ki a veszteséget. A hasznos munkát meghatározhatjuk a teljes munka és a veszteség közötti különbséggel. Példánkban a hasznos munka 0,4 J, vagyis 40%-a a teljes befektetett munkának.

● **Hogyan magyarázod?** A hatásfok megmutatja, hogy a teljes munkának hány százaléka hasznosult (példánkban 40%).



Jegyezd meg!

► **A hatásfok meghatározása.** A hatásfok (jele η) egy skaláris fizikai mennyiség, amely egyenlő az azonos időtartam alatt végzett hasznos és teljes befektetett munka arányával. Mivel az időtartam 1 s is lehet, a mechanikai munkák aránya a teljesítmények arányával egyezik.

► **A hatásfok értelmezési képlete:**

$$\eta = \frac{L_{\text{hasznos}}}{L_{\text{teljes}}} = \frac{P_{\text{hasznos}}}{P_{\text{teljes}}}, \text{ ahol}$$

$$[\eta]_{\text{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{J}} = 1 \text{ (a hatásfoknak nincs mértékegysége).}$$

Egy berendezés akkor hatékony, ha nagy a hatásfoka.



Megoldott feladat

Egy 10 kg tömegű test $F = 50 \text{ N}$ erő hatására $d = 5 \text{ m}$ távolságot tesz meg. Ha a súrlódási együttható $\mu = 0,25$ és a gravitációs gyorsulás $g = 10 \text{ N/kg}$, számítsd ki:

a) a hasznos, a haszontalan és a teljes munkát; b) az elmozdítás hatásfokát

Megoldás:

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$F = 50 \text{ N}$$

$$d = 5 \text{ m}$$

$$\mu = 0,25$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$\text{a) } L_{\text{teljes}} = ?, L_{\text{haszontalan}} = ?, L_{\text{hasznos}} = ?$$

$$\text{b) } \eta = ?$$

$$\text{a) } G = m \cdot g = 10 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 100 \text{ N}$$

$$N = G = 100 \text{ N}$$

$$F_s = \mu \cdot N = 0,25 \cdot 100 \text{ N} = 25 \text{ N}$$

$$L_{\text{teljes}} = F \cdot d = 50 \text{ N} \cdot 5 \text{ m} = 250 \text{ J}$$

$$L_{\text{haszontalan}} = |L_{F_s}| = F_s \cdot d = 25 \text{ N} \cdot 5 \text{ m} = 75 \text{ J}$$

$$L_{\text{hasznos}} = L_{\text{teljes}} - L_{\text{haszontalan}} = 250 \text{ J} - 75 \text{ J} = 175 \text{ J}$$

$$\text{b) } \eta = \frac{L_{\text{hasznos}}}{L_{\text{teljes}}} = \frac{175 \text{ J}}{250 \text{ J}} = 0,7 = 70\%.$$



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

- 1 Mi előnyösebb: ha a hatásfok nagy, vagy ha kicsi?
- 2 Mi történik a hatásfokkal, ha nő a haszontalan munka, de a teljes munka változatlan marad?
- 3 Mit jelent az 50%-os hatásfok?
- 4 Két, azonos teljesítményű autó közül az egyik dízel, a másik benzines. Ha azonos sebességgel haladnak, az egyik 4 liter, a másik 5 liter üzemanyagot fogyaszt 100 kilométerenként. Melyiknek nagyobb a hatásfoka?
- 5 Egy berendezés hatásfoka 80%. Határozd meg a haszontalan munkát, ha a teljes munka 1 000 J.



Portfólió téma

Készíts lejtőt egy legalább 50 cm hosszúságú lemez (vagy deszka), valamint egy doboz segítségével. Helyezz a lejtőre egy horoggal ellátott testet. Egy lejtővel párhuzamos dinamométer közbeiktatásával húzd fel egyenletesen a testet a lejtőn. Végezz olyan méréseket, amelyek segítségével meghatározhatod a lejtő hatásfokát. Ismételd meg többször is a kísérletet. Tervezz egy táblázatot, amelybe beírhatod a mért és kiszámolt értékeket.

A lejtő hatásfoka

A lejtőt arra használjuk, hogy egy testet a súlyánál kisebb erővel emeljünk fel. Ebben az esetben a hasznos munka egyenlő azzal a munkával, amelyet akkor végeznénk, ha a testet lejtő nélkül emelnénk h magasságba. Ilyenkor a testre legalább a súlyával (G) egyenlő erővel kellene hatni, ezért a hasznos munka:

$$L_{\text{hasznos}} = G \cdot h$$

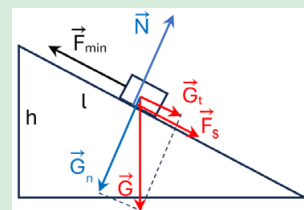
Ha lejtő segítségével emeljük a testet ugyanarra a szintre, a végzett munka:

$$L_{\text{teljes}} = F_{\text{min}} \cdot l$$

ahol F_{min} a test felhúzásához szükséges lejtővel párhuzamos legkisebb erő, l a lejtő hossza (lásd az ábrát).

A hatásfok tehát:

$$\eta = \frac{L_{\text{hasznos}}}{L_{\text{teljes}}} = \frac{G \cdot h}{F_{\text{min}} \cdot l}$$



A lejtőről szóló leckében tanultad, hogy:

$$F_{\text{minim}} = G_t + F_s, \text{ de } G_t = \frac{G \cdot h}{l}$$

A hatásfok tehát többféle módon is felírható:

$$\eta = \frac{G \cdot h}{F_{\text{min}} \cdot l} = \frac{G_t}{F_{\text{min}}} = \frac{G_t}{G_t + F_s}$$

Az utolsó összefüggésből látszik, hogy a súrlódás miatt a hatásfok mindig kisebb, mint 1.

Megjegyzések

● Az a munka, amelyet a súrlódási erő legyőzésére végzünk haszontalan, tehát csökkenteni kell. Ezért kenjük a felületet, vagy teszünk kerekeket a test alá.

● A lejtő szögét növelve a G_t nő, a G_n és az F_s pedig csökken, tehát nő a hatásfok.

● Ha a tömeget növeljük, az erők arányosan nőnek, így a hatásfok változatlan marad.

Kulcsfogalmak

- energia
- mechanikai energia
- energiaváltozás



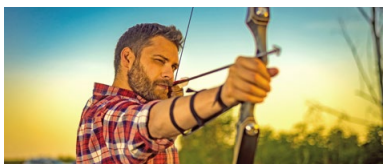
1. ábra – Miközben kilöveli a lávát, a vulkán munkát végez.



2. ábra – Ameddig fent van a tetőn a hó, bármikor munkát végezhet. Miután leesett, már nem.



3. ábra – A szél kifordíthatja az esernyőt. A nyugalomban lévő levegő nem képes rá.



4. ábra – A megfeszített íj mechanikai munkát végezhet.

Tudod-e?

► Albert Einstein arra a következtetésre jutott, hogy minden testnek van energiája. A tömeg és az energia közötti híres összefüggése szobrot kapott Berlinben. A képlet szerint egy 1 kg tömegű testben tárolt energia $9 \cdot 10^{16}$ J, amely meg egyezik a Románia által 6 hónap alatt elfogyasztott elektromos energiával.



A mechanikai energia

Észrevetted, hogy...?

- Tele van energiával – jellemezzük néha a mozgékony embert.
- Az energia hiánya (a lemerült akku, a gázszolgáltatás szüneteltetése, az áramszünet stb.) kellemetlenül érint bennünket.
- Az energia túltengése is okozhat gondot. Nem tanácsos őrizetlenül hagyni a tüzet, egy hólavina útjában lenni, egy éppen kivágott és ledőlő fa alatt állni, vagy megfeszített acélkábel mellett tartózkodni.

Mit gondolsz?

Élhetnénk energia nélkül?

Jegyezd meg!

Az energia meghatározása

Egy rendszer (például egy ember) munkavégző képességét energiának nevezzük. Munkavégzés során a rendszer (az ember) energiája csökken. Ha munkavégzés előtt a rendszer kezdeti energiája E_0 , és L munkát végez, végső energiája:

$$E = E_0 - L, \text{ ahonnan: } E - E_0 = -L \text{ vagy } \Delta E = -L$$

Észrevehetjük, hogy az energia és a munka mértékegysége azonos (ellenkező esetben nem is vonhatnánk ki egymásból őket): $[E]_{\text{SI}} = [L]_{\text{SI}} = \text{J}$ (joule).

Az energia állapothatározó

Az energia egy rendszer (például egy ember) állapotát határozza meg adott pillanatban. Egy folyamat során az energia nőhet (ha az ember eszik), csökkenhet (ha az ember dolgozik) vagy állandó maradhat (ha az ember eszik, és dolgozik is ugyanakkor).

► **A mechanikai energia** az az energia, amellyel a testek makroszkopikus tulajdonságaikból adódóan (tömeg, sebesség, helyzet, alakváltozás) rendelkeznek.

A hőenergia, az elektromos energia, a fény- és nukleáris energia a testek mikroszkopikus tulajdonságaikból fakadnak, ezekről később fogsz tanulni.

Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

- Tudhatjuk, mekkora energiával rendelkezett az az ember, aki 1000 J mechanikai munkát végzett?
- Egy autó akkumulátorában 2 MJ energia van. Indításkor az önindító 40 kJ munkát végez. Mennyi energia marad az akkumulátorban?
- Megadható az energia mértékegysége kW-ban? Hát kWh-ban?
- Mi történik a rugóban felhalmozott energiával összenyomása során (nő, csökken, vagy változatlan marad)?

Alkalmazd a tanultakat!

Legfontosabb energiaforrásunk a Nap. Végez a Nap mechanikai munkát? Ha igen, miképpen?

A mozgási energia

Észrevetted, hogy...?

● A mozgásban lévő testek munkát végezhetnek, tehát energiával rendelkeznek (1-4. ábra). Ezt az energiát **mozgási energiának** nevezzük.

● Vannak helyzetek, amikor a mozgási energia jótékony hatású (1-2. ábra), máskor pedig romboló hatása van (3-4. ábra).

Mit gondolsz?

Meg tudod határozni, mekkora mozgási energiája van egy testnek?

Kísérletezz!

1. Dupla tömeg, dupla energia

● **Szükséged van:** legalább 5 egyforma acélgolyóra, tartóállványra, azonos hosszúságú zsinegekre, vonalzóra.

Mit kell tenned?

Öt egyforma ingából készítsd el az 5. ábrán látható ingasort. Emeld fel az első golyót h_1 magasságba, és engedd szabadon. Ismételd meg a kísérletet úgy, hogy egyszerre két golyót emelsz ugyanakkora magasságba.

Mit veszel észre?

Első esetben az ütköző golyó mozgási energiája arra volt elegendő, hogy a golyósor ellenkező oldalán egy golyót magasba emeljen. A második esetben kétszer nagyobb mozgási energia hatására már két golyó emelkedett ugyanakkora magasságba.

Hogyan magyarázod?

Kétszeresére növelve a golyók tömegét megduplázódott a mozgási energia, amely azt jelenti, hogy a mozgási energia egyenesen arányos a tömeggel ($E_m \sim m$).

2. Kétszeres sebesség kétszer nagyobb energia? (gondolatkísérlet)

Mit kell tenned?

Figyeld meg és vesd össze a 6. ábra adatait.

Mit veszel észre?

A megálláshoz szükséges féktávolság erőteljesen nő a sebességgel. Ha megduplazzuk a sebességet, a féktávolság 4-szeresére nő, ha négyszeresére növeljük a sebességet, a féktávolság 16-szorosára nő, ha nyolcszorosára növeljük a sebességet, a távolság 64-szer lesz nagyobb.

Hogyan magyarázod?

Az autó mozgási energiája a sebesség négyzetével arányosan nő ($E_m \sim v^2$). Ha a sebesség n -szeresére nő, a mozgási energia n^2 -szer lesz nagyobb.

Jegyezd meg!

► A **mozgási energia** a mozgásban lévő testek energiája. Jele: E_m .

► A **mozgási energia képlete:**

$$E_m = \frac{mv^2}{2}, [E_m]_{SI} = J$$

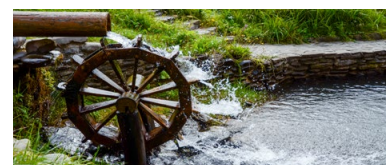
Mértékegysége **joule**, mint bármelyik másfajta energiának. A képlet az 1-es és 2-es kísérletek következtetéseit tükrözi: $E_m \sim m$ illetve $E_m \sim v^2$.

Kulcsfogalmak

- mozgás ● mozgási energia
- egyenesen arányos a sebesség négyzetével



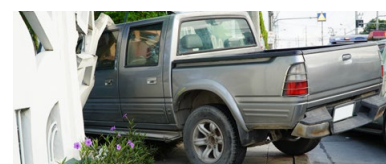
1. ábra – A szél munkája elektromos energiává alakul.



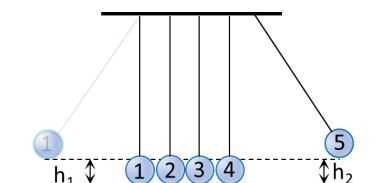
2. ábra – A mozgásban lévő víz hasznosítható mechanikai munkát végez.



3. ábra – Óriási sebességük és tömegük miatt az aszteroidák annyi energiával rendelkeznek, hogy egyes fajok kihalását okozhatják.



4. ábra – Nagy sebessége miatt az autó (haszontalan) munkát végez.



5. ábra – A Newton-ingasorral igazolhatjuk, hogyan függ a mozgási energia a tömegtől.

10 km/h	1 m
20 km/h	4 m
40 km/h	16 m
80 km/h	64 m

6. ábra – A féktávolság az autó sebességétől függ.



Kulcsfogalmak

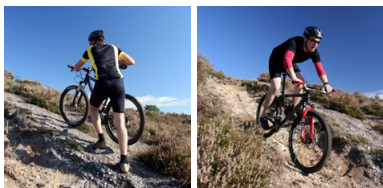
- gravitációs helyzeti energia
- viszonyítási szint



1. ábra – A híd emelkedése közben az ellensúly süllyed, és munkát végez.



2. ábra – A magasba emelt nehezkben felhalmozott energia hosszú ideig működteti az órát.



3. ábra – A felkapaszkodáskor felhalmozott energia leereszkedéskor hasznosul.



Tudod-e?

► Ha alacsony a villamosenergia-fogyasztás, az erőművek által megtermelt többletenergia gyűjtőtavakban tárolható. Két, különböző magasságban elhelyezkedő tavat használnak, amelyeket kétirányú szivattyúkkal ellátott csövek kötnek össze. Ha többletáram van, a szivattyúk az alsó tó vizét a felső tóba emelik, így az elektromos energiát a rendszer gravitációs helyzeti energiájává alakítja. Amikor energiára van szükség, a felső tó vize lezúdul az alsó tóba, és az esés során a helyzeti energia elektromos energiává alakul át.



A gravitációs helyzeti energia

Észrevetted, hogy...?

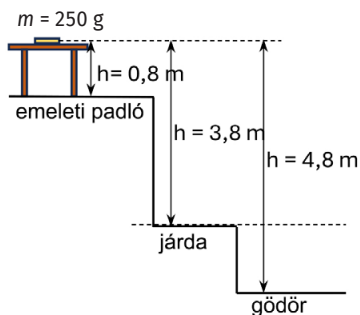
- A magasban lévő testek munkát végezhetnek (1-3. ábra).
- A biciklis pedálozás nélkül gurul le a lejtőn. Akkor ki végzi az elmozduláshoz szükséges munkát (3. ábra)?

Mit gondolsz?

A földön heverő test végezhet mechanikai munkát?

Kísérletezz!

Mennyi energiája van az asztalon lévő könyvnek? (gondolatkísérlet)



Mit kell tenned?

Nézd meg figyelmesen az ábrát. Számítsd ki a könyv súlya által végzett munkát esés közben.

Mit veszel észre?

A válasz attól függ, hogy hová esett a könyv: a padlóra, a járdára vagy a gödörbe.

Hogyan magyarázod?

Nincs abszolút viszonyítási szint, ahonnan mérhetnénk a magasságot. A helyzeti energia „nullszintjét” mi választjuk meg. Bárhol is van a könyv, munkát végezhet, ha lejjebb tud esni.

Jegyezd meg!

► A gravitációs helyzeti (potenciális) energia meghatározása

A gravitációs helyzeti energia a magasban lévő testek energiája. Esés közben a test munkát végez, így elhasználja az energiáját. Jele: E_{pg} .

► A gravitációs helyzeti energia képletét abból a munkából vezethetjük le, amelyet a súlyerő végez, miközben a test leesik az adott magasságból.

$$E_{pg} = L_G = G \cdot h = m \cdot g \cdot h, \text{ ahonnan } [E_{pg}]_{SI} = J$$

A h magasságot a választott „nullszinttől” mérjük (lásd a kísérletet).

Megoldott feladat

Egy 2 t tömegű repülő 3 km magasságban 360 km/h sebességgel repül. Adott: $g = 10 \text{ N/kg}$. Számítsd ki a repülő mozgási és gravitációs helyzeti energiáját. Mennyi a repülő összenergiája? Fejezd ki MJ-ban.

Megoldás:

$$m = 2 \text{ t} = 2\,000 \text{ kg}$$

$$h = 3 \text{ km} = 3\,000 \text{ m}$$

$$v = 360 \text{ km/h} = 100 \text{ m/s}$$

$$E_m = ?; E_p = ?; E_{\text{össz}} = ?$$

$$E_m = \frac{mv^2}{2} = \frac{2\,000 \text{ kg} \cdot \left(100 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} = 10 \text{ MJ}$$

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h = 2\,000 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 3\,000 \text{ m} = 60 \text{ MJ}$$

$$E_{\text{össz}} = E_m + E_{pg} = 10 \text{ MJ} + 60 \text{ MJ} = 70 \text{ MJ}$$

Kiterjesztés: A rugalmas helyzeti energia

Észrevetted, hogy...?

- Ha valakinek elküldöd a dobozba zárt rugós bohócot, energiát is küldesz neki (1. ábra).
- A rugalmas alakváltozást szenvedett test munkát végezhet (1-3. ábra).

Mit gondolsz?

Hányszor nagyobb munkával lehet egy rugót 2 cm-rel összenyomni, mint 1 cm-rel?

Jegyezd meg!

A rugalmas helyzeti (potenciális) energia meghatározása

A rugalmas helyzeti energia a rugalmas alakváltozást szenvedett test energiája. Jele: E_{pr} .

► **A rugalmas helyzeti energia képlete.** Egy rugóban felhalmozott energia egyenlő azzal a mechanikai munkával, amelyet a rugalmas erő végez, miközben az alakváltozást szenvedett rugó eredeti állapotába tér vissza. Mivel a rugalmas erő az eredeti $F_e = k \cdot \Delta l$ értékről egyenletesen nullára csökken, kiszámítjuk az átlagértékét, amely $F_{em} = \frac{F_e + 0}{2} = \frac{k \cdot \Delta l}{2}$. Így:

$$E_{pr} = L_{Fe} = F_{em} \cdot \Delta l = \frac{k \cdot \Delta l}{2} \cdot \Delta l = \frac{k \cdot \Delta l^2}{2}, \text{ ahonnan } [E_{pr}]_{SI} = \text{J}.$$

Megoldott feladat

Egy $k = 500 \text{ N/m}$ állandójú rugót először 1 cm-rel, majd újabb 1 cm-rel nyomunk össze. Számítsd ki, és fejezd ki mJ-ban:

- az 1 cm-rel, majd a 2 cm-rel összenyomott rugó helyzeti energiáját;
- az összenyomás második szakaszában végzett mechanikai munkát.

Megoldás:

$$\begin{array}{l|l} k = 500 \text{ N/m} & a) E_{pr1} = \frac{k \Delta l_1^2}{2} = \frac{500 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (0,01 \text{ m})^2}{2} = 25 \text{ mJ} \\ \Delta l_1 = 0,01 \text{ m} & \\ \Delta l_2 = 0,02 \text{ m} & E_{pr2} = \frac{k \Delta l_2^2}{2} = \frac{500 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (0,02 \text{ m})^2}{2} = 100 \text{ mJ} \\ a) E_{pr1} = ?; E_{pr2} = ? & b) L_{12} = E_{pr2} - E_{pr1} = 100 \text{ mJ} - 25 \text{ mJ} = 75 \text{ mJ} \\ b) L_{12} = ? & \end{array}$$



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

- Rugalmas kötéllel történő ugrálás (bungee jumping) során milyen energia-típusokat lehet megfigyelni? (3. ábra)
- Számítsd ki, mekkora mozgási energiája van egy 0,5 kg tömegű focilabdának, mielőtt 30 m/s sebességgel a kapuba vágódna.
- Milyen magasságban lesz a 2 t tömegű helikopter gravitációs helyzeti energiája 3 MJ nagyságú?
- Mekkora rugalmas helyzeti energia halmozódik fel egy $k = 100 \text{ N/m}$ rugalmasági állandójú rugóban, ha 5 cm-rel megnyújtjuk?

Kulcsfogalmak

- rugalmas alakváltozás
- rugalmas helyzeti energia

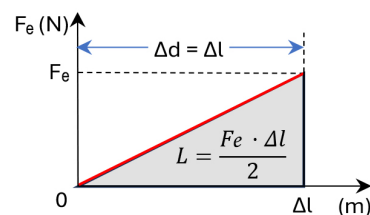
1. ábra – Amikor a dobozt kinyitjuk, a rugó munkát végez, és kilöki a bohócot.



2. ábra – A meghajlított rugalmas rúdban felhalmozott energia löki fel a rúdugrót.



3. ábra – A megnyúlt rugalmas kötélben tárolt energia dobja magasba a gyereket.



4. ábra – A rugalmas erő munkája a besatírozott területtel egyenlő nagyságú

Portfólió téma

Figyeld meg, milyen típusú mechanikai energiák jelennek meg egy vidámparkban. Válassz ki legalább 3 játékot, és elemezd őket energetikailag. Készíts egy esszét, amely ezeknek a játékoknak a leírását tartalmazza. Csatolj hozzá fotókat is.

Kulcsfogalmak

- összenenergia
- energiamegmaradás



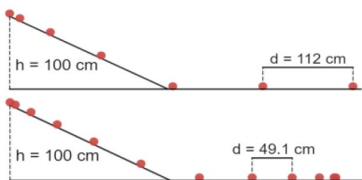
1. ábra – Lecsúszás közben a sízó gravitációs helyzeti energiája csökken, mozgási energiája nő.



2. ábra – Miközben megnyúlik a gumikötél, az ugró mozgási energiája csökken, a gumikötél rugalmas helyzeti energiája nő.



3. ábra – Lefelé jövet a vonat helyzeti energiája csökken, mozgási energiája nő. Felfelé menet mindez fordítva történik.



4. ábra – Sorozatképek súrlódás nélkül és súrlódással mozgó testről.



Tudod-e?

▶ A PERPETUUM MOBILE vagy örökmozgó olyan szerkezet, amely energiabefektetés nélkül mozogna. Nem lehet megvalósítani, mert ellentmond a fizika törvényeinek.



A mechanikai energia megmaradása

Észrevetted, hogy...?

● A mozgási energia, a gravitációs helyzeti energia és a rugalmas helyzeti energia mind mechanikai energia, mert a rendszerek makroszkopikus tulajdonságai határozzák meg.

● A súrlódás nélküli mechanikai folyamatokban legalább az egyik energiatípus csökken, egy másik pedig nő (1-3. ábra). Nincs olyan folyamat, amelyben egyszerre mind a három energiatípus csökkenne vagy nőne.

● Ha súrlódással játszódik le egy mechanikai folyamat, megtörténhet, hogy egyik energiatípus sem nő, de ilyenkor hő fejlődik.

Mit gondolsz?

A fenti észrevételekből kiindulva, lehetséges-e az, hogy a mechanikai energiák összege állandó maradjon?

Kísérletezz!

Mi történik az energiával? (szimulációs kísérlet)

A 4. ábrán látható sorozatképek azt szimulálják, hogy egy 100 g-os test hogyan mozog a lejtőn lefelé, majd a lejtőt követő vízszintes szakaszon. A mozgó test helyzetét azonos időközönként, másodpercenként 4-szer rögzítették a képen. Ez 0,25 s-os mozgásidőt jelent 2 szomszédos helyzet között. Az első (fenti) képen a mozgás súrlódás nélkül, a második (lenti) képen pedig súrlódással történt.

Mit kell tenned?

Olvasd le a sorozatképről az adatokat, és számítsd ki: a test gravitációs helyzeti energiáját a lejtő csúcsán és a test sebességét, valamint mozgási energiáját a vízszintes szakaszon. Hasonlítsd össze a kapott értékeket mindkét esetben!

Mit veszel észre?

Kezdetben a test helyzeti energiája ($m \cdot g \cdot h$) mindkét esetben 1 J. A test sebességét az ábrán feltüntetett megtett út és a mozgásidő (0,25 s) arányával lehet meghatározni. Súrlódás hiányában a test sebessége a vízszintes felületen állandó, értéke 4,48 m/s (1,12 m/0,25 s). A mozgási energiája ($m \cdot v^2/2$) 1 J, ami egyenlő a kezdeti gravitációs helyzeti energiával. Második esetben (súrlódással) a vízszintes felületen a test sebessége megállásig csökken, ennek megfelelően a mozgási energia is nullára csökken.

Hogyan magyarázod?

Súrlódásmentes mozgás során a gravitációs helyzeti energia mozgási energiává alakult át, de az összenenergia végig állandó volt (az összenenergia megmaradt). Súrlódással történő mozgás esetén a kezdeti helyzeti energiának csak egy része alakult mozgási energiává, így az összenenergia a lejtőn történő mozgás során csökkent. A súrlódás miatt az összenenergia egy része hőenergiává alakult. Pontosan annyi, amennyi „eltűnt” a kezdeti energiából.

Jegyezd meg!

► A **mechanikai összenergia** a mozgási energia, a gravitációs helyzeti energia és a rugalmas helyzeti energia összege. Egyetlen testből és egy rugóból álló rendszer esetén:

$$E_{\text{össz}} = m \frac{v^2}{2} + m \cdot g \cdot h + k \frac{\Delta l^2}{2}$$

► A mechanikai összenergia megmaradásának törvénye

Teljesen zárt és súrlódásmentes rendszerben a mechanikai összenergia állandó (megmarad). A törvény matematikai alakja:

$$E_{\text{össz1}} = E_{\text{össz2}},$$

ahol az 1-es és 2-es index két különböző helyzetet jelöl.

► Az energiamegmaradás törvénye

Az idők folyamán a mechanikai energia mellett másfajta energiák (hőenergia, elektromos és mágneses energia, fényenergia, nukleáris energia stb.) létezésére is fény derült, és az energiamegmaradás törvényét kivétel nélkül minden fizikai jelenségre kiterjesztették.

Megoldott feladat

Egy 80 kg tömegű síző $h_1 = 50$ m magasságról lecsúszik, és az 5. ábrán szagatott vonallal feltüntetett pályán mozog. A súrlódást elhanyagoljuk. Ismertek: $g = 10$ N/kg, $h_1 = 50$ m, $h_2 = 15$ m és $h_3 = 30$ m. Határozd meg:

- a rendszer mozgási és helyzeti energiáit az A és C pontokban;
- a test sebességét a C pontban.

Megoldás:

$$\begin{aligned} m &= 80 \text{ kg} \\ g &= 10 \text{ N/kg} \\ h_1 &= 50 \text{ m} \\ h_2 &= 15 \text{ m} \\ h_3 &= 30 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{a) A: } E_{\text{pA}} = m \cdot g \cdot h_1 = 80 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 50 \text{ m} = 40\,000 \text{ J}$$

$$E_{\text{mA}} = 0; E_{\text{összA}} = E_{\text{mA}} + E_{\text{pA}} = 40\,000 \text{ J}$$

$$\text{C: } E_{\text{pC}} = m \cdot g \cdot h_3 = 80 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 30 \text{ m} = 24\,000 \text{ J}$$

Súrlódás hiányában az összenergia állandó:

$$E_{\text{összA}} = E_{\text{összB}} = E_{\text{összC}} = 40\,000 \text{ J, astfel: } E_{\text{összC}} = E_{\text{mB}} + E_{\text{pC}}$$

$$40\,000 \text{ J} = E_{\text{mC}} + 24\,000 \text{ J} \Rightarrow E_{\text{mC}} = 16\,000 \text{ J}$$

$$\text{a) } E_{\text{mB}} = ?;$$

$$E_{\text{pB}} = ?$$

$$\text{b) } v_{\text{C}} = ?$$

$$\text{b) } E_{\text{mC}} = \frac{m v_{\text{C}}^2}{2} \Rightarrow v_{\text{C}} = \sqrt{\frac{2 E_{\text{mC}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 16\,000 \text{ J}}{80 \text{ kg}}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

1 Mi történik egy test helyzeti energiájával, ha a mozgási energiája 10 J-lal csökken és az összenergia állandó marad?

2 A 6. ábrán melyik grafikon ábrázolja egy test mozgási energiáját, melyik a helyzeti energiáját, és melyik az összenergiáját?

3 Fogalmazz meg más kérdéseket is a megoldott feladathoz, és válaszolj rájuk.

Alkalmazd a tanultakat!

Nézd meg figyelmesen a 7. ábrát, majd írd be a mellékelt táblázatba a hiányzó adatokat. Mi történik a test mozgási energiájával a B és C pontok között? Hogyan magyarázod?

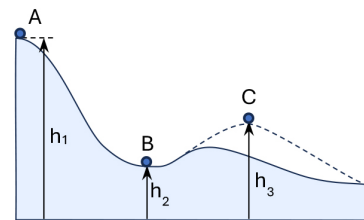


Tudod-e?

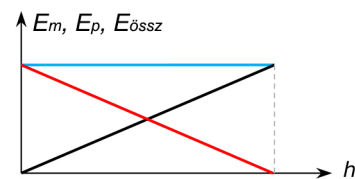
► Bízhat a fizika törvényeiben, azok nem változnak meg egyik napról a másikra



Ha egy hosszú kötél egyik végére nehéz fémgolyót kötsz, majd az így elkészített ingát elengeded az állad magasságából, az hosszasan kileng, majd visszatér az állad közelébe, de téged soha nem fog megütni. A golyó betartja az energiamegmaradás törvényét: a végső helyzeti energia nem lehet nagyobb a kezdetinél.



5. ábra – A megoldott feladatban szereplő síző pályája



6. ábra – Egy test energiáinak változása a magasság függvényében

○ A (innen esik le a test)

● B (a test érinti a rugót)
● C (végső egyensúlyi helyzet)
● D (maximális alakváltozás)

7. ábra – Egy test súrlódás nélkül, szabadon esik egy rugóra.

	E_{m} (J)	E_{pg} (J)	E_{pr} (J)	$E_{\text{össz}}$ (J)
A		100		100
B		45		100
C	60	35		100
D	0	20		

Kulcsfogalmak

- az energia átalakítása
- hőenergia
- elektromos energia



1. ábra – A vízierőművekben a víz mechanikai energiája elektromos energiává alakul át.



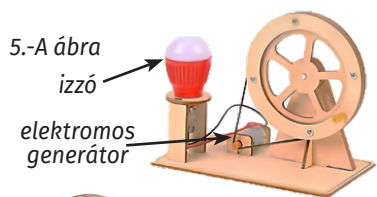
2. ábra – A ventilátor elektromos motorja a villamos energiát mozgási energiává alakítja át.



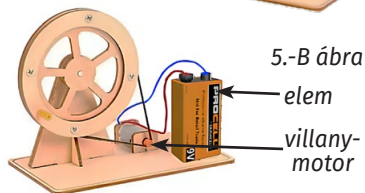
3. ábra – A légkörbe visszatérő űrkapszula mozgási energiája hőenergiává alakul át.



4. ábra – A gőzmozdony a hőenergiát mozgási energiává alakítja át.



5.-A ábra
izzó
elektromos
generátor



5.-B ábra
elem
villany-
motor

Kiterjesztés: A mechanikai energia átalakításának módszerei

Észrevetted, hogy...?

- Ahhoz, hogy elektromos energiát állíthasson elő, minden erőműnek szüksége van valamilyen energiaforrásra (mechanikai, termikus, nukleáris vagy napenergia).
- A mozgási energia elektromos energiává alakítható (1. ábra), és fordítva is (2. ábra).
- A mechanikai energia hőenergiává alakítható (3. ábra), és fordítva is (4. ábra).

Mit gondolsz?

Bármilyen energiát átalakíthatunk bármilyen más energiává?

A. Mechanikai energia ↔ elektromos energia átalakítás

Kísérletezz!

Generátor vagy motor? (5. ábra)

● **Szükséged van:** egy elektromos generátorra a fizikalaborból (használhatsz egy kis villanymotort is), izzóra, elemre, vezetékekre.

Mit kell tenned?

Állítsd össze az 5.-A ábrán lévő berendezést, majd forgasd meg a hajtókart. Állítsd össze az 5.-B ábrán látható áramkört, és figyeld meg, mi történik.

Mit veszel észre?

Az A esetben, az izzó világít, és annál nagyobb a fényerőssége, minél gyorsabban tekered a hajtókart. B esetben a hajtókar magától forogni kezd.

Hogy magyarázod?

A generátor a forgásból adódó mozgási energiát elektromos energiává alakítja, és az égő felizzik. Ha elektromos energiával táplálod a generátort, az motorként viselkedik, és mechanikai energiává alakítja át az elektromos energiát, ami megforgatja a hajtókart. Megállapíthatjuk, hogy a villanymotor és az elektromos generátor működése megfordítható.

Jegyezd meg!

1. A mechanikai energia elektromos energiává alakítható. Ezt az átalakítást végző készüléket **elektromos generátornak** nevezzük. Megtaláljuk minden (hő, vízi, szél és nukleáris) erőműben, de a mikrofonban és az elektromos gitárban is.

2. Az elektromos energia mechanikai energiává alakítható. Ezt az átalakítást végző készüléket **villanymotornak** nevezzük. A hangszóró és fülhallgató is hasonló elven működik.

B. Mechanikai energia ↔ hőenergia átalakítás

Kísérletezz!

● **Szükséged lesz:** acéldrótra, kalapácsra, vízzel telt fedeles edényre, gázlámpára.

Mit kell tenned?

- A. A kalapáccsal üss néhányszor a drót végére, majd markold meg a drótot.
B. Tedd a tűzhelyre melegedni a vizet tartalmazó, befedett edényt.

Mit veszel észre?

- A. Az ütések hatására a drót felmelegedik.
B. Melegítés hatására a víz forrni kezd, és a vízgőz emelgeti a fedőt.

Hogyan magyarázod?

A. A kalapács mozgási energiája nemvész el, hanem hőenergiává alakul, és melegíti a drótot, a kalapácsot, és kis mértékben a levegőt is.

B. A víz által felvett hőenergia egy része a gőz és a fedél mozgási energiájává alakul át.



Jegyezd meg!

1. A mechanikai energia hőenergiává alakítható, leginkább a súrlódási erők hatására. Példák: a súrlódó fékpofák felmelegedése, a meteorkráter kőzeteinek megolvadása, az összedörzsölt tenyereink felmelegedése, a kerékpumpa felmelegedése stb.

2. A hőenergia mechanikai energiává alakítható. Az átalakítást **hőerőgépek** végzik, amelyek olyan berendezések, amelyek mozgási energiává alakítják a fűtőanyag (benzin, gázolaj, kerozin stb.) elégetése során keletkezett hőenergia egy részét.



Megoldott feladat

Egy 200 g tömegű labda 3 m-ről lezuhan, és 2 m magasra pattan vissza a padlóról.

a) Magyarázd meg, miért emelkedik alacsonyabbra, mint az elengedési magasság.

b) Számítsd ki az ütközés során felszabaduló hőenergia nagyságát.

Megoldás:

$$m = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$h_1 = 3 \text{ m}$$

$$h_2 = 2 \text{ m}$$

a) magyarázat

b) $Q = ?$

a) Amikor a levegővel súrlódik és a padlóval ütközik, a kezdeti mechanikai energia egy része hővé alakul.

$$b) E_{p-kezd.} = m \cdot g \cdot h_1 = 0,2 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 3 \text{ m} = 6 \text{ J}$$

$$E_{p-végső} = m \cdot g \cdot h_2 = 0,2 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 2 \text{ m} = 4 \text{ J}$$

A kezdeti helyzeti energia mozgási energiává és hővé alakul, így $E_{p-kezd.} = E_{p-végső} + Q$, ahonnan $Q = E_{p-kezd.} - E_{p-végső} = 6 \text{ J} - 4 \text{ J} = 2 \text{ J}$.



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

1 Milyen energiaátalakulás megy végbe:

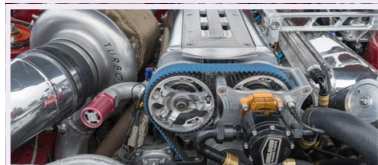
- a) a szélérőműben; b) az elektromos rollerben;
c) a merevlemezben; d) a mikrofonban;
e) a fülhallgatóban; f) a meleg levegővel telt emelkedő léggömbben;
g) a szeg beverése során?

2 Egy 150 g tömegű kalapáccsal 10 m/s sebességgel ütünk rá egy szegre. A szeg behatol a fába és megáll. Mekkora hő szabadult fel a folyamat során?



Tudod-e?

► A mozgási energia **teljes egészében** átalakítható hőenergiává, de a hőenergia csak **részben** alakítható át mozgási energiává. Éppen ezért a hőerőgépek hatásfoka elméletileg sem lehet 100%-os. A gyakorlatban az autók motorjai a hőenergiának kb. 40%-át alakítják át mozgási energiává.



► A mechanikai energia fényenergiává is átalakítható. Például, ha összeütünk két követ, szikrák keletkezhetnek.

► Létezik egy speciális anyag, amely alakváltozáskor fényt bocsájt ki. Ha arcunkra helyezzük ezt az anyagot kiemeli az arckifejezésünket.



► A mechanikai energia átalakulhat hangenergiává is. Az ütőhangszerek (dob, xilofon, zongora) a mozgási energiát kellemes hangenergiává alakítják át (zene), de a petárdák, szírnának, autók zavaró hangenergiává (zajszennyezést okoznak).



Alkalmazd a tanultakat!

Nézz utána, hogy vannak-e olyan helyzetek/eszközök, amelyekben az energiaátalakítás más formái valósulnak meg (például elektromos – termikus, optikai – mechanikai, kémiai – elektromos, nukleáris – termikus stb.). Van az átalakulásnak olyan formája, amely nem mehet végbe?

Kísérletek – Energetikai mérések

Ebben a fejezetben tanult fizikai mennyiségek (mechanikai munka, energia és teljesítmény, valamint hatásfok) közvetlen mérésére nincsenek eszközeink. Ezeket közvetett módon határozhatjuk meg.

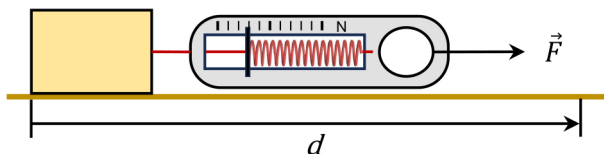
A. A mechanikai munka közvetett mérése

● **Szükség van:** horoggal ellátott testre, dinamométerre, vonalzóra.

● **Mit kell tenned?**

1. Jelöld ki az asztalon egy távolságot (például $d = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$).

2. A dinamométer közbeiktatásával vízszintes irányú erővel húzd végig a testet egyenletesen ezen a távolságon. Jegyezd fel a dinamométer által mutatott értéket (például $0,8 \text{ N}$).



3. Számítsd ki a mechanikai munkát összeszorozva a dinamométer által mutatott erőt az elmozdulással.

$$L = F \cdot d$$

$$\text{Példánkban: } L = 0,8 \text{ N} \cdot 0,6 \text{ m} = 0,48 \text{ J.}$$

B. A teljesítmény közvetett mérése

● **Szükség van:** horoggal ellátott testre, dinamométerre, vonalzóra, stopperre.

● **Mit kell tenned?**

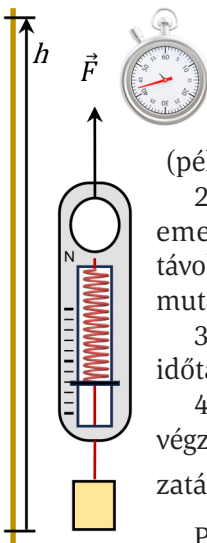
1. Jelöld ki a falon egy magasságot (például $80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$).

2. A dinamométer közbeiktatásával emeld fel a testet egyenletesen ezen a távolságon. Jegyezd fel a dinamométer által mutatott értéket (például $1,5 \text{ N}$).

3. Osztálytársad mérje meg az emelés időtartamát (például 8 s).

4. Számítsd ki a teljesítményt: oszd el a végzett munkát (az erő és elmozdulás szorzatát) a mért időtartammal. $P = \frac{F \cdot h}{\Delta t}$

$$\text{Példánkban: } P = \frac{1,5 \text{ N} \cdot 0,8 \text{ m}}{8 \text{ s}} = 0,15 \text{ W.}$$



C. A lejtő hatásfokának mérése

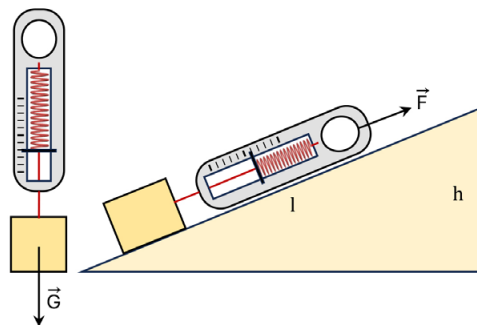
● **Szükség van:** horoggal ellátott testre, dinamométerre, vonalzóra.

● **Mit kell tenned?**

1. Mérd meg a lejtő magasságát és hosszát (például, $h = 30 \text{ cm}$ és $l = 80 \text{ cm}$).

2. Akaszd a testet a dinamométerre és mérd meg a súlyát (például $G = 2 \text{ N}$).

3. A dinamométer közbeiktatásával húzd fel a testet a lejtőn állandó sebességgel egy, a lejtővel párhuzamos erővel. Jegyezd fel a dinamométer által mutatott értéket (például $F = 1,2 \text{ N}$).



4. Számítsd ki a hatásfokot, a hasznos munka ($G \cdot h$) és a teljes munka ($F \cdot l$) arányát. $\eta = \frac{G \cdot h}{F \cdot l}$

$$\text{Példánkban: } \eta = \frac{2 \text{ N} \cdot 30 \text{ cm}}{1,2 \text{ N} \cdot 80 \text{ cm}} = 0,625 = 62,5\%.$$

D. A dinamométer rugójában felhalmozott rugalmas helyzeti energia mérése

● **Szükség van:** egy testre, egy dinamométerre és egy vonalzóra.

● **Mit kell tenned?**

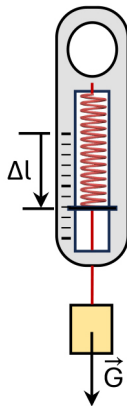
1. Mérd meg a test súlyát a dinamométerrel (például 2 N).

2. Mérd meg a dinamométer megnyúlását (például $\Delta l = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$).

3. Mivel a dinamométer rugójának rugalmassági állandója: $k = \frac{G}{\Delta l}$, a dinamométer rugójában felhalmozott rugalmas helyzeti energia:

$$E_{pr} = k \cdot \frac{\Delta l^2}{2} = \frac{G}{\Delta l} \cdot \frac{\Delta l^2}{2} = \frac{G \cdot \Delta l}{2}$$

$$\text{Példánkban: } E_{pr} = \frac{2 \text{ N} \cdot 0,05 \text{ m}}{2} = 0,05 \text{ J.}$$



Ismétlő feladatok

A feladatok megoldásához feltételezd, hogy $g = 10 \text{ N/kg}$.

1. Mennyi mechanikai munkát végez egy gyerek, miközben szánkóját $F = 50 \text{ N}$ vízszintes erővel húzza, és $d = 0,5 \text{ km}$ távolságon vízszintesen mozditja el?

2. Mekkora erővel kell emelj egy testet 50 cm magasra ahhoz, hogy a végzett mechanikai munka 20 J legyen?

3. Mekkora az elmozdulása egy szekrénynek, ha 300 N nagyságú erő hatására mozdult el, és a végzett mechanikai munka 240 J ?

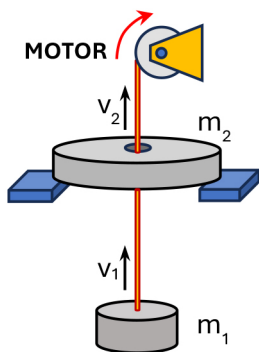
4. Egy 100 kg össztömegű ejtőernyős egyenletesen esik 1500 m magasról. Számítsd ki a súlyerő, a légellenállási erő és a légnyomás által gyakorolt oldalirányú erők mechanikai munkáját.

5. Számítsd ki annak a darunak a teljesítményét, amely egy 5 t tömegű testet 40 s alatt emel fel 20 m magasra.

6. Mennyi idő alatt végez egy $P = 2000 \text{ W}$ teljesítményű motor $L = 1 \text{ MJ}$ mechanikai munkát?

7. Mekkora mechanikai munkát végez egy 4 kW teljesítményű motor egy perc alatt?

8. Mekkora sebességgel tudja felemelni egy 8 kW teljesítményű daru az 5 t tömegű testet?



9. Egy állandó teljesítményű villanymotor $v_1 = 1,2 \text{ m/s}$ állandó sebességgel emeli az $m_1 = 100 \text{ kg}$ tömegű testet. Egy adott pillanatban a test nekiütközik egy másik, $m_2 = 150 \text{ kg}$ tömegű testnek, és felemeli azt az ábrán látható tartóról, amelyen addig támaszkodott. Mekkora v_2 állandó sebességgel emeli ezután a motor a két testet?

10. Hány százalék mechanikai munkát végzünk el haszontalanul egy olyan berendezéssel, melynek hatásfoka 80% ?

11. Egy sífelvonó minden percben 12 , egyenként 80 kg tömegű síelőt visz fel 200 m magasra. Határozd meg a berendezés hatásfokát, tudva, hogy a motor teljesítménye 50 kW .

12. Egy $2,5 \text{ kg}$ tömegű testet egyenletesen emelnek a 40 cm magas és 1 m hosszú lejtő tetejére. Tudva, hogy a test és a lejtő felülete közötti csúszó súrlódási erő a test súlyának 30% -a, számítsd ki:

- a) a hasznos mechanikai munkát;
- b) a haszontalan mechanikai munkát (veszteséget);
- c) a lejtő hatásfokát.

13. Egy 3 kg tömegű test 10 m/s sebességgel mozog, egy másik 6 kg tömegű test pedig 5 m/s sebességgel. Számold ki mindkét test mozgási energiáját. Melyik nagyobb?

14. Mekkora annak a testnek a tömege, amelyiknek mozgási energiája 100 J , miközben 10 m/s sebességgel mozog?

15. Mekkora sebességgel mozog a 10 kg tömegű test, ha mozgási energiája 80 J ?

16. A Vidraru vízgyűjtő 320 millió m^3 vizet tárol. A víz szintje 500 m -el magasabban van, mint a vízierőmű, melyben a víz energiáját hasznosítják. Mennyi a vízgyűjtőben tárolt energia?

17. Mennyi a $k = 1000 \text{ N/m}$ állandójú rugóban tárolt energia, ha $\Delta l = 5 \text{ cm}$ -el nyomták össze?

18. Egy 100 kg tömegű aszteroida 4 km/s sebességgel közeledik a Földhöz. Mennyi az aszteroida mechanikai energiája, amikor 50 km magasan van a Föld felszínétől?

19. A mellékelt ábrán látható grafikon egy test mozgási energiáját ábrázolja az idő függvényében. Ábrázold grafikusán a test helyzeti energiáját az idő függvényében tudva, hogy a test teljes mechanikai energiája 50 J .



20. Az alábbi kijelentések közül melyik megfogalmazás helyes?

- a) Egy rendszer mechanikai munkával rendelkezik.
- b) Egy rendszernek energiája van.
- c) Egy rendszernek hatásfoka van.
- d) Egy rendszer mechanikai munkát végez.
- e) Egy rendszer energiája csökken.
- f) Egy rendszer mechanikai munkája nő.
- g) Egy motornak van teljesítménye.
- h) Egy motor mechanikai munkát végez.
- i) Egy motornak mechanikai munkája van.
- j) Egy motor energiát alakít át.
- k) Egy folyamat során energiát használnak.
- l) Egy folyamat során mechanikai munkavégzés történik.

A diákok tevékenységének és viselkedésének rendszeres megfigyelése a fejezet során

Töltsd ki az alábbi kérdőívet:

1. A legjobban tetszett	Az órák alatt így éreztem magam:
2. A legkevésbé érdekelt	
3. Legnehezebben értettem meg	
4. Szükségem van még magyarázatra	







Ismeretellenőrző teszt

I. (1p) Töltsd ki az üres helyeket:

a) A mechanikai munka fizikai mennyiség, nagysága egyenlő nagyságának és az nagyságának, csakis akkor, ha az erő és megegyezik az irányával és irányításával.

b) A energia a testek energiája. A nagysága függ a test és sebességétől.

II. (1p) Jelöld meg a helyes választ.

A. Egy 250 g tömegű, 80 cm magasra emelt test gravitációs helyzeti energiája:

- a) 2 J; b) 200 J; c) 2000 J; d) 20000 J.

B. A 400 N/m állandójú, 5 cm-el összenyomott rugóban felhalmozódó rugalmas helyzeti energia:

- a) 0,5 J; b) 1 J; c) 5 kJ; d) 10 kJ.

III. (1p) Állapítsd meg a következő kijelentések logikai értékét (igaz vagy hamis).

- a) Ha egy test sebessége ötszörösére növekszik, akkor a mozgási energiája is ötszörösére nő.
b) Minél gyorsabban megy egy kerékpározó a vízszintes úton, annál nehezebben tud gyorsulni.

IV. (2p) Számítsd ki:

a) mekkora minimális mechanikai munkát kell végezni, hogy egy 25 kg tömegű testet a földszintről az ötödik emeletre emeljenek, ha két egymást követő emelet között 3 m a szintkülönbség.

b) az 1600 kg tömegű farönköt egyenletesen és vízszintesen húzó csörlő (vitla) motorjának teljesítményét. Ismert a farönk és a talaj közötti csúszó súrlódási együttható $\mu = 0,6$ és a rönk sebessége $v = 0,5$ m/s.

V. (1p) Ábrázold grafikusan az 500 g tömegű test gravitációs helyzeti energiáját a magasság függvényében, miközben 2 m magasról 0,8 m magasra ereszkedik.

VI. (3p) Oldd meg a következő feladatot:

Egy 50 kg tömegű görkorcsolyázó súrlódásmentesen ereszkedik le az 1,8 m magas felhajtóról (rámpáról) a járda szintjére. Számítsd ki:

- a) a görkorcsolyázó gravitációs helyzeti energiáját az ereszkedés kezdetén;
b) a görkorcsolyázó mozgási energiáját az ereszkedés végén;
c) a görkorcsolyázó maximális sebességét.

4



Mechanikai jelenségek. A testek egyensúlya



Ebben a fejezetben választ kapsz a következő kérdésekre:

- ▶ Megállás után hat még valamilyen erő a felvonóra?
- ▶ Miért nem szerelik az ajtólap közepére a kilincset?
- ▶ Nehezebbek vagyunk, ha a hintaszék szélére ülünk?
- ▶ Hogyan könnyítik meg munkánkat az emelők?
- ▶ Emelőkkel vagy csigákkal lehet hatékonyabban felemelni egy nehéz testet?
- ▶ Milyen szerepet játszanak az emelők az emberi testben?
- ▶ Hogyan tartja meg egyensúlyát a gerendán a tornászlány?

Haladó egyensúly



Kulcsfogalmak

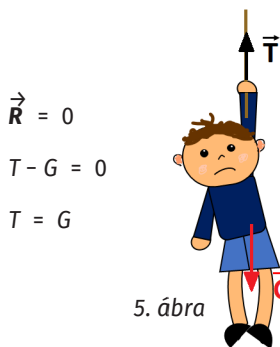
- haladó mozgás
- forgó mozgás
- haladó egyensúly
- egyensúlyi feltétel



2. ábra–Kötélhúzás



4. ábra–A kötel nem engedi, hogy az alpinista leessen



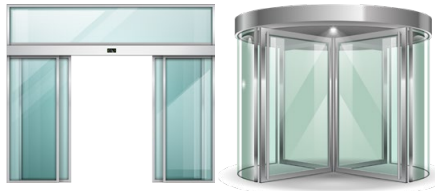
5. ábra



6. ábra – Röviddel az ejtőernyő kinyílása után az ejtőernyős sebessége állandó lesz.

Észrevetted, hogy...?

- A bevásárlóközpontoknak toló- vagy forgóajtójuk van (1. ábra).
- Kötélhúzás közben a két csapat egy ideig nyugalomban tartja a kötelet (2. ábra).
- A tűzoltó le tud ereszkedni egyenletesen is a rúdon (3. ábra).



1. ábra–Toló- és forgóajtók



3. ábra–Tűzoltó a rúdon



Mit gondolsz?

Megállás után hat még valamilyen erő a felvonóra?



Kísérletezz!

1. Gondolatkísérlet: Géza „nyugalomban van”

● Mit kell tenned?

Tornaórán Géza felmászik a kötélen, hogy ellenőrizze, mennyi ideig tudja magát megtartani az alpinistákhoz hasonlóan (4. ábra). Azonosítsd a Gézára ható erőket, és próbáld megmagyarázni, miért nem esik le. Mi az iránya és irányítása annak az erőnek, amelyik “nem engedi”, hogy leessen?

● Mit veszel észre?

Miközben a kötelbe kapaszkodik, Géza nyugalomban van.

● Hogyan magyarázod?

Gézára két azonos irányú erő hat: a $\vec{G}$ súly melynek irányítása lefelé mutat és a $\vec{T}$ feszítőerő, melynek irányítása felfelé mutat. Egy test mozgását a rá ható erők $\vec{R}$ eredője határozza meg. Ha egy test nem mozog, úgy viselkedik mintha nem hatna rá egy erő sem. Egyensúly esetén a testre ható erők eredője nulla kell legyen (5. ábra).

2. Gondolatkísérlet: Géza „állandó sebességgel mozog”

● Mit kell tenned?

Géza ejtőernyős ugrást végez. Azonosítsd az egymást kiegyenlítő erőket a mozgás ideje alatt. Mit gondolsz, mekkora nagyságú erővel hat a levegő az ejtőernyősre, amikor az egyenletesen mozog? (6. ábra)

Mit veszel észre?

Az ejtőernyő kinyílása után, rövid időn belül a mozgás egyenletes lesz, és a sebesség értéke állandó marad a talaj eléréséig.

Hogyan magyarázod?

Az ejtőernyősre két azonos irányú erő hat: a $\vec{G}$ súly, melynek irányítása lefelé mutat és az $\vec{F}_s$ **légellenállási erő**, melynek irányítása felfelé mutat. Amikor a légellenállás egyenlővé válik a súllyal, az erők kiegyenlítik egymást, és az ejtőernyős állandó sebességgel esik (7. ábra).



7. ábra – $\vec{R} = 0$, $G = F_s$



Jegyezd meg!

► Egy merev test (amelynek nem változhat az alakja) végezhet haladó mozgást és forgómozgást egyaránt.

Egy merev test **haladó mozgást** végez, ha bármely két pontját összekötő szakasz mozgás közben megőrzi irányát. Például egy fiók mozgása kihúzásakor, egy ollós emelő kosara, amikor emelkedik vagy ereszkedik stb. (8. ábra).

Egy merev test **forgómozgást** végez egy rögzített tengely (forgástengely) körül, ha minden pontja olyan körívet ír le, melynek középpontja a forgástengelyen található. Például egy pörgettyű, egy balettáncosnő a zenedobozban vagy egy sorompó mozgása stb. (9. ábra).

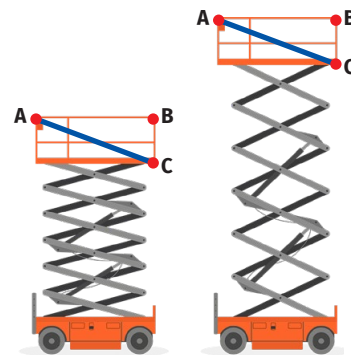
Egy becsavarodó csavar mozgása összetett, mivel egymásra tevődik egy haladó mozgás és egy forgómozgás (10. ábra).

► Egy test akkor van egyensúlyban, ha nem végez sem haladó mozgást, sem forgómozgást.

► Egy test akkor van **haladási egyensúlyban**, ha nyugalomban van (**statisztikus egyensúly**), vagy ha egyenes vonalú egyenletes mozgásban van (**dinamikus egyensúly**).

A haladási egyensúly feltétele: Egy test haladási egyensúlyban van, ha a rá ható erők eredője nulla.

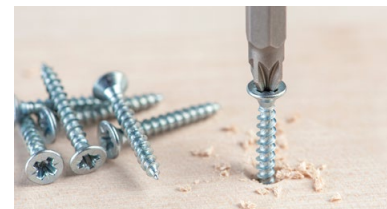
$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$$



8. ábra – Egy ollós emelő kosarának haladó mozgása



9. ábra – A sorompó forgó mozgása egy tengely körül



10. ábra – A haladó mozgás és forgómozgás becsavaráskor



11. ábra – Széf rakodására alkalmas rámpával ellátott kisteherautó



Megoldott feladat

Egy $G = 2\,000\text{ N}$ súlyú széfet le kell venni a $h = 2\text{ m}$ magas kisteherautóról (11. ábra) egy $\ell = 4\text{ m}$ hosszúságú rakodórámpa (lejtő) segítségével. A mozgás állandó sebességgel történik, a rakodórámpa és a széf közötti csúszó súrlódási együttható $\mu = 0,3$.

a) Igazold, hogy a széf csak akkor csúszhat le egyenletesen a lejtőn, ha még egy ($\vec{F}$) erő hat rá.

b) Mekkora (a lejtővel párhuzamos) F fékező erőre van szükség?

$$G = 2\,000\text{ N}$$

$$h = 2\text{ m}$$

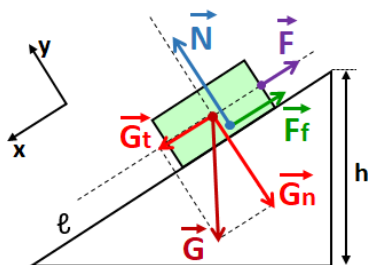
$$\ell = 4\text{ m}$$

$$\mu = 0,3$$

$$b) F = ?$$

Megoldás:

a) Ábrázoljuk a széfre ható erőket és felbontjuk a $\vec{G}$ súlyt $\vec{G}_t$ és $\vec{G}_n$ összetevőkre (12. ábra).



12. ábra – A testre ható erők ábrázolása



Tudod-e?

► A Magnus-hatás a folyadékok dinamikájába sorolható jelenség, melyet Heinrich Gustav Magnus német fizikus fedezett fel, és az egyidőben forgó és haladó mozgást végző testek pályáját írja le. Beolvassa a QR kódot, megfigyelheted egy videóklip segítségével a kosárlabda két különböző mozgását.



► A mérnöki csodának számító Ferris-kereket George W. Ferris tervezte az 1893-as chicagói Világkiállításra, melyet Amerika felfedezésének (Kolumbusz Kristóf) 400. évfordulója tiszteletére rendeztek meg.



13. ábra – Ferris-kerek

Megfigyeljük, hogy a $\vec{G}_t$ erő lefelé húzza a testet a lejtőn, míg a csúszó súrlódási erő fékezi a mozgást (felfelé húzza a testet). Az $\vec{F}$ erő hiányában három eset létezik:

A. Ha $G_t > F_s$, a test gyorsulva mozog lefelé a lejtőn.

B. Ha $G_t = F_s$, a test állandó sebességgel mozog lefelé.

C. Ha $F_s > G_t$, a test nyugalomban áll a lejtőn.

Előbb kiszámoljuk és összehasonlítjuk a $\vec{G}_t$ és $\vec{F}_s$ erőket.

Felírjuk az egyensúlyi feltételt az Oy tengely mentén: $N - G_n = 0 \Rightarrow N = G_n$.

A lejtő által létrehozott, valamint a súly és az összetevői által alkotott háromszögek hasonlóságából következik:

$$\frac{G_t}{G} = \frac{h}{l} \Rightarrow G_t = G \cdot \frac{h}{l} = 2000 \text{ N} \cdot \frac{2 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 1000 \text{ N}$$

$$G_n = \sqrt{G^2 - G_t^2} = \sqrt{(4 - 1) \cdot 10^6} \text{ N} = 10^3 \cdot \sqrt{3} \text{ N} = 1730 \text{ N}$$

$$F_s = \mu \cdot N = \mu \cdot G_n = 0,3 \cdot 1730 \text{ N} = 519 \text{ N}$$

Mivel $G_t > F_s$, az $\vec{F}$ fékezőerő hiányában a test gyorsulva ereszkedne a lejtőn. Ahhoz, hogy meggátoljuk a test gyorsuló mozgását, és elérjük, hogy egyenletesen ereszkedjen, szükség van még egy felfelé ható erőre.

b) Figyelembe véve az $\vec{F}$ erőt, felírhatjuk az Ox tengely mentén az egyensúlyi feltételt:

$$G_t - F - F_s = 0 \Rightarrow F = G_t - F_s = 1000 \text{ N} - 519 \text{ N} = 481 \text{ N}.$$



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

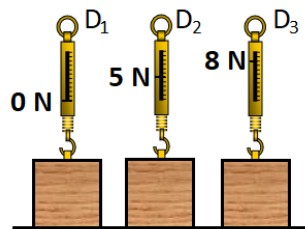
1 Egy szánkót egyenletesen húzunk a vízszintes úton. Ábrázold a szánkóra ható erőket, majd írd fel az erők haladási egyensúlyi feltételét.

2 Mi gátolja meg az autókat abban, hogy sebességüket bármilyen nagy értékre növeljék? Melyik erők egyensúlyozzák ki egymást, amikor az autó eléri maximális sebességét és állandó sebességgel halad?

3 Egy sífelvonó széke végezhet haladó mozgást és forgómozgást is? Írd le a széket mindkét mozgását.

4 A Ferris kerék mozgása során minden kabin vízszintes marad (13. ábra). Milyen a kabin mozgása: forgómozgás a felfüggesztési ponton áthaladó tengely körül, haladó mozgás vagy mindkettő?

5 Asztalra helyezett $m = 800 \text{ g}$ tömegű testhez dinamométert kapcsolunk, amint a 13. ábrán látható. Határozd meg, mekkora erővel hat az asztal a testre mindhárom esetben.



14. ábra

Alkalmazd a tanultakat!

Keress az Interneten vidámparkban készült fényképeket, melyeken egy gyerek látható a kötélugró trambulín rugalmas köteleihez csatolva. Ábrázold a gyerekre ható erőket, amelyek kiegyensúlyozzák egymást. Tedd az ábrát a személyes portfóliódba!

Az erő forgatónyomatéka. Mértékegység. Forgási egyensúly

A. Az erő forgatónyomatéka. Mértékegység

Észrevetted, hogy...?

- A sofőr úgy forgatja a kormányt, hogy ennek a szélét fogja (1. ábra).
- Az autószerelők villáskulcsot használnak a csavarok gyors szorításához vagy lazításához (2. ábra).



1. ábra – A kormány forgatása erő hatására



2. ábra – A villáskulcs forgatása a csavar szorításakor

Mit gondolsz?

Az oldalra nyíló ajtnak miért nem a közepére szerelik a kilincset? (3. ábra)

Kísérletezz!

„Szerencsekerék” fizikaórán

• **Szükséged lesz:** csapszeggel ellátott kilyuggatott korongra, talpazatra, a korong függőleges helyzetű rögzítéséhez szükséges rúdra, rögzítő elemre, bemetszett korongokra, a korongok felfüggesztésére alkalmas horogra.

Mit kell tenned?

Szereld fel a kilyuggatott korongot úgy, hogy könnyen forogjon a rögzítő elem csavarja körül (4. ábra). Akaszd az üres horgot a függőleges korong szélén található 1-es furatba, amint a 4. ábra szemlélteti. *Figyeld meg a korong forgását a horog súlyának hatására (a forgás gyorsaságát).*

Akaszd az üres horgot a tengelyhez közelebb eső 2-es furatba. *Figyeld meg újra a korong forgását.*

Akaszd az üres horgot ismét a függőleges korong szélén található 1-es furatba és várj, amíg a korong forgása leáll. *Hol áll meg a korong?* Miért nem forog tovább, habár a horog ugyanabban a furatban maradt?

Hagyd a horgot továbbra is az 1-es pontban, de változtass az erő nagyságán úgy, hogy bemetszett korongokat akasztasz a horogra. *Figyeld meg a korong forgását minden esetben, amikor újabb súlyokat helyezel a horogra.*

Mit veszel észre?

Minél nagyobb a forgáspont és az erő tartóegyenese közötti távolság, annál nagyobb az erő forgató hatása is (5. ábra).

Az erőnek nincs forgató hatása, ha a tartóegyenese metszi a forgástengelyt. A korongra gyakorolt erő növekedésével nő a forgató hatása is (a korong gyorsabban forog).

Kulcsfogalmak

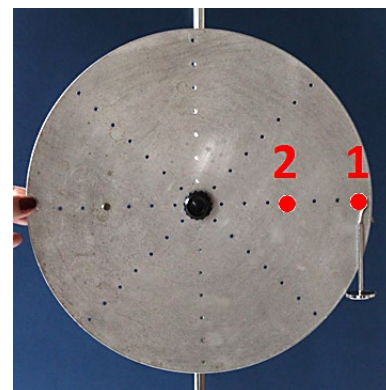
- az erő forgatónyomatéka
- az erőkar

Tudod-e?

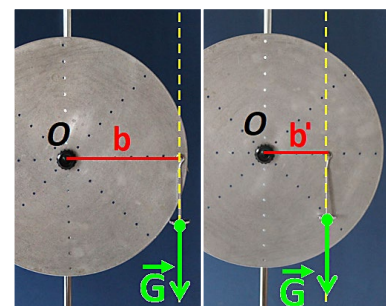
▶ 1956-ban Wernher von Braun egy kerék alakú űrállomást képzelt el, amely lassú forgásával az asztro-nauták edzéséhez szükséges mesterséges gravitációt hozott létre. Olvasd be a QR kódot és fedezd fel a von Braun kerekét.



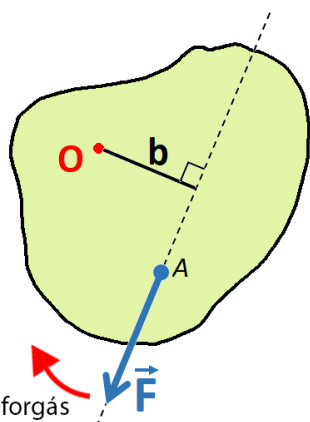
3. ábra – Nem volt túl jó ötlet a hobbitok részéről az ajtó közepére tenni a kilincset.



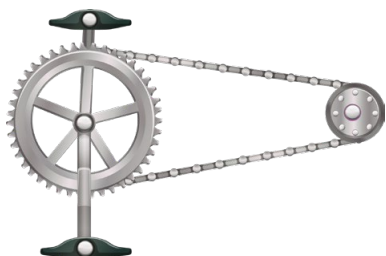
4. ábra – Tengelye körül forgó korong



5. ábra – Az erő karja ($b > b'$)



6. ábra – Az erőkar merőleges a testre ható erő tartóegyenésére.



7. ábra – A kerékpár pedálja



8. ábra – A dugó csavarásához alkalmazott erőpár



9. ábra – Orsó

Hogyan magyarázod?

Egy erő forgató hatása egy forgásponthoz képest függ úgy az erő nagyságától, mint a forgáspont és az erő tartóegyenese közötti távolságtól. Ezt a távolságot **erőkarnak** nevezzük (5. ábra).

Jegyezd meg!

► Az O forgáspontból az erő tartóegyenésére húzott merőleges szakasz hosszát **erőkarnak** nevezzük, és **b**-vel jelöljük (6. ábra).

► Egy merev testre ható erő forgató hatását kifejező fizikai mennyiséget az erő forgáspontához viszonyított forgatónyomatékának nevezzük, és **M** betűvel jelöljük.

Az erő egy ponthoz viszonyított forgatónyomatékának meghatározása:

$$M = F \cdot b$$

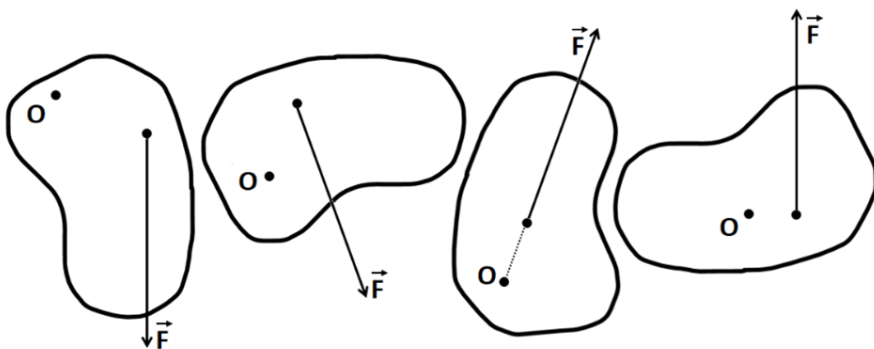
A forgatónyomaték mértékegysége a **newton-méter**:

$$[M]_{SI} = [F]_{SI} \cdot [b]_{SI} = \text{N} \cdot \text{m}$$

Ha az erő tartóegyenese áthalad a forgásponton, forgatónyomatéka 0.

Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

- 1 Mi hibás a „Húzd be magad után az ajtót!” kifejezésben?
- 2 Magyarázd meg, miért nincs forgató hatása annak az erőnek, amely a 7. ábrán látható helyzetben függőlegesen nyomja lefelé a pedált.
- 3 Miért hosszú a nagy csavarok kilazításához használt villáskulcs nyele?
- 4 Másold át az alábbi rajzokat a füzetedbe. Ábrázold az erőkart, és tüntes fel a forgásirányt az adott esetekben.



Portfólió téma

- 1 Amikor egy műanyag palack dugóját kicsavarod, két azonos nagyságú, párhuzamos irányú és ellentétes irányítású erővel hatsz. Ezek az erők **erőpár** alkotnak, a dugó **átmérője** az **erőpár karja** (b_e).
- 2 Keress minél több példát, amelyben egy erőpár hatására mozog a test.
- 3 Egy orsó forgásiránya függ attól, hogy milyen irányba húzzuk a cérnát. Vajon milyen irányba forog az orsó a 9. ábrán látható esetekben? Magyarázd meg!

B. Forgási egyensúly

Q Észrevetted, hogy...?

● A toronydaru ellengémének végén ellensúlyok vannak (1. ábra), amelyek biztosítják a daru stabilitását.

● Ha egy töled nehezebb barátoddal a mérleghintán hintázol, akkor ő közelebb kell üljön a hinta közepéhez (2. ábra).

💬 Mit gondolsz?

Nehezebbek vagyunk a mérleghintán, ha az egyik végére ülünk?

🔗 Kísérletezz!

1. Laboratóriumi "mérleghinta"

● **Szükséged lesz:** mm-es beosztással ellátott fémrúdra, csúsztatható tartóelemre, talapzatra, rúdra, rögzítő elemre, a korongok felfüggesztésére alkalmas horogra, bemetszett korongokra.

● Mit kell tenned?

Készítsd el a 3. ábrán feltüntetett összeállítást, és ellenőrizd, hogy a csúsztatható tartóelemmel ellátott rúd könnyen forog-e a tengelye körül (forgáspont).

Akaszd a horgokat (korongok nélkül) a forgáspont két oldalára, **azonos** ($b_1 = b_2$) **távolságra** (jegyezd le ezeket az alábbi táblázatba), ezután helyezz a horgokra **különböző számú** bemetszett korongot (jegyezd le ezek m_1 és m_2 tömegét a táblázatba). Egyensúlyban van a rúd? Milyen irányba fordul el?

Most akaszd a horgokat (korongok nélkül) a forgáspont két oldalára, **különböző** ($b_1 \neq b_2$) **távolságra** (jegyezd le ezeket a táblázatba), ezután helyezz a horgokra **azonos számú** bemetszett korongot (jegyezd le ezek m_1 és m_2 tömegét a táblázatba). Egyensúlyban van a rúd? Milyen irányba fordul el?

Próbáld meg a rudat kiegyensúlyozni **különböző számú** és a forgásponttól **különböző távolságra** helyezett bemetszett koronggal. Jegyezd le az adatokat a táblázatba. Számítsd ki az erők nyomatékát.

Sorszám	m_1 (kg)	m_2 (kg)	G_1 (N) óramutató iránya	G_2 (N) óramutatóval ellentétes irány	b_1 (cm)	b_2 (cm)	M_1 (N·cm)	M_2 (N·cm)
1								
2...								

● Mit veszel észre?

A rudat kiegyensúlyozhatjuk vagy elronthatjuk egyensúlyát a súlyok és az erőkarok nagyságának függvényében.

● Hogy magyarázod?

Ahhoz, hogy a rúd egyensúlyban maradjon, az egyik irányba forgató erő nyomatéka egyenlő kell legyen az ellenkező irányba forgató erő nyomatékával. Amikor az egyik nyomaték nagyobb, a rúd egyensúlya megszűnik.

📝 Jegyezd meg!

Egy test akkor van forgási egyensúlyban, ha nem forog, vagy ha egyenletesen forog.

☰ Kulcsfogalmak

- forgási egyensúly
- óramutató járásának iránya
- óramutató járásával ellentétes irány



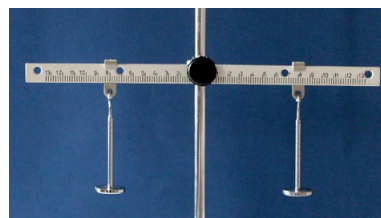
1. ábra – Kiegyensúlyozott toronydaru

🧐 Tudod-e?

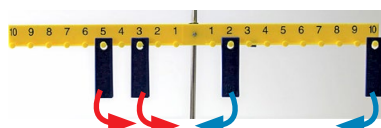
▶ A sínen mozgó toronydarut, amely forradalmasította az építőipart, 1949-ben Hans Liebherr német mérnök tervezte.



2. ábra – Félrebillent mérleghinta



3. ábra – Kiegyensúlyozott beosztásos rúd



4. ábra – A rúd forgásirányai: óramutató járásával ellentétes irány (piros), óramutató járásának iránya (kék)



Tudod-e?

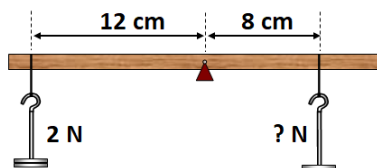
► Az egyenlőtlen karú római mérleg legalább 5000 éves, de elfogadott tény, hogy a modern változatait egymástól függetlenül Rómában és Kínában fejlesztették ki Kr. e. 200 környékén.



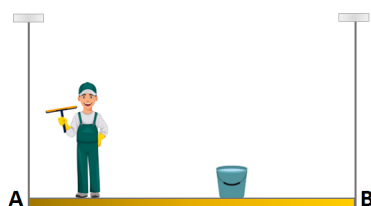
5. ábra – Megoldott feladat



6. ábra – A borító forgatása a könyvgerinc körül



7. ábra – 2. feladat



8. ábra – Ablakmosó állvány

A forgási egyensúly feltétele

Egy test forgási egyensúlyban van, ha **a testet egy irányba forgató erők nyomatékainak összege egyenlő a testet ellentétes irányba forgató erők nyomatékainak összegével**. Az egyik irány lehet az **óramutató járásával megegyező**, a másik pedig az **óramutató járásával ellentétes** (4. ábra).

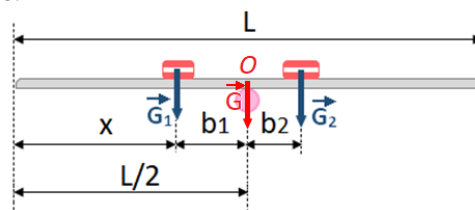
$$(M_1 + M_2 + \dots + M_n)_{\text{óramutató járásának iránya}} = (M'_1 + M'_2 + \dots + M'_n)_{\text{az óramutató járásával ellentétes irány}}$$

Megoldott feladat

Egy 30 cm hosszúságú vonalzó egyensúlyban van, ha a 15 cm-es beosztásnál támasztjuk alá egy ceruzával (5. ábra). Ha az $m_1 = 10$ g tömegű radírt a 12 cm-es beosztásra helyezzük, kibillen az egyensúlyából. Hova kell elhelyezni a vonalzóra egy másik $m_2 = 15$ g tömegű radírt úgy, hogy a vonalzó újból vízszintes legyen?

$$\begin{aligned} L &= 30 \text{ cm} \\ x &= 12 \text{ cm} \\ L/2 &= 15 \text{ cm} \\ m_1 &= 10 \text{ g} \\ m_2 &= 15 \text{ g} \\ b_2 &=? \end{aligned}$$

Megoldás:



A vonalzó O forgáspontja megegyezik a G súly támadópontjával. A vonalzó súlyának nincs forgató hatása, mivel az erőkar nulla. A G_1 súly karja b_1 :

$$b_1 = \frac{L}{2} - x = 15 \text{ cm} - 12 \text{ cm} = 3 \text{ cm}.$$

A G_1 súly az O ponthoz képest a vonalzót az óramutató járásával ellentétes irányba forgatja, míg a G_2 súly az óramutató járásának irányába forgatja; alkalmazzuk a forgási egyensúly feltételét:

$$\begin{aligned} G_1 \cdot b_1 &= G_2 \cdot b_2 \Rightarrow m_1 \cdot g \cdot b_1 = m_2 \cdot g \cdot b_2 \\ b_2 &= \frac{m_1 \cdot g \cdot b_1}{m_2 \cdot g} = \frac{m_1 \cdot b_1}{m_2}; b_2 = \frac{10 \text{ g} \cdot 3 \text{ cm}}{15 \text{ g}} = 2 \text{ cm} \end{aligned}$$



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

1 Ki tudsz nyitni egy könyvet a sarkától, vagy a könyvgerinchez közel eső pontjától. Melyik esetben könnyebb? Miért? Felismered, hogy annak az erőnek a nyomatéka, amellyel a borítóra hatsz le kell győzze egy másik erő nyomatékát? (6. ábra)

2 Hány korongot kell tenni a jobboldali horogra ahhoz, hogy a 7. ábrán látható rúd egyensúlyban legyen? A horog tömege megegyezik egy bemetszett korong tömegével, és a baloldali horgon egyetlen korong található

3 A 8. ábrán egy állvány látható, amelyet két kábel tart. Ábrázold az állványra ható erőket! Készíts egy vázlatos rajzt, és ezen tüntes fel az előidézett forgatási irányt mindegyik erő esetében, ha az A pontot tekintjük forgáspontnak. Tüntes fel a rajzon mindegyik erő karját, és írd fel a forgási egyensúly feltételét az A ponthoz viszonyítva.

Portfólió téma

A 2. ábra alapján állíts össze egy feladatot a mérleghintán található gyerekek és a kutya súlyának nyomatékaival.

Emelők (interdiszciplináris tárgyalás – emelők a mozgásszervi rendszerben)

Észrevetted, hogy...?

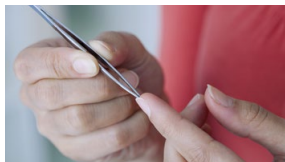
- Egy feszítővassal könnyebben elmozdítunk a helyéről egy nehéz acéllemez (1. ábra).
- Talicskával könnyebben elszállítjuk a nehéz törmeléket (2. ábra).
- Csipesszel könnyebb megfogni egy szálkát (3. ábra).



1. ábra – Feszítővas



2. ábra – Talicska



3. ábra – Csipesz

Mit gondolsz?

A fenti eszközök, hogyan könnyítik meg a munkánkat?

Kísérletezz!

Kiegyensúlyozott emelők a fizikálaboratóriumban

• **Szükséged lesz:** egy furatokkal ellátott vonalzóra, amely könnyen forog a tengelye körül (emelő), horoggal ellátott szálra a kifűrt korongok számára, 1 N-ig mérő dinamométerre.

Mit kell tenned?

Állítsd össze egymás után a három mellékelt ábrán látható (és a lenti a, b és c pontokban leírt) rendszert.

Mindegyik összeállítás egy emelő típust szemléltet. Az emelők elemei: az **O alátámasztási pont** (a forgástengely egy pontja), az **R ellenállóerő** (a furattal ellátott korongok súlya, amely próbálja elfordítani a vonalzót), az **F aktív erő** (a dinamométer által jelzett erő, amely ellenszegül a vonalzó elfordulásának), az **ellenállóerő karja (b_R)** és az **aktív erő karja (b_F)**. A dinamométer segítségével egyensúlyozd ki a vonalzót vízszintes helyzetben. Az összeállított emelők mindegyikére töltsd ki a megfelelő táblázatot a mért adatokkal.

a. **I fajú emelő** (4. ábra): az alátámasztási pont a két erő - az R ellenállóerő és az F aktív erő - támadópontja között található.

b. **II fajú emelő** (5. ábra): az R ellenállóerő támadópontja az alátámasztási pont és az F aktív erő támadópontja között található.

c. **III fajú emelő** (6. ábra): az F aktív erő támadópontja az alátámasztási pont és az R ellenállóerő támadópontja között található.

Számítsd ki az **aktív erő M_F nyomatékát**, és az **ellenállóerő M_R nyomatékát** az alátámasztási ponthoz képest. Jegyezd le a táblázatba.

Az emelő faja	R (N)	F (N)	b_R (cm)	b_F (cm)	M_R (N · cm)	M_F (N · cm)
I						
II						
III						

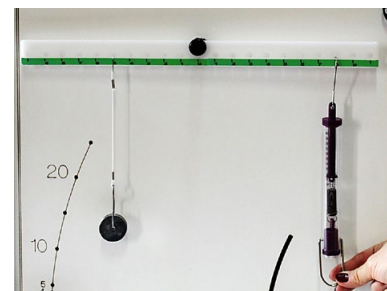
Állapítsd meg mindegyik emelő típus egyensúlyi feltételét.

Kulcsfogalmak

- emelő típusok
- alátámasztási pont
- aktív erő
- ellenállóerő
- egyszerű gépek

Emlékezz!

A mozgásszervi rendszerhez tartozik a csontrendszer (a mozgás passzív alkotórésze) és az izomrendszer (a mozgás aktív alkotórésze).



4. ábra – I fajú emelő



5. ábra – II fajú emelő



6. ábra – III fajú emelő



Tudod-e?

► Arkhimédész kijelentette: „Adjatok egy fix pontot, és kimozdítom helyéből a Földet”. Az ókor nagy görög tudósa a fenti, valószínűen hamis idézetben, az emelő elvére és az alátámasztási pontra utal. A matematika és a folyadékok tanulmányozása mellett a „A síkok egyensúlya” című munkájával Arkhimédész nagyban hozzájárult az olyan egyszerű gépek megértéséhez, mint az emelő, a csiga és a csavar, annak ellenére, hogy nem fedezte fel egyiket sem.

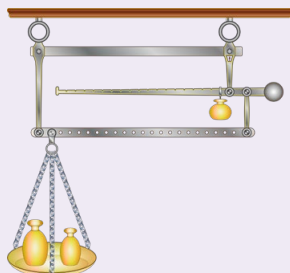


► Az emelők már Kr. e. 5000 évvel megjelentek egyszerű mérlegként. Közel-Keleten és Indiában az emberek több ezer éven át használtak egy shaduf nevű emelőt, amely nagyon hasonlít a gémeskúthoz.



Shaduf (gémeskút)

► 1743-ban John Wyatt bevezette az összetett emelő fogalmát, amelyben két vagy több emelőt kapcsolnak össze csuklók segítségével az aktív erő további csökkentésének érdekében. Megtervezett egy olyan mérleget, amely négy összekapcsolt emelőből állt.



Két emelőből alkotott mérleg

Mit veszel észre?

Ha az emelők egyensúlyban vannak, akkor teljesül az $M_F = M_R$ feltétel.

Hogyan magyarázod?

Az emelő egy merev test, amelyik elfordulhat egy pont körül. Amikor kiegyensúlyozzuk, akkor forgási egyensúlyi helyzetben van.



Jegyezd meg!

Az egyszerű gépek olyan eszközök, amelyekkel az ember megnöveli az erő hatását vagy könnyebbé teszi ennek kifejtését.

Az emelő egy merev rúd, amelyet az $\vec{F}$ aktív és $\vec{R}$ ellenálló erők próbálják elfordítani egy O alátámasztási pont körül.

Az emelő alkotóelemei:

O – alátámasztási pont;

R – ellenállóerő (az erő, amelyet le kell győzni);

F – aktív erő (az erő, amelyet az ellenállóerő legyőzésére fejtünk ki);

b_R – az ellenállóerő karja (az ellenállóerő tartóegyenesese és az alátámasztási pont közötti távolság);

b_F – az aktív erő karja (az aktív erő tartóegyenesese és az alátámasztási pont közötti távolság).

A támadópontok és az alátámasztási pont elhelyezkedésének függvényében három típusú emelő létezik: I, II, és III fajú emelő.

I fajú emelő	II fajú emelő	III fajú emelő

Az emberi szervezetben egymáshoz képest csuklósan elmozduló szomszédos csontokból és izmokból álló emelők találhatók. Az aktív erőt az izom fejt ki, az ellenállóerő pedig a test, vagy az elmozduló rész súlya, míg az alátámasztási pont a forgástengely egy pontja, vagy a talajon a támaszkodási pont.

I fajú emelő	II fajú emelő	III fajú emelő
Például a koponya és a hátgerinc közötti ízület	Például a láb-szár és a láb-fej közötti ízület	Például a kar és az alkar közötti ízület

Bármelyik emelő egyensúlyi feltétele, típusától függetlenül:

$$M_F = M_R$$

$$F \cdot b_F = R \cdot b_R \Leftrightarrow \frac{F}{R} = \frac{b_R}{b_F}$$

Ha az $\vec{R}$ ellenálló erő **közelebb** van az O alátámasztási ponthoz, akkor **az emelő lecsökkenti az aktív erőt, de megnöveli a megtett utat**. Ilyen emelők az I fajú emelők (például az olló, a koponya és a hátgerinc forgója) és a II fajú emelők (például a diótörő, a lábfej és a lábszár forgója).

Ha az $\vec{R}$ ellenálló erő **távolabb** van az O alátámasztási ponttól, akkor **az emelő növeli az $\vec{F}$ aktív erőt**. Ilyen emelők a III fajú emelők (például a nyeles seprű, a kar és az alkar csontjainak kapcsolódása).

Ha összekapcsoljuk a kísérlet során megvalósított emelőket az 1, 2 és 3-as ábrán látható emelőkkel, megállapíthatjuk, hogy a feszítővas egy I fajú, a talicska egy II fajú, míg a csipesz egy III fajú emelő.

I fajú emelő	II fajú emelő	III fajú emelő



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

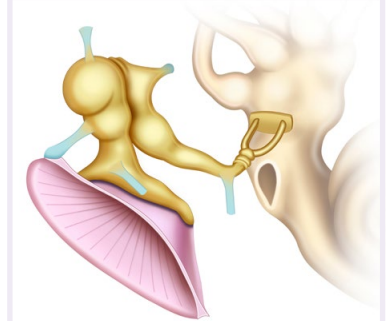
Ábrázold vázlatosan a füzetedben az alábbi rajzokon látható emelőket. Mindegyik emelő esetében azonosítsd és ábrázold az alátámasztási pontot, az aktív erőt és az ellenállóerőt.



Tudod-e?

► A biomechanika egy interdiszciplináris tudomány, amely többek között a csontok alkotta emelőket tanulmányozza. Az I fajú emelők egyensúlyi emelők, a II fajú emelők erő kifejtő emelők, míg a III fajú emelők gyorsasági emelők.

► Az emberi testben nem csak a mozgásszervi rendszerben találunk emelőket. A kalapács, az üllő és a kengyel a középfül kis csontjai, melyek összetett emelőrendszert alkotnak. Ezekon keresztül halad a hang a dobhártyától a csigák ovális ablakáig.



A fül csontocskái összetett emelőrendszerként kapcsolódnak



Alkalmazd a tanultakat!

Amikor behajlítjuk a karunkat, az alkar emelőként működik. A bicepsz összehúzódása egy aktív erőt generál, amely az alkarra hat és megemeli azt. Az ellenállóerő az alkar súlya.

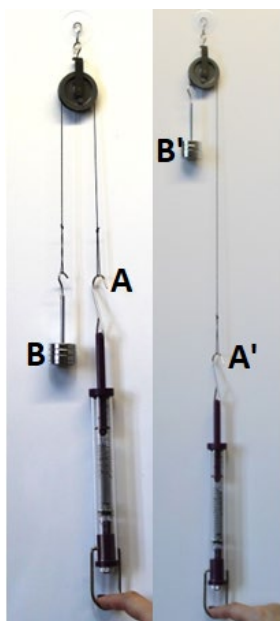
Az aktív erő karja átlagosan 8-szor kisebb az ellenállóerő karjánál. Ha az alkar 2 kg, számítsd ki a bicepsz által kifejtett erőt az alkar megemelésékor.

Kulcsfogalmak

- állócsiga
- mozgócsiga
- csigarendszer



4. ábra – A zsinór a csiga köré tekeredik, míg a halászbót egy emelő.



5. ábra – Az aktív erő elmozdulása állócsigánál

α (°)	R (N)	F (N)	$\frac{R}{F}$
0			
60			
90			

6. ábra – Táblázat az F és R összehasonlításához állócsigánál

Sorszám	d_R (cm)	d_F (cm)	$\frac{d_F}{d_R}$
1			
2...			

7. ábra – Táblázat a d_F és d_R összehasonlításához állócsigánál

A csiga

Észrevetted, hogy...?

- A vitorlás hajók kötélzetének csigái segítenek a vitorlák felemelésékor és leengedésekor (1. ábra).
- A daruk csigákat használnak a nagy súlyú testek emeléséhez és elmozdításához (2. ábra).
- Egy csigarendszer megkönnyíti a sebesültek felemelését a mentőakciók során (3. ábra).



1. ábra – A vitorlás hajó csigái



2. ábra – A daru csigái



3. ábra – Emelés csigarendszerrel

Mit gondolsz?

Nehéz tárgyak felemelésékor hatékonyabbak a csigák, mint az emelők? (4. ábra)

Kísérletezz!

1. Állócsiga

• **Szükséged lesz:** horgos csigára, felfüggesztési rendszerre, zsinegekre, dinamométerre, metszett korongokra, tartóhorogra, vonalzóra, filctollra, szögmérőre.

Mit kell tenned?

Akaszd a csiga tengelyét a tartórendszerre, és vedd át rajta a zsineget (5. ábra, bal oldal). Akaszd a zsineg egyik végére a tartóhorgot, és helyezz rá metszett korongokat. A tartóhorog és a korongok súlya az **ellenállóerő** ($mg=R$). Akaszd a dinamométert a zsineg másik végére, és lefelé húzva azt, tartsd egyensúlyban a rendszert. A dinamométer által mért erő az **aktív erő** (F), amellyel legyőztük a csiga másik oldalán ható ellenállóerőt. *Módosítsd a húzó zsineg irányát ügyelve, hogy a rendszer egyensúlyban maradjon.* Olvasd le minden esetben az erő értékét. Töltsd ki a 6. ábrán látható táblázatot. Hasonlítsd össze az F erő értékét az R erő értékével.

Megjegyzés: Az aktív erő szerepét egy tartóhorogra akasztott metszettkorong rendszer súlya is játszhatja.

Most húzd egyenletesen és lassan a dinamométer segítségével a zsineg A végét. Jelöld meg a zsineg (A és B) végeinek helyét, majd mozdítsd el a rendszert. Mérd meg a d_F és d_R távolságokat, melyeken elmozdul az aktív erő és az ellenállóerő A és B támadópontja (5. ábra, jobb oldal). Töltsd ki a 7. ábrán feltüntetett táblázatot.

Mit veszel észre?

Az állócsiga egyensúlya egyenlő erők esetén valósul meg. Adott súly esetében, a zsineg húzási irányától függetlenül a dinamométer által jelzett erő ugyanakkora.

A két erő támadópontjának elmozdulása egyenlő.

Hogyan magyarázod?

A feszítőerő a fonalban azonos a fonal irányától függetlenül.

Az állócsiga hasonlít az egyenlő karú I fajú emelőhöz, ahol a csiga középpontja az emelő alátámasztási pontja. A korongok súlyát a zsinegben fellépő feszítőerő tartja meg, amelyet a dinamométer mér.

2. Mozgócsiga

● **Szükséged lesz:** az előző kísérletben használt eszközökre.

● **Mit kell tenned?**

Rögzítsd a zsineg egyik végét a tartórendszerre, majd helyezd a csigát a zsinegre, horgával lefelé (8. ábra).

Akaszd a csiga horgára a tartóhorgot a metszett korongokkal. Rögzítsd a dinamométert a szál szabad végéhez megőrizve a fonal függőleges irányát. Olvasd le a dinamométer jelzését.

Hasonlítsd össze a dinamométer által jelzett aktív erőt az ellenállóerővel (a horog és a rajta lévő korongok súlya). Ismételd meg a méréseket újabb korongokat akasztva a horogra. Töltsd ki a 9. ábrán látható táblázatot.

Változtasd a zsineg húzási irányát, és olvasd le a dinamométer jelzéseit. A mozgócsigát úgy mozdítsd el, hogy lassan emelkedjen megőrizve a függőleges húzóirányt.

Mérd meg a d_F és d_R távolságokat, melyeken elmozdul az aktív erő és az ellenállóerő A és B támadópontja (8. ábra).

A mért értékekkel töltsd ki a 10. ábrán látható táblázatot.

● **Mit veszel észre?**

Egyensúly esetén, a zsineg függőleges helyzetében a dinamométer által jelzett F erő kicsivel meghaladja a korongok és tartóhorog súlyát ($mg = R$).

Mikor megváltozik a zsineg húzási iránya, megváltozik a dinamométer által jelzett érték is.

Az aktív erő támadópontja kétszer akkora távolságot tesz meg, mint az ellenállóerő támadópontja.

● **Hogyan magyarázod?**

A mozgócsiga egy II fajú emelőhöz hasonlít, ahol az aktív erő karja kétszerese az ellenállóerő karjának, de forgó mozgása bármilyen nagy lehet, a korongok súlyát pedig két feszítőerő egyenlíti ki.

3. Összetett csigarendszer

● **Szükséged lesz:** az előző kísérletben használt eszközökre.

● **Mit kell tenned?**

Kapcsolj össze egy állócsigát egy mozgócsigával a 11. ábrának megfelelően. Akaszd a mozgócsigára tartóhorgot metszett korongokkal. Ezek súlya az ellenállóerő ($mg = R$), míg az állócsigán átvett fonal végére erősített dinamométer az F aktív erőt jelzi. Húzd a dinamométert, hogy fenntartsd a rendszer egyensúlyát. Helyezz újabb korongokat a horogra, és mindegyik esetben olvasd le a dinamométer jelzését. Hasonlítsd össze az F és az R erő értékét.

Mérd meg a d_F és d_R távolságokat, melyeken elmozdul az aktív erő és az ellenállóerő támadópontja. Töltsd ki a 9. és 10. ábrán látható táblázatot a mért értékekkel.

● **Hogyan magyarázod?**

Az összetett csigarendszer rendelkezik mindkét csigatípus előnyével: az aktív erőt az ellenállóerő felére csökkenti, és megengedi az aktív erő irányának változtatását.



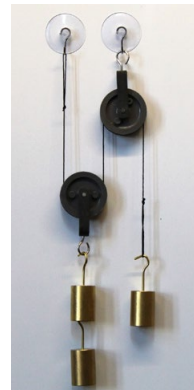
8. ábra – A mozgócsiga lefelé és felfelé is elmozdulhat.

α (°)	R (N)	F (N)	$\frac{R}{F}$
0			
60			
90			

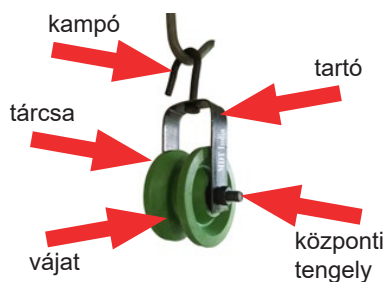
9. ábra – Táblázat az F és R erő összehasonlítására

Sorszám	d_R (cm)	d_F (cm)	$\frac{d_F}{d_R}$
1			
2...			

10. ábra – Táblázat a d_F és d_R összehasonlítására



11. ábra – Egyensúlyban lévő csigasor

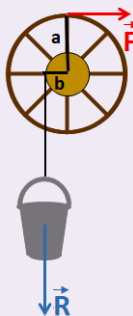


Tudod-e?

► Az egyszerű gépek két csoportja:
- emelők: a tulajdonképpeni emelők, a csigák és a hengerkerék;
- lejtők: a lejtő, a csavar és a feszítő ék.

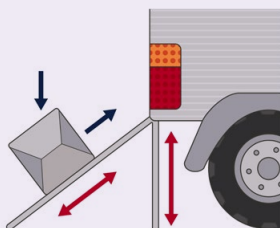
● A kerekcsút hengerére tekert lánc másik végén vödör van. Az ember a hengerhez erősített kereket forgatja, hogy kiemelje a vizet. Ha a kerék sugara a , a henger sugara pedig b , az egyensúlyi feltétel:

$$F \cdot a = R \cdot b$$



Hengerkerék-vázlat

● Kisebb erő szükséges lejtőn felhúzni egy testet, mint függőlegesen felemelni.



Jegyezd meg!

A csiga egy egyszerű gép, amely központi tengellyel ellátott tárcsából, villából és horogból áll. A tárcsa peremén egy zsinag fut.

Az emelőhöz hasonlóan a csigára is két erő hat: a legyőzendő $\vec{R}$ ellenállóerő és az $\vec{F}$ aktív erő, melynek segítségével legyőzzük az ellenállóerőt. Miközben az emelő forgómozgása egy körívre korlátozódik, a csiga nagy forgáslehetőséget biztosít.

A felhasználási mód szerint a csiga lehet állócsiga vagy mozgócsiga. Hogy mindkét csigatípus előnyét kihasználják, a gyakorlatban ezeket különböző módon összekapcsolják.

Állócsiga	Mozgócsiga	Összetett csigarendszer
$F \cdot b_F = R \cdot b_R$; de $b_F = b_R \Rightarrow$ $F = R$	$F \cdot b_F = R \cdot b_R$; de $b_R = \frac{b_F}{2} \Rightarrow$ $F = \frac{R}{2}$	$F = \frac{R}{2}$
Egyensúly esetén az aktív erő nagysága egyenlő az ellenállóerő nagyságával.	Egyensúly esetén az aktív erő nagysága fele az ellenállóerő nagyságának.	Egyensúly esetén az aktív erő nagysága fele az ellenállóerő nagyságának.
A d_F és d_R távolság, amelyen az $\vec{F}$ és $\vec{R}$ erő támadópontjai elmozdulnak:		
$d_F = d_R$	$d_F = 2d_R$	$d_F = 2d_R$
Előny: Az aktív erő kedvező irányba hat.	Előny: Felerősíti az aktív erőt.	Előny: Egyesíti az állócsiga és a mozgócsiga előnyeit.
Hátrány: Nem erősíti fel az aktív erő hatását.	Hátrány: A zsinagat felfelé és nagyobb távolságon kell húzni.	Hátrány: Két csigára van szükség.

Megoldott feladat

A $G = 800 \text{ N}$ súlyú test felemeléséhez a 12. ábrán feltüntetett csigarendszert használjuk. A csigákat és a zsinegeket ideálisnak tekintjük (súlyuk elhanyagolható, és egy adott zsineg minden pontjában azonos feszítőerő hat). Határozd meg:

- Az S_1 , S_2 és S_3 csigák típusát.
- Mi az S_3 csiga szerepe?
- A test felemeléséhez szükséges erő nagyságát és a zsinegekben fellépő feszítőerőket.

$$G = 800 \text{ N}$$

a. Csigá típusa

b. S_3 szerepe

c. $T_1 = ?$

$T_2 = ?$

$T_3 = ?$

$F = ?$

Megoldás:

a. S_1 és S_2 mozgócsiga, S_3 állócsiga.

b. Az $\vec{F}$ erő irányának és irányításának módosítása.

c. Szétválasztjuk a rendszer elemeit, hogy jobban megfigyelhessük a testekre ható erőket (13. ábra).

Az S_1 csiga esetében:

$$G = T_1; T_1 = T'_1; T'_1 = 2T_2 \Rightarrow T_1 = 800 \text{ N}; T_2 = 400 \text{ N};$$

Az S_2 csiga esetében:

$$T_2 = T'_2; T_2 = 2T_3 \Rightarrow T_3 = 200 \text{ N};$$

Az S_3 csiga esetében:

$$T_3 = T'_3; T_3 = F \Rightarrow F = 200 \text{ N}.$$

Észrevevesszük, hogy: $F = \frac{G}{4}$

Ezekben a rendszerekben: $F = \frac{G}{2^n} = \frac{G}{2^2}$, ahol $n = 2$ (a mozgócsigák száma).

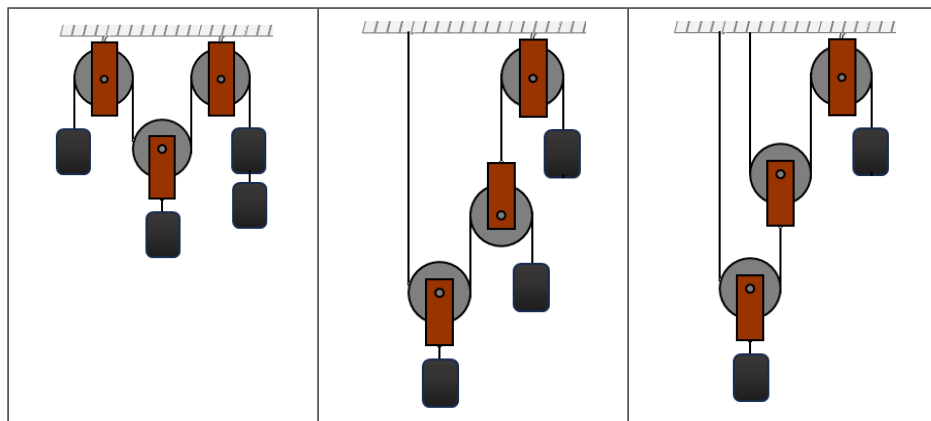
A csigarendszer az **exponenciális csigasor** nevet viseli.



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

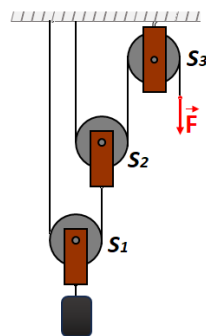
1 Mekkora a legnagyobb súly, amit egy ember felemelhet ideális állócsigával, ha az izomereje 500 N? Hát egy ideális mozgócsigával?

2 Az alábbi testek azonosak, a csigák és a zsinegek súlya elhanyagolható. Ha elegendő azonos test áll rendelkezésedre, egyensúlyozd ki mindegyik rendszert újabb testek hozzáadásával anélkül, hogy a kezdetben létező testeket eltávolítanád.

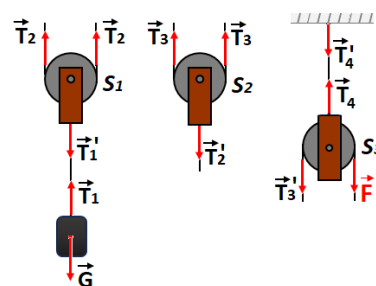


Alkalmazd a tanultakat!

Számítsd ki a csigák hatásfokát mindhárom esetben tudva, hogy a hasznos mechanikai munkát az ellenállóerő végzi, a befektetett (teljes) munkát pedig az aktív erő. Mit veszel észre?



12. ábra – Exponenciális csigasor



13. ábra – A rendszer elemeinek szétválasztása



Tudod-e?

► A Rube Goldberg mechanizmus nevét az azonos nevű amerikai karikaturistáról kapta. Egy láncreakció típusú egyszerű gépekből álló rendszerről van szó, amelyet bonyolult, néha irreális módon mutat be. Olvasd be a QR kódot, hogy megnézhessd a "Butts tanár és az önműködő szalvéta" karikatúráját, melyben a szalvéta meg kellett törölnie a tanár állát.



► A nagyon nehéz testek felemelésére differenciál-csigasort, vagy láncos csigasort használnak. Egy láncot kell húzni, amelyiket két, azonos tengelyű csigán vetnek át. A lánc tartja a mozgócsigát, amelyikre a felemelendő testet akasztják.



Kulcsfogalmak

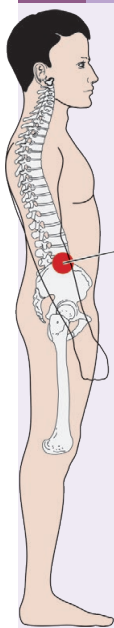
- a súlypont
- függőleges
- alátámasztási pont



4. ábra - Tornászlány a gerendán



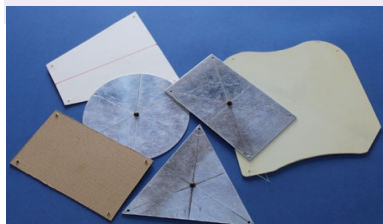
Tudod-e?



► A felnőttek súlypontja kevéssel a köldök alatt, megközelítőleg a test magasságának 55-57%-ánál, a keresztcsont második csigolyája előtt van.

Súlypont

Gyaloglás közben a test folyamatosan módosítja súlypontjának helyzetét, hogy megőrizze az egyensúlyt és elkerülje az elesést. A csontrendszer és az izomrendszer különbségei miatt a nők súlypontja alacsonyabban van, mint a férfiaknál, emiatt a nők stabilabbak.



5. ábra – A felfüggesztett test egyensúlya

A súlypont

Észrevetted, hogy...?

- Az akrobatáknak sikerül egyensúlyban maradniuk furcsa testtartásokban is (1. ábra).
- A műkorcsolyázók a jég akrobatái, uralják az egyensúlyt (2. ábra).
- Dacolva a gravitációval, kialakíthatunk művészi formákat a kövek egymásra helyezésével (3. ábra).



1. ábra – Az akrobaták egyensúlya



2. ábra – A sportolók egyensúlya



3. ábra – Egyensúly és művészet



Mit gondolsz?

Hogyan tartja meg egyensúlyát a tornász a gerendán (4. ábra)?



Kísérletezz!

1. A súlypont helyzetének meghatározása

• **Szükséged lesz:** vastag kartonpapírra, ollóra, körzőre, vonalzóra, ceruzára, függőőrra, rúdra, talapzatra, rögzítő elemekre és horogra.

• **Mit kell tenned?** (5. ábra) Vágj ki kartonpapírból egy téglalapot, egy korongot, egy egyenlő szárú trapézt, egy gyűrűt és egy szabálytalan alakzatot úgy, hogy ezek területe megközelítőleg egyenlő legyen a tenyered területével. Húzd meg az egyenlő szárú trapéz *szimmetriatengelyét*, a korongnak jelöld meg a *középpontját*, a téglalapnak keresd meg a *szimmetria-középpontját* (az átlók metszéspontjában).

Mindegyik kivágott testet lyukaszd ki a szélénél 3-4 helyen.

Az egyik kivágott testet akaszd a horogra az első lyukon keresztül. Amikor a test egyensúlyba kerül, húzz egy vonalat a felszínén a függőőn szálának irányába (függőleges irány) (5. ábra).

Ismételd meg az előbbi eljárást sorban mindegyik lyukkal.

Ismételd meg az előbbi eljárást mindegyik test esetében (téglalap, korong, gyűrű, szabálytalan alakzat).

• **Mit veszel észre?** Olvasd be a mellékelt QR kódot.

A testek különböző egyensúlyi helyzetében a meghúzott vonalak egy pontban találkoznak. Ez a pont a test felszínén van, kivéve a gyűrű esetét. Ez a pont:

- a téglalap és a korong esetében egybeesik a szimmetria-középponttal;
- az egyenlőszárú trapéz esetében a szimmetriatengelyén található;
- a gyűrű esetében nincs a testen.

• **Hogyan magyarázod?** Amikor a felfüggesztett test egyensúlyban van, a súly forgatónyomatéka nulla, és a test nem fordul el. A súly nyomatéka akkor



nulla, ha az erőkar nulla, tehát a súly támadópontja olyan egyeneseken található, amelyek áthaladnak a felfüggesztési ponton. Így a meghúzott egyenesek metszéspontja a test súlyának támadópontja.

Jegyezd meg!

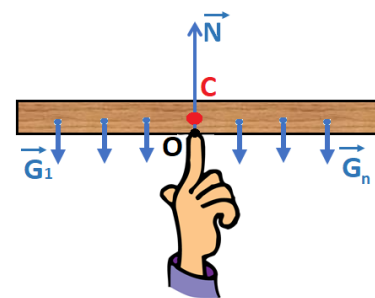
Minden test nagyon nagy számú anyagi pontból áll, és mindegyiknek van saját súlya ($G_1, G_2 \dots G_n$).

Ezen súlyok eredője a test súlya. A test súlyának támadópontját a **test súlypontjának** nevezzük és **C**-vel jelöljük (6. ábra). **O**-val jelöljük a **támpontot**, ahol a testet alátámasztjuk vagy felfüggesztjük.

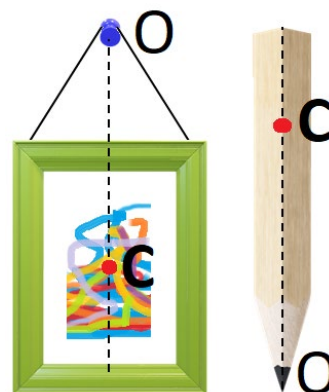
Egy felfüggesztett vagy alátámasztott test egyensúlyban van, ha a C súlypontja és az O támpontja azonos függőlegesen található (7. ábra).

A súlypont tulajdonságai. A homogén testek (az egységnyi térfogat súlya azonos a test teljes térfogatában) súlypontja:

- ▶ egybeesik a test szimmetria-középpontjával (gömb, négyzet, téglalap, korong stb.);
- ▶ a szimmetriatengelyen található (egyenlőszárú trapéz, henger, kúp, gúla stb.);
- ▶ lehet, hogy nincs a testen (gyűrű);
- ▶ ha az ember függőlegesen áll nyugalomban, súlypontja a köldöke alatt van. Ha mozog, súlypontjának helyzete változik. (Olvasd be a QR kódot)



6. ábra – A súlypont a test súlyának támadópontja.



7. ábra – C és O ugyanazon a függőlegesen



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

- 1 Rajzold le a füzetedbe a 8. ábrán látható, egyensúlyban lévő három testet. Jelöld X-szel azt a pontot, ahol szerinted a súlypont van. Miért vannak a testek egyensúlyban?
- 2 Egy edényben található víz súlypontja egybeesik az edény súlypontjával?

Portfólió téma

Végezd el a saját KUTATÁSOD!

Vegyél egy 40 cm-es vonalzót és egy cérnát. Helyezd a két mutatóujjadra a vonalzót úgy, hogy vízszintes legyen (9. ábra). Tartsd mozdulatlanul az A ujjadat és közelítsd hozzá a B-t, majd tartsd egyhelyben a B ujjad és közelítsd hozzá az A-t. Figyeld, hogyan csúszik vagy támaszkodik a vonalzó egyik vagy másik ujjadon egészen addig, míg az ujjaid összeérnek (lásd a QR kódot).



Kösd rá a cérnát a vonalzóra a súlypontja körül, és függeszd fel vele a vonalzót. Válaszolj a következő kérdésekre:

- ▶ Melyik ujjadon nagyobb a nyomóerő?
- ▶ A vonalzó és melyik ujjad között nagyobb a súrlódási erő?
- ▶ Hogyan alakul ki a vonalzó egyensúlya?
- ▶ A cérnával felfüggesztett vonalzó milyen feltételnek kell eleget tennie ahhoz, hogy a vonalzó vízszintes maradjon?



8. ábra – Azonosítsd a súlypontok helyzetét.



9. ábra – Vonalzó egyensúlyban

Kulcsfogalmak

- biztos egyensúly
- bizonytalan egyensúly
- közömbös egyensúly
- minimális helyzeti energia



1. ábra – A stabilan álló autó



2. ábra – Kötéltáncos egyensúlyban



3. ábra – Stabilizátorokkal ellátott emelődaru

Tudod-e?

► A Gömböc az első, fizikailag megalkotott mono-monostatikus forma; elnevezését azért kapta mert vízszintes felületen támaszkodva úgy biztos, mint bizonytalan egyensúlyban is lehet.



A Gömböc-szobor Budapesten

A testek egyensúlya és helyzeti energiája

Észrevetted, hogy...?

- Egyes autótípusokat úgy terveztek, hogy meredek vagy hepehupás terepen közlekedhessenek anélkül, hogy elveszítenék stabilitásukat (1. ábra).
- A kifeszített kötélén álló akrobatát (kötéltáncost) a kezében tartott rúd segíti egyensúlya megtartásában (2. ábra).
- Az emelődaru stabilizátorai meggátolják a daru felborulását (3. ábra).

Mit gondolsz?

Miért tömörödik össze a liszt, ha az üvegedényt megrázzuk?

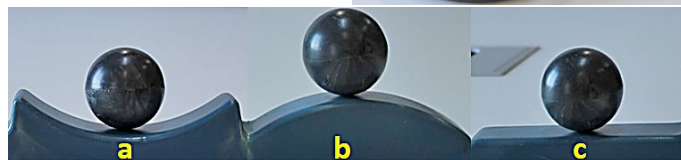
Kísérletezz!

1. Szabad testek egyensúlya

• **Szükséged lesz:** egy golyóra, a fizika-szett hármass felületére. Helyettesítheted egy labdával, egy tálal és az asztallappal.

Mit kell tenned?

Helyezd a golyót egyensúlyba a három felületre (4-a, b, c ábra) vagy a tálba, a labdára és az asztalra. Mozdítsd ki a golyót egyensúlyi helyzetéből. Mi történik a golyóval?



4. ábra – A golyó egyensúlya három különböző helyzetben

Mindhárom esetben hasonlítsd össze a golyó súlypontjának helyzetét, amikor egyensúlyban van, azzal, amikor *elhagyta egyensúlyi helyzetét* (a gömb gravitációs kölcsönhatásban van a Földdel).

Mit veszel észre?

Amikor kimozdítjuk egyensúlyi helyzetéből, a golyó viselkedése különböző: az **a esetben** *visszatér* egyensúlyi helyzetébe, a **b esetben** *véglegesen eltávolodik* egyensúlyi helyzetétől, míg a **c esetben**, a vízszintes síkon a golyó *egyensúlyban marad* bármelyik helyzetben.

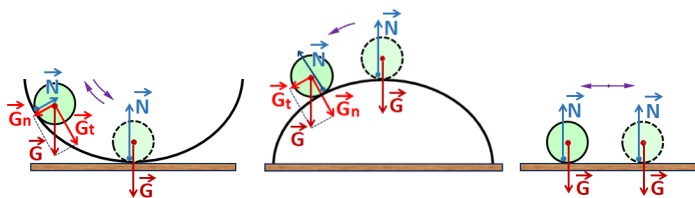
Az egyensúlyban lévő golyó **súlypontja**:

- **a esetben** *lentebb van* a szomszédos helyzetekhez viszonyítva;
- **b esetben** *fentebb van* a szomszédos helyzetekhez viszonyítva;
- **c esetben** *azonos szinten van* a szomszédos helyzetekhez képest;

Hogyan magyarázod?

Egyensúlyban a golyó $\vec{G}$ súlya és az $\vec{N}$ merőleges visszaható erő azonos nagyságúak és ellentétes irányításúak, így az eredő erő nulla, és a golyó nem mozdul el. Ez mindegyik esetben igaz.

Az első két esetben, amikor a golyót eltávolítjuk egyensúlyi helyzetéből, a rá ható eredő erő megváltoztatja helyzeti energiáját, mozgásba hozva a golyót.



5. ábra – a. Biztos egyensúly b. Bizonytalan egyensúly c. Közömbös egyensúly

Jegyezd meg!

A testek helyzeti energiájának értéke ($E_p = mgh$) a súlypontnak a vonatkoztatási szinttől mért magasságától függ. Minél fentebb van a súlypont, annál nagyobb a helyzeti energia.

A testek egyensúlya lehet **biztos** (stabil) (5. ábra-a), **bizonytalan** (instabil) (5. ábra-b) és **közömbös** (indifferens) (5. ábra-c),

Egyensúlyban a golyó **gravitációs helyzeti energiája**:

- *kisebb*, mint bármelyik szomszédos helyzet energiája biztos egyensúlyban;
- *nagyobb*, mint bármelyik szomszédos helyzet energiája bizonytalan egyensúlyban;
- *egyenlő* bármelyik szomszédos helyzet energiájával közömbös egyensúlyban.

Az egyensúlyi helyzetéből kimozdított testek olyan helyzet felé tartanak, amelynek minimális a helyzeti energiája.

Kísérletezz!

2. Egy pontban rögzített testek egyensúlya

● **Szükséged lesz:** egyenlő szárú trapézra (súlypontját az előző leckében jelöltük meg), horoggal ellátott állványra, ceruzára (6. ábra).

● Mit kell tenned?

Akaszd a trapézt a horogra a rajta található furatok egyikén keresztül úgy, hogy egyensúlyban legyen. Mozdítsd ki a trapézt egyensúlyi helyzetéből, kissé elfordítva a felfüggesztési pont körül.

Most fordítsd fel, hogy bizonytalan egyensúlyba kerüljön.

A trapéz súlypontját helyezd egy ceruza hegyére vagy egy állvány rúdja.

Mindhárom leírt esetben hasonlítsd össze a trapéz helyzeti energiáját, amelyvel az egyensúlyi helyzetében és a kimozdítás utáni helyzetében rendelkezik.

Azonosítsd mindhárom esetben a súlypont helyzetét a felfüggesztési pont helyzetéhez képest.

● Mit veszel észre?

Ha biztos egyensúlyi helyzetéből mozdítjuk ki a trapézt, helyzeti energiája nő, ha bizonytalan egyensúlyból mozdítjuk ki, helyzeti energiája csökken. Közömbös egyensúlyi helyzetéből kimozdítva a trapéz helyzeti energiája nem változik.

Minden egyensúlyi helyzetben a súlypont és a felfüggesztési pont azonos függőlegesen található. A különbség az, hogy:

- *biztos* egyensúlyban a súlypont a forgástengely *alatt* van;
- *bizonytalan* egyensúlyban a súlypont a forgástengely *felett* van;
- *közömbös* egyensúlyban a súlypont a forgástengelyen van.

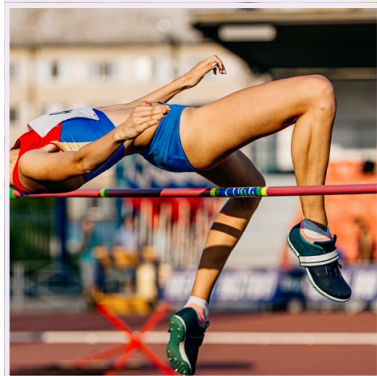


Tudod-e?

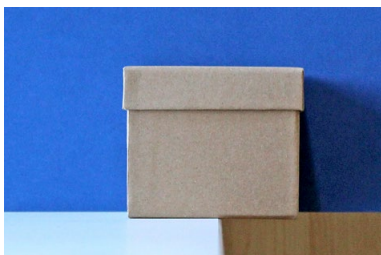
► Phillipe Petit 1974-ben végigsétált a World Trade Center iker-tornyai között, 417 m magasan kifesztett, 61 m hosszú acélkábelén. Olvasd be a QR kódot, hogy megnézhessed, hogyan tartotta kezében a rudat, amelyik az egyensúlyát biztosította.



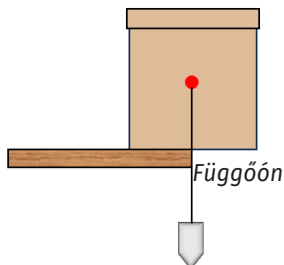
► A magasugrók az úgynevezett Fosbury flop technikát használják. Ez az emelkedés idején egy csavarodásból, míg a rúd fölött egy nyitott lábakkal végzett homorításból áll. Így az atléták súlypontja a testük alá kerül.



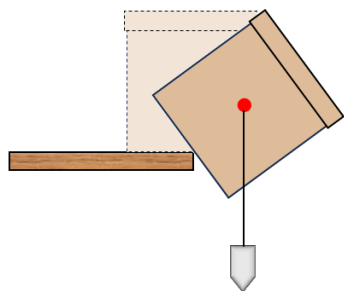
6. ábra – Megjelölt súlyponttal rendelkező trapéz és állvány



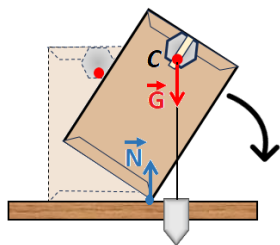
7. ábra – Üres doboz



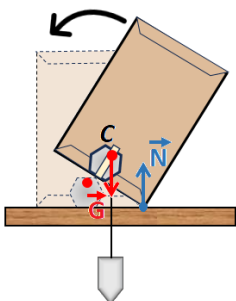
8. ábra – Doboz a biztos egyensúly határán



9. ábra – A doboz nincs egyensúlyban.



10. ábra – Minél magasabban van a doboz súlypontja, annál ingatagabb.



11. ábra – Minél alacsonyabban van a doboz súlypontja, annál stabilabb.

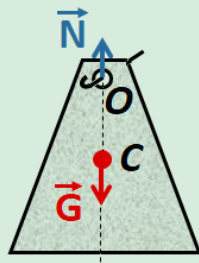
Hogyan magyarázod?

Mindegyik egyensúlyi helyzetben a trapéz $\vec{G}$ súlya és a horog által kifejtett $\vec{N}$ visszaható erő egyenlő nagyságú és ellentétes irányítású. Amikor kimozdítjuk egyensúlyi helyzetéből, a két erő erőpárt alkot, amely úgy forgatja el a trapézt, hogy a helyzeti energiája minimális legyen.

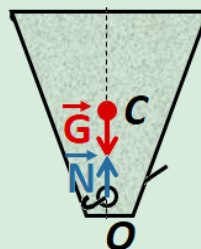


Jegyezd meg!

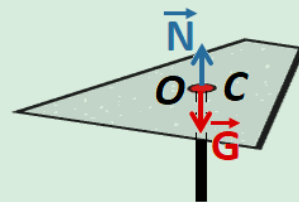
Az egy pontban rögzített testek esetében az egyensúly típusát (*biztos, bizonytalan, közömbös*) a C súlypont és az O alátámasztási pont egymáshoz viszonyított helyzete határozza meg.



C az O alatt

Biztos egyensúly

C az O fölött

Bizonytalan egyensúly

C és O egybeesnek

Közömbös egyensúly

Egy pontban rögzített testek egyensúlya



Kísérletezz!

3. Az alátámasztott testek egyensúlya

● **Szükséged lesz:** egy fedeles üres kartondobozra, munkaasztalra.

● **Mit kell tenned?**

Helyezd a dobozt az asztal szélére, és told egyre kintebb az asztal széle felé. A doboz alapjának mekkora része támaszkodik az asztalon a leesés pillanatában (7.-9. ábra)? Mit jelez a képzeletbeli függőőn?

● **Mit veszel észre?**

Amikor a doboz alapjának több mint fele túlhalad az asztal szélén, a doboz leesik.

● **Hogyan magyarázod?**

A doboz súlypontján áthaladó függőleges a doboz alapjának középpontján halad át.

Amikor a doboz túlhalad az asztal szélén, a támaszkodási felülete egyre kisebb. Amikor a súlyponton áthaladó függőleges túlhalad az asztal szélén, már nem halad át az alátámasztási felületen, és a doboz leesik (9. ábra).

4. A testek stabilitása

● **Szükséged lesz:** fedéllel ellátott kartondobozra, 50 g tömegű testre (lehetnek csavaranyák), ragasztószalagra, munkaasztalra.

● **Mit kell tenned?**

Nyisd ki a dobozt, és a ragasztószalag segítségével rögzítsd a testet a doboz fedelének belsejéhez, majd zárd be a dobozt (10. ábra).

Helyezd a dobozt az asztalra és told, amíg felborul.

Fordítsd meg a dobozt úgy, hogy a test a doboz aljára kerüljön, és próbáld ismét felborítani (11. ábra).

● Mit veszel észre?

Amikor a test a doboz felső részén van, egy kis erő is elegendő a doboz felborításához. Amikor a test a doboz alján van, felborításához nagyobb nyomóerő kell.

● Hogyan magyarázod?

Amikor a test a doboz tetején van, a súlypontja magasabbra kerül. Amikor a doboz megdől, a súlyponton áthaladó függőleges az eredeti alátámasztási felületen kívülre esik, és a $\vec{G}$ súlyból és az $\vec{N}$ visszaható erőből alkotott erőpár az alátámasztási pont körül elfordítja a dobozt, felborítva azt (10. ábra).

Amikor a test a doboz alján van, a súlypont alacsonyabbra kerül. Amikor a doboz megdől, a súlypontján áthaladó függőleges az eredeti alátámasztási felületen belül marad, így a $\vec{G}$ súlyból és az $\vec{N}$ visszaható erőből alkotott erőpár a dobozt fordított irányba forgatja, visszatérítve a kezdeti egyensúlyi állapotába (11. ábra).



Jegyezd meg!

Egy tetszőleges test **alátámasztási felületét** a szélső alátámasztási pontok összekötésével kapjuk meg (12. ábra). Például egy henger alátámasztási felülete egy kör, míg egy háromlábú állvány esetében egy háromszög.

Amikor a test súlypontján áthaladó függőleges áthalad az alátámasztási felületen is, a test **biztos egyensúlyban** van. Ha a test súlypontján áthaladó függőleges az alátámasztási felület határvonalára esik, akkor a test **bizonytalan egyensúlyban** van. Egy test annál stabilabb, minél nagyobb az alátámasztási felülete és minél lejjebb van a súlypontja.



Biztos
egyensúly



Bizonytalan
egyensúly



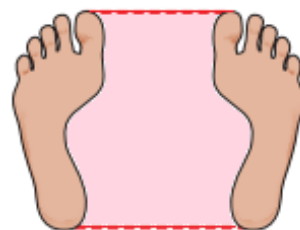
Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

- 1 A vízzel telt üveg melyik pozíciójában kisebb a helyzeti energiája?
- 2 Hogyan magyarázod a 13. ábrán látható korong stabilitását?
- 3 Miért áll meg a madár a ceruza hegyén (14. ábra)?
- 4 Olvasd be a QR kódot és kövesd a 15. ábrán látható kísérletet. Magyarázd meg, hogy az ábrán látható kettős kúp miért megy fel a "dombra".



Tudod-e?

► A **keljfeljancsi** egy olyan játék, amely minden helyzetéből visszatér biztos egyensúlyi helyzetébe. A különbség a **Gömböcshöz** képest az, hogy a **keljfeljancsi** nem homogén; az alsó részét ólommal töltik meg azért, hogy súlypontja minél alacsonyabbra kerüljön.



12. ábra – Egy terpeszállásban álló ember alátámasztási felülete



13. ábra – Ólomsúllyal ellátott korong



14. ábra – Játékmadár



15. ábra – Kísérlet kettős kúppal



Alkalmazd a tanultakat!

Mutasd be, hogyan növelheted meg egy magas (négylábú) laboratóriumi szék stabilitását. Hogyan tudnád mennyiségileg megbecsülni az említett típusú szék stabilitását?

KUTATÁS

Kötélhúzás játék botokkal*

Kérdés:

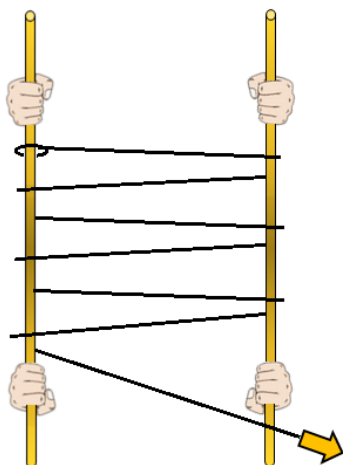
Létrehozhat-e nagyobb erőt több csiga alkalmazásával?

Szükséged lesz:

- két osztálytárs segítségére, két botra (lehet két seprűnyél is), 3 m kötélre;
- két, közös villára vagy tengelyre szerelt, dupla vagy tripla csigasorra, egy hosszú fonalra, kampós súlyokra, dinamométerre, tartószerkezetre, digitális mérlegre.

Mit kell tenned?

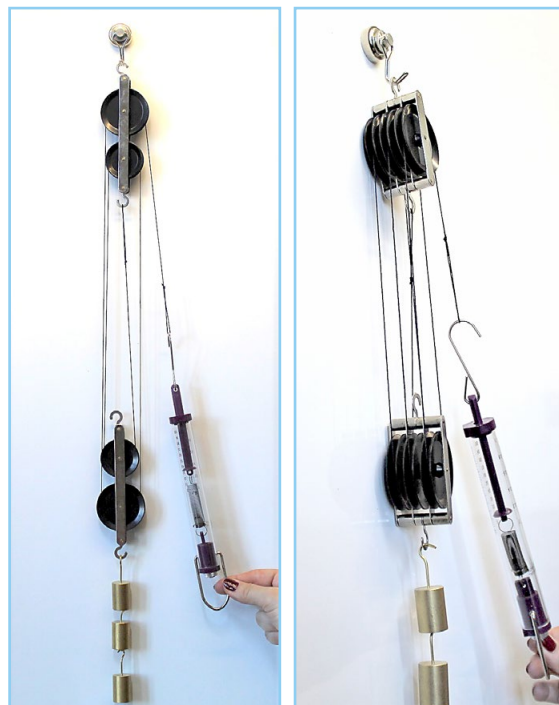
- Egyik osztálytársad fogja meg a bot két végét, és tartsa vízszintes helyzetben. A másik osztálytársad fogja meg ugyanúgy a másik botot, és tartsa az elsővel párhuzamosan, attól körülbelül 1 m távolságra.
- Kösd a kötelet az egyik bot végéhez.
- A kötéllal tekerd körbe kétszer a botokat úgy, hogy a kötélrészek ne keresztezzék egymást (1. ábra).
- Az osztálytársaid próbálják minél jobban szét húzni a botokat.
- Osztálytársaidal egyidőben húzd te is a kötel szabad végét.
- Mi történik a botokkal?
- Hasonlítsd össze azt az erőt, amellyel te húzod a kötel szabad végét azzal, amelyet társaid fejtenek ki a botokra.
- Tekerd rá háromszor a kötelet a botokra (1. ábra). Ismételd meg a kísérletet. Mi változik meg? Jegyezd le a füzetbe észrevételeidet!



1. ábra – Két botra spirálisan feltekert kötel

A botokból és a rájuk tekert kötélből álló együttes álló- és mozgócsigák rendszeréhez hasonlít, melyet **közönséges csigasornak** nevezünk (2. ábra). A mozgócsigák (mozgó rész) száma és az állócsigák (álló rész) száma azonos. A botok esetében az egyik bot az álló rész, a másik bot pedig a mozgó rész szerepét tölti be. A botokra spirálisan rátekert kötélnek ugyanaz a szerepe, mint a csigasort alkotó csigákon átvett fonalnak.

- Rögzítsd az álló részt a tartószerkezethez.
- Rögzítsd a terhet a mozgó részhez.
- Tekerd a fonalat a rendszer csigáinak vájataiba (2. ábra).
- Mérd meg, és jegyezd le a füzetedbe az aktív erő értékét.
- Rajzold le vázlatosan a kísérletben megvalósított közönséges csigasort.
- Ábrázold az aktív erőt és az ellenállóerőt, valamint a fonalban fellépő feszítőerőket.
- Tekintsd a munkakörülményeket ideálisaknak: a csigák és a fonal súrlódásmentesek, tömegük elhanyagolható, a fonal pedig nyújthatatlan.
- Számítsd ki a dinamométer által kifejtett aktív erőt.
- Hogyan változna az aktív erő értéke, ha figyelembe vennénk a mozgócsigák tömegét?
- Válaszolj a kutatás kérdésére, és fogalmaz meg egy **végző következtetést**.



2. ábra – Különböző csigarendszerekből álló csigasorok

Ismétlő feladatok

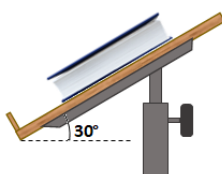
Haladási egyensúly

1. Indokold meg rajzban az alábbi kérdésekre adott válaszaidat:

A. Miért nehezebb egy szánkót felhúzni a dombon, mint húzni a vízszintes felületen?

B. Készíts egy deszkalapból olyan lejtőt, amely α szöget zár be a vízszintessel. Állítsd be az α szöget úgy, hogy a lejtőre helyezett könyv lecsússzon rajta. Bizonyítsd be egy rajz segítségével, hogy egy vízszintes erővel megakadályozható a könyv lecsúszását.

2. Egy $m = 250$ g tömegű könyv nyugodtan van egy szónoki pulpitis tartólapján, amely a vízszintessel $\alpha = 30^\circ$ -os szöget zár be. Számítsd ki a tapadási súrlódási együtthatót a könyv és a tartólap között.

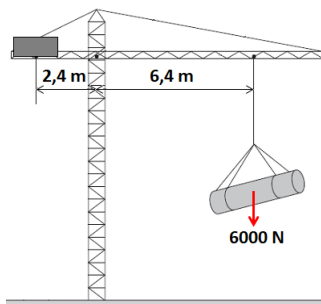


Az erő forgatónyomatéka. Forgási egyensúly

3. Ahhoz, hogy egy toronydaru kiegyensúlyozott legyen, a hátsó részéhez ellensúlyt rögzítenek, amely által a daru karja vízszintes helyzetben marad, függetlenül a teher nagyságától és helyzetétől.

a) A mellékelt ábra adataiból számítsd ki a teher súlyának forgatónyomatékát.

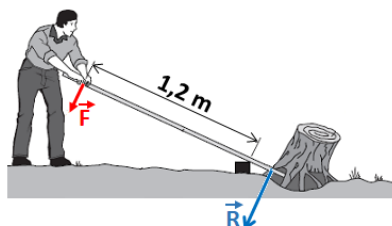
b) Számítsd ki, mekkora erőt fejt ki az ellensúly, hogy a daru karját vízszintes helyzetben tartsa.



Az emelő

4. Egy kertész 1,44 m hosszú acélrúd segítségével emeli ki a földből egy fatuskót. Mekkora $\vec{F}$ erővel kell használnia a rúdra, hogy fel tudja emelni a tuskót, ha a tuskó részéről ható $\vec{R}$ ellenállóerő 3000 N? Tekintsd úgy, hogy az ellenállóerő támadópontja az alátámasztási pont és a rúd talajjal érintkező pontja között található, félúton.

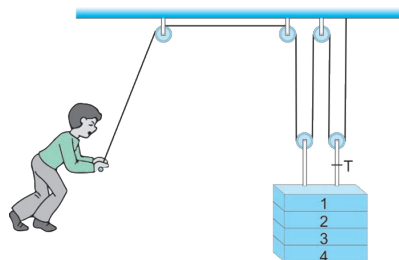
Megkönnyíthetné-e munkáját egy hosszabb acélrúd?



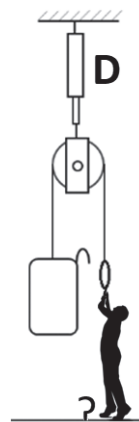
A csiga

5. Hány tűzoltóra lenne szükség ahhoz, hogy egy mozgócsiga kötelét húzva kiemeljenek a gödörből egy $m = 120$ kg tömegű disznót, ha tudjuk, hogy egy tűzoltó által kifejtett húzóerő 200 N?

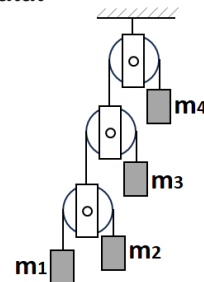
6. Egy sportoló 4 azonos, egyenként $G = 250$ N súlyú terhet emel fel egyenletesen úgy, amint az alábbi ábrán látható. Mekkora izomerőt fejt ki a kötel húzásakor?



7. A mellékelt ábrán látható munkás a kötel szabad végére hatva tartja egyensúlyban a G súlyú bálát. A kötelet először a bálához csatolt kampóhoz, végül pedig a talajhoz rögzített kampóhoz kapcsolja. Mit mutat a D dinamométer mindegyik esetben?



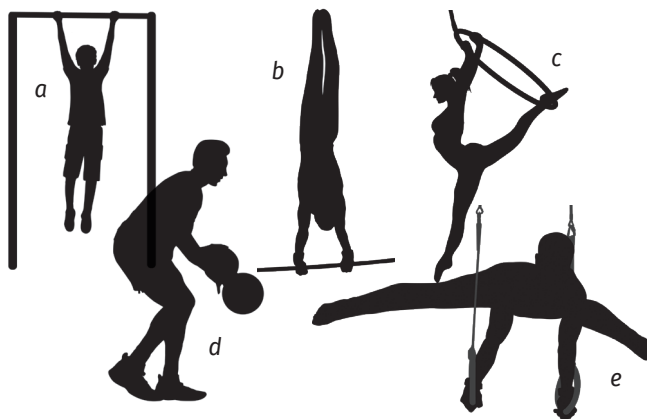
8. A mellékelt ábrán látható csigák- és testekből álló rendszer nyugalomban van. Tudva, hogy $m_1 = 2$ kg, és feltételezve, hogy a csigák ideálisak, a fonalak pedig nyújthatatlanok, határozd meg a többi test m_2 , m_3 és m_4 tömegét.



A súlypont. A testek egyensúlya és a helyzeti energia

9. Miközben az ember megy, a súlya által végzett mechanikai munka nulla?

10. Az alábbi ábrán látható sportolók edzési gyakorlatokat végeznek. Milyen egyensúlyi helyzetben vannak?



A tanulók tevékenységének és magatartásának rendszeres megfigyelése a fejezet során

Töltsd ki a következő kérdőívet:

1. Legjobban tetszett
2. Legkevésbé érdekelt
3. Legnehezebben értettem meg
4. Szükségem van még magyarázatra

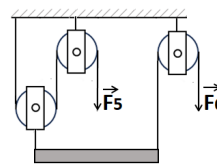
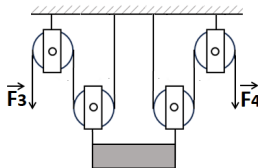
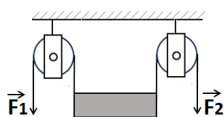
Az órák alatt így éreztem magam:



Ismeretellenőrző teszt

Megjegyzés: 1 pont hivatalból jár.

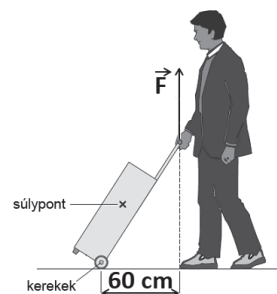
1. (2p) A következő kijelentések esetén válaszd ki és karikázd be a helyes választ:
Ujjunk végén függőlegesen tartott ceruza egyensúlyi helyzete:
a. stabil/ biztos, mivel a ceruza súlypontja egybeesik az alátámasztási ponttal;
b. instabil/ bizonytalan, mivel a rendszer helyzeti energiájának értéke kisebb, mint a ceruza ujjunkhoz viszonyított bármelyik más helyzetében;
c. instabil/ bizonytalan, mivel a ceruza súlypontja ugyanazon a függőlegesen helyezkedik el, mint az alátámasztási pont, de annál feljebb;
d. közömbös, mivel az egyensúlyi helyzetből kicsit kimozdított ceruza súlypontja lejjebb kerül.
2. (2p) Határozd meg a következő kijelentések logikai értékét (igaz vagy hamis):
a. Egy harapófogó akkor jobb, ha hosszabb a nyele.
b. Mivel a felkarcsontot és az alkarcsontot összekötő könyökízület III. fajú (típusú) emelőt képez, a bicepszben (a felkar izmában) fellépő feszítőerő kisebb, mint annak a tehernek a súlya, amit a kezünk (alkar) tart.
c. Működés közben a mozgócsiga csak forgómozgást végez.
d. Lejtős területen annál stabilabb a traktor, minél lejjebb van a súlypontja, és minél kisebb a tengelytávolság (a kerekek közötti távolság).
3. (1,5p) Az alábbi ábrán három, vázlatosan megadott ideális csigarendszert láthatunk, amelyeket egy $G = 1\,000\text{ N}$ súlyú gerenda felemeléséhez használnak. Az ábrákon a gerenda felemeléséhez szükséges erőket F_1 - től F_6 - ig jelölték.



Egészítsd ki az alábbi táblázatban lévő üres részeket a gerenda felemeléséhez szükséges erők nagyságainak értékeivel mindhárom esetben:

Erők	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
Erők nagysága						

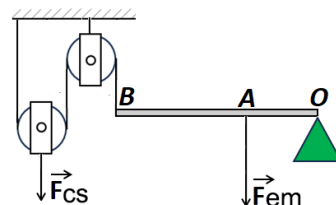
4. (2p) Az ábrán látható turista kétkerekű bőröndjének fogantyújára függőleges irányú, felfelé irányított $\vec{F}$ erővel hat. Az erő kerekekre vonatkoztatott forgatónyomatéka $M = 36\text{ Nm}$.
a. Milyen erők hatnak a bőröndre? Ábrázold őket!
b. Milyen típusú (fajú) emelőnek felel meg a bőrönd, ha a fogantyújától tartjuk?
c. Mekkora erővel hat a turista bőröndjének fogantyújára?
d. Miért borul a bőrönd a földre, amikor a turista elengedi?



5. (1,5p) Egy VII. osztályos tanuló az ábrán látható egyszerű gépekből álló rendszert hozza létre. Ismertek: $OB = 30\text{ cm}$; $AB = 20\text{ cm}$; $F_{\text{em}} = 3\text{ N}$.

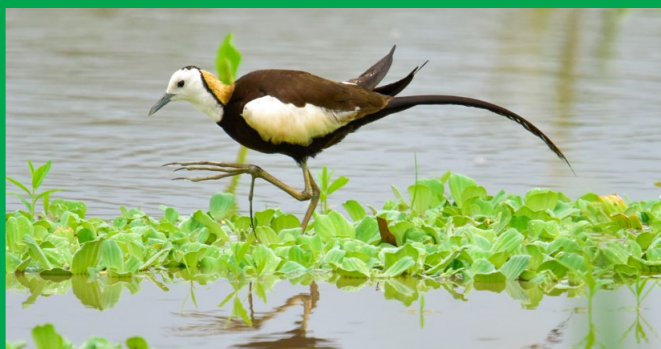
Ha a csigák ideálisak, és elhanyagoljuk az emelő súlyát, határozd meg:

- a. mekkora F_{cs} erő kell hason a mozgócsiga kampójára, hogy a rúd vízszintes helyzetben maradjon.
- b. az állócsiga tengelyében fellépő visszaható erőt.



5

Mechanikai jelenségek. Folyadékok statikája



Ebben a fejezetben a következő kérdésekre fogsz választ kapni:

- ▶ Feküdhetünk-e egy szöges ágyon (fakírágyon)?
- ▶ Miért szerelik fel láncaltalpakkal a hegyvidéki rendfenntartók járműveit?
- ▶ Miért építik alul sokkal vastagabbra a gátakat, mint felül?
- ▶ Hogyan működik a szívószál, amikor egy pohárból üdítőt iszol?
- ▶ Miért lehetséges a tárgyak rögzítése tapadókorongokkal?
- ▶ Miért úsznak a nehéz hajók is a vízen?
- ▶ Miért tudnak felemelkedni és repülni a hőlégballonok, annak ellenére, hogy nehezek?

A nyomás. A hidrosztatikai nyomás

A. A nyomás



Kulcsfogalmak

- nyomás
- pascal
- hidrosztatikai nyomás
- kapszulás manométer
- közlekedőedények



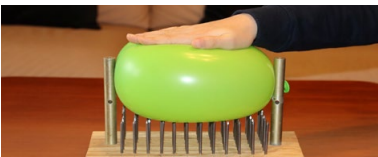
1. ábra – Sízó a hóban



2. ábra – Lánctalpas járművek



3. ábra – Séta hótalpakkal



4. ábra – Szögek és léggömb közötti kölcsönhatás



Tudod-e?

- A nyomás mindennapi életben használt mértékegységei:
 $1 \text{ bar} = 105 \text{ Pa}$; $1 \text{ higany mm} = 1 \text{ torr} = 1 \text{ mmHg} \approx 133,3 \text{ Pa}$;
 fizikai atmoszféra: $1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; technikai atmoszféra: $1 \text{ at} = 98\,066,5 \text{ Pa} = 0,980665 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.
 5 000 évvel ezelőtt az eszkimók hótalpakat viseltek ahhoz, hogy hosszú utakat tudjanak megtenni a hóban.



Észrevetted, hogy...?

- Amikor sítalpakat viselsz (1. ábra), a hóban hagyott nyom nem annyira mély, mint amikor csak síbakanacs van a lábadon.
- A hegyvidéki rendfenntartók járművei lánctalpakkal vannak felszerelve (2. ábra).
- A havas tájakon túrázók hótalpakat viselnek (3. ábra).



Mit gondolsz?

Mi történik, ha egy szög kölcsönhatásba kerül egy léggömbbel? Hát akkor, ha egy szöges felületre helyezett léggömböt erősen lenyomunk, ahogy a 4. ábrán látható?



Kísérletezz!

A nyomás és a felület

- Szükséged lesz:** két 0,5 L - es üvegre, vízre, szivacsra.
- Mit kell tenned?**

Figyeld meg a szivacs alakváltozásait a következő esetekben:

- az üres üveget a szivacsra helyezed;
- a vízzel teli üveget helyezed a szivacsra;
- az üvegeket a kupakkal lefelé helyezed a szivacsra, vigyázva, hogy ne boruljanak fel;
- az üvegeket lefektetve helyezed a szivacsra.

Mit veszel észre?

A szivacs alakváltozása kisebb az üres üveg, mint a teli üveg esetén. A szivacs alakváltozása akkor a legnagyobb, amikor az üveget kupakjával lefelé helyezed, és akkor a legkisebb, amikor lefekteted.

Hogyan magyarázod?

A szivacs alakváltozása az üveg súlyával nő. Az alakváltozás akkor is nő, ha az érintkezési felület csökken.



Jegyezd meg!

A nyomás az a skaláris fizikai mennyiség, amely egyenlő a felületre merőlegesen ható erő és a felület hányadosával, ha az erő egyenletesen oszlik el a felületen. Jele: p .

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

A Nemzetközi Mértékegységrendszerben a nyomás mértékegysége:

$$[p]_{SI} = \frac{[F]_{SI}}{[S]_{SI}} = \frac{N}{m^2} = \text{Pa (pascal)}$$

A nyomás 1 Pa, ha az 1 m^2 nagyságú felületre 1 N nagyságú merőleges és egyenletesen eloszló erő hat.

Megoldott feladat

Számítsd ki, mekkora nyomást gyakorol az $m = 12 \text{ kg}$ tömegű doboz egy vízszintes felületre, ha az érintkezési felület nagysága $S = 20 \text{ dm}^2$.

Megoldás:

$m = 12 \text{ kg}$	$p = \frac{F}{S} = \frac{G}{S}$	$p = \frac{12 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}}{0,2 \text{ m}^2}$
$S = 20 \text{ dm}^2$		
$= 0,2 \text{ m}^2$		
$p = ?$		
	$G \text{ a doboz súlya}$	$p = 600 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 600 \text{ Pa}$
	$G = m \cdot g \Rightarrow p = \frac{m \cdot g}{S}$	



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

- 1 Milyenek kell legyenek a hátizsákod pántjai? Miért?
- 2 Egy 1 m oldalhosszúságú betonkocka $20\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ nyomást gyakorol a talajra. Számítsd ki a kocka súlyát.

Alkalmazd a tanultakat!

- 1 Két kotrógép $p_1 = 27 \text{ kPa}$, illetve $p_2 = 3 \text{ bar}$ nyomást gyakorol a talajra. Közülük melyik fejt ki nagyobb nyomást?
- 2 Mekkora nyomást gyakorolsz a talajra, amikor lábon állsz? A talpadat tekintsd téglalap alakúnak. Milyen méréseket kell elvégezz?

B. A hidrosztatikai nyomás

Észrevetted, hogy...?

- Amikor lemerülsz a vízbe, kellemetlen érzést tapasztalsz a füledben (5. ábra).
- A turisztikai tengeralattjárók ablakai vastag üvegből készülnek (6. ábra).

Mit gondolsz?

Miért építik a gátakat sokkal vastagabbra alul, mint felül (7. ábra)?



Kísérletezz!

1. Vízszugarak

● **Szükséged lesz:** két üres műanyag palackra, körzőre, vízre, sóra, ragasztószalagra.

● Mit kell tenned?

Töltsd meg az egyik palackot, és csavard rá a kupakot. A körző segítségével lyukaszd ki a palack oldalát ugyanazon függőlegesen elhelyezkedő, három különböző magasságban lévő pontban, majd csavard ki a kupakot (8. ábra). Mit veszel észre?

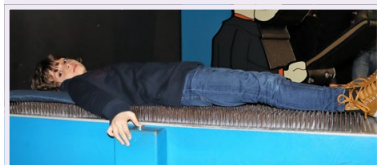
Töltsd meg a másik palackot, és csavard rá a kupakot. A körző segítségével lyukaszd ki a palack oldalát ugyanazon vízszintesen elhelyezkedő három pontban, majd csavard ki a kupakot (9. ábra). Mit veszel észre?

Ragaszd le az előbbi nyílásokat ragasztószalaggal, és ismételd meg a fenti kísérlet lépéseit sós vízzel. Távolítsd el a ragasztószalagot, mielőtt a kupakot kicsavarnád.



Tudod-e?

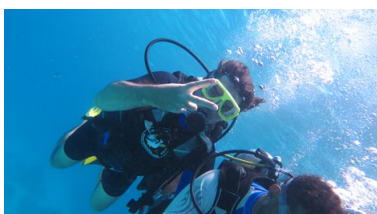
▶ Lehet-e kényelmesen feküdni egy szöges ágyon. Miért?



▶ A modern traktorokat láncfalpakokkal látják el, hogy csökkentsék a talajra gyakorolt nyomást.



▶ Az afrikai levéljáró lábainak hosszú ujjai és körmei lehetővé teszik, hogy a madár sekély tavak úszó növényzetén járkáljon.



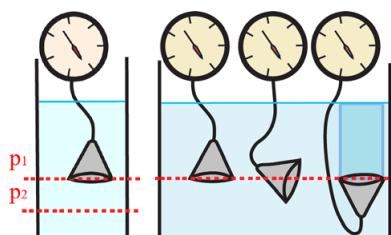
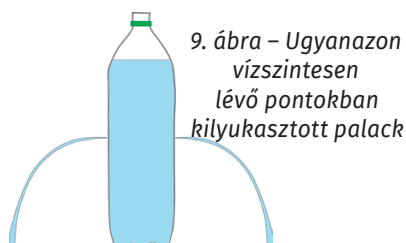
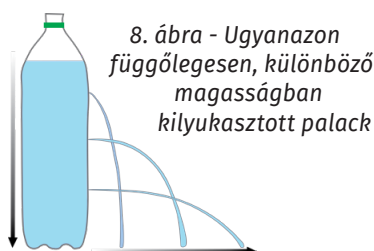
5. ábra – Búvárkodás



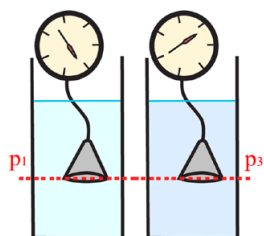
6. ábra – Egy tengeralattjáró ablaka



7. ábra – Mesterséges gát



11. ábra



12. ábra

Sorszám	h (cm)	p_{H_2O} (hPa)	p_{CCl_4} (hPa)
1	0,5		
2	1,0		
3	1,5		
4	2,0		
5	2,5		
6	3,0		
7	3,5		
8	4,0		
9	4,5		
10	5,0		

13. ábra

● Mit veszel észre?

A vízsugár pályája változik a lyuk függőlegesen elfoglalt helye szerint. Minél lejjebb helyezkedik el a lyuk a víz szabad felszíne alatt, annál távolabb ér le a vízsugár a palackhoz képest. Ha a lyukak ugyanabban a magasságban vannak, a vízsugarak egyforma erősségűek. Ha a vizet sós vízzel helyettesítjük, a vízsugarak jobban eltávolodnak a palacktól, mint só nélküli víz esetén.

● Hogyan magyarázod?

A víz saját súlya által nyomást gyakorol az alatta lévő rétegekre. Minél mélyebben van a lyuk, annál nagyobb a fölötte elhelyezkedő folyadékoszlop magassága, így nagyobb nyomást gyakorol a nyílásra. Abban az esetben, ha a lyukak azonos mélységben vannak, a fölöttük lévő vízoszlopok súlya ugyanannyi, így az általuk kifejtett nyomások is azonosak, a vízsugarak pályája pedig ugyanolyan. A sós víz sűrűsége nagyobb, mint a vízé, így a súlya is, ezáltal a nyílásokra kifejtett nyomás is nagyobb.

2. A kapszulás manométer

● **Szükséged lesz:** kapszulás manométerre, vízzel telt edényre, sóra.

● **Mit kell tenned?**

Merítsd a manométer kapszuláját az edényben lévő vízbe, és tartsd egy bizonyos mélységben (10. ábra). Jegyezd le a mélységet és a mért nyomást. Ismételd meg a lépéseket a mélység egy másik értékére, majd még két értékre. Mit veszel észre?

Tartsd a kapszulát ugyanazon a szinten, és mozgasd el vízszintesesen az edényben. Mit veszel észre? Tartsd a kapszulát ugyanazon a szinten, és fordasd el minden lehetséges irányba (11. ábra). Mit veszel észre a manométer kijelzőjén?

Helyettesítsd a vizet sós vízzel (vagy egy másik ismert sűrűségű folyadékkal (12. ábra), majd ismételd meg a fenti lépéseket. Mit veszel észre?

● **Mit veszel észre?** A manométer azt mutatja, hogy:

- a nyomás nő a mélységgel;
- egy vízszintes sík minden pontjában ugyanakkora a nyomás;
- egy bizonyos mélységben a nyomás minden irányban egyforma;
- azonos körülmények között, különböző folyadékok különböző nyomást hoznak létre.

● Hogyan magyarázod?

Minél közelebb kerül a kapszula az edény aljához, a manométer annál nagyobb nyomásértékeket mutat, mivel a mélység növekedésével nő az illető szint fölötti folyadékoszlop súlya.

A manométer ugyanazt a nyomásértéket mutatja, ha a kapszula egy bizonyos szinten különböző irányba fordul el, mivel a folyadékoszlop súlya nem változik.

A manométer az edénybe helyezett folyadék sűrűségével egyenesen arányos nyomásértékeket mutat.

3. Virtuális laboratórium

● **Szükséged lesz:** internetre.

● **Mit kell tenned?** Szkeneld be a mellékelt QR - kódot vagy kattints rá a https://www.walter-fendt.de/html5/phhu/hydrostaticpressure_hu.htm linkre, és lépj be a virtuális laboratóriumba. Majd:

- válaszd ki a vizet (H_2O) az alkalmazás által megadott folyadékok közül;
- az egér segítségével merítsd a manométer kapszuláját az edénybe a mellékelt táblázat (13. ábra) adatai szerint;



- olvasd le a hidrosztatikai nyomást minden megadott mélységben;
 - válaszd ki a folyadékok közül a *szén-tetrakloridot* (CCl_4), majd ismételd meg a kísérletet;
 - jegyezd le a mérési adatokat a 13. ábrán megadott táblázatba;
 - ábrázold ugyanabban a koordináta-rendszerben a nyomást a mélység függvényében, $p = f(h)$, mindkét folyadék esetén.
- **Mit veszel észre?** A $p = f(h)$ grafikon egy egyenes.
- **Hogyan magyarázod?** A folyadék nyomása egy bizonyos szinten egyenesen arányos a szint mélységével.

Jegyezd meg!

► Egy egyensúlyban lévő homogén folyadék súlya által kifejtett nyomást **hidrosztatikai nyomásnak** nevezzük.

Egy folyadék akkor van egyensúlyban, ha minden része nyugalomban van.

Képzeld el, hogy egy hengerben lévő homogén folyadék egyensúlyban van (14. ábra). A henger aljára a folyadék által kifejtett p_h hidrosztatikai nyomás:

$$p_h = \frac{F}{S} = \frac{G}{S} = \frac{m \cdot g}{S}, \text{ ahol } G = m \cdot g,$$

G – a folyadékoszlop súlya; S – a felület, amelyre a folyadékoszlop súlya hat; m – a folyadékoszlop tömege; g – a gravitációs gyorsulás.

A folyadék ρ sűrűsége $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V$, ahol V a folyadékoszlop térfogata. Behelyettesítve az m tömeget a fenti képletbe, a $p_h = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{S}$ összefüggést kapjuk. Ugyanakkor $V = h \cdot S$, ahol h a folyadékoszlop magassága, így:

$$p_h = \frac{\rho \cdot S \cdot h \cdot g}{S} \Rightarrow p_h = \rho \cdot g \cdot h$$

A hidrosztatikai nyomás mértékegysége a Nemzetközi Mértékegységrendszerben:

$$[p_h]_{\text{SI}} = \text{Pa (pascal)}$$

► A hidrosztatikai nyomás mérésére alkalmas eszközt **manométernek** nevezzük. A hidrosztatikai nyomást befolyásoló tényezők:

- mélység (a mélység növekedésével nő a p_h is);
- folyadék sűrűsége (a sűrűség növekedésével nő a p_h is);
- egy vízszintes sík minden pontjában a p_h ugyanannyi;
- ugyanolyan mélységben a p_h minden irányban ugyanannyi.

► Gondolatban határolj el egy Δh magasságú és S alapterületű folyadékoszlopot (15. ábra). A hidrosztatikai nyomás h_1 mélységben $p_1 = \rho \cdot g \cdot h_1$, h_2 mélységben pedig $p_2 = \rho \cdot g \cdot h_2$. A h_1 és h_2 mélységben található vízszintes felületek közötti nyomáskülönbséget a $p_2 - p_1 = \rho \cdot g \cdot (h_2 - h_1)$ összefüggés adja meg, amelyből:

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

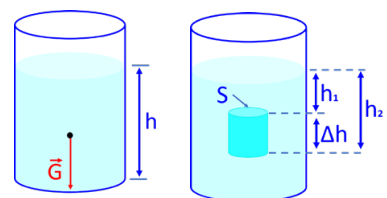
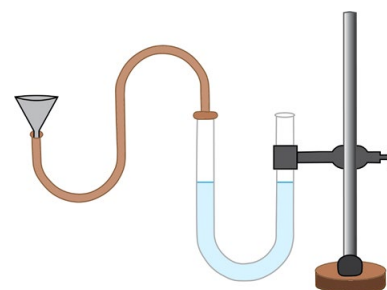
A hidrosztatika alapelve:

Mechanikai egyensúlyban lévő homogén folyadék két pontja közötti Δp nyomáskülönbség egyenesen arányos a két pont közötti Δh szintkülönbséggel és a folyadék ρ sűrűségével.

Projekt

Készíts egy olyan eszközt, amely alkalmas a hidrosztatikai nyomás tanulmányozására:

Zárd le egy kis tölcsér felső nyílását lufiból kivágott gumihártyával. Csatlakoztasd a tölcsért gumicsővel egy színes vízzel töltött U alakú üvegcsőhöz. Nyomd meg a rugalmas hártyát. Ha vízszintkülönbség jön létre az U alakú cső két szárában, helyesen dolgoztál.



14. ábra

15. ábra



Tudod-e?



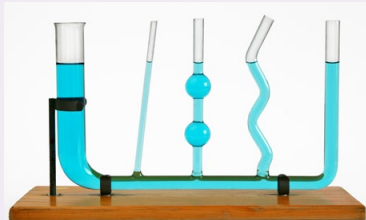
Blaise Pascal (1623–1662)

Francia matematikus, fizikus és filozófus, aki számos alkotásával hozzájárult a tudomány különböző területeinek fejlődéséhez (mechanikus számológépet készített, hozzájárult a valószínűségi számítás elméletéhez, tanulmányozta a folyadékokat, és tisztázta a vákuum és a nyomás fogalmait stb.). A pascal az ő tiszteletére lett a nyomás mértékegysége, valamint egy programozási nyelv is.



Tudod-e?

► A gravitációs gyorsulás csökken a magassággal, és befolyásolja azt a hidrosztatikai nyomást, amelyet egy folyadékot tartalmazó edényben mérhetünk bizonyos magasságban. Így, a vizet tartalmazó edény alján kisebb a hidrosztatikai nyomás a hegytetőn, mint a tengerszinten.



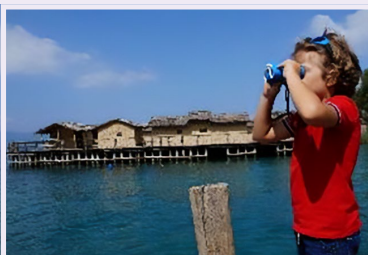
► Nyugalomban a folyadék szabad felszíne mindig vízszintes (merőleges a folyadék súlyára).



Közlekedőedények a lejtőn

► A közlekedőedények törvénye nem alkalmazható nagyon vékony (kapilláris) csövekre.

► Az Ohridi-tó vizének több, mint 20% - a a Preszpa-tóból származik, amely 150 m - rel magasabban és 10 km távolságra található. A Balkán szívében elterülő tavak között a karsztos kőzet járatai természetes kapcsolatot hoztak létre, amely biztosítja az állandó vízáramlást.



Az Ohridi-tó



Kísérletezz!

4. Közlekedőedények

● **Szükséged lesz:** két közlekedő edényre, vízre.

● **Mit kell tenned?**

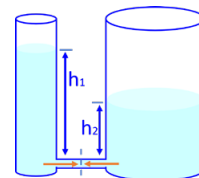
Tölts vizet az első edénybe (16. ábra).

● **Mit veszel észre?**

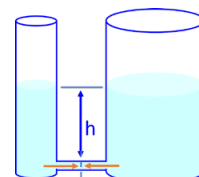
A víz egyformán emelkedik az edényekben (17. ábra).

● **Hogyan magyarázod?**

Ha $h_1 > h_2$, az első edényben nagyobb hidrosztatikai nyomás jön létre, mint a másodikban. Így, az összekötő cső két vége között nyomáskülönbség lesz, amely a folyadékot az első edényből a másodikba áramoltatja. Amikor a folyadék szintje azonos mindkét edényben (h), a két oldalról egyenlő nyomás hat, a folyadék pedig egyensúlyba kerül.



16. ábra



17. ábra



Jegyezd meg!

Két vagy több alul összekötött és felül nyitott edényből álló rendszert **közlekedőedényeknek** nevezzük.

A közlekedőedények törvénye:

Közlekedőedényekben a nyugvó, egynemű folyadék szintje azonos.



Megoldott feladat

Számítsd ki a hidrosztatikai nyomást olajban, 20 cm mélységben, tudva, hogy az olaj sűrűsége $800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Megoldás:

$$\begin{array}{l|l} h = 20 \text{ cm} & h = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m} \\ \rho = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & p_h = \rho \cdot g \cdot h \\ p_h = ? & p_h = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,2 \text{ m} = 1600 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1600 \text{ Pa} \end{array}$$



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

1 A császárpatingvin képes 550 m mélységig lemerülni. Számítsd ki a hidrosztatikai nyomást ebben a mélységben tudva, hogy a tengervíz sűrűsége $1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

2 A Földközi-tengerben is honos szíjhalféle 200 m mélységből 1 km mélységbe úszik le. Számítsd ki a hidrosztatikai nyomás változását a két pont között ($\rho = 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$).



Portfólió téma

Írj egy esszét „A vérnyomás” címmel, amelyben magyarázd el, hogy fej- vagy lábmagasságban nagyobb-e az ember vérnyomásának átlagértéke, ha függőlegesen, illetve vízszintes helyzetben van.

A légköri nyomás (interdiszciplináris megközelítés – földrajz)

Q Észrevetted, hogy...?

- Egyes tárgyakat tapadókorongokkal rögzítenek a sima felületekhez: elektromos eszközök tartóit az autóban (1. ábra), akasztókat, fürdőszobaszőnyegeket stb.
- A csap elzárása után nem folyik több víz, de ha a kifolyócső nyílását megérinted az ujjaddal, abból még jön egy kis víz (2. ábra).
- Az üdítőt szívószál segítségével is kiihatod a pohárból (3. ábra).

... Mit gondolsz?

Ausztrália partjainál él az *Abdopus aculeatus*, az egyedüli polipfajta, amelyik szárazföldön is képes mozogni (4. ábra). Apály idején a karjain található több száz tapadókorong segíti a helyváltoztatásban. Hogyan magyarázható, hogy a tapadókorongok a sima felületekhez tapadnak?

Kísérletezz!

1. A víz nem folyik ki!

● **Szükséged lesz:** egy üvegpohárra, vízre, egy papírlapra. A kísérletet a mosogatókagyló felett végezd el!

● Mit kell tenned?

Töltsd meg színültig a poharat vízzel. Helyezd rá a papírlapot. Rögzítsd szorosan a tenyereddel, majd fordítsd meg a poharat. Vedd el a kezed a papír alól.

● Mit veszel észre?

A papírlap nem esik le, a víz pedig nem folyik ki a pohárból.

● Hogyan magyarázod?

Bár a papírra hat a víz súlya, mégsem esik le, mert hat rá egy másik, alulról felfelé irányított nyomóerő is a levegő részéről, amely nagyobb, mint a víz súlya, így a papírlapot a pohárhoz nyomva tartja. A papír súlya elhanyagolható a többi erőhöz képest.

Történelem: Torricelli kísérlete

Hogyan tudnánk megbecsülni, mekkora erővel nyomja a levegő a körülötünk lévő felületeket, vagyis a levegő nyomását? Az első fizikus, akinek ez sikerült, Evangelista Torricelli volt, Galileo Galilei tanítványa.

Galileót abban az időben egy megoldatlan probléma foglalkoztatta: a szívó-pumpák nem tudnak 10,33 m-nél nagyobb mélységből vizet szivattyúzni. Ezek a pumpák úgy működnek, hogy a vízoszlop fölött keletkező légüres tér lehetővé teszi a víz felemelkedését. Miért nem lehet ezt megvalósítani nagyobb mélység esetén is? Mit csinált Torricelli?

Torricelli folyékony higanyt töltött egy edénybe és egy körülbelül 1 m hosszú, egyik végén zárt üvegcsőbe. A csövet a nyitott végével lefelé a higanyt tartalmazó edénybe helyezte (5. ábra).

● Mit vett észre Torricelli?

Érdekes módon a folyékony higany nem folyt ki a saját súlya hatására az edényből, hanem 0,76 m magasan maradt a csőben, az edényben lévő higany szintjéhez képest. Miért nem folyt ki teljesen a higany a csőből az edénybe?

Kulcsfogalmak

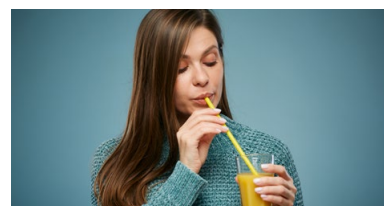
- légköri nyomás
- barométer
- normál légköri nyomás



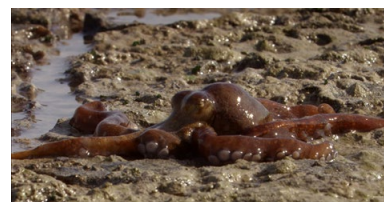
1. ábra – Mobiltelefon-tartó



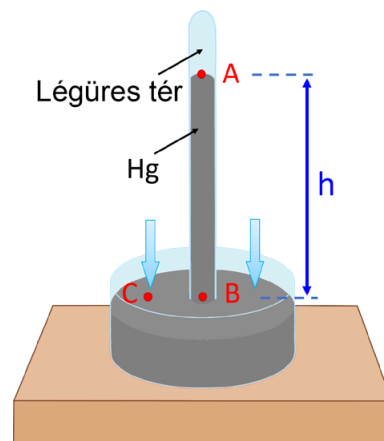
2. ábra – Konyhai csap



3. ábra – Szívószál



4. ábra – A szárazföldön mozgó *Abdopus aculeatus* polipfajta



5. ábra

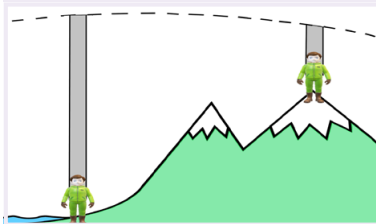


Tudod-e?

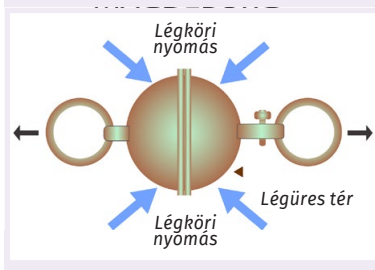
► **Evangelista Torricelli** (1608-1647) olasz fizikus és matematikus volt, Galileo Galilei tanítványa. Ő találta fel a higanyos barométert, a nyomás egyik mértékegysége, a torr pedig az ő nevét viseli.

► Honnan származik a levegő nyomása?

A Föld légköre bizonyos tömegű gázok keveréke. A légkörbeli levegőnek súlya van, így a felső rétegek nyomják az alattuk lévőket nyomást gyakorolva rájuk. Elmondhatjuk tehát, hogy minden ember egy levegőoszlopot cipel a vállán. Pontosabban, teljesen benne vagyunk, és minden irányból egyforma nyomást gyakorol ránk.



► A német feltaláló, Otto von Guericke által 1654 - ben Magdeburgban elvégzett kísérlet igazolta a légnyomás létezését. A tudós két, megközelítőleg 1 m átmérőjű fém félgömböt használt, melyek tökéletesen illeszkedtek egymáshoz, légmentesen zárt, üres gömböt alkotva. Miután a két félgömb közül kiszivattyúzta a levegőt, a külső légnyomás annyira szorosan nyomta össze a félgömböket, hogy 16 ló nem tudta szétválasztani őket.



● Hogyan magyarázta Torricelli?

A levegő nyomást gyakorol az edényben lévő higany felületére (5. ábra), az pedig a csőben lévő higanyt nyomja, és megakadályozza, hogy teljesen kifolyjon. Amikor a csőben lévő higany súlya megegyezik a nyomásból származó erővel, a csőben 0,76 m magasságban állapodik meg a higanyszint.

A hidrosztatika alapelve szerint $p_B - p_A = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h$. A csőben, a higany fölött légüres tér alakul ki, így az A pontban a nyomás nulla, a B pontban pedig $p_B = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h$. Mivel a higany egyensúlyban van, a vízszintes sík minden pontjában a nyomás azonos, tehát $p_C = p_B = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h$. A higany felszínén lévő C pontban a nyomást (légköri nyomás) a fölötté elhelyezkedő levegőoszlop hozza létre.

Figyelembe véve, hogy a higany sűrűsége $\rho_{Hg} = 13\,500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$,

$$p_C = 13\,500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,76 \text{ m} = 100\,548 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10,0548 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cong 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}.$$

A levegő tehát minden négyzetcentiméter nagyságú felületre 10 N erővel hat, amely megfelel egy kilogrammnyi anyag súlyának.



Jegyezd meg!

► Azt a nyomást, amelyet a légköri levegő a vele érintkező testekre gyakorol, **légköri nyomásnak (légnyomásnak)** nevezzük. A légköri nyomást a levegőoszlop súlya hozza létre.

A légköri nyomás mértékegysége az SI-ben:

$$[p_a]_{\text{SI}} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa (pascal)}$$

► Megegyezés alapján azt a légköri nyomást, amelyet tengerszinten, a 45° - os szélességi körön és 0 °C hőmérsékleten mérnek, **normál légköri nyomásnak** nevezzük:

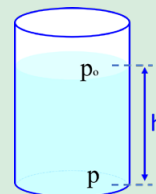
$$p_o = 1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa}$$

► Tekintsünk egy folyadékkal telt edényt. A hidrosztatika alapelve szerint a folyadék belsejében h mélységben és a folyadék szabad felszínénél mért nyomás közötti különbség: $p - p_o = \rho \cdot g \cdot h$. Így, a folyadékban h mélységben a p teljes nyomás:

$$p = p_o + \rho \cdot g \cdot h \text{ (a hidrosztatika általános egyenlete).}$$

► A légnyomás mérésére szolgáló eszköz a **barométer** (6. ábra). Működési elvük szerint a barométerek lehetnek:

- **folyadékos barométerek** – ezek közül legismertebb a higanyos barométer (Torricelli-cső);
- **fémbarométerek** – egy fémdoboz oldalaira ható légnyomás miatt keletkező rugalmas alakváltozást érzékelik;
- **mikromechanikai nyomásmérők MEMS** – mobiltelefonokban is megtalálható kis méretű szerkezetek.

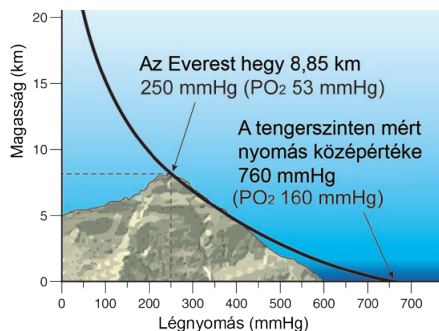


6. ábra

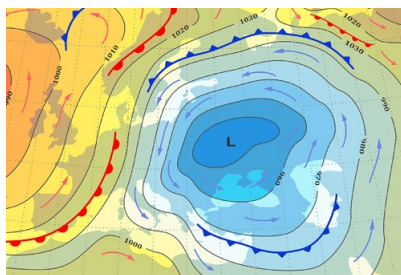
A légnyomás értéke nem állandó, mivel befolyásolja a tengerszint feletti magasság (csökken a magasság növekedésével, mivel csökken a fölöttünk

elhelyezkedő levegőoszlop súlya is- 7. ábra) és az időjárás (páratartalom, hőmérséklet, szennyeződések). A tengerszinthez közeli magasságokban a légnyomás körülbelül 1300 Pa – lal csökken 100 méterenként. Megmérve a légnyomást egy adott helyen, meghatározható a hely magassága a tengerszint-hez képest. Ennek meghatározására a magasságmérőt (altimétert) használják (egy méterben megadott magasság szerint kalibrált fémbarmétert).

A légnyomás az időjárás függvényében is változik. A 8. ábrán egy meteorológiai térkép látható, amelyen a fekete vonalak (izobárok) olyan pontokat kötnek össze, amelyekben a nyomás azonos (hektopascalban vagy millibarban kifejezve, amelyet az izobáron egy szám jelöl). Tanulmányozva az izobárok időbeni alakulását, időjárás előrejelzések adhatók meg. A levegő a nagyobb nyomású helyek felől (anticiklon) a kisebb nyomású helyek felé (ciklon) mozdul el. Ezen térségek elhelyezkedésének függvényében változik a szél iránya és erőssége.



7. ábra



8. ábra – A légnyomás és a légáramlatok Európá fölött

Megoldott feladat

Számítsd ki, mekkora nyomás hat egy kormoránra, amikor 5 m-rel a tengerszint alá süllyed ($\rho = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$).

$$h = 5 \text{ m}$$

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

$$p = ?$$

Megoldás:

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

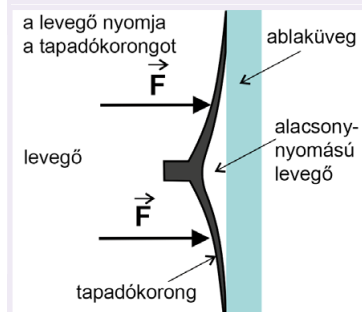
$$p = 101\,325 \text{ Pa} + 1\,030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 5 \text{ m}$$

$$p = 101\,325 \text{ Pa} + 51\,500 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 152\,825 \text{ Pa}$$



Tudod-e?

Amikor egy tapadókorongot az ablaküveghez nyomunk, az kiszorítja a korong és az ablak közül a levegőt, így a külső levegő annyira odanyomja, hogy nem válik le.



A légnyomás következtében a combcsont forgó nem mozdul ki teljesen a helyéről.



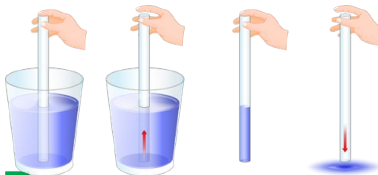
Ha a légnyomás csökken, rossz idő várható, ha a légnyomás növekszik, szép időre lehet számítani.

A légnyomás ismerete fontos a sporthorgászatban is, mivel befolyásolja a vízben lévő oxigén szintjét. Amikor a légnyomás magas, a víz oxigénszintje csökken, lassítva a halak anyagcseréjét, amely az étvágyuk csökkenéséhez vezet.



Ellenőrizd, megértetted-e!

1 Tanulmányozd az alábbi ábra elemeit, és magyarázd meg, mi történik a szívószálban mindegyik esetben.



2 Amikor szívószállal szívod fel az üdítőt egy pohárból, a szál szádban lévő részében légüres teret hozol létre. Magyarázd meg, mi történik a szívószálban lévő üdítővel, miért emelkedik fel a szádig?

Alkalmazd a tanultakat!

1 Számítsd ki, mekkora nyomást gyakorol a tengervíz ($\rho = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) a búvárra 10 m mélységben.

2 Képzeld el, hogy a hátadon fekszel az ágyban. Számítsd ki a levegő által a mellkasodra ható nyomóerőt. Add meg megközelítőleg a mellkasod felületének területét cm^2 - ben. Mekkora súlynak felel meg ez az erő? Mit gondolsz, miért nem érzed?

3 Feltételezzük, hogy a "A víz nem folyik ki!" kísérletben használt pohár 0,2 L vizet ($\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) tartalmaz, felülete pedig 40 cm^2 . Számítsd ki:

a) a pohárban található víz súlyát; b) a víz által a papírlapra gyakorolt nyomást; c) a papírlapra gyakorolt külső nyomás ($p_0 = 1 \text{ atm}$) és a víz részéről ható nyomás arányát.

Kulcsfogalmak

- nyomás
- hidraulikus prés
- hidraulikus fék



1. ábra – Dobozok mozgatása emelővel



2. ábra – Fogorvosi rendelő



3. ábra – Markológép karja



4. ábra – Autóműhely



Tudod-e?

► A vérnyomásmérő az erekben keringő vér nyomását méri, működése Pascal törvényén alapszik.



► Hidraulikus karok teszik lehetővé a magaslati munkaplatform felemelését, leengedését, oldalra mozgatását vagy elfordítását.



Pascal törvénye. Alkalmazások

Észrevetted, hogy...?

- A raktáruházakban a dobozokat emelők segítségével helyezik a felsőbb polcokra (1. ábra).
- A fogorvosi széket egy pedál lenyomásával emelik (2. ábra).
- A markológép karját a fülkéből irányítja egy ember (3. ábra).

Mit gondolsz?

A szerelőműhelyekben az autókat gombvezérlésű platform emeli fel. Hogyan jön létre, és hogyan jut a platformhoz az emelőerő? (4. ábra)

Kísérletezz!

1. Játékos vízsugarak

- Szükséged lesz:** műanyag palackra, körzőre, vízre, ragasztószalagra.
- Mit kell tenned?**

Töltsd meg a palackot vízzel, és csavard rá a kupakot. A körzővel lyukaszd ki több helyen a palackot, félmagasságban. Észreveheted, hogy a víz nem folyik ki. Csavard ki a kupakot. A víz sugarak formájában folyik ki a palackból. Jelöld meg a helyet, ahová a sugarak leérnek. Ragaszd le a lyukakat ragasztószalaggal, majd töltsd meg újra a palackot. Csavard be a kupakot, távolítsd el a ragasztószalagot, majd szorítsd össze erősen a palackot. Jelöld meg a helyet, ahová a sugarak leérnek.

- Mit veszel észre?**

Amikor a palackot megszorítjuk, a sugarak a palacktól távolabb érnek le.

- Hogyan magyarázod?**

Ha a palackra erővel hatunk, az oldalaira gyakorolt nyomás továbbadódik a folyadék teljes egészébe, és minden irányban hat.

2. Kísérletezz fecskendőkkel

- Szükséged lesz:** két különböző méretű fecskendőre, a fecskendőket összekötő rugalmas műanyag csőre, vízre.

- Mit kell tenned?**

Kapcsold össze a fecskendőket a csővel a fenti ábra szerint. Húzd ki az egyik fecskendő dugattyúját, tölts a fecskendőbe vizet, majd helyezd vissza a dugattyút, és ellenőrizd, hogy ne legyenek légbuborékok.

a) Jegyezd le a két fecskendőben lévő víz kezdeti térfogatát. Óvatosan nyomd be a kisebbik fecskendő dugattyúját, és figyeld meg mi történik a másikkal. Jegyezd le a két fecskendőben lévő víz végső térfogatát.

b) Helyezd az ujjaidat a két dugattyúra. Gyakorolj nyomást a nagyobbik dugattyúra, és figyeld meg mi történik a kisebbikkel. Azután gyakorolj nyomást a kisebbik dugattyúra, és figyeld meg mi történik a nagyobbikkal. Hasonlítsd össze a két esetben tapasztaltakat.

- Mit veszel észre?**

a) A nagyobbik fecskendő dugattyúja elmozdul. A kisebbik fecskendőből távozó víz térfogata egyenlő a nagyobbik fecskendőbe átfolyt víz térfogatával.



b) Ha a nagyobbik fecskendő dugattyújára hatunk egy erővel, a kisebbik dugattyúra ható erő kisebb lesz. Ha a kisebbik fecskendő dugattyújára hatunk egy erővel, a nagyobbik dugattyúra ható erő nagyobb lesz.

● Hogyan magyarázod?

a) A kisebbik fecskendő dugattyújára gyakorolt nyomás a folyadékon keresztül változatlanul terjed a nagyobbik dugattyúhoz, és elmozdítja azt.

b) Azok az erők, amelyekkel a folyadék kifelé nyomja a dugattyúkat a fecskendőkből egyenesen arányosak a dugattyúk keresztmetszetével.



Jegyezd meg!

Kijelentés: Egy nyugalomban lévő folyadékra gyakorolt külső nyomás a folyadék teljes egészében minden irányba változatlanul terjed.

Pascal törvényének alkalmazásai

● A *hidraulikus prést* (6. ábra) egy erő növelésére használják. A prést két különböző S_1 és S_2 keresztmetszetű dugattyúval ellátott henger alkotja, amelyeket egy cső köt össze. A prés működése közben a folyadék térfogata nem változik. A kisebbik S_1 keresztmetszetű dugattyúra F_1 külső erővel hatunk, amely $p_1 = \frac{F_1}{S_1}$ nyomást hoz létre. A dugattyú továbbítja ezt a nyomást a folyadéknak, az pedig a nagyobbik S_2 keresztmetszetű dugattyúnak. A nagyobbik dugattyúra ható nyomás $p_2 = \frac{F_2}{S_2}$. Pascal törvényét alkalmazva és elhanyagolva a szintkülönbségeket, a kisebbik dugattyúra gyakorolt külső nyomás teljes egészében áterjed a nagyobbik dugattyúhoz, $p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$, így a prés

által létrehozott erő: $F_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1}$. Minél nagyobb az S_2 felület, annál nagyobb a nagy dugattyúra ható erő.

● A *hidraulikus fék* (7. ábra) úgy működik, mint a hidraulikus prés. A fékrendszer speciális fékfolyadékot tartalmazó fékcsövekből áll, amelyek összekötik a fékpedált a kerekekkel. Ha lenyomjuk a pedált, nyomást hozunk létre a főhengerben. A csövek folyadékán keresztül a nyomás elér a kerekek hengereihez, és nekinyomja a fékpofát a féktárcsának, lefékezve azt.



Megoldott feladat

Egy hidraulikus prés dugattyúira $F_1 = 250$ N, illetve $F_2 = 5$ kN erő hat. Számítsd ki a nagyobbik dugattyú keresztmetszetét (cm^2 -ben), ha a kisebbik dugattyúé $S_1 = 10$ cm^2 . A súrlódást elhanyagoljuk.

$\begin{aligned} F_1 &= 250 \text{ N} \\ F_2 &= 5 \text{ kN} = 5000 \text{ N} \\ S_1 &= 10 \text{ cm}^2 \\ S_2 &= ? \end{aligned}$	Megoldás: $p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \Rightarrow S_2 = \frac{S_1 \cdot F_2}{F_1}$ $S_2 = \frac{10 \text{ cm}^2 \cdot 5000 \text{ N}}{250 \text{ N}} = \frac{5000}{25} \text{ cm}^2 = 200 \text{ cm}^2$
--	---



Alkalmazd a tanultakat!

Egy hidraulikus prés dugattyúinak átmérői között fennáll a $d_2 = 2 \cdot d_1$ összefüggés. Mekkora erővel kell hatni a kisebbik dugattyúra, hogy megtartsa a nagyobbik dugattyúra helyezett 4 kg tömegű testet?

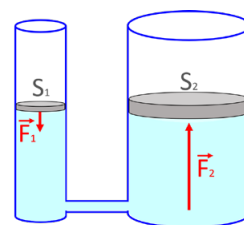


Tudod-e?

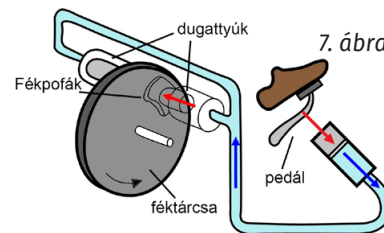
▶ Az autódaruk *hidraulikus stabilizátort*alpai biztosítják a gépezet stabilitását és biztonságos működését a terhek emelése és különböző irányokba történő mozgatása közben.



▶ A hidraulikus rendszerek növelik a modern mezőgazdasági gépek hatékonyságát.



6. ábra

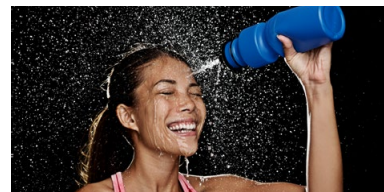


7. ábra



Ellenőrizd, megértetted-e!

1 Egy összenyomított műanyag palack nyílásán kilövellő vízsugár iránya különbözik az ujjaid által a palack falára gyakorolt nyomóerő irányától. Hogyan magyarázod?



2 Egy hidraulikus prés kisebbik dugattyúja nagyobb távolságon mozdul el, mint a nagyobbik dugattyú. Állapítsd meg a két távolság és a dugattyúk átmérői közötti összefüggést.



Kulcsfogalmak

- arkhimédési erő
- kiszorított térfogat
- felhajtóerő
- látszólagos súly
- úszás



1. ábra – Papírcsónak



2. ábra – Gondola és más vízi közlekedési jármű



3. ábra – Hőléggallonok

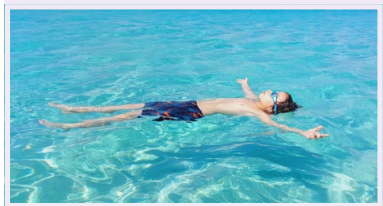


4. ábra – Uros úszó szigetek a Titicaca-tavon



Tudod-e?

▶ Az emberi test fenn marad a sós víz felszínén.



Arkhimédész törvénye. Alkalmazások



Észrevetted, hogy...?

- Egy papírcsónak úszik a vízen (1. ábra).
- Egyes városokban (2. ábra) főként vízi járművekkel közlekednek.
- A hőléggallonok (3. ábra) felemelkednek, bár nehezek.



Mit gondolsz?

Dél-Amerikában a Titicaca-tavon az őshonos, magas növésű totora nádból épült úszó szigetek vannak (4. ábra). Súlyuk nagy, de mégsem süllyednek el. Vajon miért?



Kísérletezz!

1. Úszik vagy elsüllyed?

- **Szükséged lesz:** egy pohár vízre, pingponglabdákra, polisztirolgömbre.
- **Mit kell tenned?**

Tedd a testeket egymás után a vizet tartalmazó pohárba. Nyomd a labdát a víz alá, majd engedd el. Ismételd meg a polisztirolgömbbel is.

- **Mit veszel észre?**

Ha a pingponglabdát és a polisztirolgömböt a pohárban lévő víz tetejére helyezzük, ezek nem merülnek el, hanem úsznak.

Ha a két tárgyat teljesen a víz alá nyomjuk, majd elengedjük, mindkettő felemelkedik a víz tetejére, és ismét úszni fog.

- **Hogyan magyarázod?**

A Földdel kölcsönhatásban lévő testre hat a függőlegesen lefelé irányuló súlyerő, melynek hatására a test a pohárban lefelé kellene mozogjon. Ám, amikor a test kölcsönhatásba kerül a vízzel, megjelenik még egy erő a víz részéről, amely a testet felfelé nyomja. Amikor a testet vízbe merítjük, a hidrosztatikai nyomás hatására minden irányból hatnak rá erők. Ezek eredője függőlegesen felfelé irányított, mivel a hidrosztatikai nyomás a test aljánál nagyobb, mint a felső részénél. Emiatt felfelé nyomja a testet. A víz alá merített pingponglabda és polisztirolgömb esetén is az eredő erő nagyobb, mint a saját súlyuk, így viszsza hozza őket a felszínre.

2. Játékos dinamométer

- **Szükséged lesz:** dinamométerre, egy pohár vízre, kampós súlyokra.
- **Mit kell tenned?**

Akaszd a kampós súlyokat a dinamométerre. Olvasd le a dinamométeren látható erő nagyságát. Merítsd a kampós súlyokat a pohárban lévő vízbe. Olvasd le ismét a dinamométeren látható értéket. Hasonlítsd össze a két értéket.

- **Mit veszel észre?**

A dinamométer kisebb erőt jelez, ha a kampóra akasztott súlyt a vízbe merítjük.

- **Hogyan magyarázod?**

A vízbe merített kampós súlyra egy függőleges, felfelé irányuló erő hat, amely egyenlő a dinamométer által jelzett erők különbségével.

3. Heuréka!

● **Szükséged lesz:** magas pohárra, polisztiroiddarabra, 5 vagy 10 mL - es (0,2 mL pontoságú) fecskendőre, digitális mérlegre, 10 darab 5 cm - es facsavarra vagy önfúró lemezcsavarra, markerre.

● **Mit kell tenned?**

Vágj ki a polisztirolból egy körülbelül $3 \times 3 \times 5$ cm-es téglatestet (igazodjon a pohár méreteihez). Töltsd meg a poharat kétharmadig vízzel, és jelöld meg a markerrel a vízszintet.

Csavarj be két csavart a polisztirol téglatest aljába. Mérd meg a polisztiroiddarab tömegét a két csavarral együtt, és írd be a táblázatba (6. ábra). Helyezd a csavarokat tartalmazó polisztiroiddarabot a pohárban lévő vízbe (5a. ábra). Megfigyelheted, hogy a téglatest úszik, a víz szintje pedig megnő. A fecskendővel szívj fel annyi vizet a pohárból, hogy a víz a kezdeti szintre ereszkedjen. Írd be a táblázatba a kiszívott víz térfogatát, amely egyenlő a téglatest vízbe merülő részének térfogatával, vagyis a test által kiszorított víz térfogatával.

Ismételd meg az előbbi kísérletet újabb két csavar hozzáadásával (5b. ábra), vigyázva, hogy a pohárban lévő víz szintje mindig a kezdeti szint legyen. Figyeld meg, bár a téglatest mindegyik esetben úszik, egyre nagyobb része merül a vízbe. **Figyelem!** Minden alkalommal töröld szárazra a vízbe merülő rendszert, hogy a vízcseppek ne befolyásolják a kísérlet eredményét. Mielőtt megismételnéd a méréseket, ne feledd ellenőrizni a víz kezdeti szintjét a pohárban (ez mindig ugyanannyi kell legyen)!

Mindegyik esetben számítsd ki a polisztirol–csavar együttes súlyát a $G_{p-cs} = m_{p-cs} \cdot g$ képlettel, ahol m_{p-cs} a rendszer tömegét jelöli, g pedig a gravitációs gyorsulás. Írd be az értékeket a táblázatba.

Számítsd ki a fecskendővel kiszívott víztérfogat (test által kiszorított térfogat) súlyát a $G_{vz} = m_{vz} \cdot g$ képlettel. A kiszorított víz tömegének kiszámolásához használd a $\rho = \frac{m_{vz}}{V_{kiszorított}}$ sűrűségképletet, majd helyettesítsd be az m_{vz} tömeget a súly képletébe:

$$G_{vz} = \rho \cdot V_{kiszorított} \cdot g.$$

Töltsd ki a táblázat utolsó oszlopát.

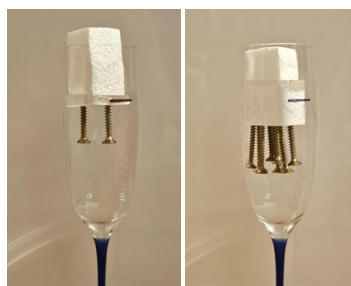
Ezután tegyél a vízbe 4 kanál sót, csavarj a polisztiroiddarabba 10 csavart, és ismételd meg a kísérlet lépéseit.

● **Mit veszel észre?**

A téglatest–csavar együttes súly egyenlő a fecskendővel kiszívott (test által kiszorított) víz súlyával: $G_{p-cs} = G_{vz}$. Sós víz esetén a fecskendővel kiszívott víz térfogata kisebb, mint édesvíz esetén.

● **Hogyan magyarázod?**

A vízbe merülő test csak akkor van egyensúlyban, ha a rá ható erők eredője nulla. Tehát a lefelé irányuló saját súlya mellett hat még rá egy erő a víz részéről, amely függőleges és alulról felfelé irányuló. Nagysága egyenlő a test által kiszorított folyadék súlyával.



5a. ábra

5b. ábra

Mérés sorszama	m_{p-cs} (g)	G_{p-cs} (N)	V_{kiszor} (mL)	G_{vz} (N)
1.				
2.				
...				

6. ábra



Tudod-e?

Szürakuszai Arkhimédész



Ókori görög (Kr. e. 287-212) természettudós, matematikus, fizikus, mérnök, csillagász és filozófus, aki a szicíliai Szürakuszai görög városban élt és alkotott.

Arkhimédész törvényének alkalmazásai folyadékokban

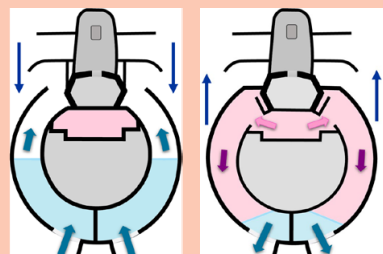
▶ A folyadékok sűrűségének mérésére alkalmas **sűrűségmérő** működése azon alapszik, hogy az eszközre ható arkhimédészi erő egyenesen arányos a folyadék sűrűségével. Ha a sűrűségmérőt egy folyadékba helyezük, a folyadék sűrűségétől függően merül el. Minél nagyobb a folyadék sűrűsége, annál jobban kiemelkedik.



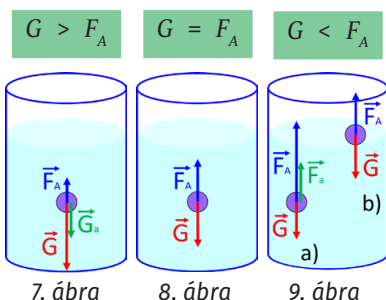
▶ A hajómérnököknek oda kell figyelniük, hogy a **hajó** teljes súlya (minden tartozékot és rakományt beleértve) kisebb legyen, mint a hajó által kiszorított folyadék súlya, hogy az arkhimédészi erő elég nagy legyen ahhoz, hogy a hajót a felszínen tartsa, biztosítva úszását és biztonságos haladását.



► A **tengeralattjáró** egy olyan hajó, amely képes a víz felszínén és a víz alatt is haladni. Amikor a víz alatt van, a kiszorított víz térfogata nem változik, így az arkhimédészi erő sem. Leereszkedéskor a speciális tartályait megtöltik vízzel, ezzel megnövelik a tengeralattjáró súlyát. Amikor a tartályait kiürítik, és megtöltik sűrített levegővel, a súlya csökken, és a tengeralattjáró felemelkedik.



► A **batiszkáf** egy nagyon magas nyomásra tervezett mélytengeri tengeralattjáró (kapszula), amely kutatási célokat szolgál. A batiszkáf lemerülését az óceánba, majd felemelkedését, a tengeralattjárónál is alkalmazott szerkezet biztosítja. A batiszkáf is speciális tartályokat, ballaszttartályokat használ a felhajtóerő szabályozására.



Jegyezd meg!

Arkhimédész törvénye

Egy nyugalomban lévő fluidumba (folyadék vagy gáz) merített testre olyan függőleges, alulról felfelé irányuló erő hat, amely egyenlő a test által kiszorított fluidum súlyával:

$$F_A = G_{\text{kisz.f.}} = \rho_{\text{fluidum}} \cdot V_{\text{kisz.}} \cdot g$$

Ezt az erőt **arkhimédészi erőnek** nevezzük és $\vec{F}_A$ -val jelöljük. Az arkhimédészi erő támadópontja a **nyomásközéppont**. A folyadékokban teljesen elmerülő homogén testek esetén a nyomásközéppont egybeesik a súlyponttal. Az arkhimédészi erő nő a folyadékba mártott test térfogatával és a folyadék sűrűségével.

Kísérletezz!

4. Tengeralattjáró a laborban

● **Szükséged lesz:** magas pohárra, jól záró kisméretű műanyag palackra, 6 darab 50 banis érmére (a számuk a palack méretétől függ).

Mit kell tenned?

Csavard a kupakot szorosan a palackra, majd tedd a vizet tartalmazó pohárba. Vedd ki a palackot a pohárból, és tegyél bele egy érmét.

Miután rácsavartad a kupakot, tedd vissza a vízbe. Ismételd meg a lépéseket, mindegyik lépésnél újabb érmét helyezve a palackba.

Mit veszel észre?

Az első esetben a palack úszik a vízen. Minél több érme van a palackban, annál mélyebbre süllyed. Bizonyos számú érme esetén a palack teljesen víz alá kerül, és egyensúlyban lebeg a vízben. Még több érme behelyezése után a palack a pohár aljáig süllyed.

Hogyan magyarázod?

A palackra két erő hat: a függőleges, lefelé irányuló saját súlya és a függőleges, felfelé irányuló arkhimédészi erő. Az érmék behelyezésével a palack súlya nő, és egyre jobban süllyed.



Jegyezd meg!

Egy fluidumba mártott testre két erő hat: a test súlya ($\vec{G}$), függőlegesen lefelé, és az arkhimédészi erő ($\vec{F}_A$), függőlegesen felfelé. Három esetet különböztetünk meg:

I. eset (7. ábra): $G > F_A$, a test elsüllyed egy **látszólagos súlynak** ($\vec{G}_l$) nevezett erő hatására. $G_l = G - F_A$

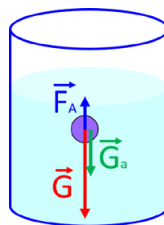
II. eset (8. ábra): $G = F_A$, a két erő eredője nulla, a test abban a mélységben lebeg a vízben, ahol éppen van.

III. eset (9 a. ábra): $G < F_A$, a test felemelkedik egy **felhajtóerőnek** ($\vec{F}_f$) nevezett erő hatására. $F_f = F_A - G$

Miközben a test kiemelkedik a vízből, az általa kiszorított folyadék térfogata csökken, csökkentve az arkhimédészi erőt is. Az úszás feltétele akkor teljesül, ha a felhajtóerő nulla. Tehát, egy test csak akkor úszik a folyadék felszínén, ha $F_A = G$ (9. b ábra).

Megoldott feladat

Egy dinamométer levegőben $G = 2,5 \text{ N}$ erőt jelez, ha a kam-pójára kulcstartót akasztunk, víz alatt ($\rho_{\text{víz}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) pedig $G_1 = 1,5 \text{ N}$ -t. Számítsd ki a kulcstartó V térfogatát és ρ sűrű-ségét. Fejezd ki a kulcstartó térfogatát az alapmértékegység megfelelő törtrészével.



10. ábra

$G = 2,5 \text{ N}$	Megoldás: $G_1 = G - F_A \Rightarrow F_A = G - G_1; F_A = 2,5 \text{ N} - 1,5 \text{ N} = 1 \text{ N}$ $F_A = \rho_{\text{víz}} \cdot V_{\text{test}} \cdot g$, ahonnan $V_{\text{test}} = \frac{F_A}{\rho_{\text{víz}} \cdot g}$ $V_{\text{test}} = \frac{1 \text{ N}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = \frac{1 \text{ N}}{10000 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}} = \frac{1}{10000} \text{ m}^3 = 100 \text{ cm}^3$ $\rho_{\text{test}} = \frac{m_{\text{test}}}{V_{\text{test}}}$ Viszont, $G = m_{\text{test}} \cdot g \Rightarrow m_{\text{test}} = \frac{G}{g} = \frac{2,5 \text{ N}}{10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 0,25 \text{ kg}$ $\rho_{\text{test}} = \frac{0,25 \text{ kg}}{\frac{1}{10000} \text{ m}^3} = 0,25 \cdot 10000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
$G_1 = 1,5 \text{ N}$	
$\rho_{\text{víz}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	
$V = ?$	
$\rho = ?$	



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

1 A Duna – delta meglátogatásához egy turistahajó a konstancai kikötőből indul Mila 23 felé. Tudva, hogy a sós víz sűrűsége nagyobb, mint az édesvízé, dönts el, hogy az utazás célpontja felé haladva a hajó merülése (merülésvo-nala) változik-e. Válaszod indokold meg!

2 Egy vízbe helyezett homogén test elkezd süllyedni. Mit mondhatunk, milyen a test sűrűsége a víz sűrűségéhez képest, kisebb vagy nagyobb?



Alkalmazd a tanultakat!

Egy 900 m^3 térfogatú jégtömb leválk az Északi – sark közelében, és bekerül a sós vizű óceánba, ahol úszik. Számítsd ki a jégtömb vízből kilátszó részének térfogatát. ($\rho_{\text{jég}} = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; $\rho_{\text{sós víz}} = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$).



Kutatás

A XV. században a hajóácsok, hogy a hajók túlterhelését elkerüljék (ami növelte a hajótörés veszélyét), vonallal jelölték a hajók oldalán azt a szintet, ameddig a hajót a rakománnyal terhelni lehetett (11. ábra). Építs te is különböző tárgyak (radír, kulcstartó stb.) szállítására alkalmas csónakot/tutajt újraterhelés-nélhető hulladékanyagokból. Írj egy esszét, amelyben bemutatod a végtermé- ket, tervezését és megalkotásának lépéseit. Fogalmaz meg következtetéseket az elvégzett kísérlet alapján. Írd be táblázatba a testek tömegeit, és jelöld meg a csónak/tutaj oldalán, hogy meddig merült a vízbe (végezz 4 mérést, külön- böző testekkel).

Készíts fényképeket. Az esszét és a fényképeket csatold a személyi portfóliódhoz.

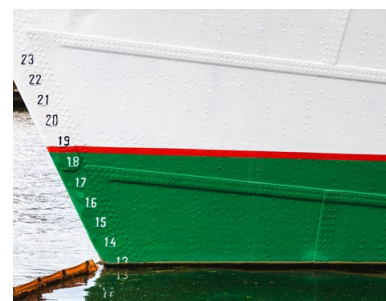
▶ A **hőléggballonok** belsejében a fel- melegített levegő kisebb sűrűségű és könnyebb, mint a külső hideg levegő. Az arkhimédészi erő (melyet a külső levegő sűrűsége és a ballon terfo- gata határoz meg) nagyobb, mint a felmelegített levegő és a rendszer súlya, így a ballon a magasba tud emelkedni. Ahhoz, hogy leereszked- jen, a felmelegített levegőt hagyják lehűlni, vagy kiengedik.

▶ A **kormányozható léghajók** eseté- ben a töltőgáz (hélium vagy hidró- gén) sűrűsége kisebb, mint a levegőé. A léghajó így könnyebb lesz, mint a kiszorított levegő. Előrehaladását a motor által hajtott légcavar biztosítja.



▶ A **meteorológiai léggömböket** a légkör és az időjárási viszonyok tanulmányozására használják. Mivel emelkedés közben a környező levegő sűrűsége fokozatosan csökken, a fel- hajtóerő is egyre kisebb lesz. Amikor a felhajtóerő már nem tudja legyőzni a ballon és a kosár súlyát, a léggömb eléri a maximális magasságot.

A magaslég- körű ballo- nok speciális meteorol- ógiai léggöm- bök, ame- lyeket arra terveztek, hogy extrém magasságokba emelkedjenek, a lég- kör sztratoszféra rétegébe.



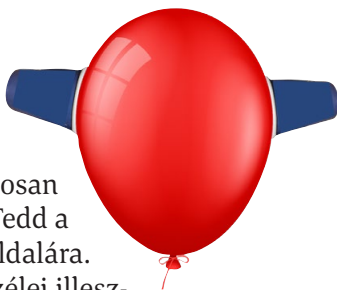
11. ábra – Merülésvonal jelzi a hajók maximális terhelhetőségét.

Kísérletezz otthon!

1. Füles léggömb

● **Szükséged lesz:** egy léggömbre és 2 egyszer használatos pohárra.

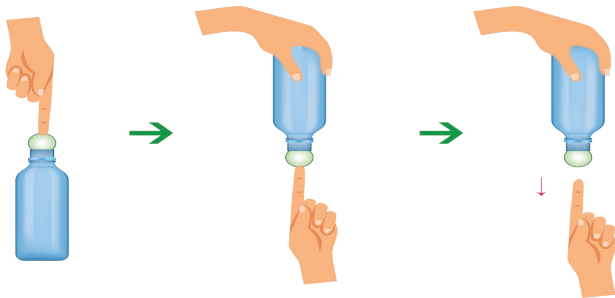
● **Mit kell tenned:** Óvatosan fújd fel félig a léggömböt. Tedd a poharakat a léggömb két oldalára. Vigyázz, hogy a poharak szélei illeszkedjenek a léggömbhöz. Folytasd a léggömb felfújását, majd kösd be a nyílást. *Mit veszel észre? Melyik erő szorítja a poharakat a léggömbhöz? Készíts fényképet, és csatold a magyarázattal együtt a portfóliódhoz.*



2. Mágikus labda

● **Szükséged lesz:** egy 250 mL-es teli palackra és egy pingponglabdára.

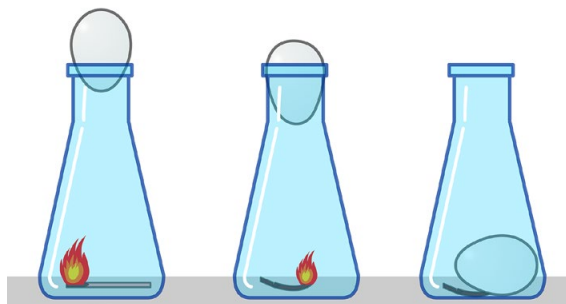
● **Mit kell tenned:** Helyezd a pingponglabdát a palack szájára. Miközben ujjaddal tartod a labdát, fordítsd meg a palackot. Vedd el az ujjad. *Mit veszel észre? Válaszod indokold meg. Csatold a magyarázatot a portfóliódhoz.*



3. Csodatojás

● **Szükséged lesz:** egy szélesebb szájú üvegre, héj nélküli főtt tojásra, egy doboz gyufára.

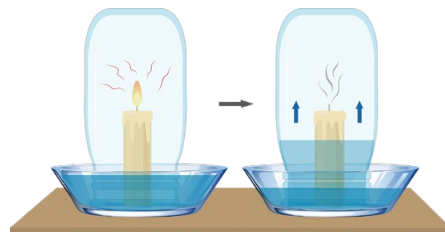
● **Mit kell tenned:** Kérd felnőtt segítségét! Gyűjts meg két gyufaszálat, és ejtsd az üvegbe. Helyezd a tojást az üveg szájára. *Mit veszel észre? Válaszod indokold meg. Csatold a magyarázatot a portfóliódhoz.*



4. Beáramló víz

● **Szükséged lesz:** tányérra, színes vízre, befőttesüvegre, gyertyára és egy doboz gyufára.

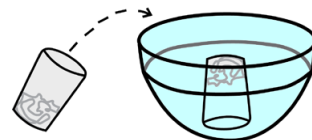
● **Mit kell tenned:** Kérd felnőtt segítségét! Rögzítsd a gyertyát a tányérra, és tölts vizet. Borítsd a befőttesüveget a meggyújtott gyertyára. *Mit veszel észre? Válaszod indokold. Csatold a magyarázatot a portfóliódhoz.*



5. Szárazon maradt papír

● **Szükséged lesz:** kicsi átlátszó pohárra, papírlapra, egy tál vízre.

● **Mit kell tenned:** Gyúrd jól össze a papírt, és helyezd a pohár aljára úgy, hogy ne essen ki. Szájával lefelé nyomd le a poharat a víz alá, amíg eléri a tál alját. Emeld ki függőlegesen a poharat a tálból, várj, hogy a víz lecsepegjen. Vedd ki a papírt a pohárból. *Mit veszel észre? Miért maradt a papír száraz? Csatold a magyarázatot a portfóliódhoz.*

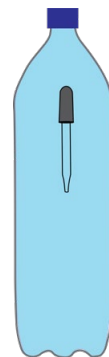


6. Cartesius- bűvár

Ezt a kísérletet René Descartes (1596-1650, latin neve Cartesius) francia tudós javasolta a hidrosztatikai jelenségek bemutatására.

● **Szükséged lesz:** egy vízzel teli 2 L-es műanyag palackra és egy pipettára.

● **Mit kell tenned:** Szívj fel annyi vizet a pipettába, hogy az éppen csak ússzon. Helyezd a pipettát a vízbe, és csavard be a palack kupakját. Szorítsd össze a palackot, majd engedd el. *Mit veszel észre? Válaszod indokold meg. Csatold a magyarázatot a portfóliódhoz.*



Önértékelés:

Elemezd a tevékenységet, majd egészítsd ki a következő kijelentéseket:

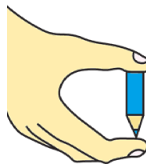
Megtanultam...

Legjobban tetszett ...

Legnehezebben értettem meg ...

Ismétlő feladatok

Nyomás

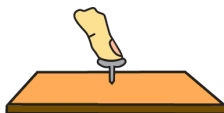


1. Elemezd a ceruza és az ujjak közötti kölcsönhatást, és egészítsd ki az üres helyeket:

A ceruza területű nyomot hagy a két ujjon. A nyom mélysége

2. A. Miért könnyebb egy parafa lapba benyomni egy rajzszeg hegyét, mint a lapos fejét?

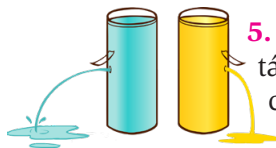
B. Ahhoz, hogy egy rajzszeg hegye bemenjen a parafa lapba, 20 N erővel kell hatni a rajzszeg fejére (az ábra szerint). Ismerve, hogy a rajzszeg fejének területe 1 cm², hegyének területe pedig 2 000-szer kisebb, számítsd ki, mekkora nyomást gyakorolt az ujj a szeg fejére, illetve a rajzszeg hegye a lapra.



Hidrosztatikai nyomás

3. Hidrosztatikai paradoxon: Ugyanaz a nyomás a három edény alján? Indokold meg!

4. Elemezd a mellékelt ábrát. Melyik edényben van nagyobb sűrűségű folyadék? Válaszod indokold meg.



5. Úszóedzés közben Andrea és osztálytársai kincsvadászatot játszanak. A kincseket a 3 m mély medence aljáról kell összegyűjteniük.

Andrea a víz alatt tenyerén tartja az egyik, elhanyagolható tömegű kincset (lásd az ábrát). Feltételezve, hogy tenyerének területe megközelítőleg 1 dm², és a víz sűrűsége $1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, számítsd ki:

- a) a tenyér fölötti vízoszlop súlyát;
- b) a tenyér fölötti vízoszlop által kifejtett nyomást;

c) a víz hidrosztatikai nyomását abban a mélységben, ahol a kéz található. Fejezd ki ezt a nyomást atm-ban.

A légköri nyomás

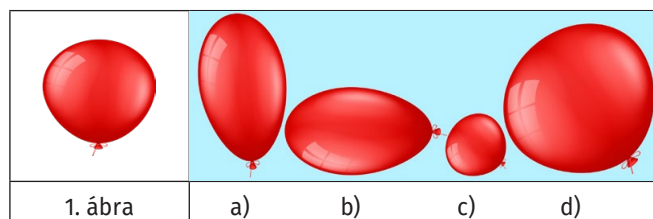
6. Az íróasztalon egy 6,2 dm² területű A4-es papírlap található. Számítsd ki, normál körülmények között, mekkora erővel hat a lapra a fölötte elhelyezkedő levegőoszlop.

7. Számítsd ki, mekkora nyomás hat egy kék bálnára, amikor 100 m mélységbe ereszkedik, ha a tengervíz sűrűsége $\rho = 1\,030 \text{ kg/m}^3$.

8. Egy köpeny akasztójaként szolgáló tapadókorong felülete 5 cm oldalhosszúságú négyzet. Az érintkezési felületeket teljesen simának tekintve, számítsd ki a legnagyobb súlyt, amit az akasztó elbír (feltételezve, hogy a légköri nyomás 1 bar).

Pascal törvénye

9. Az 1. ábrán látható léggömböt egy medence vizébe helyezzük 3 m mélyre. Milyen alakot vesz fel a léggömb? Válaszd ki a megfelelőt az alábbi változatok közül:



10. Számítsd ki, mekkora az a legkisebb erő, amellyel egy fogorvos kell hasson a 2 dm² területű dugattyúhoz csatolt pedálra ahhoz, hogy fel tudja emelni a székben ülő 70 kg tömegű páciens, tudva azt, hogy az üres szék tömege 30 kg, és egy 0,2 m² területű dugattyúhoz kapcsolódik.

11. Ha egy hidraulikus prés kisebbik hengerére F_1 erővel hatnak, a munkahengernél keletkező erő 20-szor nagyobb. Számítsd ki a nagyobbik dugattyú területét, ha a kisebbik dugattyú területe $S_1 = 10 \text{ cm}^2$. A súrlódást elhanyagoljuk. Mit veszel észre?

Arkhimédész törvénye

12. Egy elhanyagolható tömegű, légmentesen záró tömlőt megtöltünk 1 L vízzel. Mekkora erővel tudjuk egyensúlyban tartani a víz alatt?

- 0 N;
- 5 N;
- 10 N;
- 20 N.

13. Grönland partjainál egy jéghegy sodródik. Számítsd ki a jéghegy teljes térfogatát, ha az óceánból kilátszó részének térfogata $1\,300 \text{ m}^3$ ($\rho_{\text{jég}} = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; $\rho_{\text{sós víz}} = 1\,030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$).

* 14. Egy 500 kg/m³ sűrűségű fűzfa törzs úszik a tavon. Számítsd ki a törzs térfogatának hányad része látszik ki a vízből.

A tanulók tevékenységének és viselkedésének rendszeres megfigyelése a fejezet során

Töltsd ki az alábbi kérdőívet:

1. Legjobban tetszett	Az órák alatt így éreztem magam:
2. Legkevésbé érdekelt	
3. Legnehezebben értettem meg	
4. Szükségem van még magyarázatra	







Ismeretellenőrző teszt

Megjegyzés: 1 pont hivatalból jár.

I. (1p) Olvasd el a következő kijelentéseket. Ha úgy döntesz, hogy a kijelentés igaz, írd mellé egy I betűt. Ha úgy döntesz, hogy a kijelentés hamis, írd mellé egy H betűt.

1. A nyomás mértékegysége a pascal.	
2. Egy korcsolyát viselő jégkorongozó által a talajra gyakorolt nyomás kisebb, mint amikor bakancsot visel.	
3. A légköri nyomás csökken a magassággal.	
4. Pascal törvényének egyik alkalmazása a tengeralattjáró.	

II. (2p) Az alábbi feladatok esetén karikázd be a helyes válasz betűjelét. Mindegyik feladat esetén csak egy válasz helyes.

A. Ahhoz, hogy homokos vagy sáros talajon haladni tudjanak, a buldózereket felszerelik:

- a) nyári gumikkal, hogy nagyobb nyomást fejtsenek ki; b) nyári gumikkal, hogy kisebb nyomást fejtsenek ki;
c) láncalpakkal, hogy nagyobb nyomást fejtsenek ki; d) láncalpakkal, hogy kisebb nyomást fejtsenek ki.

B. Tudjuk, hogy egy gólya súlya ugyanannyi féllábon állva, mint amikor két lábon áll. A gólya által a talajra gyakorolt nyomás:

- a) nagyobb, ha a gólya két lábon áll; b) kisebb, ha a gólya egy lábon áll;
c) kisebb, ha a gólya két lábon áll; d) független attól, hogy hány lábon áll a gólya.

C. A légnyomás mérésére alkalmas mérőeszköz a:

- a) dinamométer; b) sűrűségmérő; c) barométer; d) kronométer.

D. Ahhoz, hogy a hátadon fekve tutajozz a vízen, nem kell semmilyen erőfeszítést tegyél. Azonosítsd azt a törvényt, amelynek segítségével meg tudod magyarázni a jelenséget:

- a) Torricelli törvénye; b) Arkhimédész törvénye; c) Pascal törvénye; d) Newton törvénye.

III. (2p) Egészítsd ki a hiányzó részeket.

- a)** 1 Pa az a, amelyet az 1 m² felületre merőlegesen ható és egyenletesen eloszló 1 N nagyságú fejt ki.
b) Egy egyensúlyban lévő homogén folyadék által kifejtett nyomást nyomásnak nevezzük.
c) Egy lévő folyadékra gyakorolt külső a folyadék egészében változatlanul minden irányba tovaterjed.
d) Az arkhimédészi támadópontját középpontnak nevezzük.

IV. (2p) Egy 30 cm² alapterületű csészében 300 mL tej van. Ismerve a tej átlagsűrűségét, 1030 kg/m³, számítsd ki:

- a) a tej súlyát; b) a tej által a csésze aljára kifejtett nyomást.

V. (2p) Egy hidraulikus prés kisebbik dugattyújának átmérője 2 cm, a nagyobbiké pedig 6 dm. Számítsd ki, mekora erőt fejt ki a nagyobbik dugattyú az összenyomott testre, ha a kisebbik dugattyúra 100 N erő hat.

6

Mechanikai jelenségek. Mechanikai hullámok. A hang



Ebben a fejezetben, a következő kérdésekre fogsz választ kapni:

- ▶ Mozoghat az energia, amikor az anyag nem mozdul el?
- ▶ Mi a közös a földrengésekben és a zenében?
- ▶ Hogyan tehető láthatóvá a hang?
- ▶ Miért van csend a Világűrben?
- ▶ A te hangod miért különbözik az osztálytársad hangjától?
- ▶ Mennyire jó a hallásod?
- ▶ Hogyan láthatnak bele az orvosok a test belsejébe?



Kulcsfogalmak

- mechanikai rezgés
- a rezgés amplitúdója
- periódus
- rezgési frekvencia
- mechanikai hullám
- longitudinális hullám
- transzverzális hullám
- a hullám terjedési sebessége



1. ábra – A tenger hullámai mechanikai jelenségek, amelyek a víz felszínén keletkeznek.



2. ábra – A hullámok hatására a csónak függőleges rezgőmozgást végez, de nem változtatja meg helyzetét a parthoz viszonyítva.



3. ábra – Játékrugó a hullámok terjedésének kimutatására

Mechanikai hullámok (interdiszciplináris megközelítés - földrajz: szeizmikus hullámok, tengeri hullámok)

A. Mechanikai hullámok

Q Észrevetted, hogy...?

● Ha egy követ dobunk a tóba, a becsapódási pont körül koncentrikus körök jelennek meg, amelyek a tó széle felé terjednek.

● Ha egy íj megfeszített húrját meghúzzuk, majd elengedjük, az rezegni fog.

● Erősen szeles nyári napokon a hatalmas hullámok miatt nem szabad bemenni a tengerbe (1. ábra).



... Mit gondolsz?

Miért mozog csak felfelé és lefelé a papírhajócska a hullámozó víz felszínén anélkül, hogy elhagyná az eredeti helyzetét (2. ábra)?

Kísérletezz!

1. „Varázsrugó”

● **Szükséged lesz:** egy hosszú, színes, műanyag rugóra (3. ábra), keskeny, színes öntapadó papírszalagra és egy mobiltelefonra.

● Mit kell tenned?

Készítsd elő a mobiltelefonodat a kísérlet rögzítéséhez beállítva a „lassított felvétel” módot. Kapcsold be a kamerát a kísérlet minden egyes szakaszának kezdetén, majd a végén nézd meg és elemezd a felvételeket.

a. Ragassz fel egy csík színes papírt a rugó egyik menetére. A rugót helyezd a padlóra, és nyújtsd meg egy osztálytársad segítségével, aki az egyik végét stabilan tartja. Jelöld A betűvel a rugó kezében tartott végét, majd rajzolj két (B és C) pontot a rugó iránya mentén, azonos távolságra az A betűtől. Mozdasd gyorsan a kezdet a padló síkjában a B és C pontok között (4. ábra). Figyeld meg, mi történik a rugóval és a hozzá rögzített színes papírral.

b. A rugó irányára merőlegesen rajzolj két (D és E) pontot, azonos távolságra az A betűtől. Mozdasd gyorsan a kezdet a padló síkjában a D és E pontok között (5. ábra). Figyeld meg, mi történik a rugóval és a hozzá rögzített színes papírral.

● Mit veszel észre?

a. Az A pontban keltett perturbáció (zavar) a rugó másik vége felé terjed, miközben a rugó menetei összenyomódnak és eltávolodnak (6. ábra). A színes papír a rugó mentén előre-hátra rezeg a kezdeti helyzete körül.

b. Az A pontban keltett perturbáció (zavar) ezúttal hullámhegyeket és hullámvölgyeket létrehozva terjed a rugó másik vége felé (7. ábra). A színes papír a rugó mentén le-fel rezeg a kezdeti helyzete körül.

● Hogyan magyarázod?

A kezünk rezgőmozgása valamely (BC vagy DE) irányba a rugó kezünkben tartott menetét is ugyanabba az irányba mozgatja. Mivel a rugó rugalmas közeg, egy adott menet rezgése a szomszédos meneteket is rezgésre készíti, így a kezdeti perturbáció (zavar) a rugóban pontról-pontra halad előre.

2. Milyen gyorsan terjed egy perturbáció?

● **Szükséged lesz:** egy mobiltelefonra.

● **Mit kell tenned?**

A kísérlet rögzítéséhez állítsd a mobiltelefonodat „lassított felvétel” módba. Kapcsold be a kamerát a kísérlet minden egyes szakaszának kezdetén, a végén pedig nézd meg és elemezd az elkészített felvételeket.

Állíts sorba 10-15 tanuló úgy, hogy a tenyerüket az előttük lévő osztálytársuk hátához nyomják. Képzeld el, hogy ez a sor egy rugalmas közegben lévő részecskékből álló lánc (8. ábra).

Attól függően, hogy melyik halmazállapotot akarjuk modellezni, változtasd meg a két egymás utáni tanuló közötti távolságot az alábbiak szerint:

- egy kar hosszúságra a gázhalmazállapot esetén;
- félkar hosszúságra a folyékony halmazállapot esetén;
- negyedkar hosszúságra a szilárd halmazállapot esetén.

Zavard meg a lánc egyensúlyát úgy, hogy tolóerővel hatsz a sor mentén a lánc első „részecskéjére”.

● Mit veszel észre?

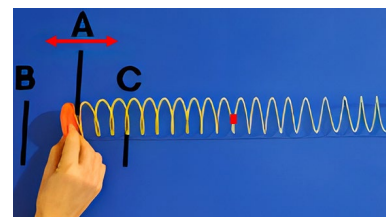
A keletkezett zavar a sor mentén „egyik gyermektől a másikig” terjed, a lánc másik vége felé. Amikor a zavar eléri az egyik tanulót, a teste a perturbáció irányába mozdul el, de a lábai eredeti helyzetükben maradnak (9. ábra). A test ezután az ellenkező irányba mozdul el, enyhe rezgőmozgást végezve az egyensúlyi helyzete körül. Végül az egész test visszatér a kiindulási helyzetébe.

A perturbáció leggyorsabban a c esetben, leglassabban pedig az a esetben terjed.

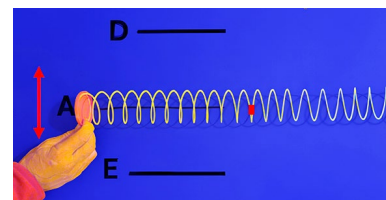
● Hogyan magyarázod?

A zavarforrás energiát ad át a „közeg részecskéinek”. Ezek egymás után rezegni kezdenek az egyensúlyi helyzetük körül, és továbbadják ezt az energiát, amint a zavaró hatás (perturbáció) eléri őket.

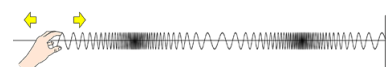
Ha a részecskék közelebb vannak egymáshoz, a zavar gyorsabban terjed egyik részecskéről a másik részecskére.



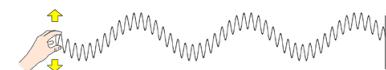
4. ábra – A rugó kezdeti állapota, illetve a kéz mozgási iránya a perturbáció keltéséhez (a)



5. ábra – A rugó kezdeti állapota, illetve a kéz mozgási iránya a perturbáció keltéséhez (b)



6. ábra – A longitudinális (hosszszanti) hullám terjedése



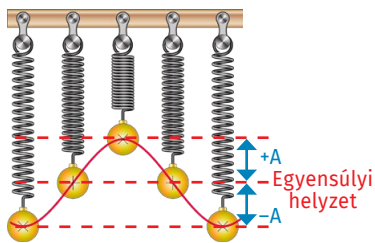
7. ábra – A transzverzális (keresztirányú) hullám terjedése



8. ábra – A diákok, amint egy rugalmas közegben lévő részecskék „láncát” modellezik.



9. ábra – Az energia egyik gyermektől a másikig, a sor egyik végétől a másikig terjed.



10. ábra – Egy rezgő test különböző időpontokban elfoglalt helyzete egy periódusnyi idő alatt



11. ábra – Egy rugalmas közegben a longitudinális mechanikai hullám a közeg egymást követő összenyomódása és megnyúlása révén terjed.



12. ábra – A transzverzális hullám rugalmas közegben a tenger hullámaihoz hasonlóan terjed.



Ellenőrizd, megértetted-e!

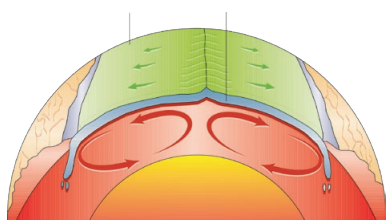
1 Egy vihar során a vízfelszínen megjelenő hullámok keresztirányú vagy hosszanti hullámok?

2 Javasolj egy olyan kísérletet, amellyel igazolni tudod, hogy helyesen választottál-e az előbbi kérdésre.



Kulcsfogalmak

- tektonikus lemezek
- földrengés
- hipocentrum
- epicentrum
- P és S szeizmikus hullámok
- szeizmométer
- szeizmogram
- Mercalli skála
- Richter skála



13. ábra – A tektonikus lemezek a magmás áramlások hatására mozognak a földköpeny belsejében.



Jegyezd meg!

► A **mechanikai rezgés** (oszilláció) egy testnek az egyensúlyi helyzete körül végzett ismétlődő mozgása (10. ábra). Ez az egyensúlyi helyzet a rezgés során nem változik.

► A **rezgés amplitúdója** (A) az a legnagyobb távolság, amelyre a test az egyensúlyi helyzettől elmozdulhat.

► A **rezgés periódusa** (T) egy teljes rezgés időtartama.

► A **rezgés frekvenciája** (ν) az egy másodperc alatt végzett rezgések száma.

$$\nu = \frac{\text{a rezgések száma}}{\text{a rezgések időtartama}}; [\nu]_{SI} = \frac{1}{s} = \text{Hz (hertz)}$$

► A **mechanikai hullám** egy rugalmas közegben keltett zavar (perturbáció) pontról pontra történő terjedése, amely a közeg részecskéinek rezgőmozgása révén valósul meg.

► A mechanikai hullámok csak energiát továbbítanak, anyagot (tömeget) nem. A **közeg részecskéi nem mozognak együtt a mechanikai hullámmal**.

► Ha a közeg részecskéi a perturbáció terjedési irányában rezegnek, akkor a mechanikai hullám **longitudinális** (hosszanti) (11. ábra).

► Ha a közeg részecskéi a perturbáció terjedési irányára merőlegesen rezegnek, a mechanikai hullám **transzverzális** (keresztirányú) (12. ábra).

► A hullám haladási sebessége (**terjedési sebesség**) attól a közegtől függ, amelyen az áthalad. A mechanikai hullámok sebessége szilárd anyagokban a legnagyobb, gázokban a legkisebb.



Alkalmazd a tanultakat!

Egy test 12 másodperc alatt 30 teljes rezgést végez. Számítsd ki:

a. a rezgés frekvenciáját; b. a rezgés periódusát.

Milyen összefüggés van a rezgés frekvenciája és a periódusa között?

B. Szeizmikus hullámok



Emlékezz!

Az ötödik osztályban földrajz órán tanultad, hogy a földkéreg hét fő tektonikus lemezből áll, amelyek folyamatos mozgásban vannak a köpeny belsejében lévő magmaáramok hatására (13. ábra). A tektonikus lemezek mozgása során a földkéregben energia halmozódik fel, amely vulkánkitörések vagy földrengések (szeizmikus mozgás) során szabadul fel.

● A **földrengés** a földkéreg erőteljes mozgása, amelyet két szomszédos tektonikus lemez határán felhalmozódott energia hirtelen felszabadulása okoz. Ez az energiaszabadulás **szeizmikus hullámokat** hoz létre, amelyek minden irányba terjednek, a Föld belsejétől a felszínig.

● A szeizmikus hullám a földkéreg olyan rezgése, amelynek amplitúdója időben változik.

● A földrengés keletkezési helye a **hipocentrum (fészek)**, amely a Föld belsejében található. A Föld felszínén, a földrengés fészke fölött található pontot **epicentrumnak** nevezik (14. ábra).

● A földrengéseket speciális eszközök, úgynevezett **szeizmométerek/szeizmográfok** rögzítik. Ezek a Földkéreg rezgéseit mérik és rögzítik minden pillanatban.

● A földrengés **erősségét** az okozott károk alapján (minőségileg) az I-től XII-ig terjedő Mercalli-skála írja le.

Kísérletezz!

"Rejtett" információk egy szeizmogramon

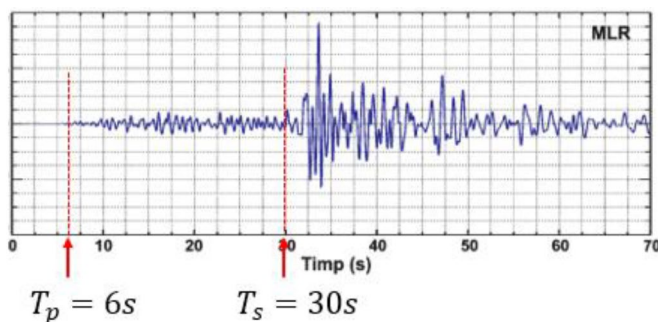
● **Szükséged lesz:** az alábbi szeizmogramra (amelyen a földkéreg rezgéseit rögzítették egy földrengés során), egy vonalzóra és egy ceruzára.

● Mit kell tenned?

Tanulmányozd figyelmesen a szeizmogramot, és keresd meg azt az időpontot, amikor az első rezgést rögzítették, valamint azt az időintervallumot, ami után a rezgés amplitúdója újra növekedni kezd.

● Mit veszel észre?

Az első rezgést a $t = 6$ s időpillanatban rögzítették. A $t = 30$ s pillanatban a rezgés amplitúdója ismét növekedni kezd, ezúttal sokkal erősebb a rezgés.



● Hogyan magyarázod?

A szeizmométer a $t = 6$ s pillanatban rögzítette az első földrengéshullámot. A rezgés amplitúdójának a növekedése a $t = 30$ s időpontban egy új földrengéshullám érkezését jelzi.

Jegyezd meg!

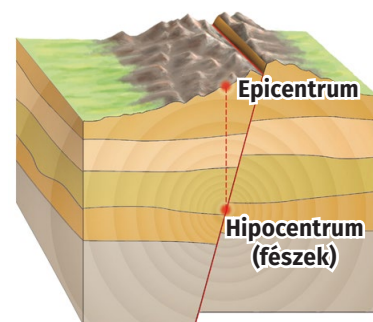
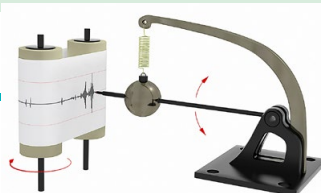
Egy földrengés során kétféle szeizmikus hullám keletkezik (15. ábra):

► **elsődleges hullámok (P hullám)** – nagy sebességgel haladnak és elsőként jutnak a Föld felszínére; ezek **longitudinális mechanikai hullámok**.

► **másodlagos hullámok (S hullámok)** – kisebb sebességgel haladnak és a P hullámok után érnek a Föld felszínére; ezek transzverzális mechanikai hullámok.

Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

1 Tanulmányozd a mellékelt képet, és magyarázd meg, hogyan működik ez a szeizmográf.



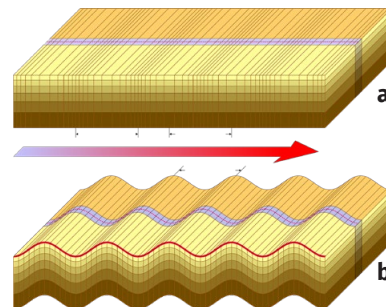
14. ábra – A hipocentrum a Föld belsejében található, az epicentrum pedig a felszínen van.



Tudod-e?

► A magnitúdó dimenzió nélküli fizikai mennyiség, amely a szeizmikus hullámok során a fészekben felszabaduló energiát jellemzi. Ezt a Richter-skála méri.

► Romániában a legerősebb földrengés 1940-ben volt $M = 7,7$ magnitúdóval. Szintén komoly földrengések voltak 1977-ben ($M = 7,4$) és 1986-ban ($M = 7,1$) is.



15. ábra – A hipocentumban keletkező zavar elsődleges (a) és másodlagos szeizmikus hullámok formájában terjed a Föld felszíne felé (b).



Portfólió téma

Nézz utána (hiteles forrásokat használva), milyen földrengések voltak az elmúlt 100 évben lakhelyed környékén. Írd le a szeizmikus esemény dátumát, nagyságát, az emberekre, épületekre, domborzatra gyakorolt hatásait (ha volt ilyen).

Kulcsfogalmak

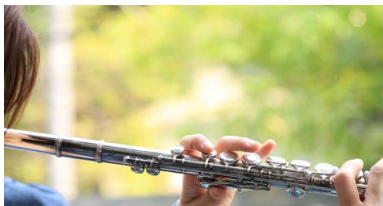
- hangforrás
- hanghullámok
- hangszálak



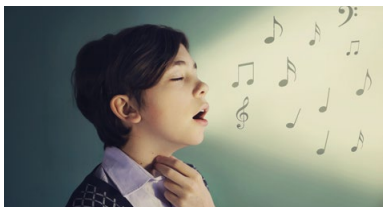
1. ábra - A rugalmas dobmembrán ütéssel hozható rezgésbe.



2. ábra - A hegedű rugalmas húrjai a vonó hatására rezegnek.



3. ábra - A fuvalában lévő levegőoszlop rezgései az ujjak mozgásával szabályozhatók.



4. ábra - A hangszálak érzékelhető rezgéseket hoznak létre.



5. ábra - Egy kifeszített rugalmas húr rezeg, ha megpengetik.

A hangok előállítása és érzékelése (interdiszciplináris megközelítés - biológia)

A. A hangok előállítása

Észrevetted, hogy...?

- Hangokat hozhatsz létre egy szilárd test ütögetésével, dörzsölésével, vagy ha levegőt fújsz egy csőbe (1-3. ábra).
- Ha beszéd közben a tenyered a nyakadra helyezed, érezni fogod, hogy rezeg (4. ábra).
- Ha egy kifeszített, rugalmas szálát megpengetsz, hallani fogod a keletkező hangot, és láthatod a szál rezgését (5. ábra).

Mit gondolsz?

Miért hallható más hang, amikor levegőt fújsz egy kémcsőbe, mint amikor ugyanazt a kémcsövet ceruzával ütögeted?

Kísérletezz!

1. Hogyan keletkeznek a hangok?

● **Szükséged lesz:** 30 cm hosszú műanyag vonalzóra, egy asztalra.

Mit kell tenned?

Helyezd a vonalzót az asztalra úgy, hogy 10 cm az asztalon legyen, a vonalzó többi része pedig az asztal szélén túl maradjon szabadon. Az asztalon lévő végét rögzítsd egyik kezeddal. A másik kezeddal pengesd meg a vonalzó szabad végét (mozgasd le és fel). Hallgasd és figyeld meg, mi történik!

Rövidítsd le a vonalzó asztalon túli szabad részét, és ismételd meg a kísérletet. Figyeld meg, mi változik!

Adott vonalzóhosszúság esetén pengesd meg erősebben vagy gyengébben az asztalról lelógó szabad részt. Figyeld meg, mi változik!

Mit veszel észre?

A vonalzó asztalon túli szabad vége rezgés közben hangokat ad ki.

Ha a vonalzó asztalról lelógó része hosszú, akkor mély hang hallható, ha pedig rövidebb, a hang magasabb lesz.

Amikor erősebben pengetjük meg a vonalzó szabad végét, hangosabban hallatszik a hang, amikor pedig gyengébben nyomjuk le, akkor halkabban hallatszik a hang.

Hogyan magyarázod?

A vonalzó rezgő része összenyomja a környező levegőt. Ez a zavar a levegőben pontról pontra továbbítódik, hasonlóan a mechanikai hullámok terjedéséhez.

A rezgésben lévő vonalzó hosszúsága befolyásolja a rezgés frekvenciáját. A kibocsátott hangok mélyebbek vagy magasabbak, a hang frekvenciájától függően.

Amikor erősebben pengetjük meg a vonalzó szabad végét, növekszik a rezgés amplitúdója, és a levegő részecskék közelében keltett zavar is nagyobb. Ekkor a hallott hang erősebb.



2. A „beszélő” lufi

- **Szükséged lesz:** egy léggömbre.
- **Mit kell tenned?**

Fújd fel félig a léggömböt, majd két ujjaddal fogd össze a végét, hogy a levegő ne áramoljon ki belőle. Képzeld el, hogy ez a lufi olyan, mint a tüdő, amelyet belégzéskor levegővel töltesz meg.

Engedd ki fokozatosan a levegőt a léggömbből, miközben ujjaiddal széthúzkod a léggömb "nyakát" (6. ábra). Képzeld el, hogy kilégzéskor a levegő ugyanúgy áramlik ki a tüdőből, mint most a léggömbből, a lufi rugalmas és széthúzott "nyaka" pedig hasonlít a torkodban lévő hangszálakra (7. ábra).

Ismételd meg a kísérletet úgy, hogy minden alkalommal másképp mozgatsz a léggömb „nyakát”. Képzeld el, hogy miközben az emberek beszélnek, a nyakban lévő izmok hatással vannak a hangszálakra, közelítik vagy távolítják egymástól, megnyújtják vagy ellazítják, hasonlóan ahhoz, ahogyan az ujjaid alakítják a léggömb nyakát.

- **Mit veszel észre?**

Amikor a levegő kiáramlik a léggömbből, mindig más hangot hallunk, attól függően, hogy az ujjaink milyen alakváltozást hoznak létre a lufi "nyakán".

- **Hogyan magyarázod?**

A ballon "nyakának" vékony és rugalmas membránja rezeg a lufiból kiáramló levegő hatására. Ez a rezgés hangokat hoz létre, amelyek függenek az őket létrehozó hangforrástól. Hasonlóképpen, a tüdőből kiáramló levegő rezgőmozgásba hozza a hangszálakat, amelyek hangokat keltenek. A keletkezett hang a hangszálak hosszától, vastagságától és szerkezetétől függ.



Jegyezd meg!

- ▶ A hang egy rugalmas közeg rezgőmozgása (oszcillációja) során keletkezik. Ez a közeg lehet szilárd (pl. egy dob rugalmas membránja, egy hangszer húrjai) vagy gáz halmazállapotú (pl. egy síp légoszlopa).
- ▶ A hangszálak rugalmasak és rezgésükkel hangokat hoznak létre.
- ▶ Azokat a testeket, amelyek hangokat hoznak létre **hangforrásoknak** nevezzük.
- ▶ A hangforrás által kibocsátott hang az azt kibocsátó forrásra jellemző.
- ▶ A hangforrástól és a kezdeti zavartól függően a hangok lehetnek mélyebbek vagy magasabbak, hangosabbak vagy halkabbak.



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

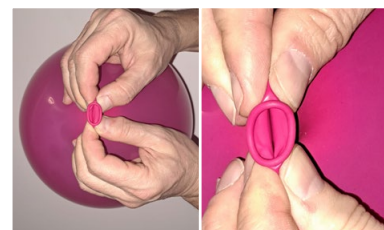
- 1 Azonosítsd és nevezd meg azokat a hangforrásokat, amelyekkel életed egy átlagos napján találkozol. Írd le az általuk kiadott hangokat.
- 2 Egy férfi hangja mélyebb, mint egy gyermeké. Próbáld megmagyarázni ezt felhasználva a hangszálakról szerzett ismereteidet.



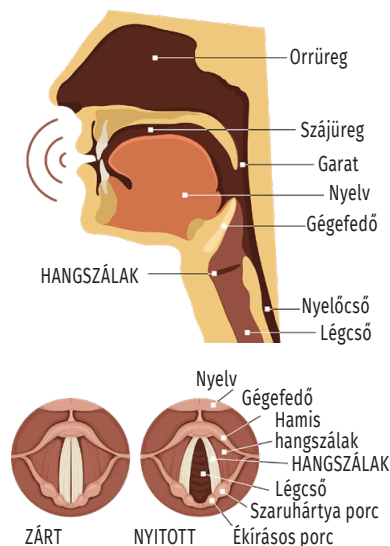
Alkalmazd a tanultakat!

Melyik a hangforrás az alábbi esetekben:

- a) egy gyermek verset szaval a mikrofonba;
- b) a nézők tapsolnak az előadás végén;
- c) az orvos egy beteg szív működését figyel fonendoszkóppal;
- d) kint esik az eső;
- e) a szobában egy légy zümmögése hallható;
- f) autó közlekedik az úton.



6. ábra - Egy lufi segítségével kipróbálhatod a hangszálak működését.

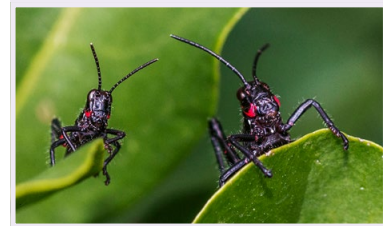


7. ábra - A hangszálak helyzete (nyugalmi és feszített állapotban)



Tudod-e?

- ▶ Csak a hím tücskök lehetnek hangforrások. Ezek jellegzetes hangokat hoznak létre a szárnyaikon lévő két kemény, barázdált felület összedörzsölésével. Ez a súrlódás rezgéseket okoz a külső vázukon, amelyek majd a testben felerősödnek. Az így kibocsátott hangok lehetővé teszik a kommunikációt más tücskökkel, és fontosak a társkeresés, "udvarlás" folyamatában is.



Kulcsfogalmak

- hanghullámok ● a fül
- hangok ● ultrahangok
- infrahangok



9. ábra – Nem minden rovarnak halljuk a szárnycsapásait.



10. ábra – Az emberi fül felfogja a környezet rezgéseit, és idegimpulzusokká alakítja át, amit az agy hangokként értelmez.

Tudod-e?

▶ A hallásérzékenység egyénenként és életkoronként is különböző. Az életkor előrehaladásával csökken a fül magas hangok iránti érzékenysége.



11. ábra – A külső fül modellezése egyszerű anyagokból



12. ábra – A dohbártya rezgéseinek bemutatása a finom só segítségével

B. A hangok érzékelése

Észrevetted, hogy...?

● Nem számít, hol vagy és milyen napszakban, sok kellemes hangot hallatsz: egy szeretett ember hangját, a levelek zizegését, a madarak csiripelését vagy egy dallamot. De hallhatod az autók motorjának zaját vagy az emberek napi tevékenysége során keltett zajokat is.

● Könnyen felismered ismerőseid hangját még akkor is, ha hátat fordítanak neked.

Mit gondolsz?

Miért hallod a szúnyog szárnyainak mozgását, de ugyanakkor nem hallod a pillangószárnyak csapdosását (9. ábra)?

Emlékezz! (tanultad már biológiából)

A fül három részből áll, amelyek különböző feladatokat látnak el (10. ábra):

1. **Külső fül** – a fülkagyló és a külső hallójárat alkotja. Feladata, hogy hangokat gyűjtsön a környezetből, és továbbítsa a dobhártya felé.

2. **Középfül** – a dobhártya, a kalapács, az üllő, a kengyel, az ovális ablak és a kerek ablak alkotja. Feladata, hogy a dobhártya rezgéseire átvegye a hangot, felerősítse azt a három hallócsontocska által alkotott rendszerben, és továbbítsa a belső fülbe az ovális ablakon keresztül. A kerek ablak biztosítja a középfül és a belső fül nyomásának kiegyenlítését.

3. **Belső fül** – a félkörös ívjáratok és a csiga alkotja. Feladata az, hogy idegimpulzusok formájában továbbítsa az agyba a középfülből átvett rezgéseket.

Kísérletezz!

1. Egy "játék fül"

● **Szükséged lesz:** egy léggömbre, befőttes gumira, 2 literes (üres) műanyag palackra, finom sóra, ollóra, internetkapcsolattal és Bluetooth-szal rendelkező mobiltelefonra, egy kis hordozható hangszóróra.

Mit kell tenned?

Vágd el a műanyag palackot 10-12 cm-re a kupaktól. Feszítsd ki a léggömb rugalmas membránját a palack "szájára" (kupak nélkül), és rögzítsd azt a befőttes gumival. Ilyen módon elkészítetted a külső fül modelljét, amelyben a rugalmas membrán a dobhártya, az üveg nyaka a hallójárat, a palack többi része pedig a fülkagyló (11. ábra).

Csatlakoztasd a hangszóróhoz a mobiltelefonodat és keress rajta rockzenét. Helyezd az előbb elkészített "fülkagylót" a hangszóró fölé anélkül, hogy érintené azt. A finom só szórd rá a "dobhártyára" (12. ábra).

Mit veszel észre?

A zene hallgatása közben a sókristályok ugrálnak a "dobhártya" felületén.

Hogyan magyarázod?

A zene hallgatása közben a hangszóró rezeg, és mozgásba hozza a közelében lévő levegőt. Az egymást követő összenyomódások és kiterjedések révén ez a mozgás eljut a "fülkagylóhoz", majd a "hallójáraton" keresztül a "dobhártyához", amely rezgésbe jön. A sókristályok energiát kapnak a "dobhártyától", és ugrálni kezdenek.

2. Mennyire jó a hallásod? (csoportos kísérlet)

- **Szükséged lesz:** internetkapcsolattal rendelkező mobiltelefonra.
- **Mit kell tenned?**

Töltsd le a mobiltelefonodra a Physics Toolbox Sensor Suite alkalmazást. Lépj be az alkalmazás menüjébe, és válaszd ki a "Hanggenerátor" opciót (13. ábra), majd a "Szinuszos hullám" opciót (14. ábra).

Változtasd a hang frekvenciáját a minimális és maximális értékek között. Írd le azokat a frekvenciákat, amelyek között hallod a hangot. Hasonlítsd össze az eredményeidet az osztálytársak adataival. Beszéljétek meg az észlelt különbségeket, és fogalmazzatok meg együtt következtetéseket.

● Mit veszel észre?

1. Csak bizonyos frekvenciák között hallod a hangokat. Ezek a frekvenciák nem azonosak a csoport minden tanulója számára.
2. A nagy frekvenciájú hangok magasan, a kis frekvenciájú hangok pedig mélyen szólnak.

● Hogyan magyarázod?

1. Nem minden mechanikai hullám, ami eléri a fülünket, érzékelhető hangként. A nagyon kis vagy nagyon magas frekvenciájú hullámokat nem hallja meg az ember.
2. A fül hangérzékelési képessége nem egyforma minden ember esetében.

Jegyezd meg!

► Az emberek által hallott hangok olyan mechanikai hullámok (hanghullámok), amelyek frekvenciája **16 Hz** (16 rezgés másodpercenként) és **20 000 Hz** (20 000 rezgés másodpercenként) között van (15. ábra).

► A nagyfrekvenciájú hangokat magasnak, míg a kisfrekvenciájúakat mélynek érzékeljük.

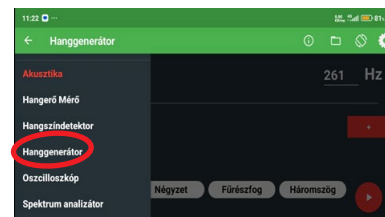
► A 16 Hz-nél alacsonyabb frekvenciájú hangokat **infrahangoknak**, míg a 20 000 Hz-nél magasabb frekvenciájú hangokat **ultrahangoknak** nevezzük. Mindkét típusú hang észlelhetetlen az emberek számára, de egyes állatok és rovarok hallhatják ezeket.

► A **hallásérzékenység** a fül hangérzékelési képességét jelenti a hang frekvenciájától és erősségétől függően.

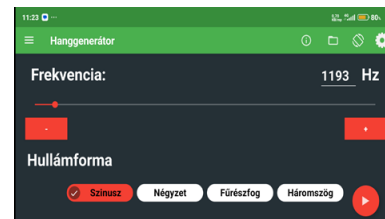


Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

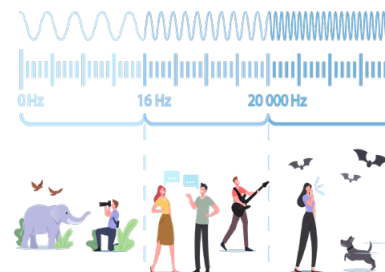
- 1 Mit gondolsz, miért csökken a hallásérzékenység az életkorral? Indokold meg a válaszod.
- 2 Mit gondolsz, a kutyák idomításakor miért használnak ultrahang sípokot? Indokold meg a válaszod.



13. ábra – Hanggenerátor opció a Physics Toolbox Sensor Suite alkalmazásban.



14. ábra – "Szinuszos hullám" opció és frekvencia változtató gomb



15. ábra – Az emberek csak a hangokat hallják. Egyes állatok ultrahangot vagy infrahangot is hallanak.

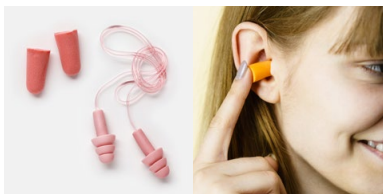


Csoportos projekt

Alakíts egy csapatot négy osztálytársaddal, akik a város különböző részén laknak. Nézzetek utána, hogy mi a zajszennyezés és melyek a kutatási módszerei. Két hétig tanulmányozzatok a város hangerősségének szintjét, naponta gyűjtve kísérleti adatokat. Határozzátok meg a saját munkamódszereteket. A hangerősséget mobil-alkalmazással is mérhetitek. A kutatási eredményeket írjátok fel a város térképére, amelyen kiemelitek a legcsendesebb és a zajszennyezés által leginkább érintett területeket. Hasonlítsátok össze eredményeiteket más csapatok eredményeivel. Mutassátok be a kutatás eredményeit, és tudományos érvek segítségével magyarázzátok meg az elkészített térkép adatait.

Kulcsfogalmak

- hang
- a hang terjedése
- helyi nyomásváltozások
- terjedési sebesség
- hangvisszaverődés
- visszhang
- hangszigetelés



1. ábra – Ha csendet szeretnénk, speciális eszközöket használunk.



2. ábra – A napkitörések erősebbek, mint a tűzijátékok robbanásai.



3. ábra – Hangterjedés vizsgálatára szolgáló kísérleti eszköz elkészítése (egyszerű anyagokból).



4. ábra – "Füstfelhők", amelyek a levegő sűrűsödését és kiterjedését bizonyítják a hang terjedése során.

A hang terjedése. A visszhang

Észrevetted, hogy...?

● Nyílt terepen vagy a sportpályán könnyen azonosíthatod az egyes hangok forrását, viszont erdőben vagy tömbházak között nehezen tudod megmondani, melyik irányból jönnek a hangok.

● Ha nem tudsz elaludni, mert zavarnak a körülötted lévő hangok, vattát teszel a füledbe, vagy speciális eszközöket használsz azok csillapítására (1. ábra).

Mit gondolsz?

Miért halljuk nagyon hangosan a tűzijátékokat, de nem halljuk a napkitörések robbanásait, bár azok sokkal erősebbek (2. ábra)?

Kísérletezz!

1. Hogyan terjednek a hangok?

● **Szükséged lesz:** egy 0,5 literes műanyag palackra ragasztószalagra, léggömbre, illatos pálcikákra (amivel a szobákat szagosítják), papírvágóra, gyufára.

Mit kell tenned?

Vágd el a műanyag palackot, az aljától számított két-három ujjnyi távolságra. A ragasztószalag és a léggömb segítségével készíts a 3. ábrán láthatóhoz hasonló eszközt. Töltsd fel a készüléket füsttel a meggyújtott illatosított pálcikák segítségével (3. ábra).

Üsd meg a léggömböt az ujjaidal, és nézd meg, mi történik.

Mit veszel észre?

A rugalmas membrán megütésével hang keletkezik, és tömör „füstfelhők” áramlanak ki a kísérleti eszközéből (4. ábra).

Hogyan magyarázod?

A rugalmas hártya (membrán) rezgése által keltett hang összenyomódásokat és ritkulásokat okoz a léggömbben, amit a füstfelhők tesznek láthatóvá. Így a "füstfelhők" lehetővé teszik számunkra, hogy lássuk a levegőrészecskék rezgését, amely azonos irányban történik a hang terjedésével. Ezért a hang longitudinális (hosszanti) mechanikai hullám.

2. Varázscsővek

● **Szükséged lesz:** 2 darab 25-30 cm hosszú papírhengerre, egy merev, fényes lapra (ez lehet egy kemény, fényes borítójú könyv is).

Mit kell tenned?

Helyezd a fényes lemezt/könyvet merőlegesen az asztalra, és a papírcsőveket fektesd le úgy, hogy az egyik végük 8-10 cm távolságra legyen a fényes lemeztől, a másik végük pedig az asztal szélén (5. ábra).

Beszélg halkán az egyik csőbe, miközben egy osztálytársad a másik csőnek azt a végét a tartja füléhez, amely az asztal szélén van. Az emberi hangot helyettesítheted egy mobiltelefon hangjával is, halkra állítva azt.

● Mit veszel észre?

Az osztálytársad jól hallja azokat a szavakat, amelyeket a csőbe mondtál.

● Hogyan magyarázod?

Az egyik cső végén létrehozott hang a fényes lemezen visszaverődik, majd a másik cső mentén terjed tovább, elérve az osztálytársad füléhez.



Jegyezd meg!

► A hang egy **longitudinális (hosszanti) mechanikai hullám**, amely bármilyen szilárd, folyékony vagy gáznemű közegben terjedhet.

► A **hang terjedése** a közvetítő közegben a **helyi nyomásingadozások** révén történik (a rugalmas közeg sorozatos összenyomódása és ritkulása/ kiterjedése) (6. ábra). Emiatt a hang nem terjed légüres térben (vákuumban).

► A hang **terjedési sebessége** attól a közegtől függ, amelyben terjed; szilárd közegben nagyobb, gáznemű közegben kisebb a terjedési sebesség.

► A **hangsebesség** a levegőben 20 °C hőmérsékleten körülbelül 340 m/s.

► Amikor a hang akadályokba ütközik, **visszaverődik**, mint a fény.

► A különböző anyagok eltérően verik vissza és nyelik el a hangokat. A kemény anyagok (kő, fém) jól visszaverik a hangokat, a porózus, puha anyagok (szivacs, textíliák) erősen elnyelik a hangokat. A **hangszigeteléshez** hangelnyelő anyagokat használnak.

► A **visszhang** a hangforrás által kibocsátott hang ismétlődésének jelensége, amikor a hang **visszaverődik** egy felületen. Amikor a saját visszhangodat hallod, valójában azt a hangot hallod, amit létrehoztál, és azt a hangot is, amelyet egy tőled bizonyos távolságban lévő akadály vert vissza.

► Az emberi fül két hangot különállónak érzékel, ha azok legalább 0,1 másodperc különbséggel érkeznek hozzá.



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

1 Miért kell csökkenteni a hangszórók hangerősségét – még akkor is, ha a ház minden ablaka és ajtaja zárva van – ahhoz, hogy ne zavarjuk a szomszédokat a partin hallgatott zenével?

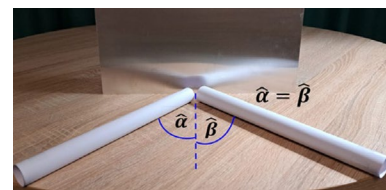
2 Miért gyengül egyre jobban a hang, ahogy távolodunk a hangforrástól?



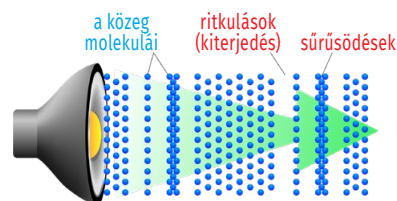
Alkalmazd a tanultakat!

1 Vihar idején egy gyermek villámlást lát, majd 4 másodperc múlva a mennydörgést is hallja. Milyen messze keletkezett a villámlás a gyermektől?

2 Határozd meg azt a legkisebb távolságot, amelyre el kell helyezni egy akadályt ahhoz, hogy meghallhasd a kimondott szavaid visszhangját. Vedd figyelembe, hogy a hangsebesség a levegőben: $v_h = 340$ m/s.



5. ábra – Kísérleti eszköz a hangvisszaverődés vizsgálatára



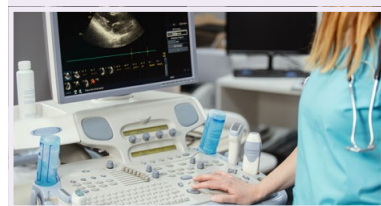
6. ábra – Helyi nyomásváltozások a hanghullám terjedési közegében



Tudod-e?

► Az agy a két fül által érzékelt hangok időbeli és erősségbeli különbségeit használja fel az érkező hang irányának és a hangforrás helyének meghatározására.

► Az orvostudományban az ultrahangos képalkotás a hang visszaverődésének jelenségén alapszik, amellyel a belső szervek képét hozza létre.



► A nagyméretű termék falain a hang többszörösen visszaverődik, és olyan hangkeveréket hoz létre, amely akkor is szól, amikor az eredeti forrás már nem ad ki hangot. A jelenséget **reverberációnak** nevezik. Elkerülésére a nézőterek üléseit és a padlót plüss anyaggal borítják, amely elnyeli a hangot.



Kulcsfogalmak

- hangerősség
- hangosságszint
- hallásküszöb
- fájdalomküszöb
- hangmagasság
- felharmonikusok
- hangszín
- zaj



1. ábra – Eltakarod a füleid, ha zavar a zaj.



2. ábra – Figyelmeztetés a mobiltelefonon, amikor hangosan hallgatsz a zenét



3. ábra – A "dobhártya" rezgésének bemutatása a sókristályok mozgásával



4. ábra – Különböző hosszúságú légoszlopok különböző hangmagasságú hangokat keltenek.

A hang tulajdonságai (interdiszciplináris minőségi megközelítés - zene)

Észrevetted, hogy...?

- Elég hallani egy hangot ahhoz, hogy felismerjük, milyen hangszer hozta létre.
- A hangos zajok zavarhatnak, ezért igyekszünk eltakarni a füleinket (1. ábra).
- Egyes emberek hangja vékony, másoké pedig sokkal "mélyebb".

Mit gondolsz?

Miért figyelmeztet a telefonod, amikor nagyon hangosan hallgatod fülhallgatóval a zenét (2. ábra)?

Kísérletezz!

1. Só, amely „érzi” a zenét

• **Szükséged lesz:** egy külsőfül-modellre (3. ábra), amelyet a korábbi órákon készítettél el, hangszóróra, mobiltelefonra, finom sóra.

Mit kell tenned?

A kísérlet rögzítéséhez használd a mobiltelefonodat "lassított felvétel" módban. Kapcsold be a kamerát a kísérlet minden szakaszának elején, majd a végén nézd meg és elemezd az elkészített felvételeket.

Helyezd a "fület" úgy, hogy a "fülkagyló" a 3. ábrán látható helyzetben legyen, közvetlenül a hangszóró felett (anélkül, hogy megérintenéd). Szórj sót a "dobhártyára". A hangszóróban kapcsold be a zenét maximális hangerővel, majd fokozatosan csökkentsd a hangerőt, miközben a „fület” ugyanabban a helyzetben tartod a hangszóró felett.

Állíts be egy bizonyos hangszintet, és fokozatosan távolítsd el a "fület" a hangszórótól.

Mit veszel észre?

Ahogy csökkented a hangerőt, a sórészecskék ugrási magassága is fokozatosan csökken.

Ahogy növekszik a hangszóró és a "fül" közötti távolság, a sórészecskék ugrási magassága fokozatosan csökken.

Hogyan magyarázod?

A hangszóró és a "fül" közötti távolság növekedésével csökken az az energia, amely a „dobhártyához” jut, így a sórészecskék felé továbbított energia is csökken. Ennek következtében a részecskék emelkedési magassága is egyre kisebb lesz.

A hanghullám energiájának egy része elvész, miközben a hangforrástól a „fülig” jut. Az energiaveszteség egyre nagyobb, ha a hangforrás és a "fül" közötti távolság növekszik. Emiatt a sórészecskék is kevesebb energiát kapnak, és csökken a felugrások magassága.

2. Egy furcsa hangszer

• **Szükséged lesz:** 6 darab 0,5 literes műanyag palackra, vízre.

Mit kell tenned?

Önts a 6 palack mindegyikébe különböző vízmennyiséget anélkül, hogy bármelyiket teljesen feltöltenéd.

Fújd meg finoman a palack nyakát úgy, hogy hangok keletkezzenek (4. ábra). Hallgasd meg figyelmesen a keletkezett hangokat, majd hasonlítsd össze azokat! Rendezd a palackokat az általuk kiadott hang szerint, a legmélyebb hangú palacktól a legmagasabb hangú palackig.

● Mit veszel észre?

Minden palack más hangot ad ki.

Ha a palackokat a kiadott hang szerint rendezzük (a legmélyebb hangú palacktól a legmagasabb hangúig), akkor ez a sorrend megegyezik a palackokban lévő víz térfogata szerinti rendezéssel (a legkisebb térfogattól a legnagyobb térfogattal).

● Hogyan magyarázod?

Amikor az üvegbe fújunk, növeljük a palack nyakában lévő levegő nyomását. Ez a nyomásváltozás pontról pontra terjed a levegőoszlopban, egymást követő sűrűsödések és ritkulásokon keresztül. A levegőoszlop rezgéseinek frekvenciája a palackban lévő levegő mennyiségétől függ. A keletkezett hang frekvenciája nagyobb, ha a palackban kevesebb levegő van.



Jegyezd meg!

► A hang egy longitudinális (hosszanti) mechanikai hullám, amely hallásérzetet kelt.

► A hang fizikai jellemzői a mechanikai hullám tulajdonságait írják le, a fiziológiai (élettani) jellemzők (a hang minőségi tulajdonságai) pedig a hallásérzetet írják le.

► A hang fizikai és élettani (fiziológiai) jellemzői közötti kapcsolatot az alábbi táblázat foglalja össze:

Fizikai jellemzők	Fiziológiai jellemzők (tulajdonságok)
	
Hangerősség: ● egyenesen arányos a hanghullám által szállított energiával; ● növekszik, ha a hanghullám amplitúdója is növekszik; ● a mértékegysége $\frac{W}{m^2}$.	Hangosságszint: ● a hang azon tulajdonsága, hogy erősebben vagy halkabban halljuk; ● olyan hangokat hallhatunk, amelyek erőssége egy legkisebb érték (hallási küszöb) és egy maximális érték (felső hallási küszöb/fájdalomküszöb) között van; ● a hangosságszintet dB-ben (decibelben) méri.
A hang frekvenciája: ● a hanghullám frekvenciája.	Hangmagasság: ● a hang azon tulajdonsága, hogy magasabbnak vagy mélyebbnek halljuk; ● az éles, magas hangok nagy frekvenciáknak, a mély hangok pedig kis frekvenciáknak felelnek meg.



Emlékezz!

Zeneórán tanultad, hogy:

● A hang nemcsak fizikai jelenség (egy rugalmas közegben keltett rezgés hullámként terjed), hanem élettani jelenség is (hallásérzetet kelt).

● A hang fizikai tulajdonságai határozzák meg a hang fiziológiai jellemzőit (a hang minőségeit), amelyek a következők:

a. **hangerősség** – a hang lehet halkabb vagy hangosabb;

b. **hangmagasság** – a hang azon minősége, hogy éles (magas) vagy mély (alacsony);

c. **hangszín** – ez a tulajdonság teszi lehetővé, hogy felismerjük a hangforrást, amely létrehozta a hangot.



Tudod-e?

► A túl erős hangok fájdalmat okozhatnak. A fájdalomküszöb az a hangosságszint, amelynél fájdalomérzet jelentkezik a fülben.

► A tartós erős hangok (90-95 dB feletti hangosságszint) halláskárosodást okozhatnak.



► Rockkoncert közben a hangosságszint elérheti a 115 dB értéket.



► A világ leghangosabb állata a kék bálna, 188 dB-es hangokat is képes kibocsátani.





Tudod-e?

► A hangszín, akárcsak az ujjlenyomat minden egyes ember egyedi jellemzője. Ezt számos olyan biztonsági eszköz használja, amely a hangszínt "hanglenyomatként" alkalmazza.

► Minél több felharmonikus van egy hangban (gazdagabb a hangspektruma), annál dallamosabb.



5. ábra – Húros hangszerek



6. ábra – Fúvóshangszerek



7. ábra – Ütőshangszerek



8. ábra – Egy rugalmas közeg nem periodikus rezgéseit zajként érzékeljük.

Spektrális összetétel:

- a tiszta hangnak csak egy frekvenciája van (amit alapprofrendiának nevezünk);
- a tiszta hang felharmonikusai olyan hangok, amelyek frekvenciája az alapprofrendi egész számú többszörösei;
- a hangforrások az alaphang mellett, a forrásra jellemző felharmonikusokat is kibocsátanak;

Hangszín:

- a hang azon tulajdonsága, amely lehetővé teszi a különböző források által kibocsátott hangok megkülönböztetését, ha azonos a frekvenciájuk és erősségük;
- a hangforrás hangszínét a forrás által kibocsátott alaphangot kísérő felharmonikusok adják meg;
- a hangszín lehet vokális (az emberi hangot jellemzi) vagy hangszeres (az egyes hangszerekre jellemző).

► Zenei hangokat néhány madár, az ember és hangszer is hozhat létre.

► A hangszerek hangját annak rezgő részei hozzák létre: rugalmas húrok, melyeket ütéssel, dörzsöléssel vagy pengetéssel rezegtetünk (5. ábra); a hangszer belsejében lévő levegőoszlop (6. ábra); membránok, lamellák vagy rugalmas lemezek (7. ábra).

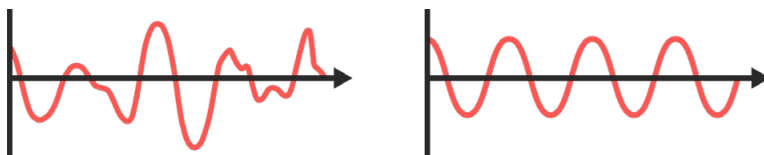
► A zajt a hangforrások nem periodikus rezgése okozzák. Mivel ezeknek a rezgéseknek a frekvenciája állandóan változik, a zajoknak nincs meghatározott magasságuk (8. ábra).



Ellenőrizd, hogy megértetted-e!

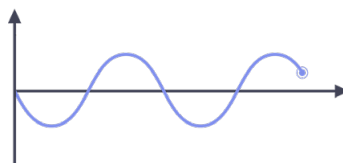
1 Ha bekötött szemmel hallgatod egy osztálytársad hangját, meg tudod állapítani, hogy ki szólalt meg. A hang melyik tulajdonsága teszi ezt lehetővé?

2 Az alábbi képek közül melyik ábrázolja a zaj időbeli változását? Indokold meg a választ.

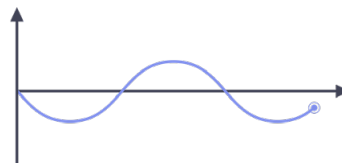


Alkalmazd a tanultakat!

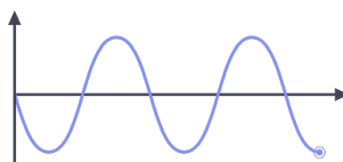
Az alábbi képek különböző hangmagasságú hangokat ábrázolnak az idő függvényében (idő a vízszintes tengelyen). Helyezd az ábrákat a hangmagasság szerint növekvő sorrendbe.



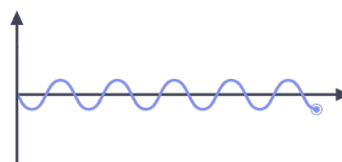
a.



b.



c.



d.

Kísérletezz otthon!

A hang terjedése

1. Hangtölcsér

● **Szükséged lesz:** egy kb. 70 cm hosszú és 50 cm széles kartonlapra, ragasztószalagra.

● **Mit kell tenned:**

Készíts egy olyan kartonkúpot (tölcsért), amelynek egyik végén egy kis nyílás (2-3 cm átmérőjű), a másik végén pedig egy jóval nagyobb nyílás legyen. A ragasztószalaggal ragaszd meg a tölcsért, hogy ne váljon szét.

A tölcsért kint a szabadban kell használnod úgy, hogy a keskeny végét a füledhez tartod. Változtasd meg többször a tölcsér tájolási irányát, és hallgasd figyelmesen a hangokat. Van-e különbség aközött, amit a tölcséren keresztül hallasz, és aközött, amit szabad füllel hallasz?

Jegyezd le, és magyarázd meg a válaszod.

2. Zsineges telefon

● **Szükséged lesz:** két műanyag pohárra, több méternyi hosszú zsinegre, ragasztóra.

● **Mit kell tenned:**

Rögzítsd a zsineg egyik végét a ragasztó segítségével az egyik pohár aljához, a másik végét pedig a másik pohár aljára.



Ezzel az eszközzel cseveghetsz egy távolabb lévő osztálytársaddal, ha a zsineget kifeszítitek a két pohár között. Te beszélj bele az egyik pohárba, miközben a társad a fülét a nála lévő pohár szájához illeszti, és hallgatja, hogy mit üzensz neki.



Hajts végre módosításokat az eszközödnön (cseréld le a zsinórt fémszállra, feszítsd meg jobban vagy kevésbé a zsinórt, cseréld le a műanyag poharakat különböző méretű papírpoharakra vagy üres konzervdobozokra. *Melyik esetben hallotta jobban a társad, amit mondtál?* Jegyezd le, és magyarázd meg a válaszod.

Mechanikai hullámok.

Szeizmikus hullámok

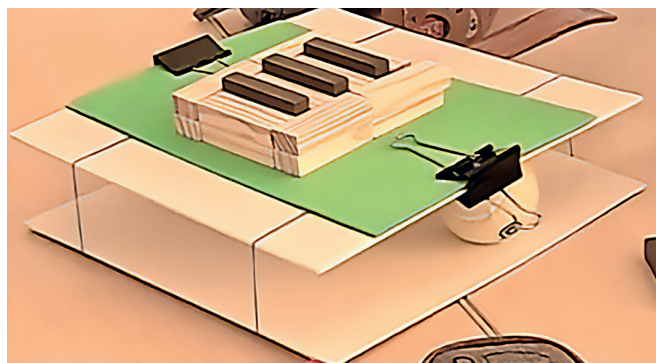
3. A földrengés ... szimulátor

● **Szükséged lesz:** 2 db. nagy vászonkartonlapra, 2 gumiszalagra, 2 teniszlabdára, egy nagy papírkapocsra, fadarabokra, ragasztóra.

● **Mit kell tenned:**

A két kartonlapot fogd össze a két gumiszalaggal, majd húzd szét őket annyira, hogy a két teniszlabdát közéjük tedd. A felső kartonlaphoz rögzítsd a papírkapcsot az alábbi képen látható módon. Elkészítetted a földrengésszimulátort!

Húzd magad felé a kapcsot, majd engeddd el. Figyeld meg a kartonlapok rezgéseit! Létrehoztál egy „földrengést”!



A fadarabokból a ragasztó segítségével készíts különböző típusú épületeket, olyanokat, amelyek hasonlítanak a lakókörnyezeted épületeihez.

Helyezd el az épületeket egyenként a szimulátoron, és figyeld meg, hogy az általam keltett földrengések milyen hatással vannak ezekre.

Beszéld meg a szüleiddel/testvéreiddel, és fogalmazz meg hipotéziseket arról, hogy milyen épületek állnak jobban ellen a földrengéseknek. Ellenőrizd le ezeket a feltételezéseket a szimulátor segítségével.

Filmezd le (lassított felvétellel) vagy fényképezd le az általam épített épületek viselkedését a szimulált „földrengések” során.

Írj egy beszámolót, amelyben bemutatsz a kutatásod eredményeit.

Önálló projekt



A Végezz hallásérzékenység vizsgálatot családtagjaiddal. Vizsgáld meg hallásukat a Physics Toolbox Sensor Suite alkalmazás „Hanggenerátor” opciójával. A vizsgálat során a következő kérdésekre próbálj választ találni:

- Melyik családtagod hallja a legalacsonyabb frekvenciájú hangokat? Mekkora ennek a frekvenciának az értéke?
- Melyik családtagod hallja a legmagasabb frekvenciájú hangokat? Mekkora ennek a frekvenciának az értéke?
- Melyik családtagod hallja a legnagyobb frekvenciatartományban a hangokat?
- A frekvenciatartomány szélessége (amelyben hallod a hangokat) függ attól, hogy milyen hangosan hallgatsz?
- Függ-e a hallásérzékenység attól, hogy milyen napszakban tesztelted a családtagok hallását?
- A családban kinek a legalacsonyabb a hallásérzékenysége? Határozd meg azokat a lehetséges okokat, amelyek miatt ennek a személynek a hallásérzékenysége a leggyengébb.

B Vizsgáld meg azokat a tényezőket, amelyek hozzájárulhatnak a hallásérzékenység csökkenéséhez, a halláskárosodáshoz. A projektedbe illessz bele egy összefoglalót ezekről a tényezőkről.

C Készíts egy kutatási beszámolót az alábbi felépítésben:

- a. Bevezetés a kutatási témába
- b. A kutatás célja (a vizsgálandó kérdés)
- c. Munkamódszer
- d. A kutatás eredményei és következtetései
- e. Végső következtetések és személyes észrevételek a kutatott témával kapcsolatban



D Készíts vizuális anyagot (plakát, ppt prezentáció, film), amely segít a projekt bemutatásában (kb. 5 perc). A projekt leadása előtt használd az alábbi ellenőrzési listát. Javítsd tovább a projektedet, amíg minden kritériumra „igennel” nem tudsz válaszolni.

	Kritériumok	igen	Nem
1.	A bevezetőben ismerttetted a megfelelő elméleti fogalmakat a hallásérzékenységről és a hallásérzékenység csökkenését okozó tényezőkről.		
2.	Meghatároztad a vizsgálat célját.		
3.	Leírtad röviden, hogy milyen módszerrel vizsgáltad a családtagjaid hallását (milyen alkalmazást használtál; a nap melyik szakában végezted a méréseket; megismételted-e a méréseket más napokon, más napszakban stb.).		
4.	Leírtad a kutatásod eredményeit és következtetéseit (feljegyezted a kapott adatokat, és felhasználtad őket az A. rész összes kérdésének megválaszolásához).		
5.	Leírtad a végső következtetéseket és személyes észrevételeket a projekted témájával kapcsolatban.		
6.	Elkészítetted a projekted vizuális bemutatásához szükséges anyagot.		

Év végi ismétlés

1.1. Egy 10 mm oldalhosszúságú kis kockát egy mérőhengerbe merítünk, miközben a vízszint a hengerben 85 cm^3 -re emelkedik. Mekkora volt a hengerben lévő víz kezdeti térfogata?

1.2. * Mária szobájának méretei $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$. A szobában egy téglalap alakú szőnyeg van, amelynek a szélessége 250 cm. Misi kiszámította, hogy a szőnyeg által nem takart terület $7,25 \text{ m}^2$. Milyen hosszú a szobában lévő szőnyeg?

1.3. Egy testet úgy módosítunk, hogy tömege felére csökken. Hogyan változik a test térfogata?

1.4. Andris szobájában lévő szőnyeg méretei: 180 cm és 2400 mm. Mekkora a szőnyeg területe?

1.5. Anna és az osztálytársai 12:45-kor indulnak egy autóbuzsós kirándulásra, és 16:20-kor érkeznek meg a célállomásra. A város, ahová megérkeznek, 205 kilométerre van attól a várostól, ahonnan elindultak. Mekkora volt az autóbuzs átlagsebessége?

1.6. Egy derékszögű háromszög alakú kertet hálós kerítéssel kell körülvenni. A kert leghosszabb oldala 100 m hosszú, a legrövidebb oldala pedig 60 m. Milyen hosszú háló szükséges (minimálisan) ahhoz, hogy a kertet teljesen körbekerítsük?

2.1. Sanyi egy szánkón ül, amelyet Andris F erővel húz. Számítsd ki, hogy Andris mekkora erővel mozgatja a szánkót egyenes vonalban egyenletesen, tudva, hogy a szánkó tömege 3 kg, Sanyi tömege 45 kg, a súrlódási erő pedig a rendszer teljes súlyának 5%-a.

2.2. Egy vízszintes felületen elhelyezett 4 kg tömegű testre két, $F_1 = 2 \text{ N}$ vízszintes, illetve $F_2 = 2\sqrt{2} \text{ N}$ erő hat. Tudva azt, hogy a test mozgása egyenes vonalú egyenletes, és hogy az F_2 erő $\alpha = 45^\circ$ -os szöget zár be a függőlegessel, az F_1 -gyel azonos oldalon, határozzátok meg a súrlódási erőt.

2.3. Egy 200 N súlyú test egyenletesen felfelé mozog egy $\alpha = 30^\circ$ -os hajlásszögű lejtőn. A test és a lejtő felülete közötti súrlódási erő 100 N. Határozzátok meg:

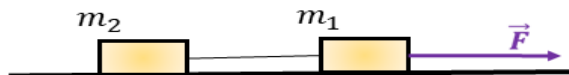
a) a húzóerőt;

b) a test sebességét a lejtőn, ha tudjuk, hogy a lejtő hossza 10 m és az emelkedési idő 10 s.

2.4. Egy $k = 500 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ rugóállandójú rugót két $F_1 = F_2 = 100 \text{ N}$ nagyságú erő nyújt egyszerre. Határozzátok meg a rugó megnyúlását, ha a két erő iránya egymással 120° -os szöget zár be.

2.5. Egy tanuló 2 kg tömegű játékautóval játszik. A játékautót állandó sebességgel mozgatja egy vízszintes felületen. Ha tudjuk, hogy a súrlódási erő a játékautó súlyának $2/8$ -a, határozzátok meg a húzóerőt és a súrlódási együtthatót.

2.6. Két $m_1 = 3 \text{ kg}$ és $m_2 = 7 \text{ kg}$ tömegű testet egy zsinnyal kötünk össze, amint az ábrán is látható. A súrlódási erő mindkét test esetén a saját súlyának a 20%-a. Határozzátok meg: a) az F húzóerő értékét úgy, hogy a rendszer állandó sebességgel mozogjon; b) a fonalban fellépő feszítőerőt. Adott $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.



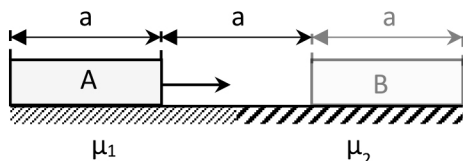
2.7. Egy $1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ rugalmassági állandójú rugóra függesztett üvegekocka 20 cm-rel nyújtja meg a rugót. Határozzátok meg az üvegekocka élének hosszúságát, ha $\rho = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

2.8. Számítsátok ki annak a rugónak a megnyúlását, amely egy $m = 500 \text{ g}$ tömegű testet egyensúlyban tart a vízszintessel $\alpha = 30^\circ$ -os szöget bezáró lejtőn. A rugóállandó $k = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. A lejtőn a súrlódást elhanyagoljuk. Adott $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

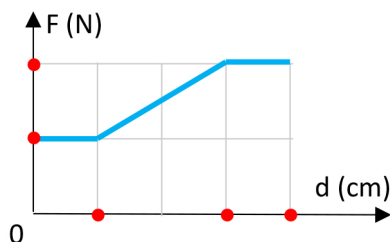
2.9. Egy $G = 2100 \text{ N}$ tömegű vasból készült test egyenletesen emelkedik az $\alpha = 30^\circ$ -os hajlásszögű lejtőn. A test és a lejtő közötti súrlódási együttható $\mu = 0,2$. Számítsátok ki: a) a súlyerő összetevőit; b) a húzóerőt.

2.10. Ahhoz, hogy egy 60 cm hosszú és 30 cm magas lejtőn egy testet egyenletesen felfelé húzzunk, 100 N erőre van szükség, az egyenletes lefelé mozgathatóság pedig 60 N erőre. Számítsátok ki a súrlódási erőt és a test tömegét.

3.1. Egy $m = 1$ kg tömegű és $a = 20$ cm hosszúságú téglatestet állandó sebességgel mozgatunk az A helyzetből a B helyzetbe. Eközben a test az asztal $\mu_1 = 0,2$ súrlódási együtthatóval jellemezett részéről egy másik részére kerül, ahol a súrlódási együttható $\mu_2 = 0,4$. Lásd a mellékelt ábrát!



A húzóerő a test elmozdulásának függvényében változik, ahogy az alábbi grafikonon látható.



a) Egészítsétek ki a hiányzó (pirossal jelölt) értékeket a grafikonon.

b) Számítsátok ki a mozgás során végzett mechanikai munkát.

3.2. Egy lejtőn szabadon hagyott test állandó sebességgel ereszkedik lefelé. Határozzátok meg ennek a lejtőnek a hatásfokát emelkedéskor.

3.3. Egy szivattyú 5 m mélységből vizet szív fel, és 40 m magasba nyomja fel 40 L/perc térfogathozammal.

a) Határozzátok meg a motor hasznos teljesítményét tudva, hogy a víz sűrűsége 1 kg/L.

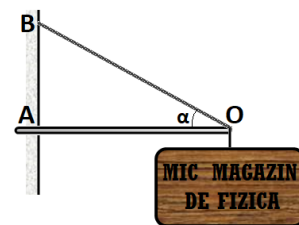
b) Mekkora a motor hatásfoka, ha a fogyasztása 400 W?

3.4. Ha egy sebesen mozgó autó ablakán kitesszük a kezünket, egy faág eltalálhat bennünket. Helyes-e, ha azt mondjuk, hogy az ág mechanikai munkát végzett, tehát energiával rendelkezik? Ha igen, milyen típusú energiája van?

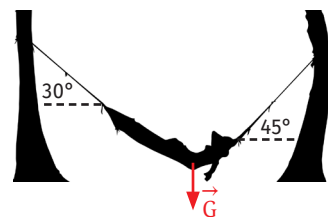
4.1. Számítsátok ki egy $m = 250$ kg tömegű felvonó tartókötélben fellépő feszítőerőt a következő esetekben:

- egyenletes emelkedés;
- álló helyzetben;
- egyenletes ereszkedés ($g = 10$ m/s²).

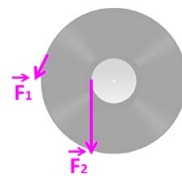
4.2. Egy cégtáblát az OA rúd és az OB kábel végére függesztettek, ahogyan a mellékelt ábra mutatja. Számítsátok ki a kábelre ható feszítőerőt tudva, hogy a rúd és a kábel által közrezárt szög $\alpha = 30^\circ$ és a cégtábla tömege $m = 5$ kg.



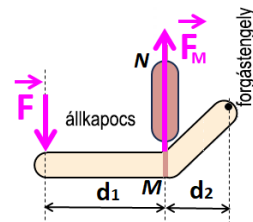
4.3.* Egy $m = 68$ kg tömegű ember nyugalomban fekszik egy függőágyban az alábbi ábrán látható módon. A fejénél lévő kötél 45° -os szöget zár be a vízszintessel, a lábánál lévő kötél pedig 30° -os szöget zár be a vízszintessel. Határozzátok meg a két kötélben fellépő, T_1 és T_2 feszítőerőket.



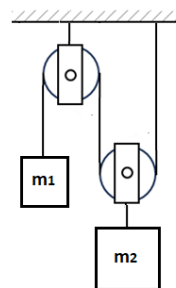
4.4. Az ábrán látható hanglemez a középpontja körül foroghat, és két erő hat rá a korong síkjában: $F_1 = 15$ N és $F_2 = 40$ N. Ezek az erők érintői a korong külső és belső köreinek, és a korongot órajárással ellentétes irányba forgatják $b_1 = 30$ cm és $b_2 = 10$ cm erőkarokkal. Mekkora kell legyen az $F_3 = 34$ N erőnek a karja, és hogyan kell forgatnia az F_3 erőnek a korongot, hogy az egyensúlyba kerüljön?



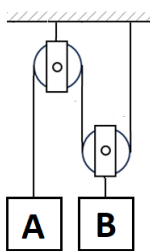
4.5. Egy $m = 45$ kg tömegű, földdel töltött talicska súlypontja 0,5 m-re van a keréktől. Ha a fogantyúk 1,8 m-re vannak a keréktől, mekkora erő szükséges a talicska felemeléséhez?



4.6. A mellékelt ábrán az emberi állkapocs sematikus ábrázolása látható, amely egy emelőnek felel meg, amikor az állkapocs MN rágóizma rágási folyamatban vesz részt. Mekkora erővel hat a rágóizom, amikor a harapóerő $F = 100$ N? Tudjuk, hogy $d_1 = 7,5$ cm és $d_2 = 3,5$ cm. Milyen típusú emelőnek felel meg ez a rendszer?



4.7. Az ábrán látható rendszer egyensúlyban van. Mekkora erővel nyomja a talajt az $m_2 = 100$ kg tömegű test, ha $m_1 = 30$ kg?



4.8. Az ábrán látható B test állandó 2 m/s sebességgel ereszkedik lefelé. Milyen sebességgel emelkedik az A test?

4.9. Két teherautó azonos súlyú rakományt szállít. Az egyik szalmabálát, a másik búzacsákókat szállít. Gyuri azt mondja, hogy mindkét teherautónak ugyanolyan a stabilitása. Dóra pedig azt állítja, hogy

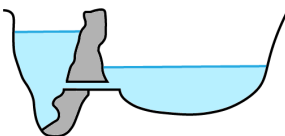
a szalmabálával megrakott autó borul fel könnyebben. Melyik gyerekeknek van igaza? Magyarázd meg!

4.10. Hogyan kell ülnünk a villamoson, hogy egyensúlyunk a lehető legstabilabb legyen: arccal az ablak felé, vagy menetirányba fordulva?

5.1. Tudjuk, hogy amikor a cirkuszi elefánt egy lábon áll, akkor is ugyanakkora a súlya, mint amikor mind a négy lábán áll. A talajra gyakorolt nyomása:

- nagyobb, ha az elefánt mind a négy lábán áll;
- kisebb, ha az elefánt mind a négy lábán áll;
- kisebb, ha az elefánt csak egy lábon áll;
- ugyanakkora, függetlenül attól, hogy az elefánt hogyan áll.

5.2. Két tavat egy földalatti csatorna köt össze. Milyen irányban fog áramlani a víz a kettőt összekötő csatornán?



5.3. Egy merülés során Sanyi vízszintes testhelyzetben, 5 méteres mélységben csodálja a korallokat a tengerfenéken. Adott pillanatban 180° -os fordulatot tesz a testével vízszintes tengelye körül, hogy megcsodáljon egy, a feje felett elhaladó teknőst. Mekkora nyomást gyakorol a víz Sanyi hasára mindkét esetben külön-külön? ($\rho = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; p_0 megközelítőleg 1 bar)

5.4. Az ábráscet 2 000 m mélyre is leereszkedik, hogy kedvenc táplálékát, a mélységi tintahalat megtalálja. Számítsátok ki, mekkora erővel nyomja a víz a hal testének minden egyes négyzetméterét. Mekkora tömeg súlyának felel meg ez az erő a Föld felszínén? ($\rho = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; p_0 körülbelül 1 bar)

5.5. A Földön, a tengerszinten mért normál légköri nyomás egy fizikai atmoszféra. A Marson a légköri nyomás 0 m magasságban, ami a földi tengerszintnek felel meg, 600 Pa. Határozzátok meg:

- a Földön, tengerszinten álló, 5 m alapsugárral rendelkező hengeres űrhajó tetejére ható erőt;

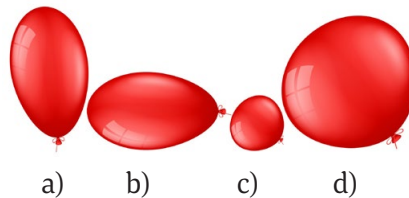
- az ugyanennek az űrhajónak a tetejére ható erőt, amikor az a Marson 0 méteres magasságban áll;

c) az F_F és F_M erők arányát ($\frac{F_F}{F_M}$), amelyek az űrhajó felszínére hatnak a Földön illetve a Marson.

A légköri nyomásváltozást elhanyagolhatónak tekintjük az űrhajó magassága mentén.

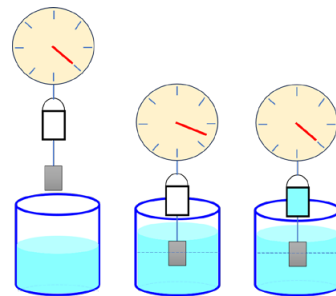
5.6. Egy Északi-tengeri olajfúró platform időszaki ellenőrzésének elvégzéséhez (a tengervíz sűrűsége $1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) egy mélytengeri búvár 250 méteres mélységbe ereszkedik le. Számítsátok ki, mekkora nyomás hat a búvárra ebben a mélységben. Fejezzétek ki ezt a nyomást fizikai atmoszférában is.

5.7. A mellékelt léggömböt héliummal (a levegőnél könnyebb gáz) töltjük meg, és szabadon engedjük. Válaszd ki az alábbi lehetőségek közül, hogy milyen alakzatot fog felvenni a léggömb, amikor felemelkedik:



5.8. Egy halász 10 kg tömegű horgonnyal szeretné rögzíteni csónakját egy tó közepén. Amikor a horgony teljesen a vízben van, a horgász azt tapasztalja, hogy az erő, amellyel a horgonyt tartja, kisebb. Ha tovább súlylyeszti, akkor a horgony megtartásához szükséges erő:

- kisebb;
- ugyanakkora;
- nagyobb;
- nem határozható meg.



5.9. Miért tér vissza a dinamométer mutatója a kiindulási helyzetbe, amikor az üres hengert megtöltjük vízzel?

6.1. Egy részecske rezgési frekvenciája 25 Hz. Hány teljes rezgést végez a részecske egy perc alatt?

6.2. Egy rugalmas húron lévő részecske 1 perc alatt 900 teljes rezgést végez. Hallható a rezgő húr által keltett hangot? Indokold meg a válaszod.

Útmutatások és válaszok

1. Fizikában használt matematikai fogalmak és modellek

15. old. Alkalmazd! $1. \rho_2 = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Rightarrow \rho_2 > \rho_1$ vagy $\rho_1 = 2,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \Rightarrow \rho_1 < \rho_2$. **2.** $a_1 = 1,11 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $a_2 = 0,18 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \Rightarrow a_1 > a_2$. **3.** 330 kg magra van szüksége, vagyis 14 zacskó (az utolsó zacskóból csak 5 kg-ot használ fel). **4.** Az üres befőttesüveg tömege: $m = 570 \text{ g}$, a befőttesüveg falainak térfogata: $V = 228 \text{ cm}^3$. **19. old. Ellenőrizd!** **1.** 1,79 m. **2.** 30° ; 60° ; 90° . **Alkalmazd!** **3 m.** **23. old. Ismétlő feladatok.** **1. d.** **2. c.** **3. a.** **5.** $3,6 \text{ m}^2$. **6.** $0,2 \text{ cm}^2$; a gemkapcsok kissé különbözhetnek. **7.** 1,2 mL. **8.** 6 m. **9.** 5 m. **10.** b. **11. a.** **24. old. Ismeretlenőrző teszt:**

Önértékelés. Töltsd ki az üres sort az önértékelési pontszámaiddal.

1. feladat				2. feladat				3. feladat				4. feladat	5. feladat
0,25p	0,25p	0,25p	0,25p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	2p	2p
F	A	F	A	a	b	b	c	irány irányítás	számérték mértékegység	felvettük következ- tetéseket vonunk le	a dolgozat elmélete a kísérlet következtetéseiben	$a_1 = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $a_1 > a_2$	25 cm^3

2. Mechanikai jelenségek. Kölcsönhatások

33. old. Ellenőrizd! a) 28,65 N; b) 5 N; c) 12,57 N; d) 11,35 N. **Alkalmazd!** $v = 5,19 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. **35. old. Alkalmazd!** $R = 100,6 \text{ N}$. **38. old. Ellenőrizd!** $3. g_L = 1,63 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$; 6,13-szor. **43. old. Alkalmazd!** a) $G = 3250 \text{ N}$; b) $\mu = 0,207$. **45. old. Ellenőrizd!** b) $G_1 = 100 \text{ N}$; $G_2 = 80 \text{ N}$; c) $T = 180 \text{ N}$. **47. old. Alkalmazd!** $k_s = \frac{k}{2}$; $k_p = 2 \cdot k$. **50. old. Alkalmazd!** $T = 261,6 \text{ N}$. **51. old. Alkalmazd!** $k = 160000 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. **53. old. Ismétlő feladatok.** **1.** $R = 0 \text{ N}$. **2.** $F = 0 \text{ N}$. **3.** $F_s = 30 \text{ N}$, $m = 15 \text{ kg}$. **4.** $F = 200 \text{ N}$. **5.** $F = 37,5 \text{ N}$. **6.** $F = T = 10 \text{ N}$. **7.** $F = 4,39 \text{ N}$, $T = 5,78 \text{ N}$. **8.** $\Delta l = 0,026 \text{ m} = 2,6 \text{ cm}$. **9.** $l = 50 \text{ m}$. **10.** $m = 38,25 \text{ kg}$. **11.** $T_{\text{ereszkedés}} = 520 \text{ N}$, $T_{\text{emelkedés}} = 680 \text{ N}$. **12.** $F_s = 20 \text{ N}$. **54. old. Ismeretlenőrző teszt:**

Önértékelés. Töltsd ki az üres sort az önértékelési pontszámaiddal.

1. feladat				2. feladat				3. feladat				4. feladat		5. feladat	
0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	1p	1p	1p	1p
A	F	A	F	a)	b)	b)	b)	érintkezési erők	egyenlő megegyező ellentétes	összeté- tel	rugalmas erőknek	az erők helyes ábrázolása	600 N	718 N	0,4

3. Mechanikai jelenségek. A mechanikai munka. Energia

71. old. Ismétlő feladatok. **1.** $L = 25\,000 \text{ J}$. **2.** $F = 40 \text{ N}$. **3.** $d = 0,8 \text{ m}$. **4.** $L_G = 1\,500\,000 \text{ J}$; $L_R = -1\,500\,000 \text{ J}$; $L_{\text{oldal}} = 0$. **5.** $P = 25\,000 \text{ W}$. **6.** $t = 500 \text{ s}$. **7.** $L = 240\,000 \text{ J}$. **8.** $v = 0,16 \text{ m/s}$. **9.** $v_2 = 0,48 \text{ m/s}$. **10.** 20%. **11.** $\eta = 0,64$. **12.** a) $L_{\text{hasznos}} = 10 \text{ J}$; b) $L_{\text{haszontalan}} = 7,5 \text{ J}$; c) $\eta = 0,571$. **13.** $E_{m1} = 150 \text{ J}$, $E_{m2} = 75 \text{ J}$, $E_{m2} < E_{m1}$. **14.** $m = 2 \text{ kg}$. **15.** $v = 4 \text{ m/s}$. **16.** $E_{pg} = 1,6 \cdot 10^{15} \text{ J}$. **17.** $E_{pr} = 1,25 \text{ J}$. **18.** $E = 8,5 \cdot 10^8 \text{ J}$. **20.** b, c, d, e, g, h, j, h, l. **72. old.**

Ismeretlenőrző teszt:

Önértékelés. Töltsd ki az üres sort az önértékelési pontszámaiddal.

1. feladat		2. feladat		3. feladat		4. feladat		5. feladat	6. feladat		
0,7	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1
a	b	a	b	a	b	a	b		a	b	c
*	**	a	a	H	I	3 750 J	4 800 W	***	900 J	900 J	6 m/s

* skaláris, az erő, elmozdulás, szorzatával, irány, irányítása, elmozdulás

** mozgási, mozgásban lévő, tömegétől

*** a grafikon egy olyan egyenes, amely összeköti a (0,8 m, 4 J) és (2 m, 10 J) koordinátájú pontokat

4. Mechanikai jelenségek. A testek egyensúlya

76.old. Ellenőrizd! **5.** $N_1 = 8 \text{ N}$; $N_2 = 3 \text{ N}$; $N_3 = 0 \text{ N}$. **80.old.** Ellenőrizd! **2.** 2 korong. **95.old.** Ismétlő feladatok. **2.** 0,57. **3.** a) 38 400 Nm; b) 16 kN. **4.** 300 N. **5.** 3 tűzoltó. **6.** 250 N. **7.** 2G; G; 2G. **8.** $m_2 = 2 \text{ kg}$; $m_3 = 4 \text{ kg}$; $m_4 = 8 \text{ kg}$. **96.old.** Ismeretellenőrző teszt:

Önértékelés. Töltsd ki az üres sort az önértékelési pontszámaiddal.

1. feladat	2. feladat				3. feladat						4. feladat				5. feladat	
2p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,25p	0,25p	0,25p	0,25p	0,25p	0,25p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	1p	0,5p
	a	b	c	d	F1	F2	F3	F4	F5	F6	a	b	c	d	a	b
c	A	F	F	F	500 N	500 N	250 N	250 N	250 N	500 N	N, G, F	II	60 N	*	2 N	2 N

* 4/d. A súlypontból húzott merőleges nem esik a bőrrönd alátámasztási felületére.

5. Mechanikai jelenségek. A folyadékok statikája

99.old. Ellenőrizd! **2.** $G = 20\,000 \text{ N}$. **Alkalmazd!** **1.** $p_2 > p_1$. **102.old.** Ellenőrizd! **1.** $p_h = 5\,637\,500 \text{ Pa}$. **2.** $\Delta p = 8\,200\,000 \text{ Pa}$. **105.old.** **Alkalmazd!** **1.** $p = 204\,325 \text{ Pa}$. **3.** a) $G = 2 \text{ N}$; b) $p = 500 \text{ Pa}$; c) $\frac{p_0}{p} = 202,65$. **107.old.** **Alkalmazd!** $F_1 = 10 \text{ N}$. **111.old.** **Alkalmazd!** $V_{\text{látható}} = 113,6 \text{ m}^3$. **113.old.** Ismétlő feladatok **2.B.** $p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $p_2 = 4 \cdot 10^8 \text{ Pa}$. **5.** a) $G = 300 \text{ N}$; b) $p = 3 \cdot 10^4 \text{ Pa}$; c) $p_h = 3 \cdot 10^4 \text{ Pa}$. **6.** $F = 6\,282,15 \text{ N}$. **7.** $p = 1\,131\,325 \text{ Pa}$. **8.** $G = 250 \text{ N}$. **9.** c); **10.** $F_1 = 100 \text{ N}$. **11.** $S_2 = 200 \text{ cm}^2 = 0,02 \text{ m}^2$. **12.** a). **13.** $V_{\text{teljes}} = 9\,000 \text{ m}^3$. **14.** $f = 50\%$. **114.old.** Ismeretellenőrző teszt:

Önértékelés. Töltsd ki az üres sort az önértékelési pontszámaiddal.

1. feladat				2. feladat				3. feladat				4. feladat		5. feladat
0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	1p	1p	2p
A	F	A	F	d)	c)	b)	c)	nyomás erő	súly hidrosztatikai	nyugalomban nyomás egyensúly	erő nyomás	3,09 N	1030 Pa	90 000 N

6. Mechanikai jelenségek. Mechanikai hullámok. A hang

118.old. **Alkalmazd!** a. 2,5 Hz; b. 0,4 s. **125.old.** **Alkalmazd!** **1.** 17 m. **2.** 1,36 km. **131.old.** Ismeretellenőrző teszt:

Önértékelés. Töltsd ki az üres sort az önértékelési pontszámaiddal.

1. feladat				2. feladat				3. feladat				4. feladat		5. feladat
0,25p	0,25p	0,25p	0,25p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	0,5p	1p	1p	2p
F	A	F	F	b	d	c	b	rezegnek longitudinális	infrahangoknak ultrahangoknak	ismétlődésének visszaverődik	hullám hallásérzetet	6 000	100 Hz	375 m

Év végi ismétlés

132.old. **1.1.** $1,84 \text{ cm}^3$. **1.2.** $3,5 \text{ m}$. **1.4.** $4,32 \text{ m}^2$. **1.5.** $15,89 \text{ m/s}$. **1.6.** 240 m . **2.1.** $F = 24 \text{ N}$. **2.2.** $F_f = 4 \text{ N}$. **2.3.** a) $F = 200 \text{ N}$; b) $v = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. **2.4.** $\Delta l = 0,2 \text{ m}$. **2.5.** $F = 5 \text{ N}$, $\mu = 0,25$. **2.6.** a) $T = 14 \text{ N}$; b) $F = 20 \text{ N}$. **2.7.** $l = 0,2 \text{ m}$. **2.8.** $\Delta l = 2,5 \text{ cm}$. **2.9.** a) $G_t = 1\,050 \text{ N}$, $G_n = 1\,050\sqrt{3} \text{ N} = 1\,816,5 \text{ N}$; b) $F = 1\,413,3 \text{ N}$. **2.10.** $F_s = 20 \text{ N}$, $m = 16 \text{ kg}$. **3.1.** b) $L = 1,2 \text{ J}$. **3.2.** $0,5$. **3.3.** a) $P_h = 300 \text{ W}$; b) $0,75$. **3.4.** helyes, mozgási energia. **4.1.** Mindhárom esetben $T = G = 2\,500 \text{ N}$. **4.2.** 100 N . **4.3.** $T_1 = 609,6 \text{ N}$; $T_2 = 497,7 \text{ N}$; fordítva, ha a baloldali fonal az 1-es. **4.4.** 25 cm , az óra járásával megegyező irányba. **4.5.** 125 N . **4.6.** 314 N . **4.7.** 400 N . **4.8.** 4 m/s . **5.1.** b). **5.3.** $p_h = 151\,500 \text{ Pa}$. **5.4.** $F = 207 \cdot 10^5 \text{ N}$; $m = 207 \cdot 10^4 \text{ kg}$. **5.5.** a) $F_F = 7\,954\,012,5 \text{ N}$; b) $F_M = 47\,100 \text{ N}$; c) $\frac{F_F}{F_M} = 168,88$. **5.6.** $p = 2\,676\,325 \text{ Pa}$, $p = 26,41 \text{ atm}$. **5.7.** d). **5.8.** b). **6.1.** $1\,500 \text{ rezgés}$.

Cristian Presură (koordinátor)
Daniela Berchez • Károly Bogdan • Gabriela Deliu
Petronela Ioja • Aneta Mihalcsik • Daniela Țepeș

Fizika

VII. osztályos tankönyv



ISBN: 978-630-6526-82-6



9 786306 526826

www.edituracorint.ro