FYZIKA 8

pre 8. ročník základnej školy
a 3. ročník gymnázia
s osemročným štúdiom

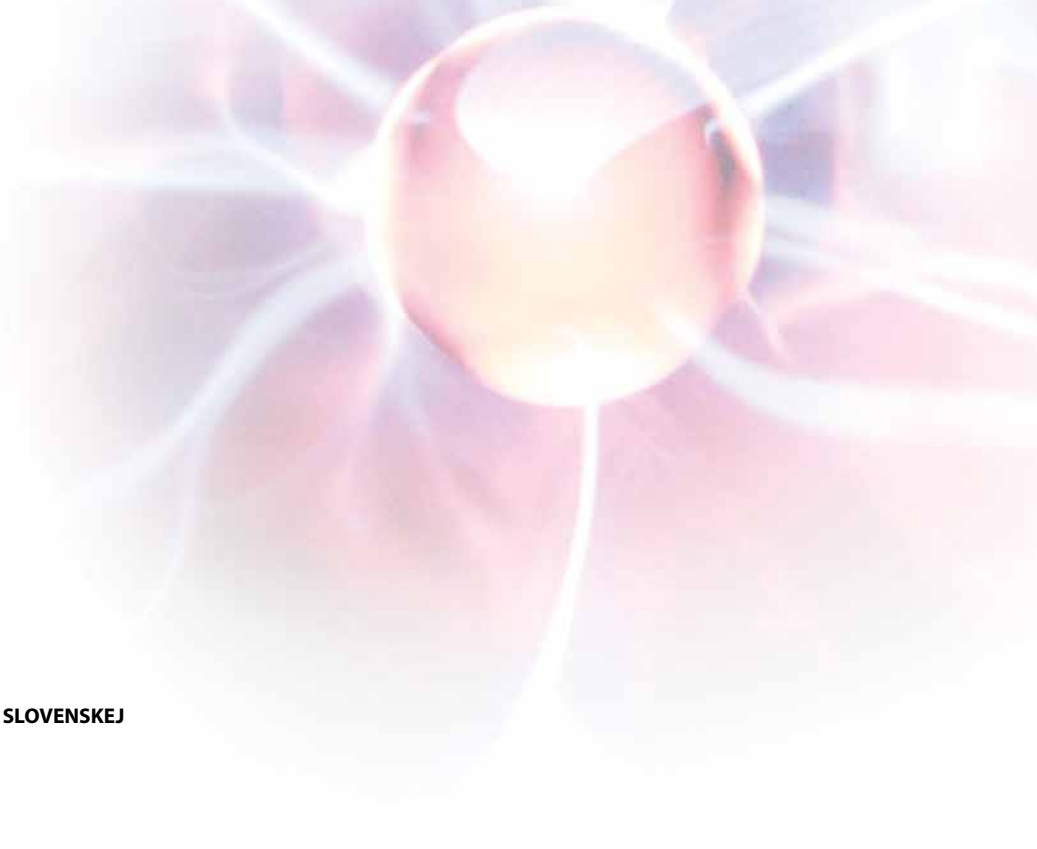
Viera Lapitková
Václav Koubek
Ľubica Morková

VYDAVATEĽSTVO MATICE SLOVENSKEJ

FYZIKA 8

pre 8. ročník základnej školy
a 3. ročník gymnázia
s osemročným štúdiom

Viera Lapitková
Václav Koubek
Ľubica Morková



VYDAVATEĽSTVO MATICE SLOVENSKEJ

Fyzika pre 8. ročník základnej školy
a 3. ročník gymnázia s osemročným štúdiom

© **Autori:**
doc. RNDr. Viera Lapitková, CSc.
doc. RNDr. Václav Koubek, CSc.
Mgr. Ľubica Morková

Lektorovali:
Mgr. Jozef Škarba
Mgr. Jana Dudášová

Schválilo Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky
pod č. 2012-698/1199:2-919 zo dňa 12. januára 2012 ako učebnicu fyziky pre 8. ročník základnej školy a 3. ročník gymnázia s osemročným štúdiom.
Schvaľovacia doložka má platnosť 5 rokov.

Odborná redakcia: RNDr. Eva Danišová
Jazyková redakcia: Júlia Schwandnerová
Grafický návrh a úprava: Roman Krause
Ilustrácie: Václav Koubek, Zuzana Lapitková, Jana Kovalčíková
Fotografie: Ľubica Morková, Michal Pišný, Vladimír Zjavka, Stanislav Muntág, Juraj Gavura, ISIFA, Thinckstock
Schematické skice: Václav Koubek, Jana Útla, Peter Kovalčík, Mária Zjavková, Roman Krause
Mapky: Ján Lomenčík
Grafy: Ivana Vaváková

© **Vydavateľstvo Matice slovenskej, s. r. o.**
Mudroňova 1, 036 52 Martin, Slovensko
info@vydavatel.sk
www.vydavatel.sk

Všetky práva vyhradené.
Toto dielo ani žiadnu jeho časť nemožno reprodukovať bez súhlasu majiteľa práv.

Prvé vydanie, 2012

Vytlačila Neografia, a. s., Martin

ISBN 978-80-8115-045-6

modrá podtlač – označuje rozširujúce učivo

žltá podtlač – označuje zhrňujúce učivo

OBSAH

Čo sa budeme učiť 5

1. SVETLO

Skúmanie vlastností svetla 9

1.1 Slnečné žiarenie, svetlo a teplo 9
1.2 Zdroje svetla 12
1.3 Rozklad svetla 17
1.4 Skladanie farebných svetelných lúčov 23
1.5 Absorpcia svetla 27
Projekt 1 34
Čo sme sa naučili 36
Test 1 – vyskúšaj sa 38

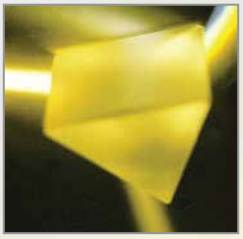
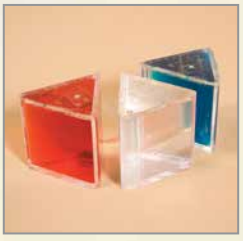
Odraz a lom svetla 39

1.6 Odraz svetla 40
1.7 Lom svetla 44
1.8 Šošovky 49
1.9 Prechod význačných lúčov šošovkami 53
1.10 Zobrazenie spojnou a rozptylnou šošovkou 57
1.11 Optické vlastnosti oka 61
1.12 Využitie šošoviek 65
Projekt 2 71
Čo sme sa naučili 72
Test 2 – vyskúšaj sa 75

2. SILA A POHYB. PRÁCA. ENERGIA

Skúmanie sily 77

2.1 Telesá pôsobia na seba silou. Účinky sily 77
2.2 Gravitačná sila a hmotnosť telesa 81
2.3 Meranie sily. Znázornenie sily 86
2.4 Skladanie síl. Rovnováha síl 90
2.5 Otáčavé účinky sily 94
2.6 Ťažisko telesa a jeho určenie 99
2.7 Tlaková sila. Tlak 103

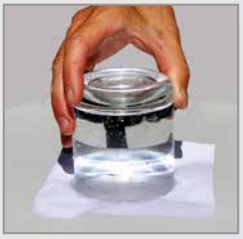
2.8 Sily pôsobiace v kvapalinách 107
2.9 Tlak v kvapalinách. 113
2.10 Atmosférický tlak 116
2.11 Trenie. Trecia sila a jej meranie 122
2.12 Škodlivé a užitočné trenie 127
Projekt 3 134
Čo sme sa naučili 135
Test 3 – vyskúšaj sa 139

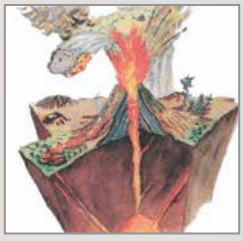
Pohyb telesa 142
2.13 Opis pohybu telesa 143
2.14 Pohyb rovnomerný a nerovnomerný 145
2.15 Rýchlosť pohybu 150
2.16 Dráha pohybu 157

Práca. Výkon. Energia 163
2.17 Mechanická práca 164
2.18 Práca na naklonenej rovine a na kladke 167
2.19 Výkon 172
2.20 Pohybová a polohová energia 175
2.21 Vzájomná premena polohovej a pohybovej energie. Zákon zachovania mechanickej energie 179
Čo sme sa naučili 185
Test 4 – vyskúšaj sa 187

Energia v prírode 188
2.22 Energia zo Slnka 188
2.23 Energia, ktorú nevieme využiť a ovládnuť 192
Projekt 4 196

Prílohy 197

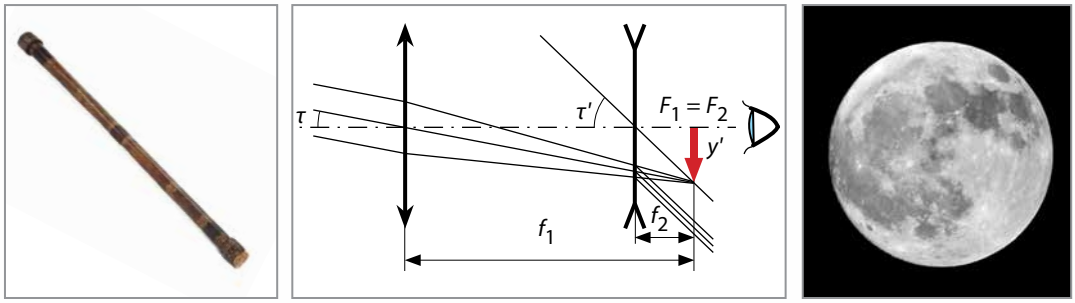




Čo sa budeme učiť

Vynálezy spôsobili veľký pokrok vo vedeckých bádaniach a umožnili postupné zdokonaľovanie technických zariadení a neraz aj zmenu v spôsobe života ľudí.

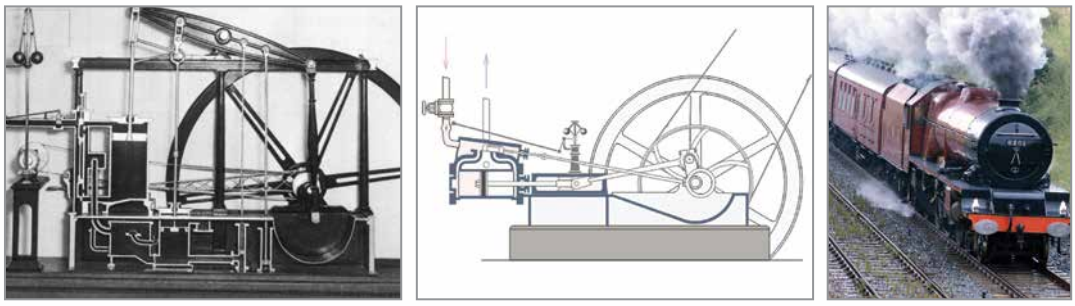
Veľkým prínosom do astronómie bol napr. vynález ďalekohľadu, ktorý sa spája s menom talianskeho fyzika a astronóma **Galilea Galileiho**. Galilei síce ďalekohľad sám nevynašiel, ale dokázal ho zostrojiť a začiatkom 17. storočia využiť ako prvý astronóm na svete na pozorovanie oblohy.



Obr. 1 Galileiho ďalekohľad, jeho schéma zobrazovania a povrch Mesiaca

Galileiho ďalekohľadom mohli astronómovia pozorovať aj také vesmírne objekty, ktoré predtým ležali za hranicami ich zrakových možností. Zistili napr., že Mesiac nemá rovný povrch, ale hornatý a že okolo planéty Jupiter obiehajú štyri mesiace.

Dôležitým vynálezom, ktorý ovplyvnil ľudskú spoločnosť, bol parný stroj. Princíp parného stroja spočíva v premene tepla na prácu a je opísaný v učebnici fyziky pre 7. ročník. V parnom stroji teplo dodané vode premení vodu na vodnú paru, ktorá tlačí silou na piest vo valci a pohybuje ním. Posuvný pohyb piesta sa mení na otáčavý pohyb kolies. Vynález parného stroja (r. 1763) bol jednou z príčin priemyselnej revolúcie, ktorá zmenila život ľudí v osemnástom storočí.



Obr. 2 Model parného stroja, jeho schéma a využitie

Pri opise parného stroja sme použili niekoľko termínov, ktoré označujú dôležité fyzikálne pojmy. Niektorými z nich sa budeme vo fyzike zaoberať v tomto školskom roku.

Teplo, svetlo, sila, pohyb, práca, energia patria ku kľúčovým pojmom fyziky a navzájom úzko súvisia. O teple ste sa učili v minulom školskom roku. Zo skúseností vieme, že slnečné svetlo sa na povrchu našej Zeme mení najmä na teplo a vytvára na ňom podmienky na udržanie života.

Svetlo je dôležité pre naše vnímanie sveta zrakom, preto skúmame zákonitosti jeho šírenia v priestore a zisťujeme, ako sa odráža či láme v rôznych prostrediach. Na základe získaných poznatkov o správaní sa svetelných lúčov vieme zostrojiť ďalekohľad či dioptrické okuliare.

Sila je pojem, ktorý sme doteraz najčastejšie používali pri opise namáhania našich svalov. Pre fyziku je sila fyzikálna veličina, ktorá sa prejavuje zmenou pohybu telies alebo aj zmenou ich tvaru.

Pohyb možno chápať aj ako prejav života, ale nás bude zaujímať najmä z hľadiska pôsobenia sily na telesá, alebo vo vzťahu pohyb – vykonaná práca – energia.

Tak ako v predchádzajúcich učebniciach fyziky, aj v tejto je veľa námetov na experimentovanie. V učebnici začíname pokusmi súvisiacimi s témami, ktoré sa budete učiť v tomto školskom roku. Pokús sa ich opísať alebo aj vysvetliť na základe vlastnej skúsenosti, prípadne použi pri vysvetlení termíny z vyššie uvedeného textu.

Pokus 1

Pozoruj písmená v texte cez kvapku vody na mikroténovej podložke.

Poznámka: Pokus môžeš uskutočniť aj s inými pomôckami, napr. s plastovou fľašou naplnenou vodou či priesvitným plastovým obalom od liekov, v ktorom na miesto, kde bola tabletka, naleješ vodu.

POMÔCKY mikroténové vrecko, noviny, nožnice, kvapka vody

POSTUP

a) Vystrihni z mikroténového vrecka štvorec so stranou dĺžky15 cm.

b) Kvapni do jeho stredu väčšiu kvapku vody.

c) Zdvihni opatrne mikroténovú podložku s kvapkou vody nad noviny a meň vzdialenosť podložky od novín. Pozoruj, ako sa menia písmená v novinách cez kvapku vody.

ODPOVEDZ Ako si vysvetľuješ zmenu veľkosti písmen na novinovom papieri?

Obr. 3 Pozorovanie písmen pomocou kvapky vody

Pokus 2

Presýpaj oceľové guľôčky v trubici a odmeraj hodnoty údajov potrebných na výpočet tepla. Priprav si prezentáciu o priebehu pokusu, výsledkoch meraní a výpočtoch tepla. *(Pracujte v skupinách.)*

POMÔCKY trubica z plastu (papiera) s dĺžkou 1 m a s priemerom okolo 4 cm, 300 g oceľových guľôčok, 3 gumené zátky na trubicu, teplomer (bežný alebo elektronický), váhy

POSTUP

a) Jeden koniec trubice uzavrite zátkou. Nasypte do nej guľôčky a druhý koniec uzavrite druhou zátkou.

b) Do tretej zátky urobte otvor, do ktorého vložíte teplomer (teplotný senzor elektronického teplomeru).

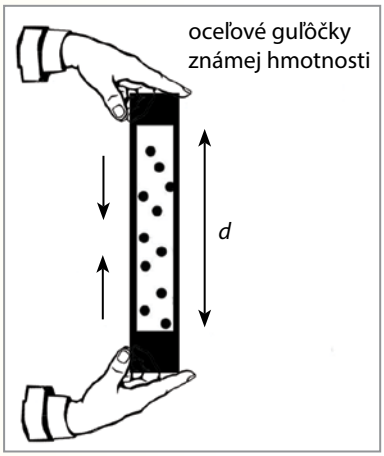
c) Pripravte si do zošitov tabuľku na záznam údajov.

Tabuľka: Údaje potrebné na výpočet tepla

Údaje	Počet otočení:
Začiatočná teplota guľôčok (°C)	
Konečná teplota guľôčok (°C)	
Vypočítané teplo (J)	

d) Rozhodnite, koľkokrát presypete guľôčky v trubici jej otočením vertikálnym smerom, a zaznačte do tabuľky počet otočení (najmenej 30).

e) Po ukončení presýpania vymeňte jednu zátku za zátku s teplomerom (teplotným senzorom). Ak používate sklenený teplomer, pracujte opatrne, aby guľôčky pri dopade na teplomer nerozbili jeho sklenenú trubicu. Odmerajte teplotu guľôčok a zaznačte ju do tabuľky.



Obr. 4 Presýpanie guľôčok

f) Zopakujte si vzťah na výpočet tepla, vypočítajte teplo a zapíšte ho do tabuľky. (Hmotnostnú tepelnú kapacitu c_{ocele} v $\frac{J}{kg \cdot °C}$ nájdite v tabuľkách.)

g) Porovnajte navzájom výsledky, ktoré získali jednotlivé skupiny.

ODPOVEDZ

1. Ak by si chcel zdvojnásobiť rozdiel teplôt guľôčok po ich presýpaní, aké zmeny by si urobil v pokuse?
2. Ako si vysvetľuješ zmenu teploty guľôčok pri presýpaní?
3. Možno nájsť vzťah medzi počtom otočení trubice a vypočítaným teplom?

Vysvetlenie prvého pokusu s kvapkou vody spočíva v pochopení zobrazovania predmetu šošovkami, ktoré sa budeš učiť v kapitole Svetlo. Zohrievanie guľôčok ich presýpaním v trubici sa spája s kapitolou Sila a pohyb. Práca. Energia.

Vieš, že... lúče prechádzajúce cez dieru v oblakoch sa javia ako rozbiehavé, pretože ide o prejav perspektívy. Vzdialené predmety sa nám zdajú menšie a rovnobežky idúce od nás sa zbiehajú. Stačí si spomenúť, ako vyzerajú koľajnice, keď sa pozeráme pozdĺž nich – zbiehajú sa. Na obrázku sú namiesto koľajníc rovnobežné lúče, idúce pomedzi oblaky na zem. Vzdialenosť medzi nimi sa nám v našej blízkosti javí väčšia a v diaľke pri oblakoch menšia, akoby sa smerom k oblakom zbiehali.

Spracoval Mgr. Lukáš Tomek.

Skúmanie vlastností svetla

Svetlo považujeme za niečo celkom samozrejmé. Vieš však, aké má svetlo vlastnosti? Zo skúseností vieme, že svetlo sa šíri priehľadným prostredím a umožňuje nám vidieť. Najväčším prirodzeným zdrojom svetla je Slnko.

Slnečné svetlo k nám prichádza z veľkej vzdialenosti, približne 150 000 000 km. Po tejto dlhej ceste vstúpi do atmosféry našej Zeme a potom dopadá na jej povrch. Túto vzdialenosť prejde približne za 8 min.

Pre svetlo tvorí atmosféra Zeme **optické prostredie**, od ktorého sa časť slnečných lúčov odrazí, časť doň prenikne, láme sa v ňom a dopadá na Zem. Na povrchu Zeme dopadajú slnečné lúče na oceány, zem či predmety. Od Zeme či nepriehľadných predmetov sa časť svetla odráža a časť je nimi pohltená.

1.1 Slnečné žiarenie, svetlo a teplo

Slnko je dôležitý činiteľ pre náš život, a preto sa mnohí fyzici a astronómovia venujú jeho štúdiu. V jadre Slnka neustále prebiehajú procesy, pri ktorých sa vnútro Slnka zohrieva na teplotu, ktorá sa odhaduje až na 20 miliónov °C. Horúci je aj slnečný povrch – jeho teplota je približne 6 000 °C.

Väčšina energie z povrchu Slnka sa vyžiari do vesmíru a len jej malý zlomok dopadá aj na našu Zem.

Viditeľné svetlo predstavuje menej ako polovicu (48 %) žiarenia, ktoré sa k nám zo Slnka dostane. Takmer rovnako veľké zastúpenie (45 %) má tepelné žiarenie (infračervené žiarenie). Zvyšok (približne 7 %) je ultrafialové žiarenie.

Meraniami sa zisťovala hodnota tepla, ktoré dodá slnečné žiarenie pri dopade na zemský povrch – **slnečná konštanta**. Zistená hodnota tepla sa považuje za mieru slnečnej energie, ktorú dodáva Slnko zemskému povrchu.

Skúmanie vlastností svetla

Na riešenie nasledujúcej úlohy je potrebné si zopakovať, ako sa počíta teplo prijaté telesom a s tým súvisiace merania teploty a hmotnosti. Zároveň je potrebné vedieť, čo znamená c – hmotnostná tepelná kapacita danej látky.

Úloha

Navrhni metódu na zistenie slnečnej konštanty. Číselne sa slnečná konštanta vyjadrí ako množstvo tepla dodané slnečným žiarením dopadajúcim na plochu 1 cm² zemského povrchu za 1 min. Svoj návrh zrealizuj. *(Pracujte v skupinách.)*

POMÔCKY zariadenie, na ktoré bude dopadať slnečné žiarenie, meradlá na meranie fyzikálnych veličín: prijatého tepla, veľkosti plochy, na ktorú svetlo dopadá, a príslušného času

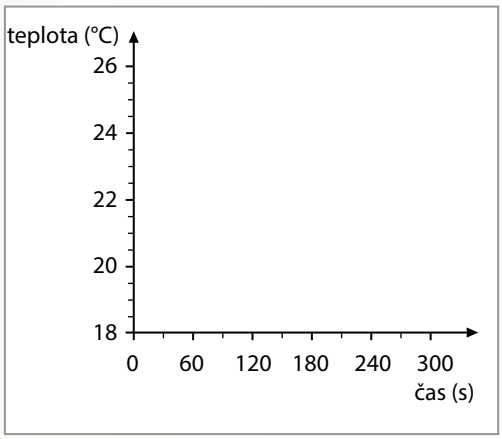
POSTUP

a) Navrhnite a zostrojte zariadenie, na ktoré bude dopadať slnečné svetlo a na ktorom sa budú dať merať potrebné hodnoty na výpočet prijatého tepla.
Príklady takýchto zariadení sú na *obr. 5*.

Obr. 5 Príklady zariadení na meranie slnečnej konštanty

b) Navrhnite a pripravte si do zošitov tabuľku na zaznamenanie hodnôt nameraných v časových intervaloch 30 s počas 5 min.

c) Z nameraných hodnôt teploty a času zostrojte graf.



Poznámka: Pri počítačovom spracovaní údajov môžete použiť súbor **SlnkoKonst.cma** zostavený v C6lite. Návod na vkladanie údajov a ich spracovanie je súčasťou súboru.
Dostupné na www.fyzikus.fmph.uniba.sk

ODPOVEDZ

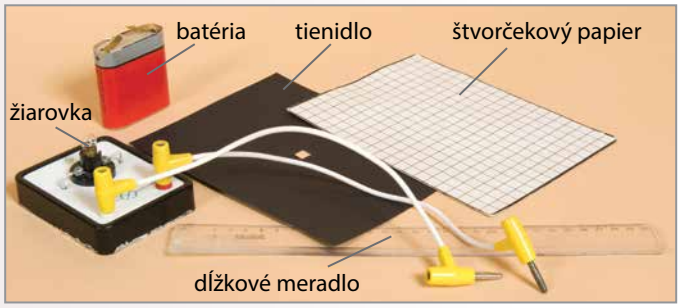
1. Koľko tepla v jouloch dodá slnečné svetlo celej ploche zariadenia za čas 5 min?
2. Koľko tepla v jouloch dodá slnečné svetlo ploche s veľkosťou 1 cm^2 za 1 min?
3. Porovnajte hodnoty slnečnej konštanty, ktoré vypočítali jednotlivé skupiny, s oficiálne stanovenou hodnotou slnečnej konštanty, ktorá je 8,2 J na plochu 1 cm^2 za čas 1 min. Ako sa dajú vysvetliť rozdiely vo výsledkoch?
4. Aké argumenty by ste použili na podporu tvrdenia, že slnečné svetlo je forma energie?

Hodnota slnečnej konštanty je priemerom hodnôt získaných z viacerých meraní slnečného žiarenia, dopadajúceho na zemský povrch. Aj keď sa hodnota nazýva konštantou, mení sa v závislosti od slnečnej aktivity. V predchádzajúcej úlohe sme zjednodušili meranie oproti výskumným meraniam a prispôsobili ho školským podmienkam. Výskumné meranie sa od školského odlišuje veľkosťou plochy, na ktorú svetlo dopadá, a meraným časom. Hodnota slnečnej konštanty pre naše merania by mala byť **okolo 8,2 J na plochu 1 cm^2 za čas 1 min**. Oficiálne sa slnečná konštanta definuje ako celkový tok slnečnej energie, dopadajúci kolmo na plochu 1 m^2 vo vzdialenosti 150 000 000 km (stredná vzdialenosť Zem – Slnko). Táto vzdialenosť sa označuje ako astronomická jednotka dĺžky a má značku AU. Stredná hodnota takto definovanej slnečnej konštanty je 1 368 J na plochu 1 m^2 za 1 s, čo je v prepočte 8,2 J na plochu 1 cm^2 za 1 min.

Poznámka: Informácie o meraní slnečnej konštanty možno nájsť aj na internete, napr.: http://sk.wikipedia.org/wiki/Slnečná_konštanta

Domáca príprava na vyučovanie

Na nasledujúcich hodinách fyziky budeme skúmať svetlo. Priprav si pomôcky, ktoré na to budeš potrebovať *(obr. 6)*:



Obr. 6 Pomôcky potrebné na skúmanie vlastností svetla

- dĺžkové meradlo s dĺžkou 1 m, možno použiť aj pravítko,
- štvorec z tvrdého čierneho papiera s rozmermi 20 × 20 cm a v strede s otvorom 1 × 1 cm – tienidlo,
- štvorec z tvrdého papiera 20 × 20 cm, na ktorom je nalepená štvorcová sieť (štvorce s rozmermi 1 × 1 cm) – štvorčekový papier,
- malá žiarovka a batéria s napätím 4,5 V.

Pomôcky sú určené pre celú skupinu. Prácu na ich príprave si rozdeľ so spolužiakmi.

1.2 Zdroje svetla

Už v dávnej minulosti človek pochopil dôležitosť slnečného svetla pre život na Zemi. Preto je potrebné, aby sme poznali vlastnosti svetla, **svetelných lúčov**, ktoré vyžaruje Slnko a ktoré dopadajú na našu Zem. Svetelným lúčom rozumieme myslenú priamku, pozdĺž ktorej sa svetlo šíri.

V nasledujúcich pokusoch budeme skúmať, ako sa šíria svetelné lúče, ktoré k nám prichádzajú zo Slnka, v porovnaní so svetelnými lúčmi, ktoré vyžaruje žiarovka. Slnko aj žiarovka sú **zdroje svetla**. Slnko je prirodzeným a žiarovka umelým zdrojom svetla.

Úloha 1

Preskúmaj, ako sa šíria slnečné lúče. Zisti, či sa mení veľkosť Slnkom osvetlenej plochy na štvorčekovom papieri, ak budeme tento papier dávať do rôznych vzdialeností od tienidla. *(Merania môžeš robiť len vtedy, keď svieti Slnko. Pracujte najmenej v trojčlenných skupinách na školskom dvore.)*

POMÔCKY dĺžkové meradlo, tienidlo s otvorom 1 cm^2, štvorčekový papier

POSTUP

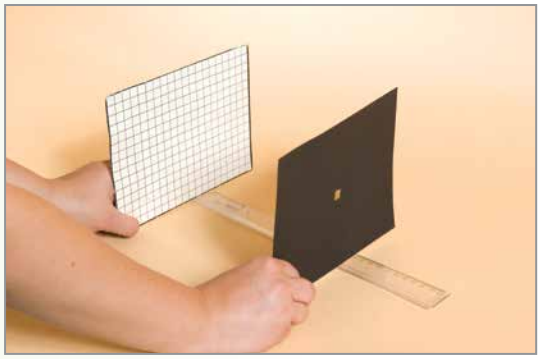
a) Do zošitov si nakreslite nasledujúcu tabuľku.

Tabuľka: Veľkosť plochy osvetlenej slnečným svetlom

Vzdialenosť štvorčekového papiera od tienidla (cm)	Veľkosť osvetlenej plochy (cm^2)
0	1
5	
10	
15	
20	

b) Rozdeľte si prácu v skupine. Jeden žiak bude mať na starosti tienidlo, druhý štvorčekový papier a tretí by mal spočítavať a zapisovať osvetlené štvorce.

c) Všimnite si polohu Slnka na oblohe. Ak je Slnko nízko nad obzorom, položte dĺžkové meradlo na zem tak, aby smerovalo k Slnku.
Ak je Slnko vysoko nad obzorom, jeden koniec dĺžkového meradla bude na zemi a druhý bude smerovať k Slnku.



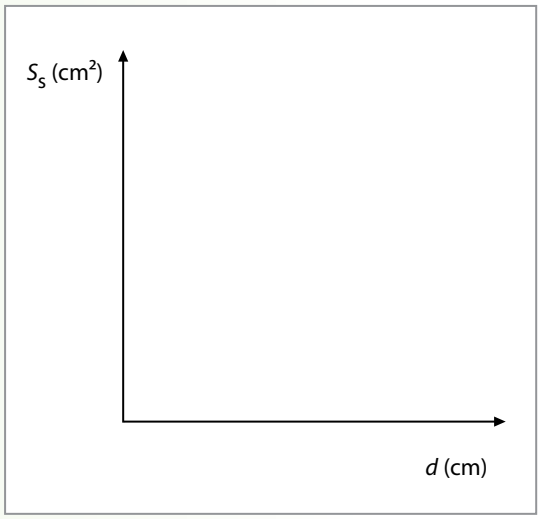
Obr. 7 Meranie plochy osvetlenej slnečným svetlom

d) Na konci meradla, vzdialenejšom od Slnka, držte štvorčekový papier kolmo na meradlo a pred ním umiestnite tienidlo *(obr. 7)*.

e) Pri prvom meraní priložte štvorčekový papier tesne k tienidlu s otvorom. Presvedčte sa, či cez otvor na tienidle dopadá svetlo na jeden celý štvorček na štvorčekovom papieri.

f) Postupne dávajte štvorčekový papier do vzdialeností uvedených v tabuľke. Spočítajte osvetlené štvorčeky a ich počet zapíšte do tabuľky.

g) Z údajov v tabuľke – vzdialenosti štvorčekového papiera (d) od tienidla a veľkosti osvetlenej plochy (S_s) – zostrojte graf.



ODPOVEDZ

1. Prezri si hodnoty v tabuľke. Porovnaj veľkosť plochy osvetlenej slnečným svetlom pri vzdialenosti tienidla 0 cm od štvorčekového papiera s veľkosťou osvetlenej plochy pri vzdialenosti 20 cm. Aké sú tieto plochy? Rovnaké alebo rozdielne?
2. Čo sa deje s veľkosťou osvetlenej plochy, ak štvorčekový papier vzďaľujeme od tienidla?
3. Opíš, aká je závislosť medzi vzdialenosťou štvorčekového papiera od tienidla a veľkosťou osvetlenej plochy?

Úloha 2

Preskúmaj svetelné lúče žiarovky. Zisti, či sa mení veľkosť osvetlenej plochy na štvorčekovom papieri, ak ho vzďaľujeme od tienidla aj od žiarovky. *(Pracujte v skupinách najmenej troch spolužiakov.)*

POMÔCKY žiarovka, batéria s napätím 4,5 V, dĺžkové meradlo, tienidlo s otvorom veľkosti 1 cm^2, štvorčekový papier

POSTUP

a) Do zošitov si nakreslite nasledujúcu tabuľku.

Tabuľka: Veľkosť plochy osvetlenej svetlom žiarovky

Vzdialenosť štvorčekového papiera od tienidla (cm)	Vzdialenosť štvorčekového papiera od žiarovky (cm)	Veľkosť osvetlenej plochy (cm^2)
0	5	
5	10	
10	15	
15	20	
20	25	

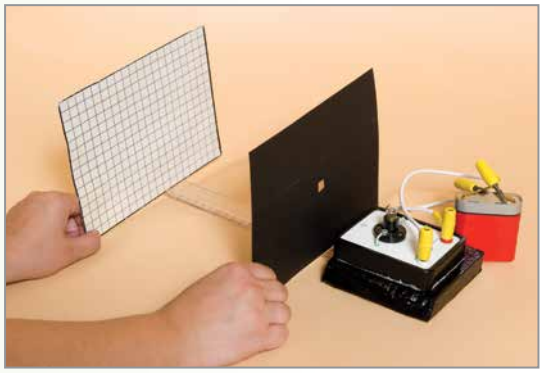
b) Rozložte si pomôcky na lavicu podľa *obr. 8.*

c) Pri prvom meraní priložte štvorčekový papier tesne k tienidlu s otvorom. Žiarovku umiestnite vo vzdialenosti 5 cm od tienidla.

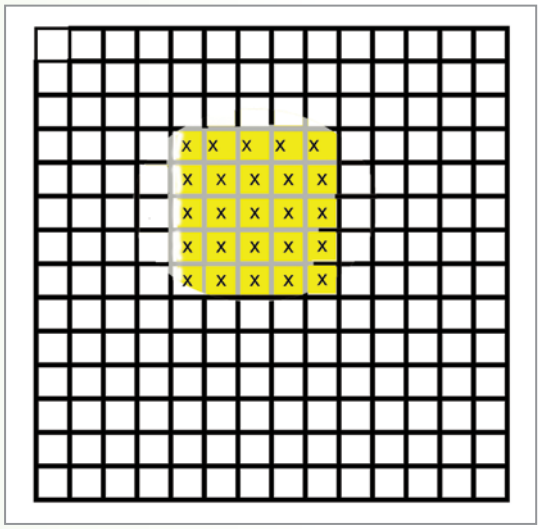
d) Medzi žiarovkou a tienidlom zostane aj pri ďalších meraniach stabilná vzdialenosť 5 cm. Meniť budete len vzdialenosť medzi tienidlom a štvorčekovým papierom. Ďalšie merania urobte podľa tabuľky. Osvetlená plocha nemá vždy celkom ostro ohraničené okraje. Pri jej meraní započítavajte do meranej hodnoty len tie štvorčeky, ktoré sú osvetlené viac ako spolovice (na obr. sú označené krížikom ×). Tie štvorčeky, ktoré sú osvetlené menej ako spolovice, zanedbajte. Pri takomto postupe merania plochy sa dopúšťame minimálnej chyby. Každý štvorček na našom obrázku má plochu 1 cm^2. Na obrázku je znázornený osvetlený povrch s plochou 25 cm^2.

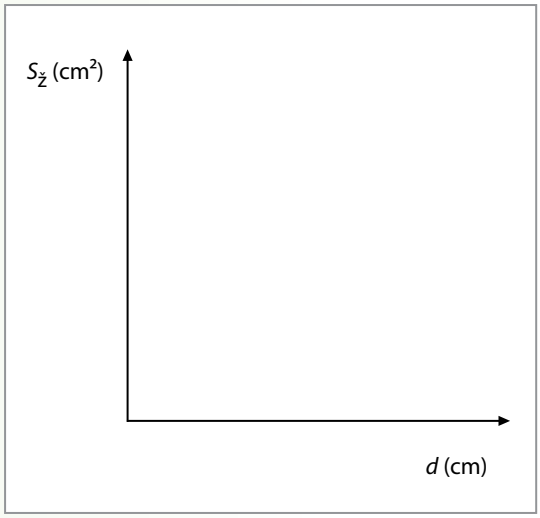
e) Z údajov v tabuľke – vzdialenosti štvorčekového papiera od tienidla (d) a veľkosti osvetlenej plochy ($S_ž$) – zostrojte graf.

Poznámka: Pri spracovaní nameraných hodnôt na počítači môžete použiť súbor Osvetlenie.cma zostavený v C6lite.
Dostupné na: www.fmph.uniba.sk



Obr. 8 Meranie plochy osvetlenej svetlom žiarovky

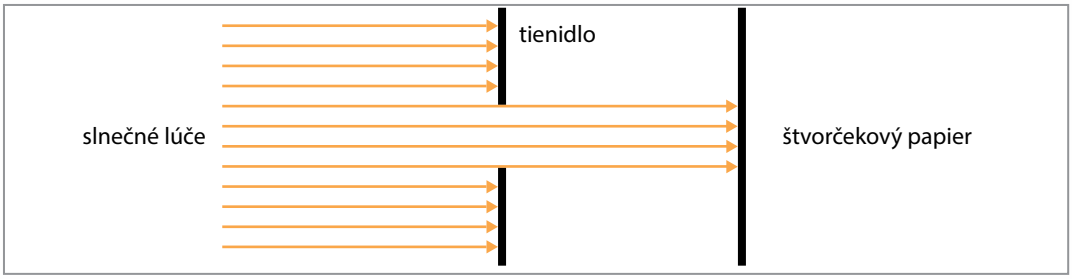




ODPOVEDZ

1. Prezri si hodnoty v tabuľke. Porovnaj veľkosti plôch, ktoré sú osvetlené žiarovkou. Sú veľkosti plôch rovnaké alebo rozdielne?
2. Ako sa mení veľkosť $S_ž$ osvetlenej plochy, ak štvorčekový papier od tienidla s otvorom vzďaľujeme?
3. Opíš, aká je závislosť medzi veľkosťou osvetlenej plochy $S_ž$ a vzdialenosťou d štvorčekového papiera od tienidla?

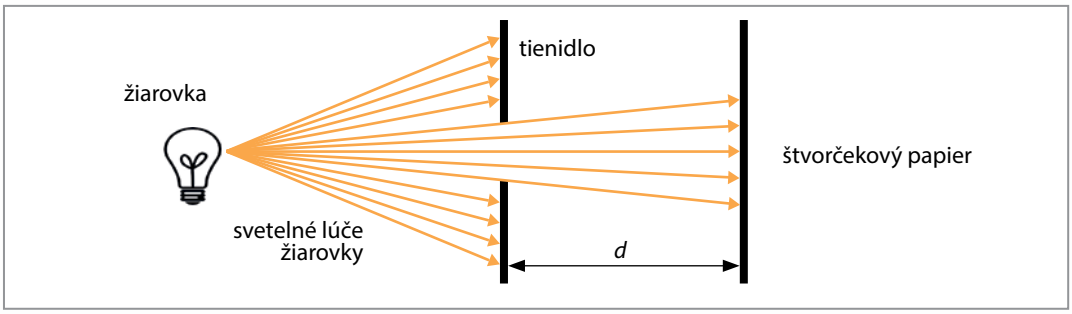
Slnko a žiarovka sa javia ako dva rozdielne zdroje svetla. Veľkosť plochy osvetlenej slnečným svetlom sa pri vzďaľovaní od tienidla nemenila. Vysvetliť sa to dá tak, že slnečné lúče sa správajú ako rovnobežné, ako keby vychádzali z rovnej plochy *(obr. 9)*.



Obr. 9 Plocha osvetlená rovnobežnými slnečnými lúčmi

Slnko je od nás veľmi ďaleko a v porovnaní s našou Zemou je veľmi veľké. Zdrojom svetla je celá obrovská plocha slnečného kotúča. **Slnečné lúče dopadajúce na povrch Zeme sa nám javia ako rovnobežné lúče.**

Svetelné lúče žiarovky sú rozbiehavé a osvetlená plocha na štvorčekovom papieri sa zväčšuje so vzďaľovaním štvorčekového papiera od žiarovky. Na *obr. 10* sú zakreslené rozbiehavé svetelné lúče, ktoré dopadajú na štvorčekový papier.



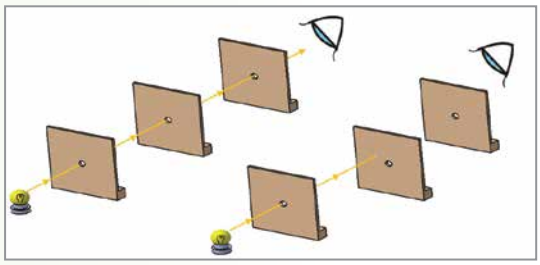
Obr. 10 Plocha osvetlená rozbiehavými lúčmi zo žiarovky

Na *obr. 9* a *10* sú zakreslené osvetlené plochy, vytvorené rovnobežnými a rozbiehavými lúčmi. Znázornené lúče sú priamočiare. Obidve skúmania sú tiež dôkazom toho, že sa **svetlo šíri priamočiaro**.

Skúmanie vlastností svetla

Rieš úlohy

1. Vysvetli, prečo len jeden pozorovateľ na nasledujúcom obrázku vidí svetlo vystupujúce z otvoru tienidla.



2. **Urob pokus:** Presvedč sa o priamočiarom šírení svetla.

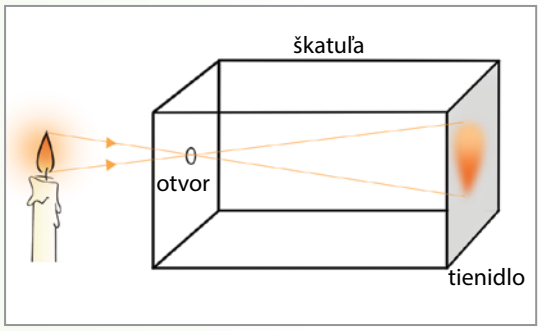
POMÔCKY sviečka, lepenková škatuľa neprepúšťajúca svetlo (najdlhšia hrana škatule by mala mať dĺžku približne 15 cm), klinček alebo ihla s priemerom približne 0,5 mm

POSTUP

a) Jednu stenu škatule nahraď tienidlom (napr. z polopriesvitného papiera).

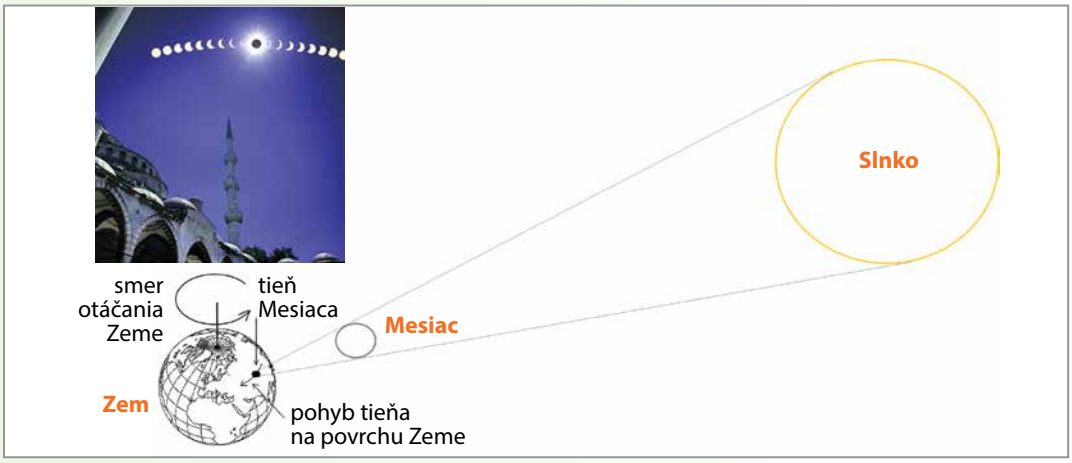
b) Do protiľahlej steny urob okrúhly otvor s priemerom približne 0,5 mm.

c) Pozoruj obraz na tienidle.



ODPOVEDZ Ako súvisí prevrátenie obrazu plameňa sviečky, pozorované na tienidle, s priamočiarym šírením svetla?

3. Na fotografii je niekoľkonásobnou expozíciou fotografickej platne zobrazené posledné zatmenie Slnka v druhom tisícročí, pozorované dňa 11. augusta 1999 v Istanbule. Na ďalšom obrázku je schematicky zakreslený priebeh zatmenia Slnka.



Na fotografii je zobrazené Slnko v šestnástich, po sebe nasledujúcich polohách pri zatmení a pod ňou je náčrt priebehu zatmenia.

a) Vysvetli, ako prebieha zatmenie Slnka.
b) Vysvetli, ako súvisí otáčanie Zeme s jednotlivými polohami Slnka na fotografii.
c) Vysvetli, ktorý zo záberov Slnka na fotografii bol prvý a ktorý posledný.

Zisti si informácie o posledných zatmeniach Slnka alebo Mesiaca. Hľadaj pri uvedených javoch dôkazy priamočiareho šírenia svetla.

Vieš, že... niektoré organizmy, napríklad svetluška, vydávajú časťou svojho tela svetlo? Ide o chemickú reakciu, pri ktorej sa rozkladá látka nazývaná luciferin. Táto schopnosť umožňuje svetluškám navzájom sa v noci dorozumievať tak, že svetlá striedavo rozsvecujú a zhasínajú.

*Gates, P.: **Věda a příroda.** Bratislava, Mladé letá, a. s., 1996, s. 58, ISBN 80-06-00710-1.*

1.3 Rozklad svetla

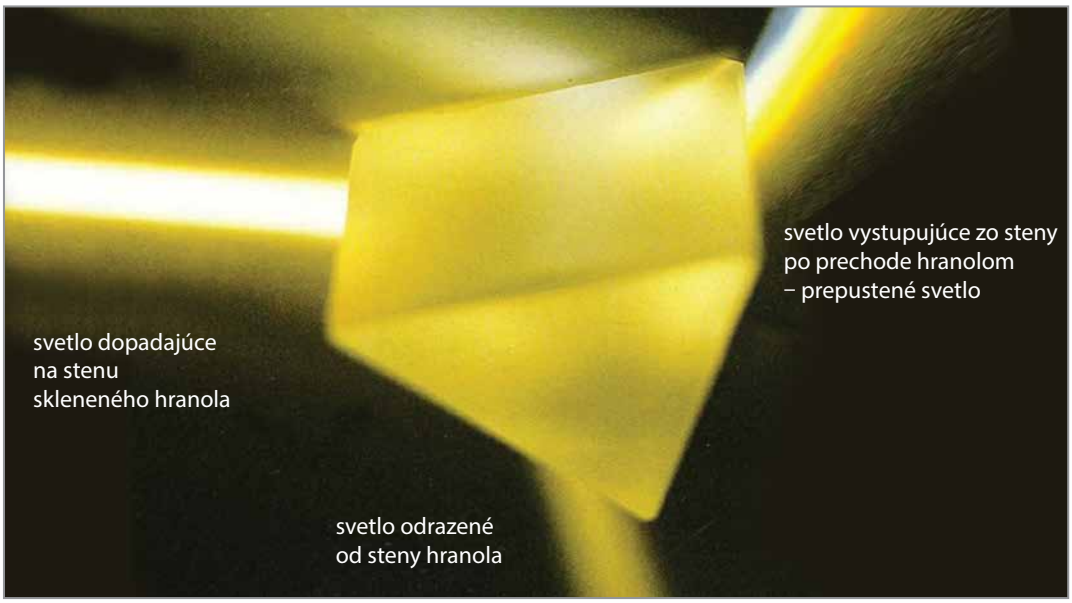
Svetlo sa šíri v prostrediach, ktoré sú zložené z rozličných látok. Z jedného prostredia do druhého, napr. zo vzduchu do vody alebo zo vzduchu do skla, prechádza svetlo ich rozhraním. Látkové odlišnosti prostredí sú príčinou toho, že sa svetlo dopadajúce na rozhranie čiastočne odrazí, hovoríme mu **odrazené svetlo**, a len časť ním prechádza, ide o **prepustené svetlo**.

Časť svetla, prechádzajúceho prostredím, prostredie neprepustí, pohltí ho. Také svetlo nazývame **absorbované svetlo**. K absorpcii svetla dochádza aj v priehľadných prostrediach, akými sú napr. sklo alebo voda. Tak napr. pri prechode tabuľou okenného skla sa spravidla pohltí približne jedna pätina prechádzajúceho svetla.

Ak pozorujeme žeravé vlákno žiarovky, ktoré je uložené v banke z priehľadného, číreho skla, vlákno vidíme jasne a ostro. Hovoríme, že **predmet je priehľadný**. Banka žiarovky však môže byť aj z matného skla, potom prepúšťa svetlo len čiastočne. Rozžeravené vlákno nevidíme ostro, vnímame ale časť svetla. Vtedy hovoríme o **priesvitnom predmete**.

Budeme skúmať, ako sa správa svetlo prechádzajúce trojbokým hranolom z priehľadného skla. Keď hranol vhodne pootočíme voči svetlu, môžeme pozorovať, že svetelné lúče neprechádzajú rozhraním – stenou hranola – priamo, ale menia na ňom svoj smer. Tento jav nazývame lom svetla. Lom nastal medzi vzduchom a sklom. Podobný jav pozorujeme aj na rozhraní medzi sklom a vzduchom, cez ktoré lúče z hranola vystupujú *(obr. 11)*.

Skúmanie vlastností svetla



Obr. 11 Správanie svetla dopadajúceho na sklenený hranol

Lámavé vlastnosti skleneného hranola využijeme v nasledujúcej úlohe. Budeme skúmať biele (slnečné) svetlo, ktoré prejde hranolom po dvojnásobnom lome na jeho stenách. Prepustené svetlo zachytíme na bielom papieri, ktorý umiestnime za hranolom.

Úloha

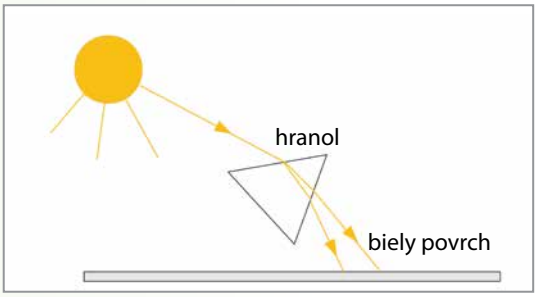
Zisti, ktoré farby sa zobrazia na bielom povrchu, ak svetlo prechádza hranolom.

POMÔCKY trojboký hranol z priehľadného skla, biely povrch (hárok papiera)

POSTUP

a) Nasmeruj hranol na slnečné svetlo tak, aby si získal súbor farieb na bielom povrchu.

b) Napíš do zošita poradie farieb zachytených na bielom povrchu.



Obr. 12 Skúmanie prechodu svetla sklenenýmhranolom

ODPOVEDZ

1. Koľko farieb si zachytil na bielom povrchu?
2. Aké je poradie farieb?

Pozorovanie prechodu svetla hranolom môžeme nahradiť alternatívnym pokusom s vodou a zrkadlom.

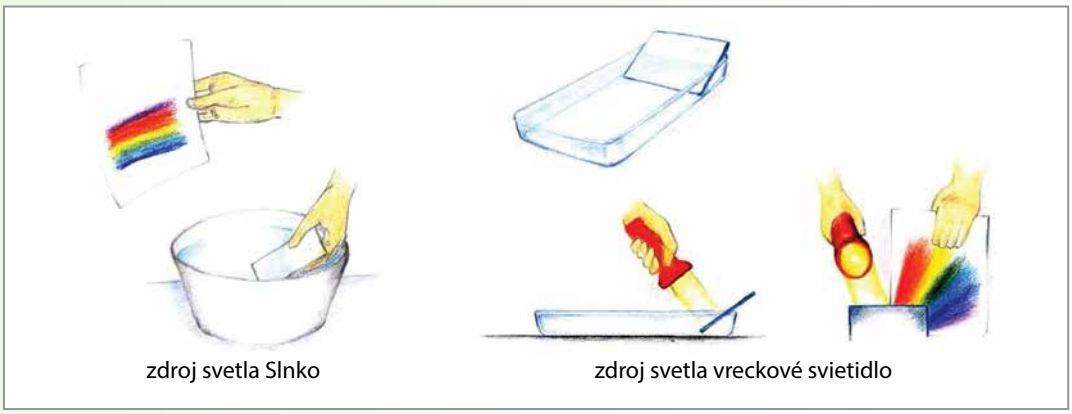
Alternatívna úloha

Zisti, ktoré farby sa zobrazia na bielom povrchu, ak svetlo prechádza vodou a odráža sa od zrkadla

POMÔCKY nádoba s vodou (môže byť hlboký tanier, miska), zrkadlo (12 × 9 cm), hárok bieleho papiera, zdroj svetla

POSTUP

a) Ponor zrkadlo do nádoby s vodou *(obr. 13)*. Natáčaj zrkadlo k slnečnému svetlu tak, aby sa rozložené svetlo odrážalo na stene alebo hárku papiera.



Obr. 13 Schéma pokusu s rozkladom svetla

b) Hladinu vody musíš nechať na chvíľu ustáliť, aby farby boli jasne viditeľné.

ODPOVEDZ

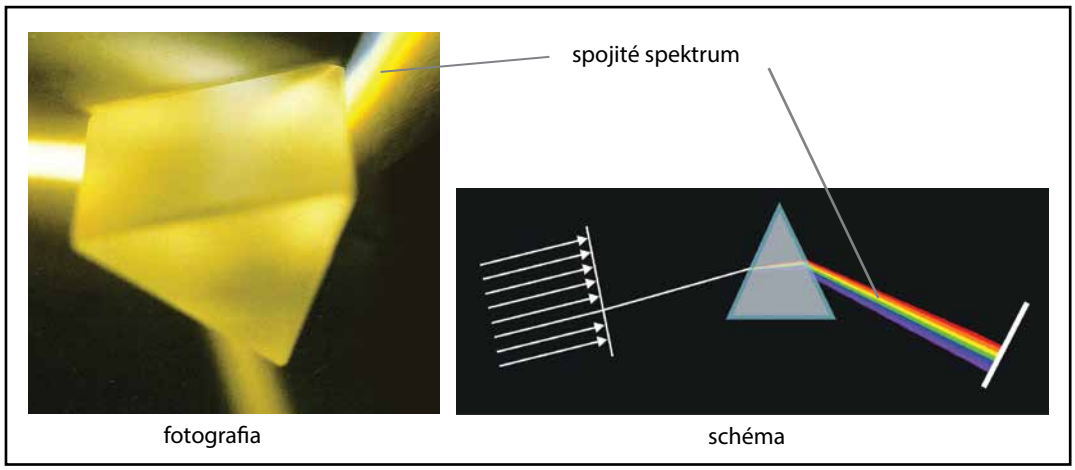
1. Porovnaj tento pokus s rozkladom svetla prechádzajúceho cez hranol na *obr. 12*. Čo v tvojom pokuse nahradilo hranol?
2. Aké farby si zachytil na bielom povrchu papiera?
3. Kedy možno pozorovať rozklad svetla na farby?

Slnečné svetlo je zložené svetlo, ktoré možno rozložiť na jednotlivé farebné svetelné lúče.

Farby rozloženého svetla sa objavia v poradí: červená, oranžová, žltá, zelená, modrá a fialová. Tento viacfarebný pás svetelných lúčov sa volá **spojité spektrum**. Farby, z ktorých sa skladá spojité spektrum, sú **spektrálne farby**.

Na *obr. 14* je znázornený rozklad svetla hranolom. Z fyzikálneho hľadiska je zaujímavé, že poradie farieb v spektre nie je náhodné. Vo svetle, ktoré prešlo skleneným hranolom, sa od smeru dopadajúcich svetelných lúčov vždy najmenej odkláňa červená farba a najviac fialová.

Opisom rozkladu slnečného svetla hranolom sa zaoberal **Issac Newton** (čítaj *aizek ňjuton*). Viac sa o ňom dozvieš na s. 22.



Obr. 14 Rozklad svetla hranolom

Rozklad svetla môžeme pozorovať po daždi v prípade, že sa pozeráme na mrak, z ktorého prší, a Slnko sa nachádza za naším chrbtom. Rozkladom svetla na vodných kvapkách vzniká dúha.

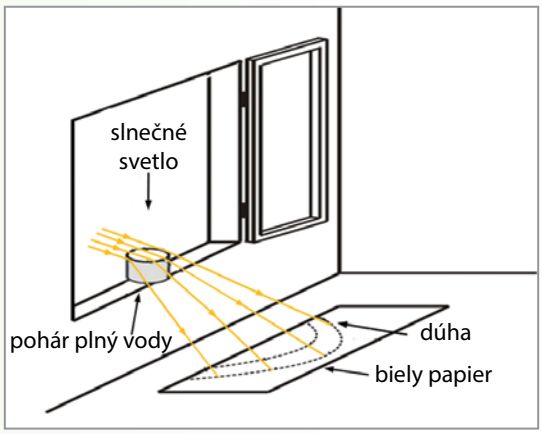
Ako sa láme svetlo na hladine vody, v hranole či na dažďových kvapkách a akými zákonitosťami sa pri tom správa, si vysvetlíme v časti 1.7 Lom svetla.

Obr. 15 Dúha po daždi

Rieš úlohy

1. Urob pokus: Ako si urobiť dúhu?

POMÔCKY sklenený pohár, hárok bieleho papiera, ostré slnečné svetlo



POSTUP

a) Za slnečného rána postav sklenený pohár plný vody na parapet otvoreného okna tak, ako je to znázornené na obrázku.

b) Pod okno prestri hárok bieleho papiera a pozoruj vznik dúhy.

ODPOVEDZ

1. Ako si vysvetľuješ vznik „dúhy“ pomocou pohára s vodou?
2. Porovnaj rozklad svetla hranolom s rozkladom svetla cez okraj pohára. Našiel si pri porovnaní spoločné znaky?

Pri pozorovaní dúhy v prírode vidíme jej polkruhovitý tvar. Oba konce dúhy splývajú s obzorom. Aký skutočný tvar má dúha? Zisti si informácie o tvare dúhy a zapíš si ich zdroj.

2. Urob pokus: Pozoruj farby v olejovej vrstve.

POMÔCKY Petriho miska, čierny atrament (farba), kvapka oleja (benzínu)

POSTUP

a) Do plytkej Petriho misky nalej vodu a zafarbi ju čiernym atramentom alebo inou čiernou farbou tak, aby bola tmavá.

b) Polož misku na denné svetlo na dvor (na okno), ale nie na priame slnečné svetlo.

c) Kvapni na hladinu zafarbenej vody kvapku oleja alebo benzínu.

d) Jemne fúkni na hladinu a pozoruj meniace sa farebné spektrum.

ODPOVEDZ Uváž, či v tomto prípade ide o podobný spôsob vzniku farebného spektra ako v prípade skleneného hranola.

3. Lustre poskladané z brúsených skiel vytvárajú po rozsvietení na stenách miestnosti dúhovo zafarbené obrazce. Vysvetli, prečo možno pozorovať tento úkaz.

Skúmanie vlastností svetla

Vieš, že... Isaac Newton (1643 – 1727) sa narodil vo Woolsthorpe v Anglicku?

Ako chlapec zostrojoval zložité mechanické hračky, modely, brúsil zrkadlá a šošovky, zaoberal sa chémiou a rád kreslil. Študoval matematiku, fyziku, teológiu a klasické jazyky na Trinity College v Cambridgei. V r. 1669 sa stal profesorom a prednášal takmer dvadsaťsedem rokov. V prvých rokoch vedeckej práce Newtona zaujala optika, v ktorej vykonal veľa objavov.

V r. 1666 pomocou skleneného hranola rozložil biele svetlo, ktoré vnikalo štrbinou do tmavej miestnosti, na farebné zložky. Vysvetlil farbu predmetov. Vlastnoručne zhotovil prvý zrkadlový ďalekohľad, ktorý zväčšoval asi štyridsaťkrát.

Newton svoj ďalekohľad daroval Londýnskej kráľovskej spoločnosti. Táto spoločnosť ho neskôr zvolila za svojho člena.

Borovec, T.: ***Dobrý deň, pán Ampére****. Bratislava, ALFA. 1973, s. 133, 134.*

Domáca príprava na vyučovanie

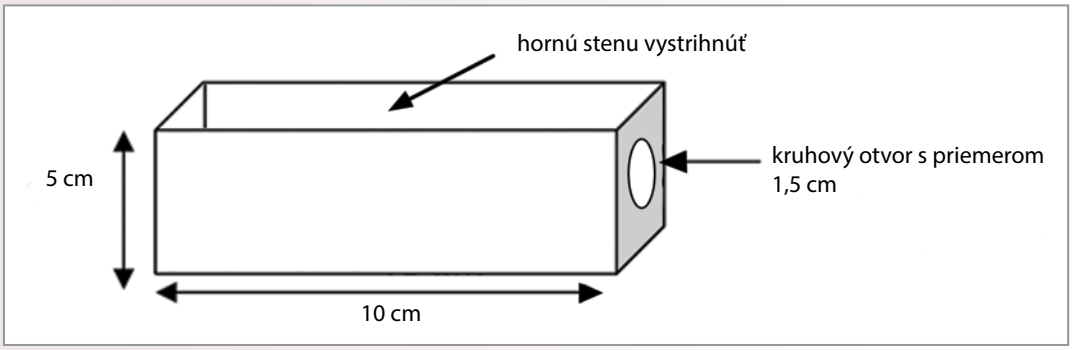
Na vyučovaní budeš pracovať so škatuľkami, ktoré budeme nazývať „svetelné člny“. Pomocou nich sa dajú skladať svetelné lúče rôznej farby. Pracovať by si mal so skupinou spolužiakov, a preto si prípravu môžete rozdeliť. Na prácu v skupine budete potrebovať 3 svetelné člny.

Návod na prípravu svetelného člna:

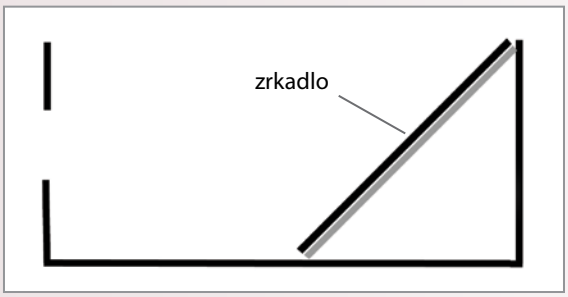
POMÔCKY tvrdý papier, malé zrkadlo, izolepa (lepidlo)

Poznámka: Na zhotovenie svetelného člna môžeš použiť šablónu uvedenú na konci učebnice.

POSTUP a) Z papiera si pripravíš škatuľku bez hornej steny (svetelný čln).



b) Do svetelného člna vlož zrkadlo tak, ako je to znázornené v schéme a na fotografii.



c) Zrkadlo pripevni na stenu škatule v šikmej polohe.

Ďalej budeš potrebovať vrchnák zo škatule od topánok, do ktorého nalepíš biely papier.

1.4 Skladanie farebných svetelných lúčov

V škále spektrálnych farieb – červená, oranžová, žltá, zelená, modrá a fialová – sa **červená, zelená a modrá označujú ako základné**. Ostatné farby môžu vzniknúť zložením základných farieb. Presvedčíme sa o tom pokusom, v ktorom budeme skladať svetelné lúče rôznych farieb na bielom podklade.

Pokus

Zisti, čo sa stane so svetelnými lúčmi rôznych farieb, ktoré sústredíme na jedno miesto na bielom povrchu. *(Pracuj so spolužiakmi. Vytvorte si štvorčlenné skupiny.)*

POMÔCKY modrý, zelený a červený farebný filter, 3 svetelné člny, 3 zdroje svetla (vreckové svietidlá, v prípade slnečného počasia však nie sú potrebné), škatuľa s nalepeným bielym papierom

POSTUP a) Pripravte si do zošitov nasledujúcu tabuľku.

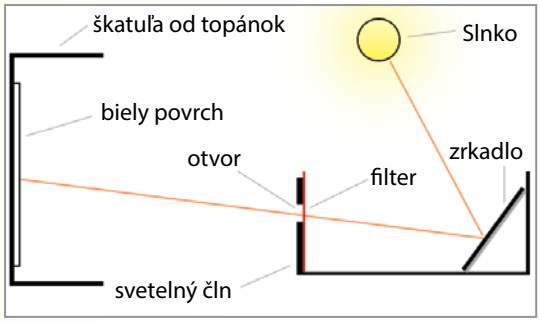
Tabuľka: Skladanie farebných svetelných lúčov

Zdroj svetla:				
Filtre			Farba svetla, ktorá sa zobrazí na bielom povrchu	
A	B	C	Predpoklad	Skutočnosť
modrý	zelený	-		
modrý	červený	-		
zelený	červený	-		
modrý	zelený	červený		

Skúmanie vlastností svetla

b) Pripravte si a vyskúšajte pomôcky na pokus so skladaním svetelných lúčov rôznych farieb najskôr s jedným svetelným člnom, potom s dvoma a nakoniec s troma. V každom svetelnom člne bude filter inej farby.

Farebné svetelné lúče z dvoch (prípadne z troch) člnov sa musia na bielom povrchu čiastočne prekrývať tak, ako je to na *obr. 17*.

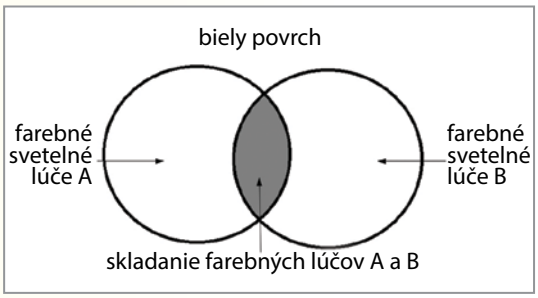


Obr. 16 Schéma zariadenia na skladanie farebných svetelných lúčov

c) Postupujte podľa pripravenej tabuľky a pred každým skladaním farebných svetelných lúčov vyslovte predpoklad o farbe svetla, ktorá vznikne po ich zložení. Svoje predpoklady si zapíšte do tabuľky.

ODPOVEDZ

1. Ako si vysvetľuješ skutočnosť, že ak bielemu svetlu, napr. zo Slnka, dáme do cesty farebný filter, zmení sa na farbu filtra?
2. Aké farby vznikli skladaním dvoch farebných svetelných lúčov?
3. Prečo farby červenú, zelenú a modrú nazývame základné farby?



Obr. 17 Skladanie farebných svetelných lúčov

Ak dáme do cesty bielemu svetlu farebný filter, zmení sa na farbu filtra. Dostávame farebné filtrované svetlo. Vzájomným skladaním farebných svetiel – červeného, zeleného a modrého – možno získať ďalšie farby. Jeden zo spôsobov skladania farieb, ktorý je založený na tom, že k jednej farbe svetla pridávame inú farbu a ich vzájomným prekrytím vznikne nová farba, je znázornený na *obr. 18a*. Ak skladáme tri základné farby – červenú, zelenú a modrú, vznikne na bielom povrchu biela farba, pravda, ak je intenzita skladaných farieb rovnaká. Nemusíme mať teda všetky spektrálne farby, aby sme dostali biele svetlo.

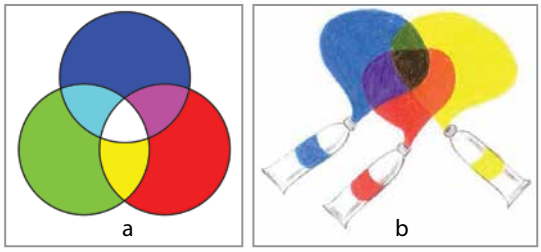
Zložením červenej a zelenej farby vzniká žltá farba; zelená a modrá farba vytvoria modrozelenú (tyrkysovú); z modrej a červenej farby vzniká farba fialová.

Podobný efekt skladania farieb dosiahneme aj vtedy, ak budeme plochu rýchlo osvetľovať striedavo napr. červenou a zelenou farbou. Oko nevníma toto striedanie farieb, ale len výsledný farebný vnem – žltú farbu.

Náterové farby *(obr. 18b)* sa však zmiešavajú inak. Základné náterové farby sú žltá, modrá a červená. Ak ich zmiešame, vznikne hnedá až tmavohnedá farba.

1.4 Skladanie farebných svetelných lúčov

Pri maľovaní nemusíme farby priamo zmiešať. Stačí len nanášať farebné bodky vedľa seba. Pri pozorovaní z väčšej vzdialenosti vidíme len jednoliatu farebnú plochu.



Obr. 18 Skladanie farebných svetelných lúčov a miešanie náterových farieb

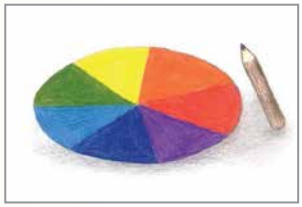
V biológii ste sa v nižších ročníkoch učili, že svetelné lúče vytvárajú obraz v oku na sietnici. Tam sa nachádzajú bunky citlivé na svetlo. V našich očiach sa nachádzajú zvláštne nervové bunky na vnímanie farieb. Ide o tri druhy zrakových buniek. Na prvý druh nervových buniek pôsobí najsilnejšie červené svetlo, na druhý zelené a na tretí modrofialové. Ak sú všetky tri druhy nervových buniek podráždené rovnako a podráždenie je dosť silné, vnímame biele svetlo. Ak je podráždenie slabé, prípadne žiadne, vnímame sivé svetlo alebo svetlo nevnímame vôbec.

Všetky ostatné farebné svetlá, okrem tých, ktoré sme uviedli, vnímame pri podráždení dvoch alebo troch druhov nervových buniek. Ľudské oko má určitú rozlišovaciu schopnosť, nedokáže napríklad rozlíšiť jednotlivé spektrálne farby v bielom svetle ani rýchle prerušovanie obrazu pri premietaní filmu. Zo štatistických údajov vyplýva, že asi 4,5 % populácie trpí poruchami farebného videnia. Títo ľudia nedokážu rozlíšiť farby. Práve na základe rôznych porúch farebného videnia bola skúmaná citlivosť buniek na svetlo.

Rieš úlohy

1. Urob si pomôcku: farebný vĺčik

POMÔCKY biely výkres, krátka zastrúhaná ceruzka, uhlomer, farebné fixky, kružidlo, nožnice



POSTUP

a) Narysuj kružidlom na výkres kruh s priemerom 10 cm.
b) Kruh rozdeľ na 7 rovnakých častí.
c) Časti kruhu vyfarbi červenou, oranžovou, žltou, zelenou, modrou, tmavomodrou (indigovou) a fialovou farbou ako na obrázku.
d) Do stredu kotúča vlož ceruzku so špičkou otočenou nadol.
e) Kotúč rýchlo roztoč, akoby to bol vĺčik.

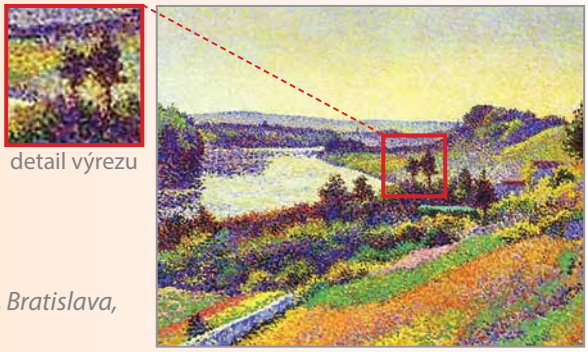
ODPOVEDZ Ako si vysvetľuješ skutočnosť, že po roztočení sa farby nedajú rozlíšiť?

Zisti, na čo a ako sa využívajú svetelné filtre v divadle. Vyhľadaj si informácie a zapíš si ich zdroj.

2. Svetelné signalizácie, prípadne výstražné zariadenia majú často červenú farbu. Vysvetli, prečo je to tak.

Skúmanie vlastností svetla

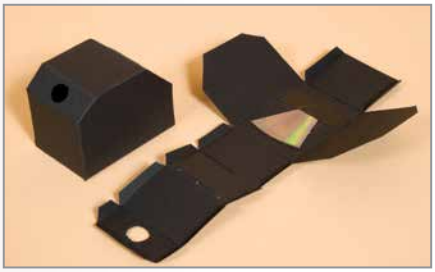
Vieš, že... jedna maliarska technika vyvinutá v 19. storočí s názvom pointilizmus je založená na tom, že maliar pokryl plátno drobnými farebnými bodkami, ktoré pri pozorovaní obrazu z diaľky splývajú.
Autor tohto obrázku je Maximilien Luce.



Allaby, M. a kol.: ***Ilustrovaná encyklopédia vedy.*** *Bratislava, Perfekt, 1997, s. 267, ISBN 80-8046-041-8.*

Domáca príprava na vyučovanie

Na vyučovanie budeš potrebovať zariadenie na rozklad svetla – spektroskop, zhotovený z jednoduchých pomôcok, a extrakt zo zelených listov rastlín – chlorofylový roztok.

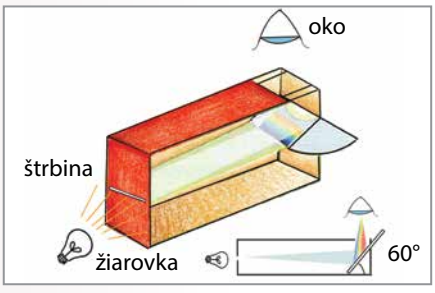


Návod na zhotovenie spektroskopu

Spektroskop možno zhotoviť niekoľkými spôsobmi:

A. *Použitím šablóny uvedenej na konci učebnice.* Potrebuješ čierny tvrdý papier, staré CD alebo DVD. Na obrázkoch je znázornený postup zhotovenia takéhoto spektroskopu s nalepeným kúskom z CD (DVD): vystrihnutý papier tesne pred zložením a zlepením, zhotovené zariadenie a spôsob jeho použitia.

B. *Použitím papierovej škatule a starého CD alebo DVD.* Vhodná je škatuľa v tvare kvádra (napr. zo sušienok).



Príprava chlorofylového roztoku

Existuje niekoľko spôsobov výroby chlorofylového roztoku, z ktorých uvádzame dva.

Poznámka: Chlorofylový roztok možno zakúpiť v záhradníctvach. Zakúpený roztok obsahuje konzervačné látky, ktoré zabraňujú rozkladu chlorofylu, preto ho možno používať dlhšie ako roztok pripravený doma. Na domácu prípravu sú vhodné listy nasledujúcich rastlín: baza čierna, špenát siaty, príhľava dvojdomá, z izbových rastlín napr. listy muškátu.

1. Spôsob (čas prípravy: 10 – 15 min)

POMÔCKY 96 % lieh, čerstvé zelené listy, trecia miska s tĺčikom (mažiar), filtračný papier, kadička (objem volíme podľa množstva použitého liehu), lievik, skúmavka so zátkou

POSTUP

a) Čerstvé listy roztrháme a v trecej miske ich roztrieme na kašu. Môžeme pri tom použiť malé množstvo piesku, aby sa listy rýchlejšie narušili.

b) Rozdrvený materiál zalejeme liehom a premiešame.

c) Prefiltrujeme do kadičky cez filtračný papier. Roztok by mal byť bez kalu a nečistôt. Do kadičky môžeme doliať lieh tak, aby roztok nebol príliš tmavý a aby sme mohli pozorovať prepustené svetlo.

d) Hotový roztok prelejeme do skúmavky a uzatvoríme zátkou.

2. Spôsob (čas prípravy: 2 dni)

POMÔCKY 96 % lieh (alebo 100 % acetón), čerstvé zelené listy, sklenený pohár s uzáverom, skúmavka so zátkou

POSTUP

a) Čerstvé listy roztrháme na menšie kusy alebo necháme celé a vložíme ich do skleneného pohára.

b) Rastlinný materiál zalejeme liehom (acetónom), uzavrieme a necháme dva dni odstáť v tme.

c) Po dvoch dňoch listy odstránime a roztok prelejeme do skúmavky, ktorú uzatvoríme uzáverom. Ak by bol roztok zakalený, môžeme ho pred preliatím do skúmavky prefiltrovať cez filtračný papier.

Pri plánovaní času prípravy je potrebné si uvedomiť, že vyrobený roztok vydrží približne tri dni, počas ktorých ho treba uskladňovať v tmavom priestore. Po troch dňoch je rozklad chlorofylu zjavný, farba roztoku sa mení dožlta. Takýto roztok je už fotosynteticky neaktívny.

1.5 Absorpcia svetla

Väčšina rastlín potrebuje na svoj rast slnečné svetlo. Časť slnečného svetla dopadajúceho na rastliny sa od ich povrchu odrazí, časť z neho rastliny pohltia (absorbujú) a časť prepustia. Práve absorbované svetlo je veľmi dôležité pre ich rast. Rast väčšiny rastlín spôsobuje proces, ktorý sa nazýva fotosyntéza (fotos – svetlo, syntéza – zlučovanie).

Skúmanie vlastností svetla

Fotosyntéza prebieha za prítomnosti oxidu uhličitého, vody, svetla ako zdroja energie a určitej teploty, ktorá môže byť pri rôznych rastlinách rôzna, napr. od 0 °C až po 80 °C. Fotosyntéza prebieha v tých častiach rastlín, ktoré obsahujú pigmenty (farbivá). Výsledkom fotosyntézy je produkcia organických látok a kyslíka.

Z fyzikálneho hľadiska je fotosyntéza premena svetelnej energie na chemickú. Pomocou jednoduchého spektroskopu a extraktu pigmentov zo zelených listov môžeme zistiť, ktoré zložky spektra listy rastlín absorbujú. O fotosyntéze ste sa učili v biológii v 6. ročníku a podrobnejšie sa s týmto procesom oboznámite ešte v 9. ročníku.

Úloha 1

Ktoré farby spektra prepúšťajú a ktoré absorbujú extrakty listových pigmentov?

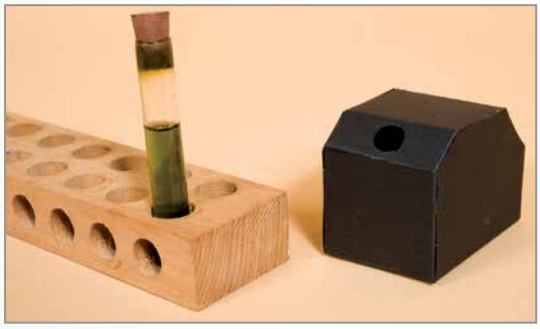
POMÔCKY spektroskop, extrakt listových pigmentov v skúmavke *(obr. 19)*

POSTUP

a) Najskôr pozoruj spektrum svetla, ktoré voľne prechádza cez štrbinu spektroskopu.

b) Pozoruj spektrum, ktoré sa vytvorí prechodom svetla cez extrakt listových pigmentov (pozri obrázok).

c) Zisti, ktoré farby spektra extrakty listových pigmentov prepúšťajú a ktoré absorbujú. Pred pozorovaním si nakresli do zošita nasledujúcu tabuľku a zaznač do nej svoj predpoklad.



Obr. 19 Pomôcky na skúmanie absorpcie svetla rastlinami

Poznámka: Farby spektra môžeš v tabuľke označovať skratkami – červená (**č**), žltá (**ž**), oranžová (**o**), zelená (**z**), modrá (**m**), fialová (**f**).

Tabuľka: Záznam pozorovaní farieb spektra prepustených a absorbovaných extraktom listových pigmentov

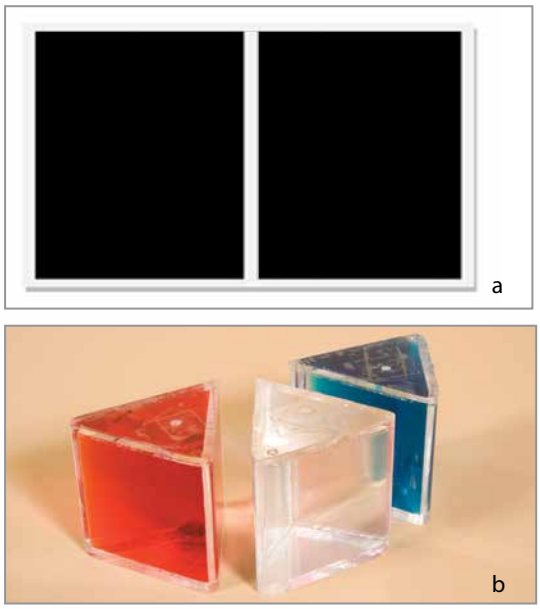
Zdroj svetla: Slnko				
Farba listu, z ktorého bol extrahovaný pigment	Farba **prepusteného** svetla		Farba **absorbovaného** svetla	
	Predpoklad	Skutočnosť	Predpoklad	Skutočnosť
zelená				

ODPOVEDZ

1. Zistil si rozdiely medzi spektrom svetla, ktoré prechádzalo voľne cez štrbinu, a spektrom, ktoré vzniklo prechodom svetla cez extrakt listových pigmentov?
2. Ktoré farby svetla prechádzajú extraktmi listových pigmentov a ktoré sa v nich absorbujú?
3. Dá sa povedať, že niektoré farby spektra sa v extraktoch z listových pigmentmov absorbovali len čiastočne?
4. Na čo využíva rastlina absorbovanú svetelnú energiu?
5. Na akú energiu sa premieňa svetelná energia absorbovaná v rastline?

Absorpcia zložiek spektra sa netýka len rastlín. Pokusom sa môžeme presvedčiť, že rôzne farebné prostredia a farebné filtre tiež prepúšťajú len niektoré farby spektra, kým iné ich absorbujú. Poďme sa o tejto skutočnosti presvedčiť. Potrebujeme na to počítač, veľkoplošný projektor a súpravu farebných hranolov. Na počítači si pripravíme prezentáciu (napr. v programe PowerPoint) tak, aby sme na jednom štítku mali čierne pozadie s bielym pruhom uprostred *(obr. 20a)*, ktorý nám reprezentuje štrbinu. Do cesty lúčom svetla z dataprojektora postavíme hranol naplnený čistou vodou tak, aby sa svetlo prechádzajúce hranolom dvakrát lámalo. Na bielom povrchu pozorujeme všetky farby spektra. Ak postavíme lúčom do cesty hranol so zafarbenou vodou na červeno alebo modro *(obr. 20b)* tak, ako je to znázornené na obrázku, zachytíme na bielom povrchu len niektoré farby spektra, napr. cez hranol s červenou farbou prejde len červená a žltá farba spektra a modrým hranolom modrá a zelená farba. Záleží to aj od intenzity a odtieňa farebnej náplne hranola. Ostatné farby spektra budú hranolmi absorbované.

Pomocou zhotoveného spektroskopu a farebných filtrov sa tiež môžeme presvedčiť o absorpcii farieb spektra.



Obr. 20 Absorpcia svetla vo farebných prostrediach

Úloha 2

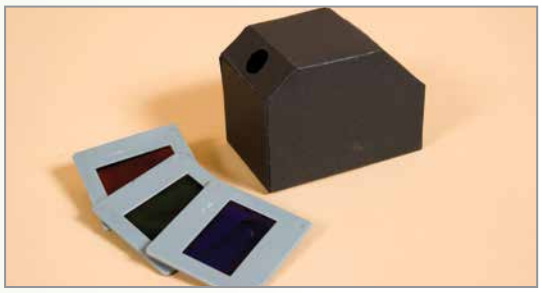
Ktoré farby spektra filtre rôznych farieb prepustia a ktoré absorbujú?

POMÔCKY spektroskop, farebné filtre

POSTUP

a) Zaznamenaj si farby spektra, ak nepoužiješ žiadny filter.

b) Zisti, ktoré farby spektra filtre rôznych farieb prepúšťajú a ktoré absorbujú. Pred každým pozorovaním sformuluj predpoklad a zaznač ho do nasledujúcej tabuľky.



Obr. 21 Pomôcky na skúmanie absorpcie svetla farebnými filtrami

Tabuľka: Záznam pozorovaní farieb spektra prepustených a absorbovaných farebnými filtrami

Zdroj svetla:				
Filter	Farba **prepusteného** svetla		Farba **absorbovaného** svetla	
	Predpoklad	Skutočnosť	Predpoklad	Skutočnosť
bezfarebný				
modrý				
zelený				
červený				
žltý				

ODPOVEDZ

1. Prepúšťajú všetky skúmané farebné filtre rovnaké farby spektra?
2. Absorbujú skúmané filtre rovnaké farby spektra?
3. Čo by sa stalo, ak by sme dali pred štrbinu spektroskopu niekoľko filtrov?
4. Porovnaj výsledky pozorovania prepusteného a absorbovaného svetla z predchádzajúcej úlohy s výsledkami pozorovania prepusteného a absorbovaného svetla zeleným farebným filtrom. Sú pozorovania rovnaké?

Priesvitné farebné prostredia v hranole časť farieb spektra prepúšťajú a ostatné farby absorbujú. Prepustené zložky spektra majú rovnakú alebo približne rovnakú farbu, akú má aj priesvitné farebné prostredie. Napr. hranol či filter modrej farby prepustí modrú a zelenú.

Pre fotosyntézu rastlín je dôležitý chlorofyl, zelené fotosynteticky aktívne farbivo. Nachádza sa v chloroplastoch rastlinných buniek. Z tohto farbiva sme spravili roztok, ktorý pri našich experimentoch predstavoval chlorofyl v zelených listoch. Tento roztok však nemôže plnohodnotne nahradiť skutočný chlorofyl v živom liste. Prebehne v ňom len prvá časť svetelnej fázy fotosyntézy, v ktorej chlorofyl pohltí príslušnú časť spektra a ostatné farby prepustí. Zvyšná časť fotosyntézy v skúmanej vzorke prebehnúť nemôže, pretože vzorka neobsahuje bunkové organely a potrebné chemické látky.

1.5 Absorpcia svetla

Pohltenie farieb svetla, potrebného na fotosyntézu chlorofylovým roztokom, sa prejaví čiernymi pásmi v spektre prepusteného svetla. Z analýzy výsledkov a z porovnania spektier prepusteného svetla a bieleho svetla môžeme usúdiť, ktoré farby svetla využívajú rastliny pri chemických procesoch fotosyntézy (pozri spektrum roztokom prepusteného svetla a spektrum bieleho svetla na nasledujúcich obrázkoch).

Pri našich pozorovaniach sa čierne pásy nezobrazia dokonale, pretože máme nedokonalé technické zariadenia, ale zmeny sú pozorovateľné.

Spektrum roztokom prepusteného svetla:

Spektrum bieleho svetla:

Nie všetko svetlo pohltené chlorofylovým roztokom sa využije pri fotosyntéze. Na samotný proces fotosyntézy sa využíva len asi 1 % absorbovaného žiarenia v oranžovo-červenej časti spektra. Pre rastlinu je energeticky najvýhodnejšie svetlo z oranžovo-červenej časti spektra. Energiu z neho rastlina spotrebuje pri tvorbe chemických zlúčenín. Modro-fialová časť spektra je menej fotosynteticky účinná, energiu získanú z tejto časti spektra premení rastlina napr. na teplo, alebo ju využije inak. Zo spektra roztoku chlorofylu zisťujeme, že zelená a žltá zložka svetla je pre rastlinu nepotrebná, preto ju listy nezachytia a prepustia ju alebo odrazia od svojho povrchu. Toto odrazené alebo prepustené svetlo zo zeleno-žltej časti spektra vnímame po dopade do nášho oka ako zelené sfarbenie rastlín. Rastlina odráža a sčasti prepúšťa aj tú časť červeného spektra, ktorá je pre naše oko neviditeľná a ktorú vnímame skôr ako teplo.

Ako je to s absorpciou svetla pri neživých predmetoch, telesách? Povrchy budov, karosérie áut či naše oblečenie sú rôznej farby. Uviedli sme nepriehľadné telesá, ktorých farba vzniká zmiešaním odrazených farebných lúčov od ich povrchu. Červená farba povrchu telesa sa javí preto červená, lebo od farebného povrchu sa odráža predovšetkým červené svetlo a ostatné zložky farieb spektra sa absorbujú. Záleží aj od odtieňa červenej farby. Biely povrch odráža všetky farby spektra a čierny zasa, naopak, všetky absorbuje.

Na diskotékach sa často používajú farebné svetelné zdroje. Farby vtedy vidíme inak. Napríklad modrá farba sa môže javiť ako čierna, pretože nepriehľadné teleso modrej farby absorbuje červenú farbu. Farby sa javia inak, aj keď sa pozeráme cez farebné sklo. Červený povrch sa môže javiť ako čierny, ak sa naň pozeráme cez zelené sklo. Pravda, vždy to záleží aj na odtieni farieb.

Skúmanie vlastností svetla

Rieš úlohy

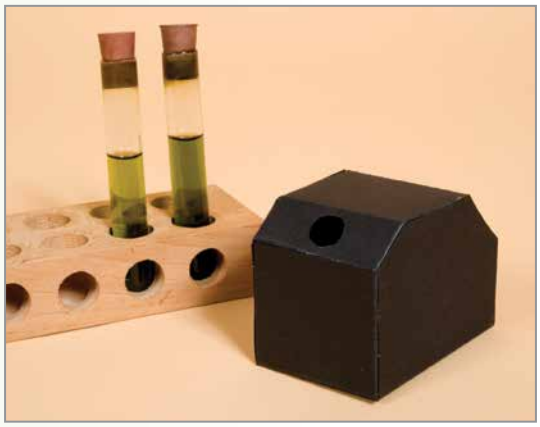
1. Urob pokus: Porovnaj spektrum extraktu zo zeleného listu so spektrom roztoku zelenej potravinárskej farby.

POMÔCKY extrakt zo zeleného listu, roztok zelenej potravinárskej farby, 2 malé skúmavky so zátkami, spektroskop

POSTUP

a) Umiestni skúmavku s extraktom listových pigmentov pred štrbinu spektroskopu a pozoruj spektrum.

b) Umiestni skúmavku s roztokom zelenej potravinárskej farby pred štrbinu spektroskopu a pozoruj spektrum.



ODPOVEDZ

1. Zistil si rozdiel medzi pozorovanými spektrami?
2. Ak áno, ako si rozdiel vysvetľuješ?

Zisti si viac informácii o fotosyntéze a zaznamenaj si tie, ktorým porozumieš, pretože ide o zložitý proces prebiehajúci v rastlinách, ktorému dobre rozumejú len odborníci.

2. V spektroskope sme pozorovali spektrá, ktoré vznikli prechodom bieleho svetla cez farebné filtre. Doplň skratkami do voľných riadkov v tabuľke, ktorú si si prekreslil do zošita, prepustené a absorbované zložky spektra.

Filter	Farba **prepusteného** svetla	Farba **absorbovaného** svetla
červený		z, m, f
bezfarebný		
modrý	m, z	

Dôležité slová

Vysvetli dôležité slová uvedené v obidvoch stĺpcoch tabuľky.

K slovám v ľavom stĺpci priraď slová z pravého stĺpca tak, aby významovo patrili k sebe.

■ svetlo	● svetelné lúče
	● Slnko
	● prepustené svetlo
	● optické prostredie
	● osvetlená plocha
■ zdroje svetla	● žiarovka
	● priamočiare šírenie
	● farby č, ž, o, z, m, f
	● hranol
■ spektrum	● absorbované svetlo
	● odrazené svetlo
	● dúha
	● zelená farba
	● spektroskop
■ základné farby	● rozklad svetla
	● modrá farba
	● fotosyntéza
	● skladanie farieb
	● červená farba

Projekt 1

Rozklad svetla

Pri pokusoch sme zistili, že spojitý pás spektrálnych farieb, získaných rozkladom slnečného svetla, tvorí červená, oranžová, žltá, zelená, modrá a fialová. K rovnakému výsledku dospel v r. 1666 anglický fyzik Isaac Newton, keď pozoroval, ako prechádza slnečné svetlo skleným hranolom.

Newton ako prvý vysvetlil, čo vlastne biele svetlo je a prečo sa pri prechode hranolom rozkladá na jednotlivé farebné zložky. S podrobnejším fyzikálnym odôvodnením a vysvetlením javu sa stretnete na strednej škole.

Svetlo vysielané rôznymi umelými zdrojmi svetla, ako sú napr. žiarovky alebo plameň sviečky, nemusí mať rovnaké spektrálne zloženie ako slnečné svetlo.

Zloženie svetelného spektra závisí od látky, ktorá vo svetelnom zdroji svetlo vyžaruje. Preto vo svetle pochádzajúcom z rôznych zdrojov nemusia byť rovnako zastúpené jednotlivé spektrálne farby. To sa v technickej praxi využíva na skúmanie chemického zloženia materiálov bez toho, aby sa robil ich chemický rozbor: Látku s neznámym chemickým zložením rozžeravíme a spektrum svetla, ktoré vyžaruje, porovnávame so spektrami známych látok. Ak nájdeme látku, ktorá má rovnaké spektrum ako skúmaná látka, usudzujeme, že obidve porovnávané látky by mohli mať aj rovnaké chemické zloženie. V praxi sa na tieto ciele využívajú špeciálne prístroje – spektrometre *(obr. 22)*. Metóda, ktorú pri tom využívame, sa nazýva **spektrálna analýza** látky.

Obr. 22 Jeden zo spektrometrov používaných v technickej praxi

Podobným spôsobom – spektrálnou analýzou – sa skúma aj látkové zloženie hviezd. Svetlo, ktoré k nám z hviezdy prichádza, rozložíme na zložky a podľa zastúpenia farieb v jeho spektre usudzujeme, ktoré látky na jej povrchu ho vyžiarili.

V projekte bude vašou úlohou nájsť iné spôsoby rozkladu slnečného svetla ako tie, ktoré ste robili v škole. Na splnenie podmienok projektu vám možno postačí všímať si svoje okolie a zrealizovať námety z učebnice, ktoré ste v škole nerobili. Ďalšie poznatky môžete získať štúdiom literatúry, ktorá sa zaoberá svetlom a optickými vlastnosťami látok. Dobrým zdrojom informácií je ako obvykle internet, ak vieme použiť vhodné kľúčové slová.

Projekt 1

TÉMA Navrhnúť, zostrojiť a predviesť zariadenie, v ktorom sa slnečné svetlo rozkladá na spektrum.

POSTUP A PODMIENKY

1. Vytvorte tím dvoch-troch spolupracovníkov zo spolužiakov.
2. Urobte návrh zariadenia a prekonzultujte ho s vyučujúcim.
   Termín: 1 týždeň od zadania projektu.
3. Prácu v tíme si rozdeľte. Zostrojte zariadenie, pripravte prezentáciu pred triedou (napr. nakreslenú schému zariadenia). Prezentujte projekt.
   Termín: 2 týždne od zadania projektu.

SPÔSOB VYHODNOTENIA

Vyhodnotenie projektov sa môže uskutočniť formou súťaže.
Súťaž musí mať svoje pravidlá. Napríklad:

- pred súťažou vyžrebujte poradové číslo pre každý projekt,
- každý žiak bude mať tabuľku s kritériami na hodnotenie a s maximálnym možným počtom bodov,
- nikto nehodnotí vlastný projekt,
- poradie v súťaži sa vyhodnotí sčítaním bodov, ktoré žiaci pridelili každému projektu.

Návrh tabuľky na bodovanie:

Meno hodnotiteľa:					
Číslo projektu:	1	2	~~3~~	4	...
Prezentácia (max. 5 b)					
Funkčnosť zariadenia (max. 5 b)					
Súčet bodov					

Vysvetlenie tabuľky:
~~3~~ - prečiarknutá trojka znamená, že to bol tvoj projekt.

Tabuľka obsahuje dve kritériá – prezentácia projektu a funkčnosť zariadenia. Pri hodnotení prezentácie môžeme uvážiť napr. to, či projekt neodbočil od danej témy, ako tím vystupoval pri prezentácii, ako dokázali prezentujúci odpovedať na otázky, či mal tím pri prezentácii pripravenú schému zariadenia, prípadne počítačovú prezentáciu a pod.

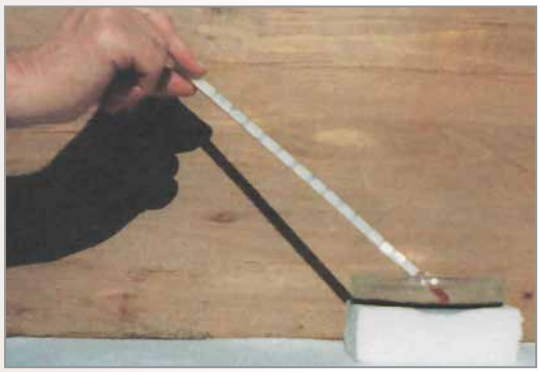
V triede sa však môžete dohodnúť aj na iných kritériách vyhodnotenia.

Čo sme sa naučili

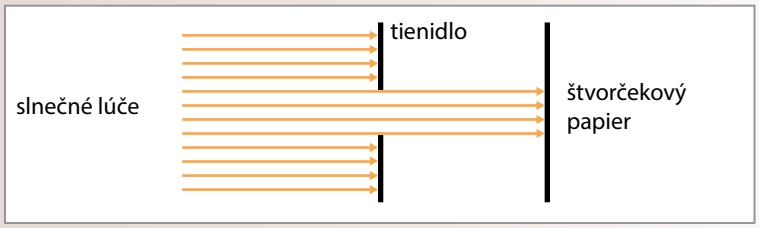
Svetlo

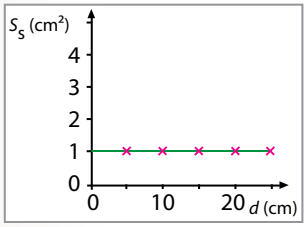
Slnečné lúče prechádzajú atmosférou Zeme. Atmosféra Zeme je pre svetelné lúče optickým prostredím. Nepriehľadné predmety časť svetla, dopadajúceho na ich povrch, odrazia a časť pohltia.

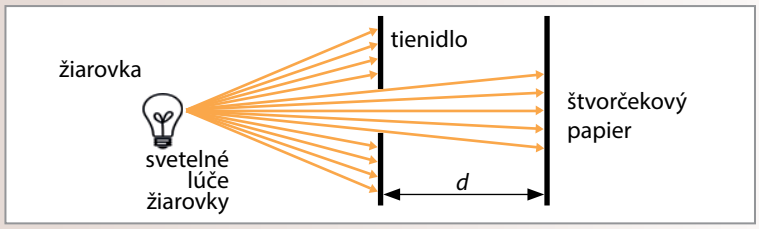
Časť slnečného žiarenia, dopadajúceho na hladinu vody, sa premení na teplo. Teplo dodané slnečným žiarením na plochu 1 m^2 za čas 1 s sa nazýva slnečná konštanta.

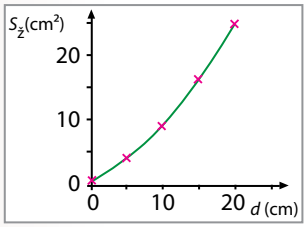


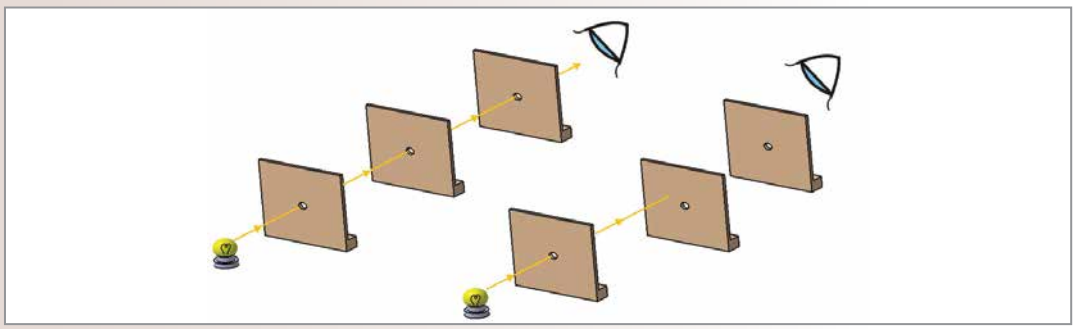
Zdroje svetla







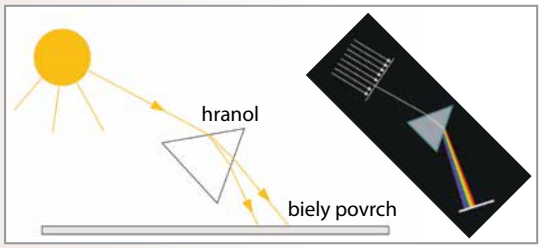


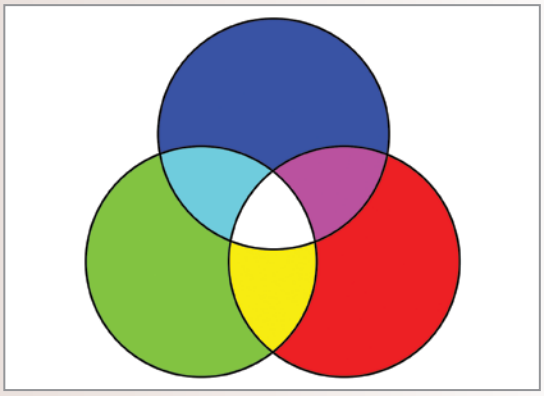


Rozklad svetla

Slnečné svetlo je zložené svetlo. Po prechode optickým hranolom sa rozkladá na farebné zložky.

Farby spektra: červená, oranžová, žltá, zelená, modrá, fialová.



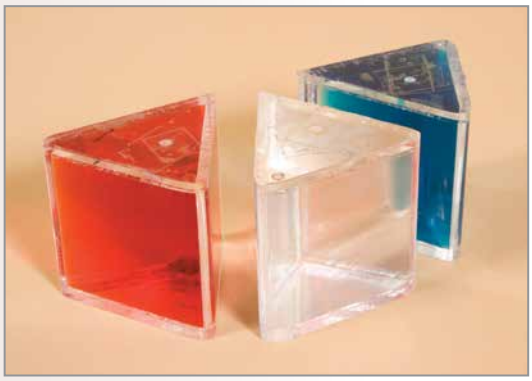


Skladanie farebných svetelných lúčov. Základné farby: červená, zelená, modrá.

Absorpcia svetla

Pri procese fotosyntézy sa v listoch rastlín premieňa svetelná energia na chemickú. Pigmenty v listoch rastlín absorbujú časť svetelnej energie (niektoré farebné zložky spektra). Výsledkom fotosyntézy je produkcia kyslíka a organických látok podmieňujúcich rast rastlín.

Absorpciu farieb spektra možno pozorovať napr. pri prechode svetla farebnými hranolmi.



Pri prechode bieleho svetla cez modrý hranol na tienidle zachytíme modrú a zelenú farbu. Ostatné zložky spektra (červenú, oranžovú, žltú a fialovú farbu) modrý hranol absorbuje.

Test 1 – vyskúšaj sa

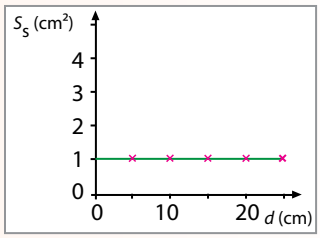
Praktická úloha

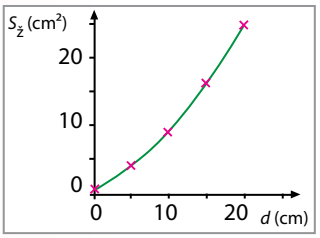
Na laboratórnom stanovišti nájdeš 3 filtre odlišnej farby a spektroskop. Predkladaj postupne filtre pred štrbinu spektroskopu a pozoruj spektrum. Podľa uvedeného vzoru si nakresli v zošite tabuľku a doplň do nej farby prepusteného a absorbovaného svetla. *(Použi skratky – začiatočné písmená farieb.)*

Filter	Farba **prepusteného** svetla	Farba **absorbovaného** svetla
modrý		
zelený		
červený		

Teoretické úlohy

1. Štvorčekový papier sme osvetľovali najprv žiarovkou a potom Slnkom, pričom svetlo prechádzalo tienidlom s otvorom 1 cm². Medzi tienidlom a štvorčekovým papierom sa postupne menila vzdialenosť. Do grafov bola zaznačená veľkosť osvetlenej plochy pri určitej vzdialenosti tienidla od štvorčekového papiera.



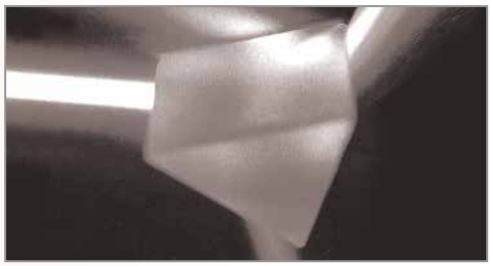


a) Aká veľká bola osvetlená plocha, keď vzdialenosť medzi štvorčekovým papierom a tienidlom bola 15 cm,
- pri osvetľovaní žiarovkou,
- pri osvetľovaní slnečným svetlom?

b) Čo sa stane s osvetlenou plochou pri použití uvedených svetelných zdrojov, ak sa vzdialenosť medzi štvorčekovým papierom a tienidlom zväčší,
- pri osvetľovaní žiarovkou,
- pri osvetľovaní slnečným svetlom?

c) Pri akej vzdialenosti budú obidva zdroje svetla osvetľovať rovnakú plochu?

2. Napíš poradie farieb spektra pri rozklade svetla hranolom.



3. Svetlo rozložené modrým hranolom sme zachytili na bielej stene. Hranol prepustil modrú a zelenú farbu. Vypíš farby, ktoré hranol absorboval.
4. V Petriho miske bola voda s hmotnosťou 20 g. Slnko svietilo na vodu 2 min a tá sa zohriala z teploty 22 °C na teplotu 26 °C. Koľko tepla prijala voda za 1 min? ($c_v = 4\,200\ \frac{J}{kg \cdot °C}$)
5. Uveď príklad skladania farieb.
6. Opíš, v čom sa navzájom líšia žiarovka a Slnko ako zdroje svetla a v čom sú si podobné.

a) Vypíš odlišné vlastnosti žiarovky a Slnka.

b) Vypíš podobné vlastnosti žiarovky a Slnka.

Odraz a lom svetla

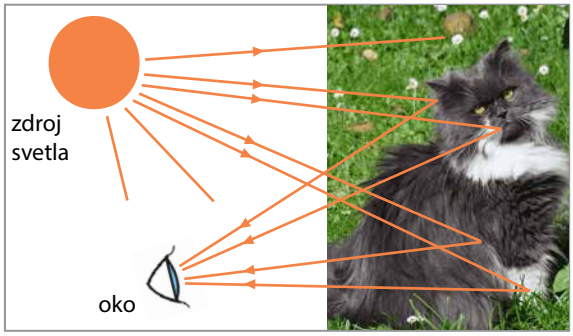
Na obrázku vľavo vidíme odraz okolitej prírody na hladine vody. Svetlo, šíriace sa vzduchom, dopadá na hladinu vody, sčasti sa od nej odráža a sčasti vstupuje do vody. Dochádza pri tom k dvom dôležitým optickým javom, ktoré nazývame **odraz svetla** a **lom svetla**. Ako sa šíri svetlo, ktoré prešlo do vody, na tomto obrázku nevidno.

Lom svetla sa podarilo zachytiť na obrázku vpravo. Svetelné lúče, ktoré sa odrážajú od slamky ležiacej pod hladinou, menia na rozhraní voda – vzduch svoj smer – lámu sa. Vďaka tomu slamka čiastočne ponorená do vody vyzerá tak, ako keby bola zlomená na hladine vody.

Pri plávaní pod hladinou vody môžeme pozorovať rastliny a živočíchy, pretože svetlo vodou prechádza. Časť svetla voda pohlcuje. Čím hlbšie by sme sa potápali, tým by sa viditeľnosť vo vode zmenšovala a do hĺbky okolo 1 000 m už nepreniká žiadne svetlo. Bez umelého osvetlenia by sme ani cez deň v takejto hlbokej vode nič nevideli. Preto potápači, ktorí skúmajú morské dno vo väčšej hĺbke, musia mať elektrické svietidlá.

1.6 Odraz svetla

Predmety okolo nás vidíme buď preto, že sú zdrojom svetla (Slnko, žiarovka), alebo preto, že sa od nich svetlo odráža. Na *obr. 23* je zdrojom svetla Slnko, ktorého svetelné lúče zachytíme zrakom a zrakom tiež zachytíme aj slnečné lúče odrazené od mačky či iných osvetlených predmetov.



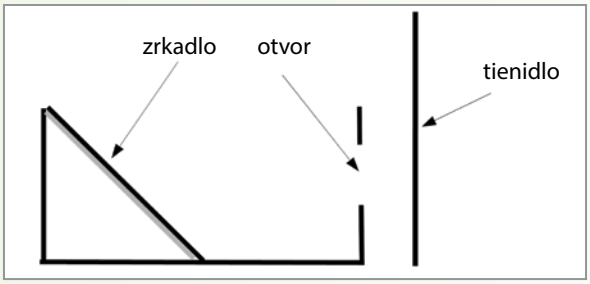
Obr. 23 Zdroj svetla a objekt, od ktorého sa odráža svetlo

Plochy, ktoré dobre odrážajú svetlo, sa nazývajú zrkadlá. Zrkadlá sa vyrábajú tak, že sa sklo pokryje tenkou vrstvou kovu, ktorý dobre odráža svetlo. Pomocou malého zrkadla preskúmame odraz svetelných lúčov.

Úloha 1

Pomocou svetelného člna preskúmaj chod svetelných lúčov, ktoré sa odrážajú od zrkadla a dopadajú na bielu plochu.

POMÔCKY svetelný čln, tienidlo s bielym povrchom, zdroj svetla (Slnko, vreckové svietidlo)



POSTUP

a) Nastav zrkadlo k zdroju svetla tak, aby odrazené svetlo prechádzalo otvorom vo svetelnom člne a dopadalo na tienidlo.

b) Nakresli si do zošita smer svetelných lúčov dopadajúcich na zrkadlo a smer odrazených svetelných lúčov.

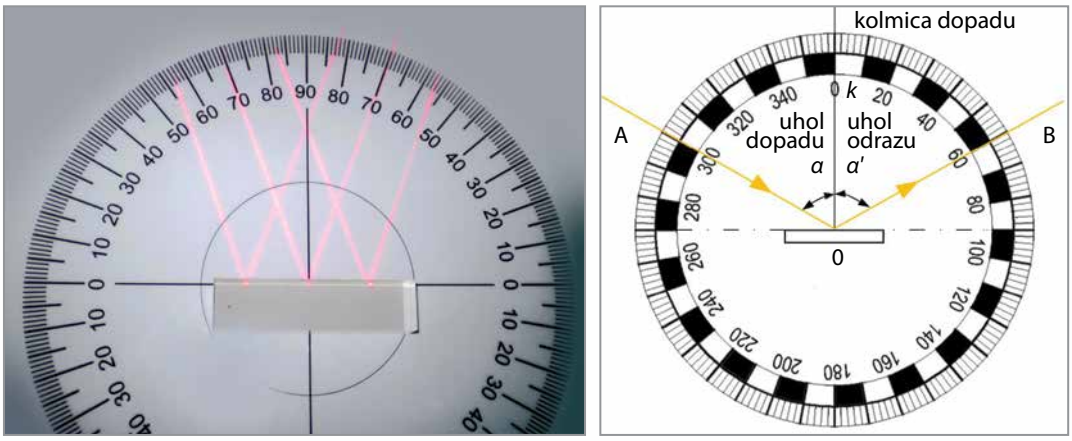
c) V mieste dopadu svetelného lúča na zrkadlo nakresli kolmicu na rovinu zrkadla.

ODPOVEDZ

1. Porovnaj veľkosti uhlov medzi lúčom dopadajúcim na plochu zrkadla a kolmicou a odrazeným lúčom a kolmicou. Aké sú tieto uhly, rovnaké alebo rozdielne?
2. Dokázal by si vysloviť pravidlo pre odraz svetla?

V predchádzajúcej úlohe sme síce mohli pozorovať svetelné lúče dopadajúce na zrkadlo a odrazené od neho, ale naše pozorovania musíme potvrdiť presnejšími meraniami a až potom vysloviť záver o odraze svetelných lúčov.

Presnejšie merania nám umožní urobiť pomôcka, ktorá sa nazýva optický kruh. Optický kruh má na svojom obvode stupnicu, ktorou môžeme merať veľkosti uhlov. Do stredu kruhu umiestnime zrkadlo, na ktoré dopadá pod zvoleným uhlom svetelný lúč *(obr. 24)*.



Obr. 24 Zobrazenie odrazu svetla a schematické znázornenie lúčov

Kolmicu *k* zostrojenú v bode dopadu svetelného lúča na zrkadlo nazývame **kolmicou dopadu**. Dopadajúci lúč zviera s kolmicou dopadu **uhol dopadu** *α*. Odrazený lúč zviera s kolmicou dopadu **uhol odrazu** *α´*. Meraním na stupnici sa presvedčíme, že uhol dopadu a uhol odrazu majú rovnakú veľkosť, sú rovnaké. Svetlo sa pri odraze od zrkadla či iného rozhrania správa podľa určitých zákonitostí, presnejšie podľa **zákona odrazu**.

Každý prírodný zákon sa musí viackrát overiť v rôznych situáciách a súvislostiach, aby bolo možné uznať jeho platnosť. Pre odrážajúce sa svetelné lúče platí nasledujúci zákon:

Uhol medzi dopadajúcim svetelným lúčom a kolmicou dopadu (uhol dopadu *α*) sa rovná uhlu medzi odrazeným svetelným lúčom a kolmicou dopadu (uhlu odrazu *α´*), $\alpha = \alpha'$**.** Odrazený aj dopadajúci svetelný lúč ležia v jednej rovine.

Na *obr. 25* vľavo vidíme, že rovnobežné lúče dopadajú na rovnú lesklú plochu pod rovnakým uhlom dopadu, a preto sa každý z nich odráža pod tým istým uhlom odrazu. Po odraze lúče ostávajú aj naďalej rovnobežné.

Obr. 25 Odraz svetla od vodorovnej lesklej plochy a od nerovnej plochy

Odraz a lom svetla

Na *obr. 25* vpravo prichádzajú opäť rovnobežné lúče, teraz však dopadajú na nerovný povrch. Uhly dopadu sa pre mnohé z nich navzájom líšia. Aj naďalej platí zákon odrazu, ale lúče sa odrážajú pod rozdielnymi uhlami. To spôsobuje, že sa odrážajú do rôznych smerov. Jav, pri ktorom sa lúče odrazené od nerovného povrchu rozptyľujú do všetkých smerov, nazýva sa **rozptyl svetla**.

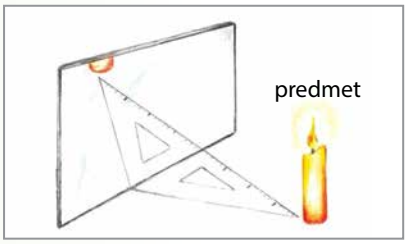
V prírode alebo v našom okolí je len málo plôch, ktoré by boli dokonale rovné. Preto sa s rozptylom svetla stretávame v praxi veľmi často. Slnečné svetlo sa rozptyľuje nielen pri odraze na väčších plochách, napr. na stenách budovy, ale aj na kvapkách vody pri prechode oblakmi, na čiastočkách prachu. Rozptylom sa svetlo dostane aj do priestorov, do ktorých svetelné lúče zo zdroja svetla priamo nedopadajú. Vďaka rozptylu svetla môžeme vidieť aj tie predmety, ktoré nie sú priamo osvetlené. Rozptýlené svetlo je pre náš zrak menej škodlivé ako priamo osvetlená pracovná plocha, ktorá môže náš zrak oslňovať odrazeným svetlom.

Na základe znalosti zákona odrazu svetla si vysvetlime, akým spôsobom vzniká obraz predmetu v zrkadle.

Úloha 2

Preskúmaj obraz predmetu v zrkadle.

POMÔCKY zrkadlo (malé vreckové), pravouhlý trojuholník, sviečka (príp. iný predmet, napr. guma na gumovanie s nápisom)

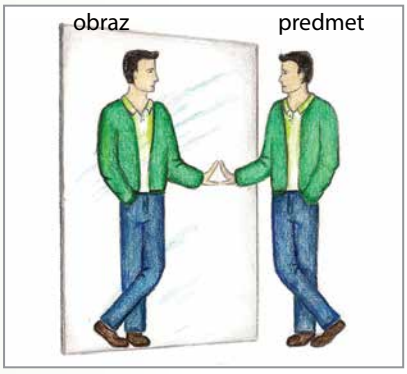


POSTUP

a) Postav zrkadlo kolmo na trojuholník.

b) Oproti zrkadlu postav na trojuholník nejaký predmet, napr. sviečku, najlepšie gumu na gumovanie s nápisom. Vzdialenosť predmetu od zrkadla by mala byť taká veľká, aby si obraz predmetu v zrkadle dobre videl.

c) Dobre si prezri obrázok, na ktorom si chlapec podáva ruku so svojím obrazom.

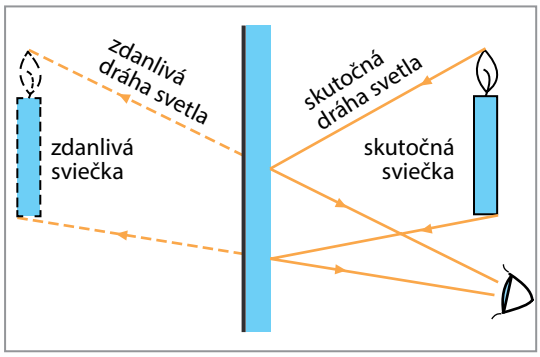


ODPOVEDZ

1. Porovnaj veľkosť predmetu s veľkosťou obrazu v zrkadle. Aké sú tieto veľkosti?
2. Ako sú obraz a predmet vzdialené od zrkadla? Rovnako alebo rôzne?
3. Predmet (chlapec) podáva svojmu obrazu v zrkadle pravú ruku. Ktorú ruku podáva chlapcovi jeho obraz v zrkadle?
4. Urob súhrn predchádzajúcich zistení: Opíš vlastnosti obrazu v zrkadle v porovnaní s vlastnosťami predmetu.

1.6 Odraz svetla

Vysvetlíme si, ako obraz v zrkadle vznikol. Svetelné lúče, prichádzajúce z jednotlivých bodov predmetu, napr. v prípade sviečky z hrotu plameňa a spodného konca sviečky, sa od zrkadla odrážajú do nášho oka podľa zákona odrazu. Zobrazený predmet sa javí akoby za zrkadlom. Ide len o zdanie, a preto vzniknutý obraz nazývame **zdanlivý**. Vznik zdanlivého obrazu v zrkadle vieme znázorniť geometrickou konštrukciou. Na *obr. 26* sme pri konštrukcii využili svetelné lúče prichádzajúce od predmetu (sviečky) a zákon odrazu. Zdanlivý obraz sviečky sme dostali po predĺžení odrazených svetelných lúčov.

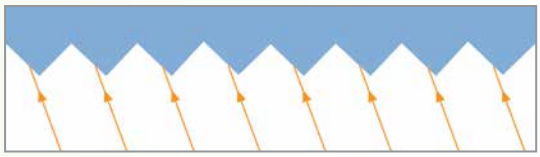


Obr. 26 Zostrojenie obrazu v zrkadle

Ako sme mohli pozorovať v úlohe 2, ale rovnako aj pri každom pohľade do zrkadla, **predmet a jeho obraz v zrkadle sú rovnako veľké, od zrkadla sú rovnako vzdialené. Obraz v zrkadle je stranovo prevrátený a zdanlivý.**

Rieš úlohy

1. Malé odrazové sklíčko na bicykli má vrúbkovaný povrch. Prekresli si vrúbky do zošita a nakresli lúče odrazené od vrúbkovaného skla.



2. Na sanitkách býva nápis AMBULANCIA napísaný obrátene, tak ako je to na fotografii.

a) Vysvetli, pre koho je užitočné, aby bol nápis obrátený.

b) Over svoje tvrdenie jednoduchým experimentom.

3. **Urob pokus:** Pozoruj odraz svetla na hladkom a nerovnom povrchu.

POMÔCKY laserové ukazovadlo (upravené vreckové svietidlo), sklený pohár s otočným uzáverom, 2 stojany z polystyrénu, fixka, alobal 4 × 5 cm

POSTUP

a) Naplň pohár približne do polovice vodou. Na hladinu vody opatrne polož alobal tak, aby sa nepokrčil.

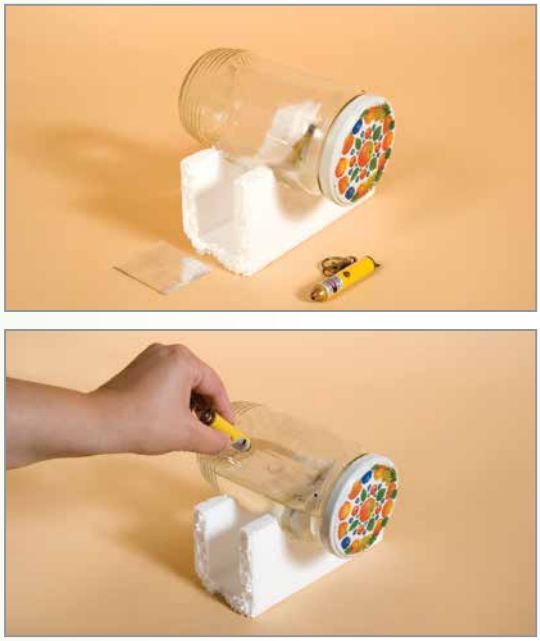
b) Polož pohár na stojany tak, ako je to znázornené. Alobal by mal plávať na hladine vody.

c) Prilož ukazovadlo k poháru tak, aby svetelný lúč dopadol približne do stredu alobalového obdĺžnika *(obr. 27)*.

d) Poznač si fixkou miesto na pohári, v ktorom sa ho dotýkalo ukazovadlo, a tiež miesto, kam dopadol svetelný lúč po odraze od alobalu.

e) Nakresli schému prechodu svetelného lúča pohárom.

f) Zopakuj celý postup tak, že povrch alobalu nebude rovný, ale pokrčený (nerovný); treba však zachovať jeho obdĺžnikový tvar.



Obr. 27 Skúmanie odrazených lúčov

ODPOVEDZ

1. Ako by sa dalo zlepšiť zariadenie, aby sme lepšie dokázali platnosť zákona odrazu svetla?
2. Odlišovali sa svetelné lúče odrazené od hladkého povrchu od svetelných lúčov odrazených od nerovného povrchu?

1.7 Lom svetla

Urob jednoduché pozorovanie: do skleneného pohára s vodou vlož lyžicu alebo ceruzku. Ak sa budeš pozerať zboku alebo zhora, predmet sa ti bude vo vode javiť ako zlomený *(obr. 28)*.

Vieme, že ceruzka na *obr. 28* zlomená nie je. Vysvetlenie javu nie je zložité: Svetlo odrazené od ceruzky nevstupuje do nášho oka priamo, ale cez dve navzájom rôzne prostredia – vodu a vzduch. Pri prechode cez vodnú hladinu (rozhranie) lúč zmení svoj smer – láme sa. Okom vnímame, že svetlo prichádza zo smeru zlomeného lúča.

V ďalších pokusoch budeme pozorovať, ako sa správa svetelný lúč pri prechode zo vzduchu do vody a z vody do vzduchu. Na základe pozorovaní by sme mali objaviť pravidlo, podľa ktorého sa správajú svetelné lúče pri prechode cez rozhranie medzi dvoma **rozdielnymi optickými prostrediami**.

Obr. 28 Pohľad na ceruzku ponorenú vo vode

Pokus

Urob pokus s pozorovaním predmetu v akváriu a pokús sa pozorovaný jav vysvetliť.

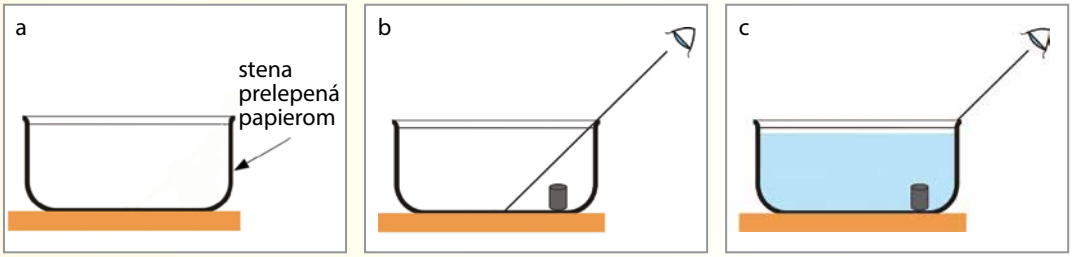
POMÔCKY akvárium, závažie (ťažší predmet), hárok papiera, voda

POSTUP

a) Nalep na bočnú stenu akvária papier tak, aby zalepená stena bola nepriehľadná.

b) Polož do akvária ťažší predmet (napr. závažie) bližšie k zalepenej stene akvária. Teraz zaujmi takú polohu, aby ti zalepená stena akvária predmet zakryla.

c) Nalej do akvária väčšie množstvo vody tak, aby hladina vody bola niekoľko centimetrov nad predmetom.

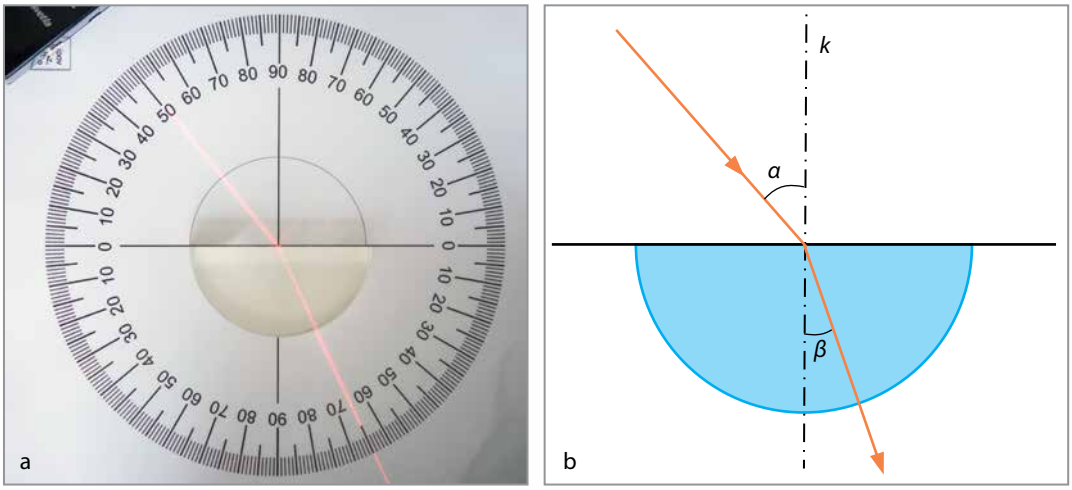


ODPOVEDZ

1. Čo pozoruješ po naliatí vody do akvária?
2. Ako vysvetlíš svoje pozorovanie?

Aby sme vedeli pozorovanú zmenu vysvetliť, použijeme pomôcku – podložku s optickým kruhom. Na optický kruh dáme polkruh zo skla a osvetlíme ho pomocou lasera, ktorý modeluje svetelný lúč. Lúč vstupuje do stredu skleneného polkruhu pod určitým uhlom *(obr. 29a)*. Vidíme, že po prechode zo vzduchu do skla sa smer lúča zmenil.

Na *obr. 29b* sme znázornili prechod lúča zo vzduchu do skla schémou. V schéme je nakreslená kolmica *k* v bode, ktorým lúč prechádza rozhraním.



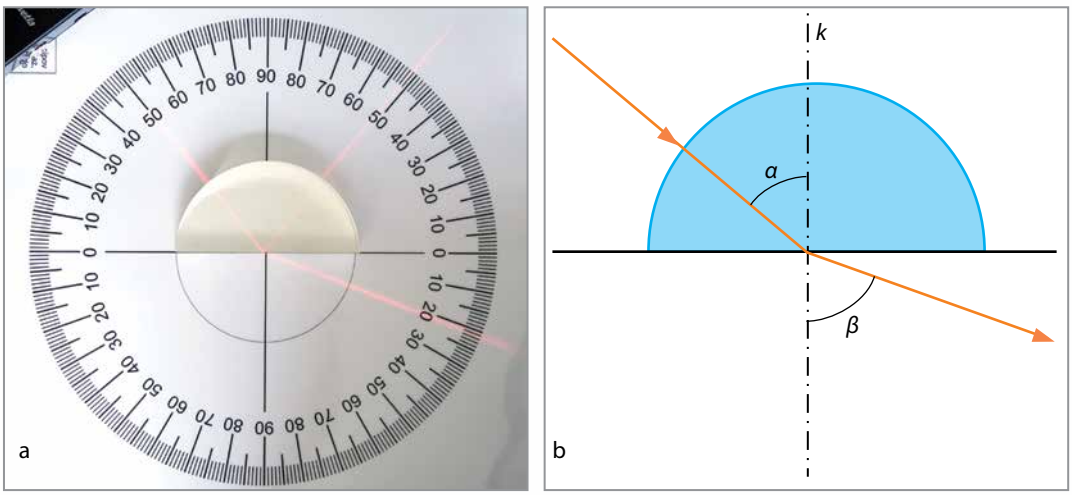
Obr. 29 Prechod svetelného lúča zo vzduchu do skla

Príčinu lomu lúča na rozhraní dvoch prostredí si vysvetľujeme odlišnosťou ich optických vlastností. Vzduch, sklo a voda sa javia ako rozdielne prekážky pre chod svetelného lúča. Sklo a voda sú väčšie prekážky ako vzduch. Svetlo sa v rôznych prostrediach šíri rôznou rýchlosťou. Rýchlosť svetla vo vzduchu je väčšia ako jeho rýchlosť vo vode alebo v skle. Z toho dôvodu zvykneme hovoriť, že vzduch je „prostredie opticky redšie" a sklo alebo voda sú „prostredia opticky hustejšie". Vzájomná odlišnosť optických prostredí sa prejavuje lomom lúčov na ich rozhraní.

Uhol α, ktorý zviera dopadajúci lúč s kolmicou k, nazývame **uhol dopadu**. Uhol β, ktorý zviera lomený lúč s kolmicou k, je **uhol lomu**.

Pri prechode svetelného lúča zo vzduchu do skla je uhol lomu β menší ako uhol dopadu α *(obr. 29)*. **Svetelný lúč sa láme ku kolmici dopadu.**

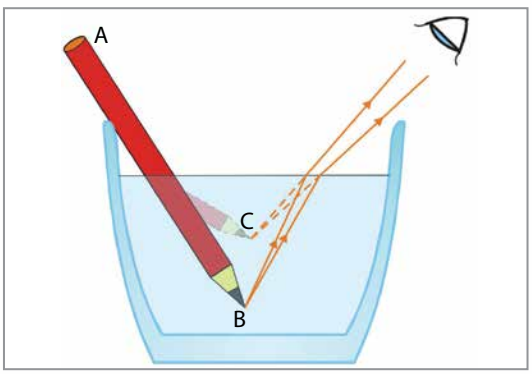
Pri opačnom chode lúča, zo skla do vzduchu *(obr. 30)*, je uhol lomu β väčší ako uhol dopadu α. **Svetelný lúč sa láme od kolmice dopadu.**



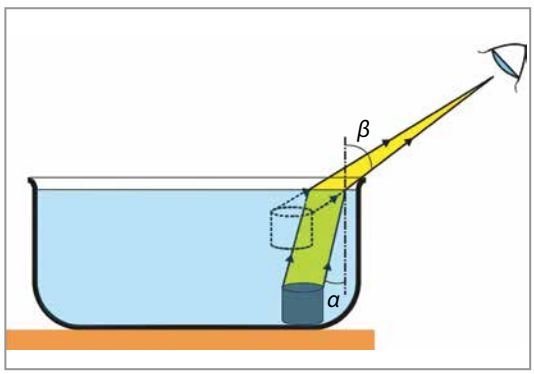
Obr. 30 Prechod svetelného lúča zo skla do vzduchu

Lúče, ktoré dopadajú kolmo na rozhranie dvoch prostredí, sa nelámu.

Teraz si môžeme vysvetliť naše pozorovania s ponorením predmetu do vody a tiež pokus s predmetom v akváriu.



Obr. 31 Vysvetlenie pozorovania ceruzky ponorenej v pohári s vodou



Obr. 32 Vysvetlenie pokusu s predmetom v akváriu

Svetelné lúče, odrážajúce sa od ceruzky ponorenej vo vode, sa na rozhraní voda – vzduch lámu od kolmice dopadu. Časť ceruzky ponorenej vo vode vidíme v smere lomených lúčov. Platí to pre každý bod ceruzky. Bod B vidíme v polohe C. Teda o niečo vyššie, v menšej hĺbke, ako je ceruzka ponorená vo vode v skutočnosti.

A ako je to s predmetom v akváriu, ktorý najskôr nevidíme a po naliatí vody do akvária akoby sa vynoril? Vysvetlenie je podobné, ako v prípade „zlomenej" ceruzky.

Predmet (závažie) po naliatí vody sa javí v menšej hĺbke, ako v skutočnosti je. Zdanlivo vystúpi z dna bližšie k hladine vody, a tak vlastne vidíme jeho obraz.

Rôzne prostredia, napr. vzduch, voda, sklo, majú navzájom odlišné vlastnosti pre šírenie svetla. Vo vzduchu (opticky redšie prostredie) sa svetlo šíri väčšou rýchlosťou ako v opticky hustejších prostrediach, napr. vo vode a skle. Preto **na rozhraní dvoch rozdielnych prostredí dochádza k lomu svetla. Keď svetlo vstupuje zo vzduchu do skla alebo do vody, láme sa ku kolmici dopadu svetelného lúča. Ak svetlo vstupuje zo skla či vody do vzduchu, láme sa od kolmice.**

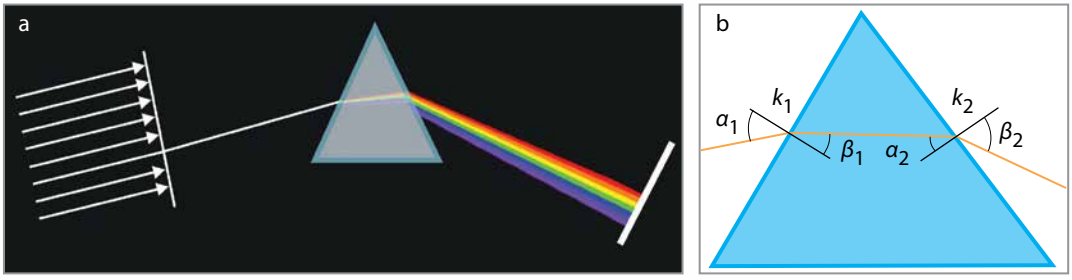
Experimentmi, podobnými tým, ktoré sme znázornili na *obr. 29* a *obr. 30*, sa môžeme presvedčiť, že pri zväčšovaní uhla dopadu svetelného lúča na optické rozhranie dvoch prostredí sa zväčšuje aj uhol lomu. Pri týchto experimentoch by sme obidva uhly α a β mohli aj merať a hľadať ich vzájomnú závislosť.

Na matematický opis lomu svetelného lúča pri prechode cez rozhranie dvoch prostredí sa používa veličina n, ktorá sa nazýva **index lomu**. Pri prechode lúča z jedného prostredia do druhého nastane jeden z troch prípadov:

1. Pre dve prostredia, ktoré sú z hľadiska šírenia svetla rovnocenné, sa index lomu rovná jednej ($n = 1$). Cez rozhranie takých prostredí prechádza svetlo bez lomu.
2. Pre prechod lúča cez rozhranie, na ktorom dochádza k lomu ku kolmici, je index lomu väčší ako jedna ($n > 1$).
3. Pre prechod lúča cez rozhranie, na ktorom dochádza k lomu od kolmice, je index lomu menší ako jedna ($n < 1$).

Pre rozhranie vzduch – voda je index lomu $n = 1{,}33$, pri opačnom chode lúča, z vody do vzduchu, má index lomu hodnotu $n = 0{,}75$. Pre lom lúča zo vzduchu do skla je index lomu $n = 1{,}5$, pri prechode zo skla do vzduchu $n = 0{,}67$.

V časti 1.3 Rozklad svetla ste sa naučili, že slnečné svetlo je zložené z jednotlivých jednoduchých farieb. Môžeme sa o tom presvedčiť napr. tak, že svetlo necháme prechádzať sklenenym hranolom.



Obr. 33 Schéma rozkladu svetla hranolom

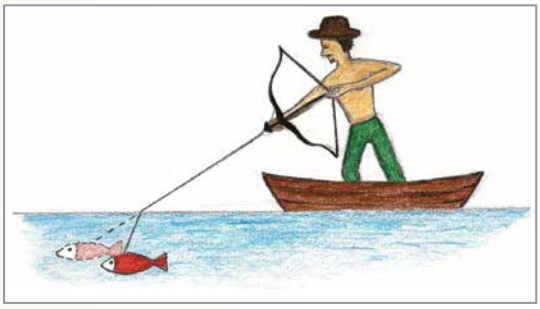
Odraz a lom svetla

Na *obr. 33a, b* sme znázornili schému prechodu svetelného lúča skleneným hranolom. Svetlo vstupuje do optického hranola zo vzduchu, a preto sa láme ku kolmici. Po prechode hranolom svetlo vystupuje do vzduchu a láme sa od kolmice. Po dvojnásobnom lome sa svetlo rozloží na spektrálne farby. Najviac sa láme fialový svetelný lúč a najmenej lúč červeného svetla.

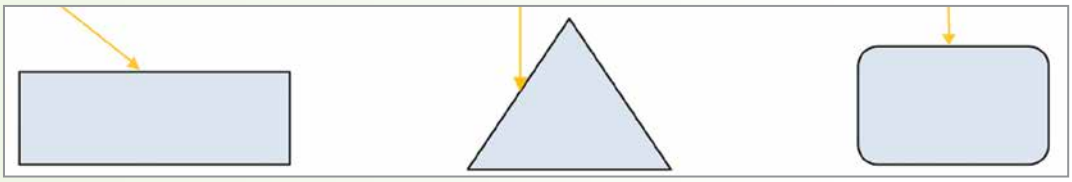
Ak si znova prečítate odsek o indexe lomu, ktorý sme uviedli predtým, môžete odpovedať na otázku: Je index lomu rovnaký pre všetky farby spektra?

Rieš úlohy

1. Lovec na nasledujúcom obrázku by rád ulovil rybu výstrelom z luku. Domnievaš sa, že šíp rybu zasiahne, ak lovec mieri do miesta, kde rybu pozoruje? Svoju odpoveď vysvetli.



2. Na obrázkoch nižšie sú nakreslené svetelné lúče dopadajúce na predmety zo skla. Prekresli si obrázky do zošita a nakresli k dopadajúcim lúčom lomené a odrazené lúče.



3. Odborníci zistili, že Slnko vidíme na oblohe ešte chvíľu potom, ako zapadlo, a chvíľu predtým, ako v skutočnosti vyšlo nad obzor. Vysvetli toto tvrdenie, prípadne svoje vysvetlenie doplň nákresom.

4. **Urob pokus:** Dokáž lom svetla.

POMÔCKY laserové ukazovadlo (vreckové svietidlo), sklenený pohár, voda, trochu mlieka

POSTUP

a) Do pohára s vodou nalej trochu mlieka, aby sa voda zakalila.

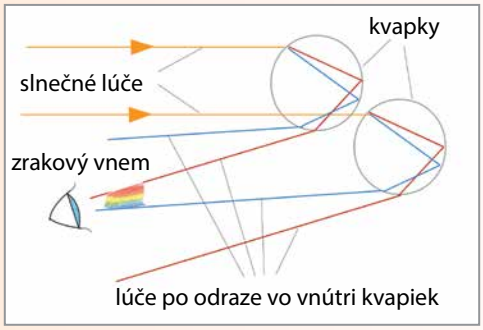
b) Zasvieť laserovým ukazovadlom na hladinu zakalenej vody pod uhlom okolo 45°.

c) Ak máš ako zdroj svetla vreckové svietidlo, miestnosť by mala byť zatemnená.

ODPOVEDZ

1. Ako by si opísal a vysvetlil priebeh pokusu?
2. Prečo bolo potrebné dať do vody trochu mlieka?
3. Čo sa deje so svetlom na čiastočkách mlieka?

Vieš, že... lom svetla je fyzikálny jav, ktorý je zodpovedný za vznik dúhy? Ako dúha vzniká, vidíme v schéme na obrázku. Rovnobežné slnečné lúče dopadajú na dažďové kvapky. Pri vstupe do kvapky sa lúč láme, na vnútornej stene kvapky sa odrazí a potom sa láme smerom von z kvapky. Každá jednoduchá farba bieleho slnečného svetla sa láme pod iným uhlom, preto z každej kvapky vystupuje pás svetla, v ktorom sú zastúpené farebné lúče svetelného spektra. Rovnaký lom a odraz svetla nastáva súčasne vo veľkom počte kvapiek (na schéme sú zobrazené len dve kvapky). Z kvapky vystupujú lúče všetkých farieb spektra od červenej až po fialovú, pričom lúče rovnakej farby sú navzájom rovnobežné. Lúče vstupujúce do oka obsahujú všetky farby spektra a pozorovateľ ich vníma ako dúhu.



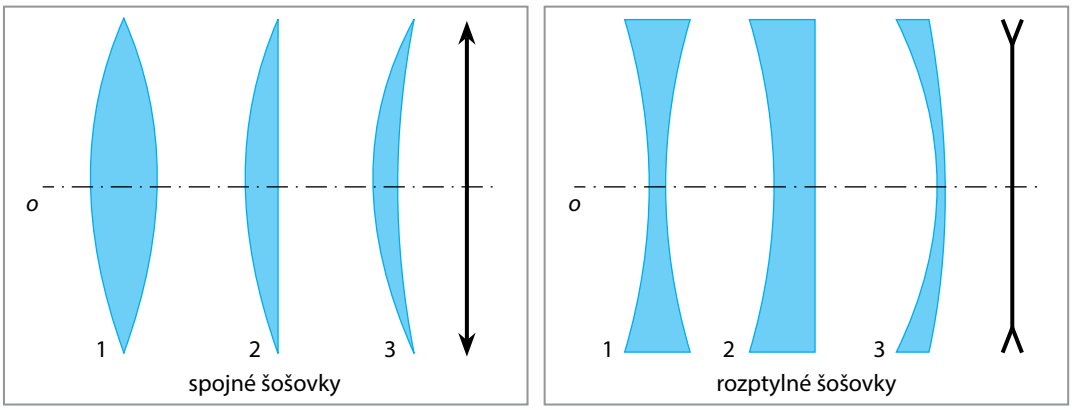
1.8 Šošovky

V úvodnej časti učebnice, nazvanej Čo sa budeme učiť, je námet na jednoduché pozorovanie písmen cez kvapku vody na mikroténovej podložke. Zmenou vzdialenosti medzi mikroténovou podložkou s kvapkou vody a novinami ste mohli pozorovať, že v istej vzdialenosti boli písmená zväčšené. Na to, aby sa písmená či nejaké iné predmety zväčšili, nám slúži lupa. Teda lupa a kvapka vody majú spoločné znaky.

Obr. 34 Pozorovanie zväčšenia pomocou kvapky vody a lupy

Ak lupu lepšie preskúmame, v strede je hrubšia ako na okrajoch. Rovnaký tvar má kvapka vody. Obidve sú vlastne jednoduchými šošovkami, ktoré sa nazývajú **spojné šošovky (spojky)**. Tento druh šošoviek sústreďuje rovnobežné svetelné lúče do jedného bodu – **ohniska**. Ak sústredíme slnečné lúče do ohniska na papieri, môžeme ho pomocou lupy aj zapáliť.

Iný druh šošoviek je na okrajoch hrubší ako v strede. Tieto šošovky sa nazývajú **rozptylné šošovky (rozptylky)**, pretože svetelné lúče rozptyľujú. Rôzne typy spojných aj rozptylných šošoviek, ako aj ich značky znázorňuje *obr. 35*. Malým písmenom *o* je označená optická os šošovky.



Obr. 35 Druhy šošoviek a ich značky

Šošovky sa vyrábajú brúsením kvalitného skla a ich tvar vzniká ohraničením dvoma guľovými plochami (1, 3) alebo jednou guľovou plochou a rovinou (2). S polomerom zakrivenia guľovej plochy súvisia charakteristiky šošovky. Niektoré z nich preskúmame v nasledujúcej úlohe.

Úloha

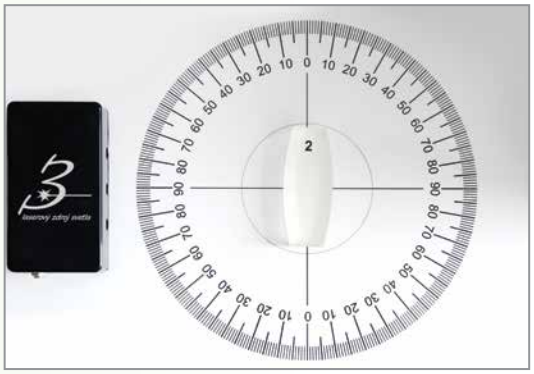
Preskúmaj chod rovnobežných svetelných lúčov, ktoré prechádzajú spojnou a rozptylnou šošovkou. *(Pracujte v skupinách.)*

POMÔCKY žiacka optická súprava

POSTUP

a) Vyberte si zo súpravy jednu spojnú a jednu rozptylnú šošovku.

b) Uložte spojnú šošovku na podložku s optickým kruhom, ako to je na obrázku, a pomocou zdroja laserových lúčov nechajte ňou prechádzať 3 rovnobežné lúče.

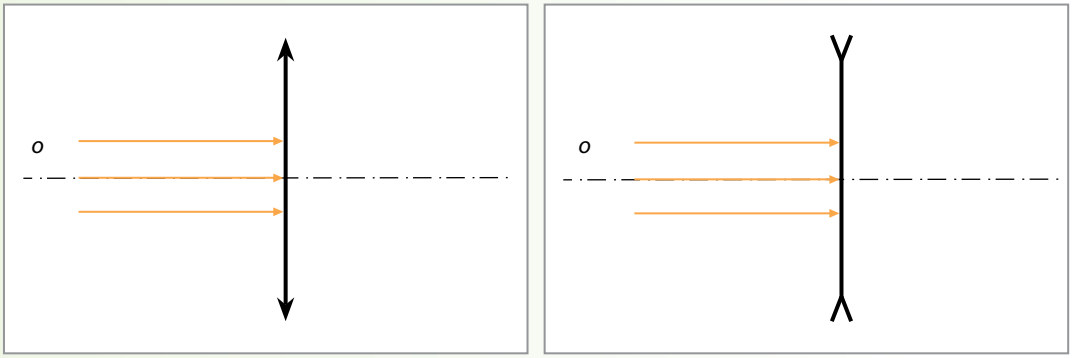


Poznámka: Pri použití zdroja laserových lúčov buďte opatrní, aby ste nepoškodili zrak spolužiakom.

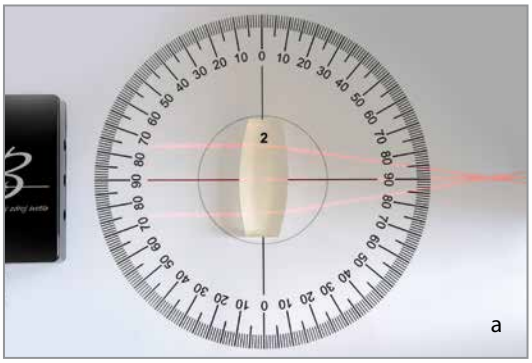
c) Zmerajte vzdialenosť od stredu šošovky po miesto, kde sa lúče pretnú. Vzdialenosť označte písmenom *f*. Zapíšte si nameranú hodnotu do zošita.

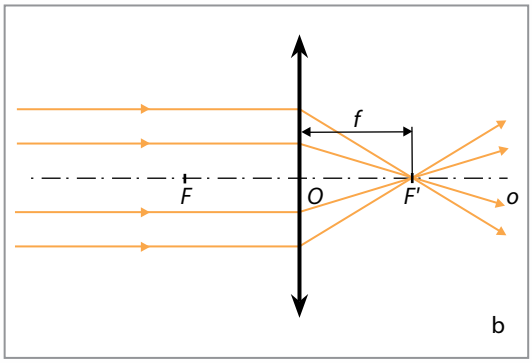
d) Zakreslite chod svetelných lúčov do obrázka, ktorý si prekreslíte do zošita.

e) Nechajte prechádzať laserové lúče rozptylnou šošovkou a zakreslite chod lúčov po prechode rozptylkou.



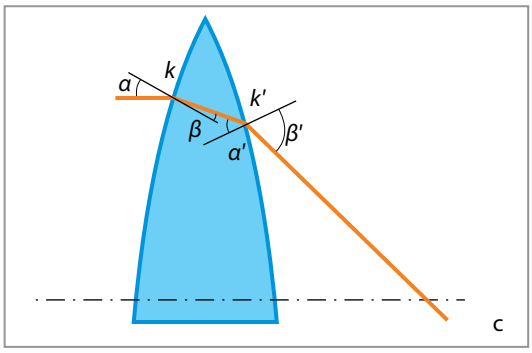
ODPOVEDZ Charakterizuj chod svetelných lúčov rovnobežných s optickou osou cez spojnú a cez rozptylnú šošovku.





Obr. 36 a) Modelový experiment so spojkou na optickom kruhu b) Rovnobežné svetelné lúče prechádzajúce spojkou

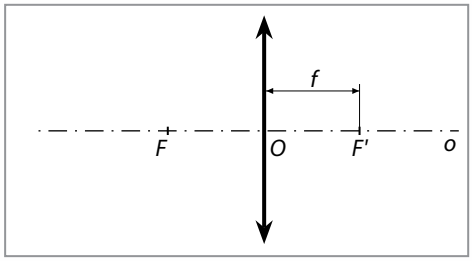
Spojka aj rozptylka menia smer svetelných lúčov. Svetelné lúče, prechádzajúce zo vzduchu do skla, sa lámu ku kolmici a vychádzajúce zo skla do vzduchu sa lámu od kolmice. Lom lúča prechádzajúceho spojkou je znázornený na *obr. 36a*. Rovnobežné svetelné lúče sa po prechode spojkou stretnú v bode *F'*, ktorý sa nazýva ohnisko šošovky *(obr. 36b)*.



c) Lom svetelného lúča prechádzajúceho spojkou

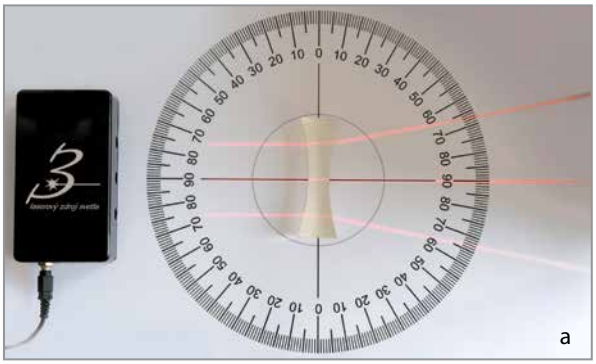
Dôležité charakteristiky spojky sú schematicky znázornené na *obr. 37*. Vysvetlivky jednotlivých symbolov:

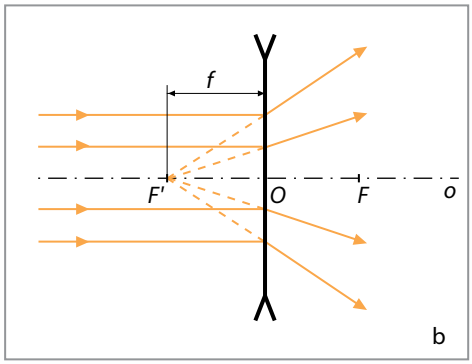
O – optický stred šošovky,
o – optická os šošovky,
F, F´ – ohniská šošovky,
f – vzdialenosť ohniska od optického stredu šošovky, **ohnisková vzdialenosť**.



Obr. 37 Dôležité charakteristiky spojky

Rovnobežné svetelné lúče prechádzajúce rozptylkou sú rozbiehavé. Šošovka svetelné lúče rozptyľuje, podľa toho dostala svoje pomenovanie. Ak rozbiehavý zväzok lúčov predĺžime, zistíme, že sa lúče spájajú v jednom bode *F´*. Tento bod sa nazýva **ohnisko rozptylky**.

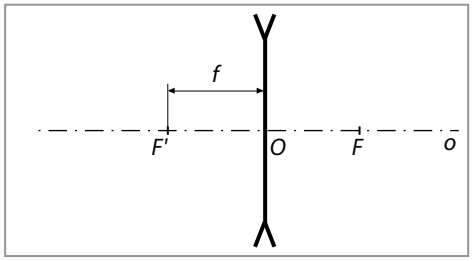




Obr. 38 a) Modelový experiment s rozptylkou na optickom kruhu
b) Rovnobežné svetelné lúče prechádzajúce rozptylkou

Dôležité charakteristiky rozptylky sú schematicky znázornené na *obr. 39.* Jednotlivé symboly majú podobný význam ako pri spojke:

O – optický stred šošovky,
o – optická os šošovky,
F, F´ – ohniská šošovky,
f – vzdialenosť ohniska od optického stredu šošovky, **ohnisková vzdialenosť**.



Obr. 39 Dôležité charakteristiky rozptylky

S hrúbkou šošoviek sa mení ich ohnisková vzdialenosť. Táto skutočnosť je vyjadrená charakteristikou, ktorá sa nazýva **optická mohutnosť**, označuje sa písmenom z gréckej abecedy φ (fí). Optickú mohutnosť vypočítame ako prevrátenú hodnotu ohniskovej vzdialenosti $\varphi = \frac{1}{f}$ (ohnisková vzdialenosť sa vyjadruje v metroch). Jednotkou optickej mohutnosti je dioptria, značka D. S dioptriou sa stretávame pri okuliaroch, ktoré naprávajú chyby oka. Bežne sa hovorí napr. „potrebujem okuliare na čítanie s dvoma dioptriami".

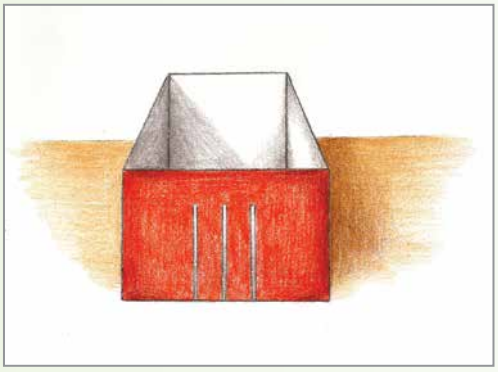
Optická mohutnosť je charakteristika šošoviek a má značku φ.
Optickú mohutnosť vypočítame pomocou vzťahu $\varphi = \frac{1}{f}$.
Ohnisková vzdialenosť šošovky je *f* a vyjadruje sa v metroch.
Jednotka optickej mohutnosti je dioptria a má značku D.

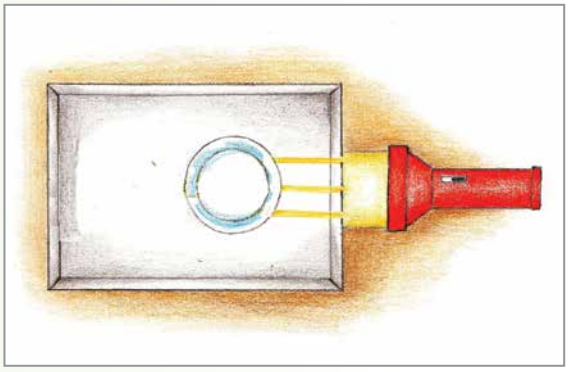
1.9 Prechod význačných lúčov šošovkami

Rieš úlohy

1. **Urob pokus:** Pozoruj prechod svetelných lúčov cez pohár s vodou.

POMÔCKY vreckové svietidlo, sklený pohár, voda, škatuľa od topánok, pravítko, nožnice





POSTUP

a) Na jednu zo stien škatule nakresli a vystrihni tri štrbiny tak, ako je to zobrazené na obrázku.

b) Pohár naplň vodou a polož do stredu škatule oproti štrbinám.

c) V tmavej miestnosti rozsvieť svietidlo pred štrbinami.

ODPOVEDZ

1. Akými prostrediami prechádzajú svetelné lúče?
2. Čomu sa podobá správanie svetelných lúčov pri prechode cez nádobu s vodou?

2. Koľko dioptrií má spojná šošovka, ak jej ohnisková vzdialenosť je 50 cm?

Vieš, že... v roku 1887 vyrobil nemecký sklár F. E. Müller prvý model kontaktnej šošovky zo skla? Skutočná revolúcia vo vývoji kontaktných šošoviek prichádza až v r. 1953, keď českí vedci Otto Wichterle a Jaroslav Lim predstavujú prvú mäkkú hydrofilnú kontaktnú šošovku.

1.9 Prechod význačných lúčov šošovkami

V pokuse s kvapkou vody ste mohli pozorovať zväčšenie písmen preto, lebo kvapka vody sa správa ako spojná šošovka. Spojnou šošovkou je aj lupa, ktorú používame pri práci s drobnými predmetmi. Skúste pokus s kvapkou zopakovať. Všimnite si, že ak chceme získať dobre pozorovateľný ostrý obraz, musíme drobný predmet umiestniť do určitej vzdialenosti od kvapky.

Mali by ste tento jav vysvetliť. Začnite svoj výskum tým, že zistíte, ako prechádzajú spojnou a rozptylnou šošovkou **význačné lúče**. Tak nazveme tie lúče, ktoré sú dôležité pre zobrazenie predmetu.

Úloha 1

Preskúmaj chod nasledujúcich svetelných lúčov prechádzajúcich spojnou a rozptylnou šošovkou:

- lúč prechádzajúci ohniskom spojnej šošovky,
- lúč smerujúci do ohniska rozptylnej šošovky,
- lúče prechádzajúce optickým stredom spojnej a rozptylnej šošovky.

(Pracujte v skupinách.)

POMÔCKY žiacka optická súprava

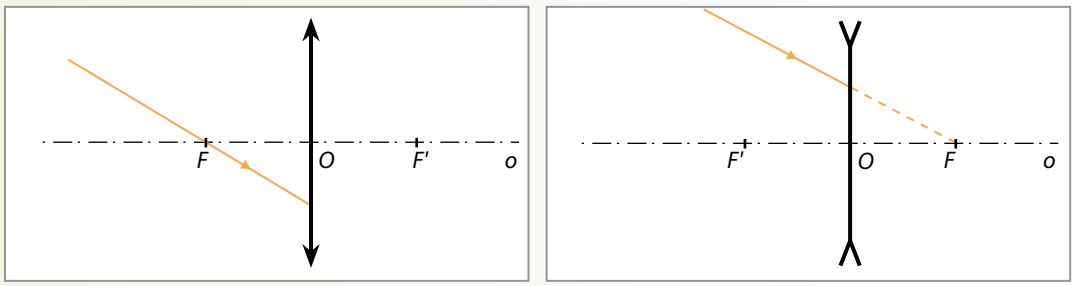
POSTUP

a) Vyberte zo súpravy jednu spojnú a jednu rozptylnú šošovku.

b) Uložte spojnú šošovku na podložku s optickým kruhom a nechajte prechádzať cez jej ohnisko jeden lúč z laserového svetelného zdroja.

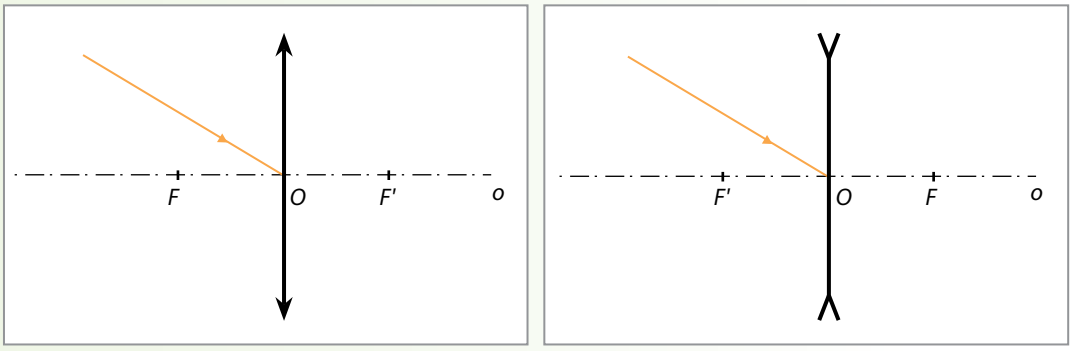
Poznámka: Pri použití zdroja laserových lúčov buďte opatrní, aby ste nepoškodili zrak spolužiakom.

c) Nakreslite do zošita chod svetelného lúča podľa obrázka. V akom smere pokračuje lúč po prechode šošovkou?



d) Nechajte prechádzať lúč rozptylnou šošovkou tak, aby po predĺžení smeroval do ohniska. V akom smere pokračuje lúč po prechode šošovkou? Nakreslite lúč do zošita.

e) Nechajte prechádzať lúč optickým stredom spojnej aj rozptylnej šošovky. Nakreslite do zošita lúče po prechode obidvoma šošovkami.



ODPOVEDZ

1. Správajú sa lúče prechádzajúce spojnou a rozptylnou šošovkou rovnako?
2. Ako sa budú správať lúče rovnobežné s optickou osou po prechode obidvoma šošovkami (úloha v časti 1.8 Šošovky)?

Za **význačný svetelný lúč**, pomocou ktorého vieme zostrojiť obraz predmetu vytvoreného spojnou či rozptylnou šošovkou, považujeme lúč

- prechádzajúci optickým stredom,
- rovnobežný s optickou osou,
- prechádzajúci ohniskom (spojka), resp. smerujúcim do ohniska (rozptylka).

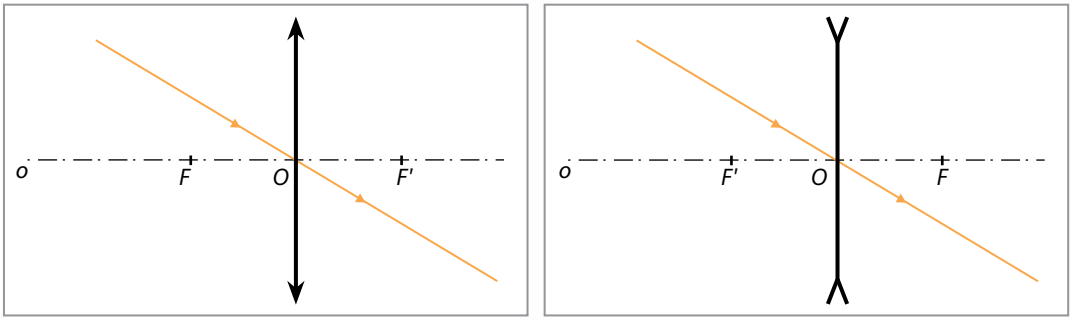
Po vyriešení predchádzajúcej úlohy by ste mali vedieť, ako prechádzajú spojnou a rozptylnou šošovkou

a) lúče pretínajúce optický stred šošovky,

b) lúče prechádzajúce ohniskom spojnej šošovky a lúče smerujúce do ohniska rozptylnej šošovky,

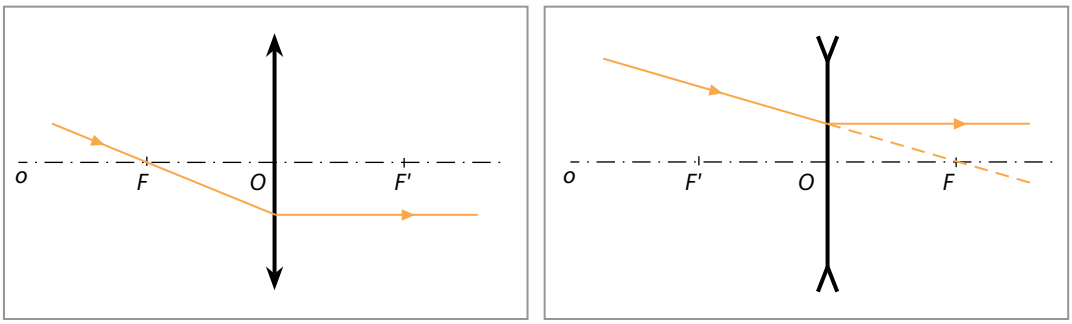
c) lúče dopadajúce na šošovku rovnobežne s optickou osou.

a) Lúč prechádzajúci optickým stredom spojnej a rozptylnej šošovky sa neláme *(obr. 40)*, smer jeho šírenia sa nemení.



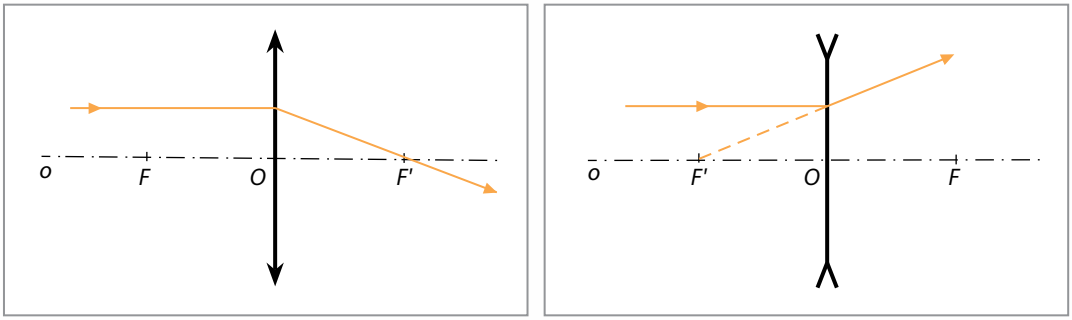
Obr. 40 Lúč prechádzajúci optickým stredom šošoviek

b) Lúč prechádzajúci ohniskom spojnej šošovky je po prechode šošovkou rovnobežný s optickou osou. Lúč smerujúci do ohniska rozptylnej šošovky je po prechode šošovkou rovnobežný s optickou osou *(obr. 41)*.



Obr. 41 Lom lúča, ktorý prechádza ohniskom spojnej šošovky a lom lúča, ktorý smeruje do ohniska rozptylnej šošovky

c) Lúč rovnobežný s optickou osou sa po prechode spojnou šošovkou láme do ohniska *F´* a pri rozptylnej šošovke sa láme tak, akoby vychádzal z ohniska *F´ (obr. 42)*.

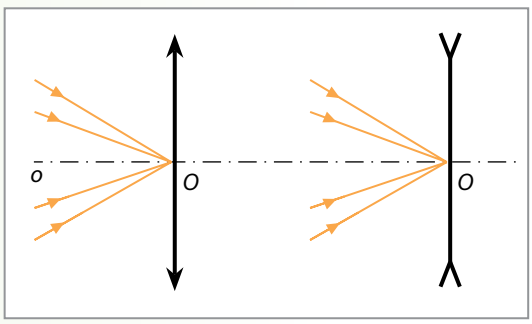


Obr. 42 Lom lúča rovnobežného s optickou osou

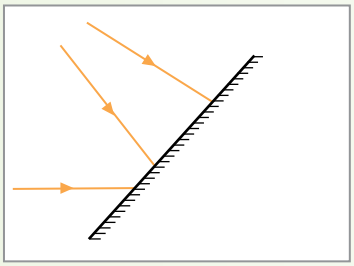
Zrkadlá aj šošovky vytvárajú obraz predmetu. Zásadný rozdiel medzi nimi je ten, že kým zrkadlá vytvárajú obraz pomocou odrazených lúčov, šošovkami lúče prechádzajú a lámu sa. Lúč prechádzajúci šošovkou sa láme dvakrát, preto sa jeho smer po prechode šošovkou mení. Len lúč, ktorý prechádza optickým stredom šošovky, nemení svoj smer.

Rieš úlohy

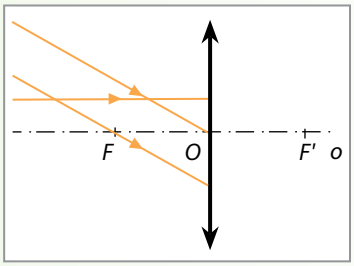
1. Opíš lom svetelného lúča prechádzajúceho spojnou šošovkou na *obr. 40*.
2. Na obrázku je znázornená spojná a rozptylná šošovka a svetelné lúče vstupujúce do šošoviek. Prekresli si obrázok do zošita a znázorni lúče po prechode šošovkami.



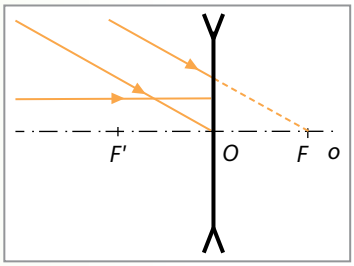
3. Na obrázkoch sú znázornené svetelné lúče dopadajúce na zrkadlo a šošovky. Prekresli si obrázky do zošita a doplň do príslušných obrázkov chod odrazených a lomených svetelných lúčov.



zrkadlo

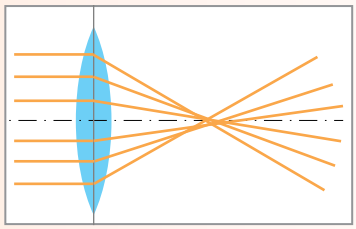


spojka



rozptylka

Vieš, že... guľový tvar povrchu šošovky spôsobuje, že lúče rovnobežné s optickou osou a prechádzajúce okrajom šošovky nepretínajú optickú os presne v ohnisku, ale pred ním? Do ohniska sa lámu lúče rovnobežné s optickou osou tým presnejšie, čím sú bližšie k optickej osi.



Táto optická chyba zapríčiňuje neostrosť obrazov, pretože pri dopade rovnobežného zväzku svetelných lúčov na šošovku pretínajú okrajové lúče po lome šošovkou optickú os v inom bode ako lúče v blízkosti osi.

Táto chyba šošoviek je len jedna z viacerých chýb, ktoré šošovky môžu mať, a odborne sa nazýva sférická chyba šošovky. Dá sa odstrániť kombináciou spojných a rozptylných šošoviek.

1.10 Zobrazenie spojnou a rozptylnou šošovkou

Na písmená sa pozrieme raz spojnou a raz rozptylnou šošovkou. Aby sme písmená jasne videli, musíme hľadať vhodnú vzdialenosť šošoviek od písmen. Ako to vidieť na *obr. 43*, spojná šošovka písmená zväčšila, rozptylná šošovka písmená zmenšila.

Obr. 43 Zobrazenie písmen spojnou a rozptylnou šošovkou

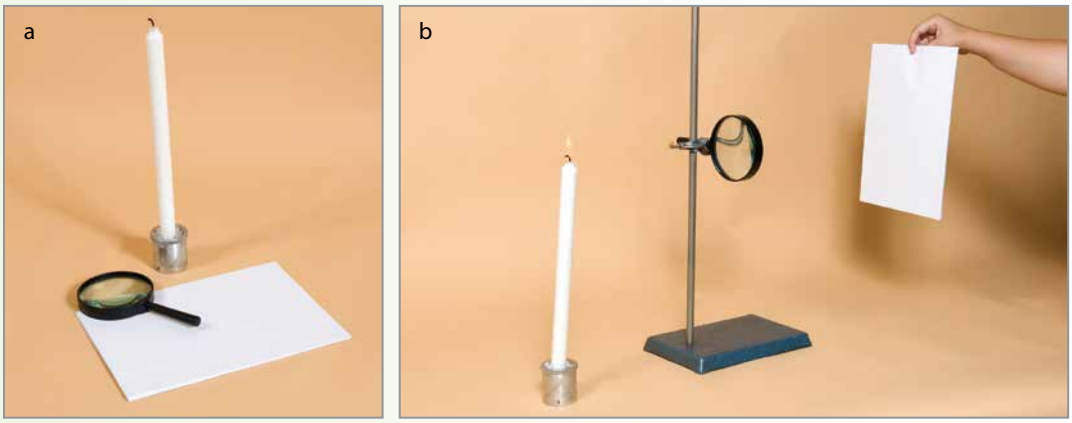
Pri zobrazovaní písma šošovkami musíme vyriešiť otázku, „v akej vzdialenosti musia byť písmená od šošoviek, aby sme ich jasne videli".

Písmená sú **predmety**, ktoré zobrazujeme šošovkami. Šošovky vytvárajú **obrazy** predmetov.

Úloha

Preskúmaj obraz sviečky (malej žiarovky) pomocou lupy. *(Pracujte v skupinách.)*

POMÔCKY sviečka na podložke (svietniku) alebo malá žiarovka s batériou, lupa, tienidlo (biely papier nalepený na tvrdej podložke), krajčírsky meter



POSTUP

a) Na lavicu si položte krajčírsky meter. Na ľavý okraj metra (0 cm) položte svietnik so sviečkou. Zoraďte pomôcky ako na obrázku *b*.

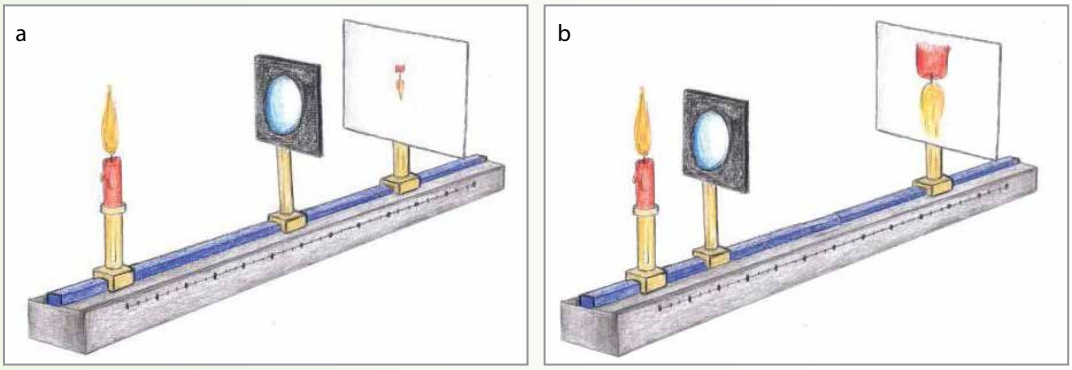
b) Meňte vzdialenosti medzi sviečkou (žiarovkou), lupou a tienidlom tak, aby ste zachytili ostrý obraz predmetu – sviečky (žiarovky) – na tienidle.

c) Určte aspoň približne vzdialenosť medzi sviečkou a lupou, keď ste na tienidle zachytili zmenšený obraz.

d) Určte aspoň približne vzdialenosť medzi sviečkou a lupou, keď ste na tienidle zachytili zväčšený obraz.

ODPOVEDZ

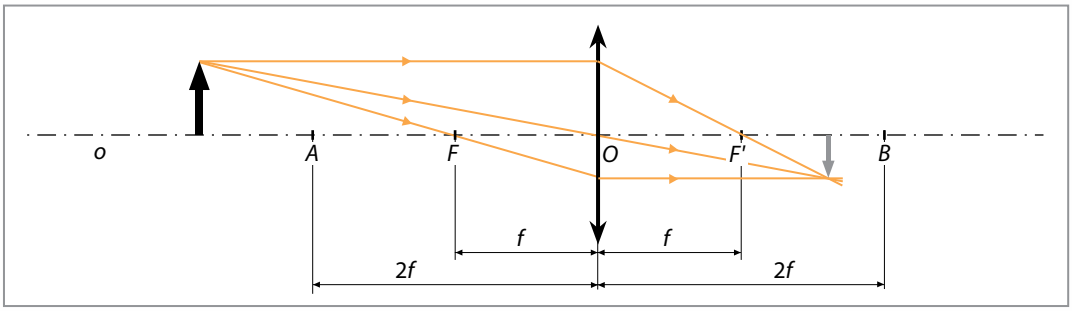
1. Opíš obrazy sviečky, ktoré sa ti podarilo zachytiť na tienidle.
2. Porovnaj vzdialenosť sviečky od lupy, keď bol jej obraz zmenšený, so vzdialenosťou, keď si zachytil zväčšený obraz. Kedy bola vzdialenosť medzi nimi väčšia?



Obr. 44 Zobrazenie plameňa sviečky v rôznej vzdialenosti od lupy

1.10 Zobrazenie spojnou a rozptylnou šošovkou

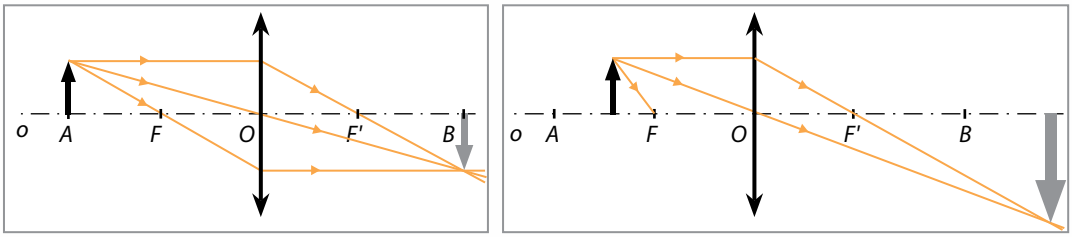
Predmet – horiacu sviečku – umiestnime pred lupu (spojnú šošovku) vo vzdialenosti väčšej, ako je dvojnásobná ohnisková vzdialenosť. Na tienidle zachytíme ostrý obraz sviečky, ktorý je prevrátený a zmenšený *(obr. 45)*. Pomocou význačných lúčov vieme obraz zostrojiť.



Obr. 45 Zobrazenie predmetu spojnou šošovkou vo vzdialenosti väčšej ako 2*f*

Ak je **vzdialenosť predmetu od šošovky väčšia ako dvojnásobná ohnisková vzdialenosť, obraz predmetu je skutočný**, pretože ho možno zachytiť na tienidle za šošovkou. Zároveň je **menší ako predmet a stranovo** (zhora nadol a sprava doľava) **prevrátený**.

Predmet budeme približovať k spojnej šošovke, napr. presne do dvojnásobnej ohniskovej vzdialenosti alebo menšej, ako je dvojnásobná ohnisková vzdialenosť spojnej šošovky. Po zostrojení obrazu pomocou význačných lúčov vidíme – a rovnako sme to mohli pozorovať aj pri zobrazovaní sviečky (žiarovky) lupou – že sa obraz postupne zväčšuje.



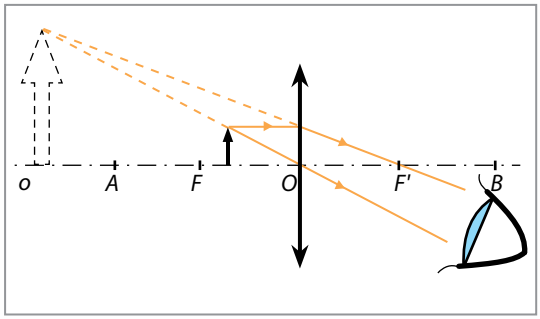
Obraz je skutočný, prevrátený a rovnaký ako predmet

Obraz je skutočný, prevrátený a zväčšený

Obr. 46 Zobrazenie predmetu spojnou šošovkou vo vzdialenosti 2*f* a menšej ako *2f*

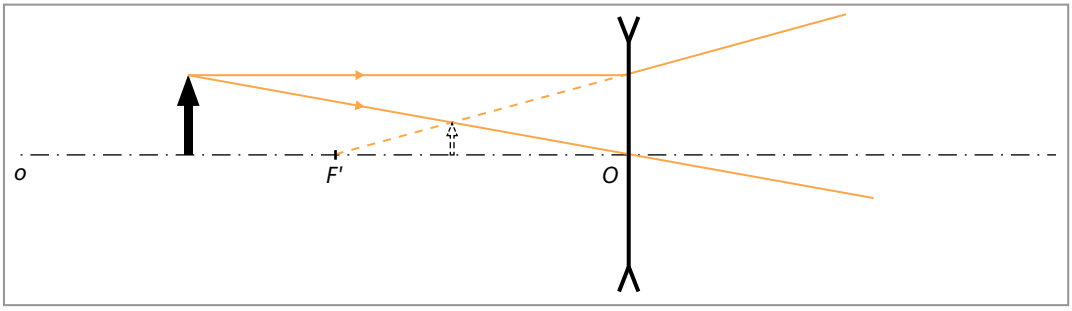
Ak umiestnime predmet do ohniska spojnej šošovky, tak lúče po prechode šošovkou budú rovnobežné. Rovnobežné lúče sa nepretnú v konečnej vzdialenosti od šošovky. Preto hovoríme, že obraz predmetu umiestneného v ohnisku spojnej šošovky „je v nekonečne".

Obraz písmena, ktorý sme videli pomocou kvapky vody, bol zväčšený a na tej istej strane ako písmeno. Takýto obraz dostaneme, ak je predmet medzi ohniskom a šošovkou. Obraz je **zdanlivý, zväčšený a priamy**.



Obr. 47 Zobrazenie predmetu spojnou šošovkou vo vzdialenosti menšej ako *f*

Ak by sme v pokuse zobrazovanie sviečky spojnou šošovkou nahradili spojnú šošovku rozptylnou, obraz sviečky je na tej istej strane, ako je zobrazovaný predmet. Už vieme, že takýto obraz nazývame zdanlivým.



Obr. 48 Zobrazenie predmetu rozptylnou šošovkou

Rozptylná šošovka vždy vytvára obraz zdanlivý, zmenšený a priamy.

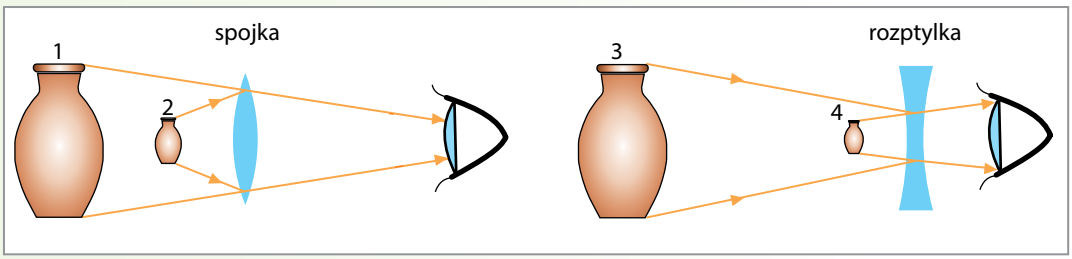
Rieš úlohy

1. Spojná aj rozptylná šošovka majú ohniskovú vzdialenosť 5 cm. Obidvoma chceme zobraziť predmet v tvare šípky. Predmet je vzdialený od šošoviek 6 cm. Nakresli schému opísanej situácie a obraz predmetu pomocou význačných lúčov.

2. Na obrázku je ruka zobrazená šošovkou.

a) Opíš obraz ruky.
b) Môžeš jednoznačne určiť, aká šošovka je na obrázku?
c) V akej polohe musí byť ruka vzhľadom na šošovku?

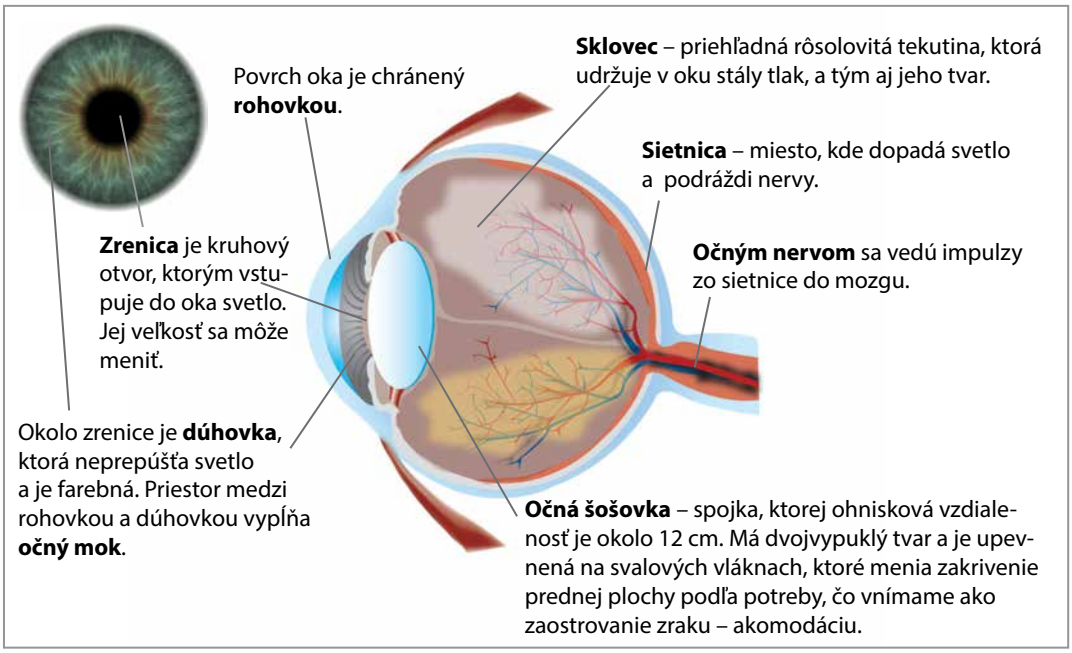
3. Urči z obrázka, ktorá nádoba je predmet a ktorá obraz, ak je obraz vytvorený raz spojnou a druhý raz rozptylnou šošovkou.



1.11 Optické vlastnosti oka

Oko je zložitý orgán, ktorý nám umožňuje poznávať a pozorovať okolitý svet. Ako funguje a z ktorých dôležitých častí sa skladá, ste sa učili v biológii. Vo fyzike budeme skúmať oko ako optickú sústavu a snažiť sa porozumieť vytváraniu obrazov predmetov v ňom. Dozviete sa, prečo musia mnohí z nás aj v mladom veku nosiť okuliare a prečo je nosenie okuliarov v staršom veku prirodzené.

Optickú sústavu oka tvoria: **rohovka, očný mok, spojná šošovka a sklovec**. Pri prechode svetla touto sústavou vzniká na sietnici obraz pozorovaného predmetu. Sietnica obsahuje fotoreceptory (bunky citlivé na svetlo), ktoré prijatý svetelný signál odovzdávajú nervovými spojmi do mozgu.



Obr. 49 Stavba ľudského oka

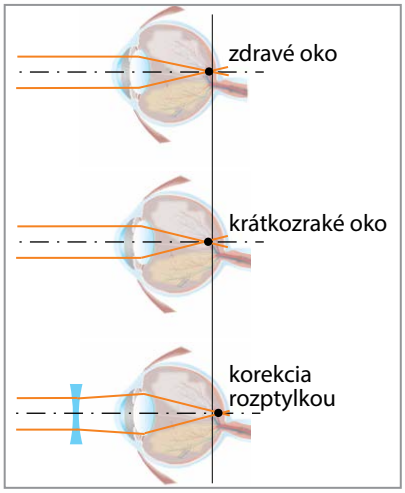
Zdravé oči sa dokážu prispôsobiť vzdialenostiam predmetov, na ktoré sa dívame. Pri pozorovaní blízkych predmetov sa očná šošovka viac zakrivuje, je vypuklejšia a tým sa zmenšuje jej ohnisková vzdialenosť. Pri tom sa mení ohnisková vzdialenosť celej optickej sústavy oka tak, aby sa obraz pozorovaného predmetu vytvoril na sietnici, vo vzdialenosti približne 18 mm od šošovky.

Prispôsobovanie oka vzdialenosti predmetov sa nazýva **akomodácia**. Najbližší bod, ktorý oko ešte vidí zreteľne, ostro, sa nazýva **blízky bod**. Pri pozorovaní veľmi vzdialených predmetov sa zakrivenie šošovky nemení. Najvzdialenejší bod, na ktorý sa ešte oko dokáže zaostriť, sa nazýva **ďaleký bod**. Zdravé oko má blízky bod vo vzdialenosti približne 10 cm a vzdialený bod vo veľmi veľkej vzdialenosti. Oko sa veľmi namáha pri pozorovaní predmetov v okolí blízkeho bodu, teda 10 cm. Najvhodnejšia vzdialenosť na pozorovanie drobnejších predmetov na čítanie a písanie je 30 cm.

Zdravé ľudské oko vytvorí na sietnici ostré obrazy predmetov, ktoré sa nachádzajú medzi blízkym a ďalekým bodom. Chyby oka spôsobujú skreslenie pozorovaného obrazu. V chybnom oku spravidla nevznikne obraz blízkeho alebo vzdialeného predmetu presne na sietnici, ale pred ňou či za ňou.

Veľmi rozšírená chyba oka je **krátkozrakosť**. Krátkozraké oko zreteľne zobrazí len blízke predmety. Obraz vzdialenejšieho predmetu sa v krátkozrakom oku vytvorí pred sietnicou, a preto je nejasný a jeho obrysy sú rozmazané. Krátkozrakosť môže byť spôsobená pretiahnutým tvarom oka, ale aj inými poruchami. V mnohých prípadoch sa dá odstrániť operáciou oka.

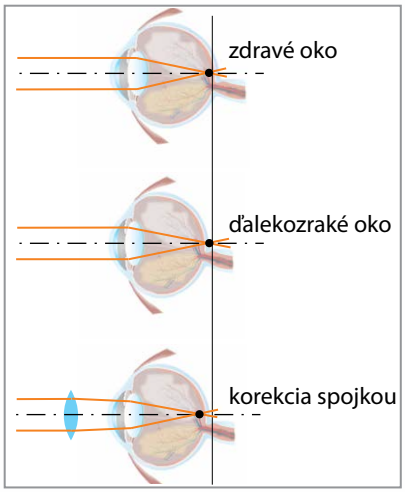
Na korekciu (opravu) neostrého obrazu, vznikajúceho v krátkozrakom oku, sa používajú rozptylné šošovky, ktoré sa umiestňujú pred šošovku oka. Rozptylná šošovka musí mať správnu optickú mohutnosť (v dioptriách), ktorú stanoví pri prehliadke lekár – očný špecialista. Ohnisková vzdialenosť rozptylnej šošovky musí byť stanovená tak, aby sa rovnobežné lúče, vstupujúce do oka po prechode jeho optickou sústavou oka, pretínali na sietnici *(obr. 50)*.



Obr. 50 Krátkozraké oko a odstránenie jeho chyby

Sklenené šošovky, slúžiace na korekciu krátkozrakosti, sa najčastejšie vkladajú do rámu okuliarov. Iný druh šošoviek – kontaktné šošovky z mäkkých materiálov – sa vkladajú priamo do oka pred šošovku oka.

Chyba oka, pri ktorej vznikajú neostré a rozmazané obrazy blízkych predmetov, sa nazýva **ďalekozrakosť**. Ďalekozraký človek často nemáva problémy pri pozorovaní vzdialenejších predmetov, ale na čítanie potrebuje okuliare. Ďalekozrakosť môže byť spôsobená sploštením tvarom oka. Táto chyba oka sa odstraňuje okuliarmi (kontaktnými šošovkami) so spojnou šošovkou, ktorá posunie obraz blízkeho predmetu na sietnicu *(obr. 51)*.



Obr. 51 Ďalekozraké oko a odstránenie jeho chyby

Približne po štyridsiatom roku života väčšina ľudí potrebuje okuliare, najčastejšie nevidia dobre na blízko. Šošovka oka už nie je dostatočne pružná a zaostrovanie, akomodačná schopnosť oka sa zmenšuje. Možno ju však upraviť okuliarmi.

V časti 1.8 Šošovky bolo uvedené, že s hrúbkou šošoviek sa mení ich ohnisková vzdialenosť. Pomocou ohniskovej vzdialenosti šošovky f vieme určiť jej optickú mohutnosť φ.

$$\varphi = \frac{1}{f}$$

Jednotkou optickej mohutnosti, ako už vieme, je dioptria (D). Optická mohutnosť spojnej šošovky sa označuje kladným znamienkom (+), spojky majú optickú mohutnosť kladnú. Optická mohutnosť rozptylnej šošovky sa označuje znamienkom (–), rozptylky majú optic-

kú mohutnosť zápornú. Ak napr. niekto potrebuje na čítanie okuliare s rozptylnou šošovkou, ktorá má ohniskovú vzdialenosť 0,5 m, tak potrebuje okuliare s optickou mohutnosťou $\varphi = -2$ D (mínus dve dioptrie).

Úloha

Preskúmaj chod svetelných lúčov ľudským okom a modeluj chyby oka. *(Pracujte v skupinách.)*

POMÔCKY žiacka optická súprava

POSTUP

a) Vyberte si zo súpravy podložku so schémou oka a príslušnú šošovku.

b) Uložte šošovku na podložku a nechajte ňou prechádzať 3 rovnobežné lúče z laserového zdroja.

Poznámka: Pri použití zdroja laserových lúčov buďte opatrní, aby ste nepoškodili zrak spolužiakom.

c) Modelujte krátkozraké oko a odstráňte jeho chybu.

d) Modelujte ďalekozraké oko a odstráňte jeho chybu.

ODPOVEDZ

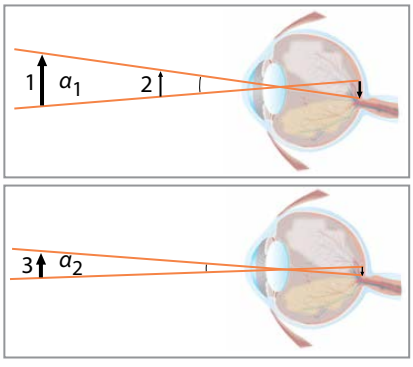
1. Opíš chod svetelných lúčov zdravým okom.
2. Opíš chod svetelných lúčov krátkozrakým okom a spôsob odstránenia jeho chyby.
3. Opíš chod svetelných lúčov ďalekozrakým okom a spôsob odstránenia jeho chyby.

Podmienkou dobrého, zreteľného videnia nie je len dobrý, zdravý zrak či správna korekcia zraku okuliarmi, ale aj primerané osvetlenie predmetov. Okrem toho zrakový vnem musí istý čas trvať a obraz na sietnici musí byť dostatočne veľký.

Veľkosť obrazu na sietnici závisí od **zorného uhla**, pod ktorým predmet pozorujeme. Zorný uhol zvierajú svetelné lúče, ktoré prichádzajú z krajných bodov pozorovaného predmetu a prechádzajú optickým stredom očnej šošovky.

Nerovnako vysoké predmety (pozri predmety 1, 2 v *obr. 52*), nachádzajúce sa v rôznych vzdialenostiach od oka, sa nám zdajú rovnako veľké, ak ich pozorujeme pod rovnakým zorným uhlom (v *obr. 52* uhol α_1).

Predmety 2 a 3 sú v skutočnosti rovnako veľké, ale naše oko ich pozoruje pod inými zornými uhlami (predmet 2 pod uhlom α_1 a predmet 3 pod uhlom α_2), pretože sú v rôznej vzdialenosti od oka. Predmet 3 sa zobrazí ako menší, pretože zorný uhol α_2 je menší ako uhol α_1, pod ktorým sme videli predmet 2.

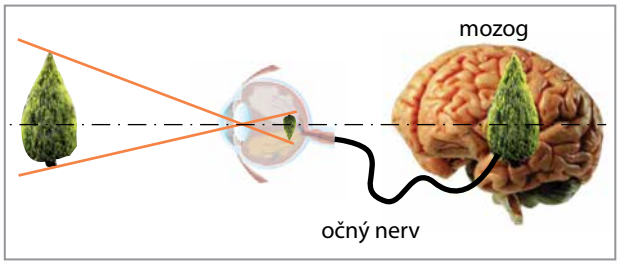


Obr. 52 Zorný uhol

Odraz a lom svetla

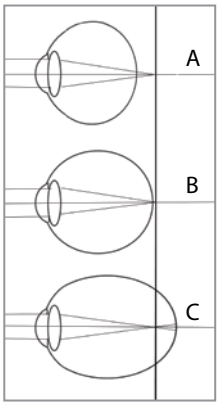
Doteraz sme stále hovorili o zobrazovaní jedným okom. V každom oku vzniká samostatný, prevrátený obraz pozorovaného predmetu. Na sietnici oka sú bunky citlivé na svetlo, ktoré pri podráždení odovzdávajú správy o dopadajúcom svetle prostredníctvom nervových spojov do mozgu.

Až vďaka činnosti mozgu sa tieto správy skladajú a vzniká vnem vzpriameného obrazu. Mozog prijíma súčasne správy z obidvoch očí, pričom každé pozoruje predmet pod trochu iným uhlom. Vďaka tomu máme schopnosť vnímať pozorované predmety ako priestorové útvary.



Rieš úlohy

1. Na obrázku sú znázornené schémy oka A, B, C. Prekresli si obrázky do zošita a k písmenám doplň schematickú značku šošovky, ktorá by mala odstrániť chybu oka.



2. Juraj má predpísané okuliare – 4D. Obidve oči majú rovnakú chybu.

a) Okuliare s akými šošovkami mu predpísal lekár?

b) Akú ohniskovú vzdialenosť očných šošoviek mu namerali pri vyšetrení?

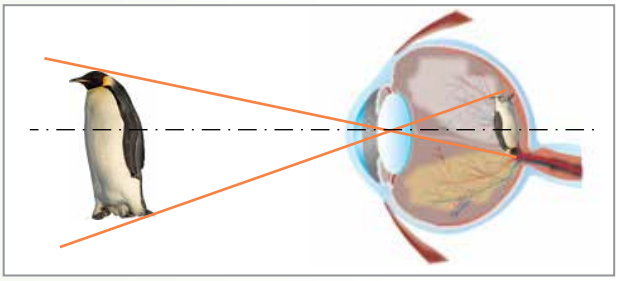
3. Na obrázku sú dioptrické okuliare na čítanie.

a) Akú chybu majú oči človeka, ktorý potrebuje okuliare na čítanie?

b) Akého druhu sú šošovky v okuliaroch?

Zisti si informácie o tom, prečo je nebezpečné dívať sa voľným okom do Slnka alebo iného intenzívneho zdroja svetla. Nezabudni si zaznamenať zdroj, odkiaľ si informácie čerpal.

4. Na obrázku je znázornený tučniak a jeho obraz v oku. Opíš vlastnosti obrazu v oku.



Vieš, že... ak sa do monitora pozeráš pridlho, tvoje oči trpia?

Odborníci odporúčajú robiť aspoň päťminútové prestávky, pri ktorých oči zatvoríme a necháme trochu odpočinúť. Pomáha tiež, keď sa občas pozrieme do diaľky, mimo monitora.

Podľa lekárov by sme na počítači nemali pracovať dlhšie ako šesť hodín denne. Monitor by sme mali mať umiestnený v 90-stupňovom uhle od okna.

Dôležité je bočné osvetlenie a pravidelné prestávky spojené s odchodom na denné svetlo. Čítaj viac: http://primar.sme.sk/c/5812929/co-mozeme-urobit-pre-svoje-oci.html

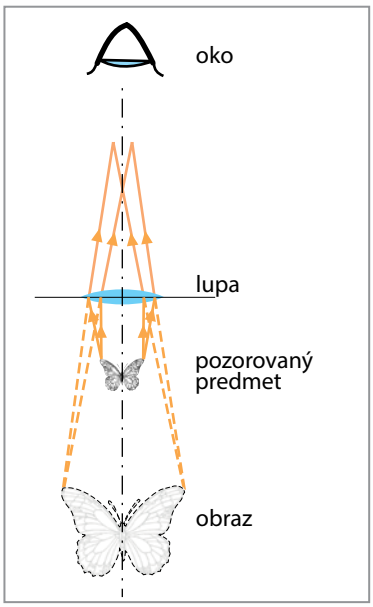
1.12 Využitie šošoviek

Pri práci či pri pozorovaní sveta okolo nás často používame **optické prístroje**. Optickými prístrojmi sú napríklad mikroskop, ďalekohľad, fotografický prístroj a tiež lupa a ďalšie prístroje.

Lupa je spojná šošovka, ktorá má malú ohniskovú vzdialenosť. Lupou môžeme dosiahnuť najviac šesťnásobné zväčšenie predmetu.

Z predchádzajúcich skúmaní sme zistili, že zväčšenie pomocou lupy dosiahneme vtedy, keď predmet umiestnime medzi lupu a jej ohnisko. Vytvorený obraz je v uvedenom prípade zdanlivý, väčší ako predmet a priamy.

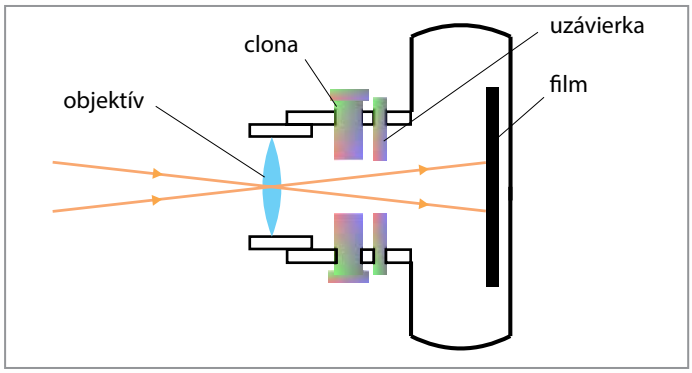
Lupa mení smer svetelných lúčov. Láme ich tak, že vstupujú do nášho oka pod väčším zorným uhlom. Preto je obraz predmetu väčší ako skutočný predmet.



Obr. 53 Zväčšenie lupou

Fotografický prístroj (bežne len fotoaparát) je uzavretá komora s otvorom vybaveným šošovkami, ktorý sa nazýva objektív. Aby bol obraz ostrý, musíme objektív posunúť do správnej vzdialenosti od filmu, hovoríme tomu zaostrovanie. Otvor s meniteľným priemerom, ktorým prechádza svetlo, sa nazýva clona. Moderné fotoaparáty si nastavujú clonu automaticky, podľa osvetlenia fotografovaného objektu.

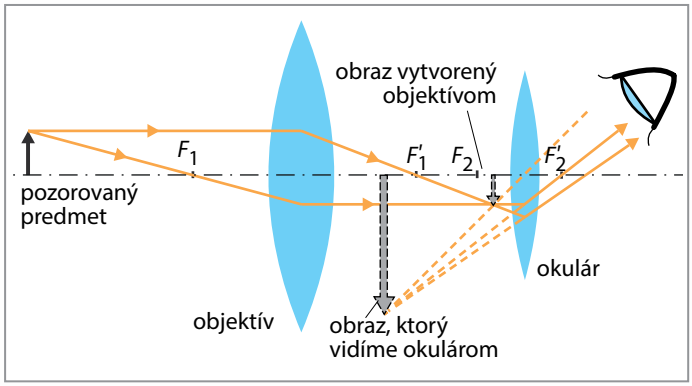
Dôležitým prvkom fotoaparátu je uzávierka, ktorej úlohou je brániť dopadu svetla na citlivú vrstvu v čase, keď sa nefotografuje. Čas, keď je uzávierka otvorená, sa nazýva expozičný čas. Čím dlhšie je uzávierka otvorená, tým viac svetla dopadne na citlivú vrstvu. Uzávierka sa ovláda spúšťou fotoaparátu. Po stlačení spúšte sa uzávierka na určitý čas otvorí a umožní svetlu vniknúť do vnútra komory. Potom sa automaticky zavrie. V komore sa nachádza určitý druh záznamovej vrstvy citlivej na svetlo (film, snímacie prvky), na ktorú dopadajúce svetlo nakreslí obraz.



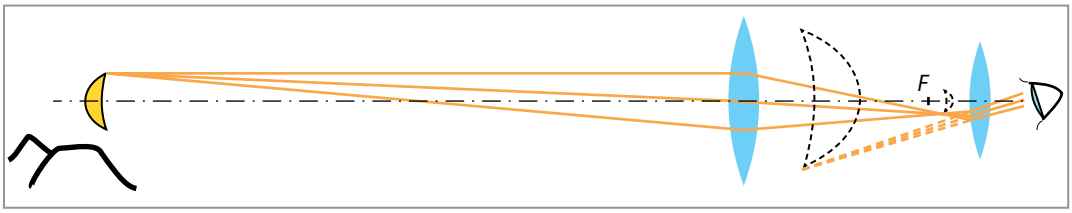
Obr. 54 Zobrazenie fotografickým prístrojom

S rozvojom elektroniky na konci dvadsiateho storočia sa namiesto záznamu obrazu na film citlivý na svetlo čoraz viac používajú **elektronické záznamové zariadenia**. Namiesto toho, aby sme po prechode objektívom nechali svetlo dopadať na film, nechávame ho dopadať na čip citlivý na svetlo. Čip mení dopadajúce svetlo na analógový elektrický signál, ktorý sa odvádza do elektronickej pamäte – na disk alebo na doštičku, ktorá je schopná uchovať elektronickú podobu obrazového záznamu. V novších zariadeniach sa elektrický signál digitalizuje a ukladá sa do pamäte v podobe súboru jednotiek a núl. **Digitálna kvalita** obrazu je omnoho vyššia ako kvalita obrazu zaznamenaného na film.

Ďalekohľad je optický prístroj na pozorovanie vzdialených objektov. Základnou časťou ďalekohľadu je objektív, ktorý vytvára v ohniskovej rovine obraz pozorovaného objektu. Objektívom môže byť šošovka. Obraz predmetu vytvorený objektívom v ohniskovej rovine pozorujeme okulárom, alebo namiesto oka namontujeme kameru, ktorá obraz zaznamenáva.



Obr. 55 Zobrazenie ďalekohľadom



Obr. 56 Schéma pozorovania Mesiaca ďalekohľadom

Objektív ďalekohľadu vytvorí skutočný, zmenšený a prevrátený obraz vzdialeného predmetu. Tento obraz potom pozorujeme okulárom podobne ako lupou. Poznáme niekoľko druhov ďalekohľadov. Na *obr. 55* a *56* je znázornená schéma chodu lúčov v **Keplerovom ďalekohľade**.

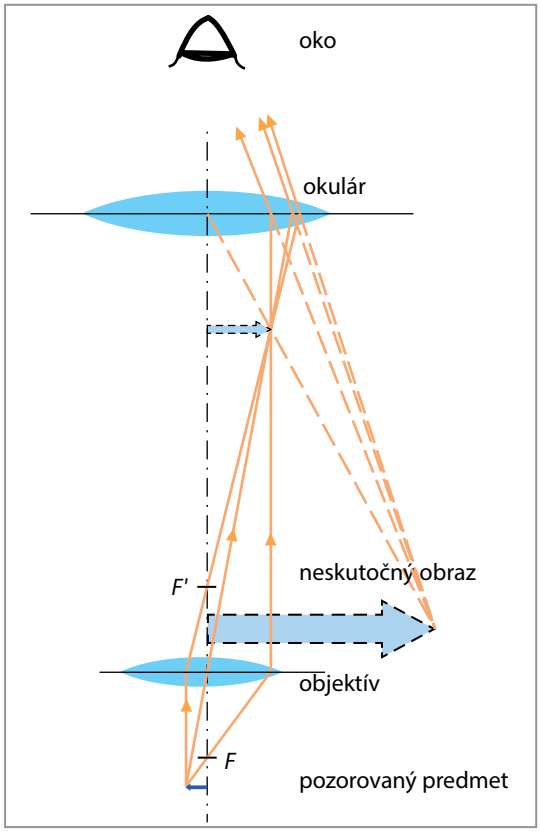
Vložením ďalšej optickej sústavy medzi objektív a okulár (napr. sústavy trojbokých hranolov) možno obraz prevrátiť. Takto upravený ďalekohľad sa nazýva **triéder**.

Obr. 57 Vľavo: triédre. Vpravo: moderný hvezdársky ďalekohľad pod kupolou hvezdárne

Za ostatných tristo rokov sa ďalekohľady podstatne zdokonalili. Moderné hvezdárske ďalekohľady sú oveľa zložitejšie zariadenia ako pôvodný Keplerov ďalekohľad. Ďalekohľady sa už dávno nepoužívajú len v astronómii, ale nezaobídeme sa bez nich vo viacerých povolaniach alebo aj v bežnom živote. Niektoré ďalekohľady sú súčasťou rôznych druhov meradiel, napr. v zememeračstve. Rôzne druhy triédrov používajú napr. lesníci a vojaci a nosíme ich aj do divadla alebo na športové podujatia.

Mikroskop. Objektív mikroskopu vytvára prevrátený obraz drobného predmetu, ktorý sa pozoruje okulárom ako lupou.

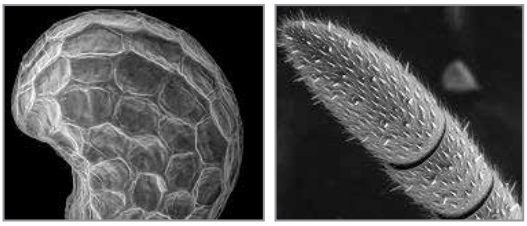
Vynález mikroskopu pomohol biológom pri skúmaní vnútornej štruktúry rastlín a živočíchov. Vďaka nemu sa spresnili poznatky o bunke a získali sa informácie o pôvodcoch chorôb.



Obr. 58 Zobrazenie mikroskopom

Optické zariadenia, mikroskopy, ďalekohľady, fotografické prístroje a kamery sa neustále zdokonaľujú a sú čoraz výkonnejšie a presnejšie.

Moderné optické mikroskopy umožňujú pozorovať drobné predmety v tisícnásobnom zväčšení. Okrem mikroskopov využívajúcich viditeľné svetlo sa dnes konštruujú aj mikroskopy, ktoré pri zobrazovaní využívajú aj iné fyzikálne javy. Tak napr. v elektrónových mikroskopoch sa na zobrazovanie predmetov využíva vychyľovanie rýchlo sa pohybujúcich častíc – elektrónov. Elektrónový mikroskop umožňuje miliónkrát zväčšiť obraz pozorovaného predmetu. Na *obr. 59* sú ukážky pozorovaní elektrónovým mikroskopom, získané v laboratóriách Fakulty matematiky, fyziky a informatiky UK v Bratislave.



zrnko maku tykadlo mravca

Obr. 59 Zobrazenia elektrónovým mikroskopom

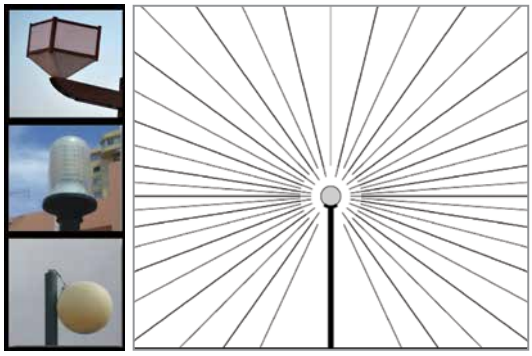
Vďaka elektrónovým mikroskopom fyzici získavajú dôležité a stále nové informácie o stavbe látok. V učebnici fyziky pre 6. ročník ste mali možnosť vidieť obrázky povrchu uhlíka, na ktorých sa dajú pozorovať častice, z ktorých sa uhlík skladá.

V kapitole Svetlo sme skúmali vlastnosti svetla a zákony, ktoré platia pre šírenie svetla, a zaoberali sme sa optickými prístrojmi. Svetlo potrebujeme na život. V noci si pomáhame osvetlením domácností a verejných priestorov. Avšak to, čo nám uľahčuje život, nie je rovnako dobré pre naše životné prostredie – pre prírodu, ktorá je pre nás rovnako dôležitá ako svetlo.

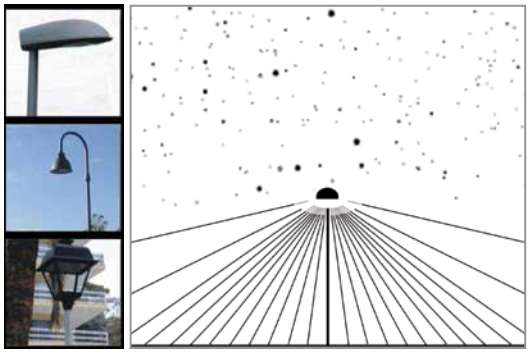
Na fotografii je nočný záber mesta Mexika – jedného z najväčších svetových miest. Z veľkého množstva svetelných zdrojov sa svetlo rozptyľuje na prachových čiastočkách v atmosfére a prejavuje sa ako svetelné znečistenie prostredia. Svetelné znečistenie – svetelný smog – je rušivé svetlo, ktoré obklopuje väčšinu veľkomiest. Mestá osvetľujú svoje okolie na kilometre ďaleko od ich okraja, a to má nežiaduci vplyv na živé organizmy – rastliny a živočíchy v celej takto neprirodzene osvetlenej oblasti.

Svetelné znečistenie sa prejavuje nasledujúcimi negatívnymi účinkami:

- Živé organizmy potrebujú na regeneráciu organizmu spánok v tmavom prostredí. Spánok pri osvetlení z umelých zdrojov zvyšuje výskyt ochorení.
- Nadmerné osvetlenie zle vplýva na orientačné schopnosti živočíchov, napr. vtákov a hmyzu.
- Presvetlená nočná obloha znemožňuje astronómom pozorovania, ktoré sa robia prevažne v noci.



nevhodné svetelné zdroje – svietia najviac do oblohy, do očí a nie na zem



vhodné svetelné zdroje – svietia najmä na cestu

O svetelnom znečistení sa doteraz pri ochrane životného prostredia uvažovalo len veľmi málo a až v ostatnom čase sa začínajú robiť opatrenia, ktorými by sa mal svetelný smog obmedziť. Menia sa napr. tvary krytov lámp pouličného osvetlenia, v niektorých mestách sa obmedzuje intenzita osvetlenia a skracuje sa čas, v ktorom je osvetlenie mesta zapnuté na plný výkon.

Vieš, že... Hubblov vesmírny ďalekohľad (teleskop) vyniesla raketa v apríli 1990 na obežnú dráhu okolo Zeme vo výške približne 600 km. Nachádza sa mimo zemskej atmosféry, a preto získava ostrejšie obrázky ako ďalekohľady na zemskom povrchu. Od svojho vypustenia sa stal jedným z najdôležitejších ďalekohľadov v dejinách astronómie. Pracuje na takých istých princípoch ako iné ďalekohľady, základom však nie sú šošovky, ale dvojica zrkadiel. Súčasťou prístroja je množstvo kamier a iných zariadení.

Dôležité slová

Vysvetli dôležité slová uvedené v obidvoch stĺpcoch tabuľky.

K slovám v ľavom stĺpci priraď slová z pravého stĺpca tak, aby významovo patrili k sebe.

■ odraz svetla	● kolmica dopadu ● zákon odrazu svetla ● zrkadlo ● uhol dopadu ● rozptyl svetla
■ lom svetla	● zdanlivý obraz ● uhol odrazu ● index lomu prostredia ● spojka ● opticky redšie prostredie
■ šošovky	● rozptylka ● opticky hustejšie prostredie ● optický stred ● ohnisková vzdialenosť ● dioptrie
■ význačné svetelné lúče	● optická os ● ohnisko ● optická mohutnosť ● lúč prechádzajúci optickým stredom
■ zobrazenie predmetu šošovkami	● zväčšený obraz ● lúč rovnobežný s optickou osou ● lúč prechádzajúci ohniskom ● zmenšený obraz
■ oko	● krátkozraké oko ● zorný uhol ● objektív ● ďalekozraké oko
■ optické prístroje	● okulár ● ďalekohľad ● mikroskop ● fotografický aparát

Projekt 2

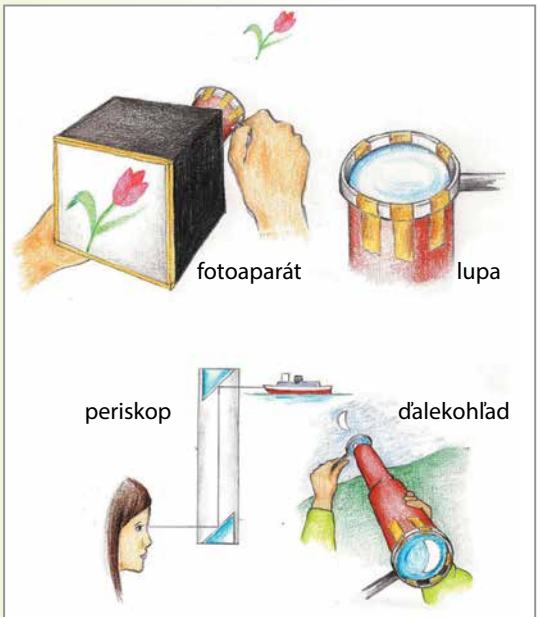
Zostrojenie modelu optického prístroja

Človek sa oddávna snažil zaznamenať rôzne situácie okolo seba a uchovať si ich. Dnes nám na to slúžia fotografie či videozáznamy. Túžba po hlbšom poznaní priviedla človeka k rozšíreniu zmyslového poznania, a to vynálezmi ďalekohľadu a mikroskopu. Vynálezy optických prístrojov by neboli možné bez pochopenia zákonitostí správania sa svetla a fungovania oka. Projektom 2 urobíme krôčik naspäť, aby sme odhalili začiatky takých vynálezov, ako bol periskop, fotografický aparát či ďalekohľad. Na obrázkoch sú tieto zariadenia zhotovené z jednoduchých pomôcok.

Na to, aby ste niektoré z nich dokázali skutočne zhotoviť, potrebujete získať z literatúry alebo internetu podrobnejšie informácie o ich konštrukcii.

TÉMY PROJEKTU

1. Navrhnúť a zostrojiť z jednoduchých pomôcok model periskopu a predviesť ho v triede. Vysvetliť princíp jeho fungovania a využitia.
2. Navrhnúť a zostrojiť z jednoduchých pomôcok model ďalekohľadu a predviesť ho v triede. Vysvetliť princíp jeho fungovania a využitia.
3. Navrhnúť a zostrojiť z jednoduchých pomôcok model fotografického aparátu a predviesť ho v triede. Vysvetliť princíp jeho fungovania a využitia.



Periskop je prístroj umožňujúci pozorovať predmety ležiace mimo smeru, v ktorom sa pozeráme. Skladá sa z tubusu, obsahujúceho zrkadielka alebo sklenené optické hranoly, ktoré menia smer chodu svetelných lúčov.

POSTUP A PODMIENKY

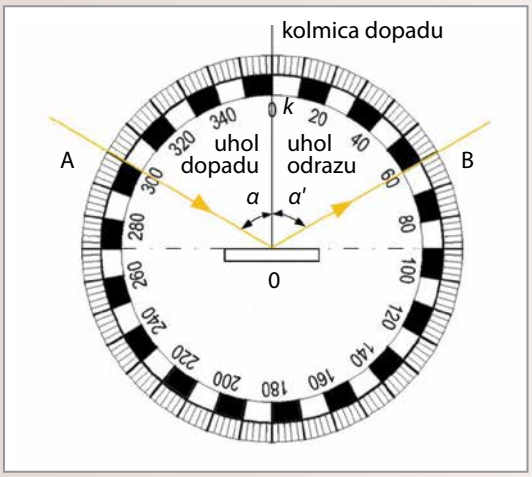
1. Vytvorte zo spolužiakov pracovný tím.
2. Vyberte si jednu z troch tém projektu.
3. Vyhľadajte si informácie o zostrojení jednoduchého optického prístroja.
4. Na prezentáciu si pripravte aj schému prístroja a oboznámte spolužiakov s postupom pri jeho použití.

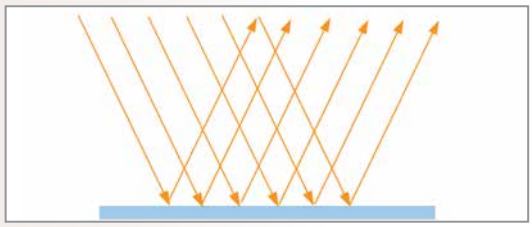
SPÔSOB VYHODNOTENIA

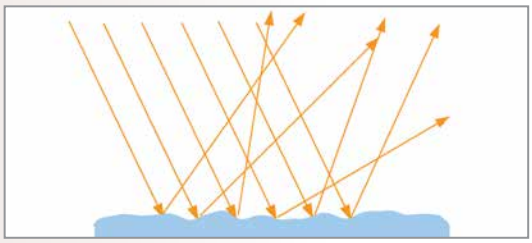
Vyhodnotenie projektov sa môže uskutočniť podľa zaužívaných postupov v triede. Pri hodnotení projektov je potrebné zohľadniť aj to, či si prezentujúci pripravili schému prístroja a kvalitne ju vyhotovili. (Podrobnejšie informácie sú uvedené pri projekte 1.)

Čo sme sa naučili

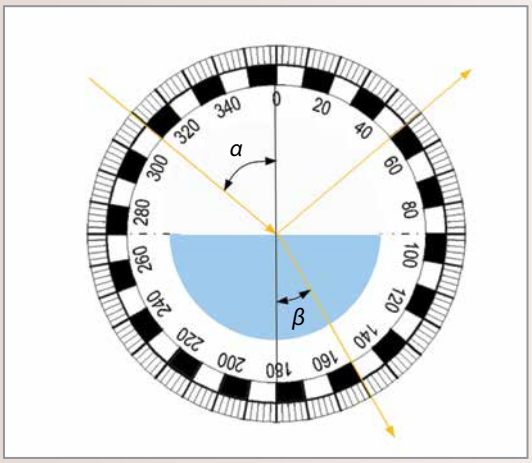
Odraz svetla







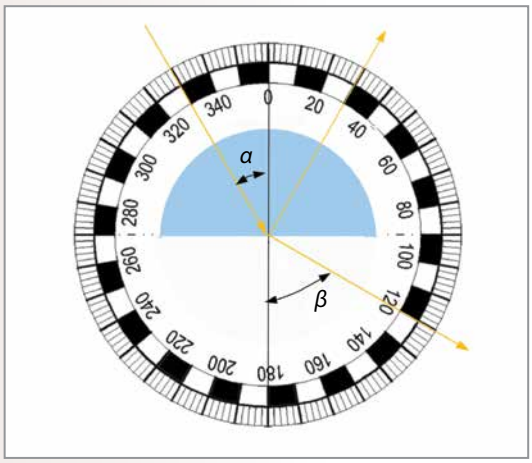
Lom svetla



ku kolmici dopadu

Uhol β je menší ako uhol α.

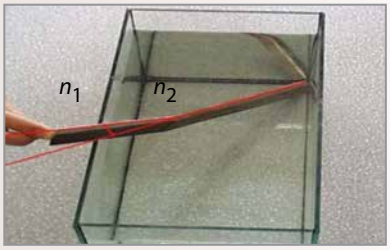
Svetelný lúč prechádza z opticky redšieho do opticky hustejšieho prostredia.



od kolmice dopadu

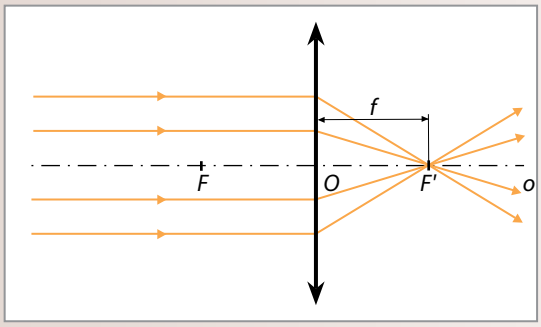
Uhol β je väčší ako uhol α.

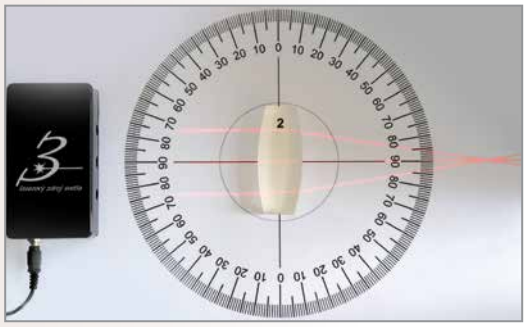
Svetelný lúč prechádza z opticky hustejšieho do opticky redšieho prostredia.

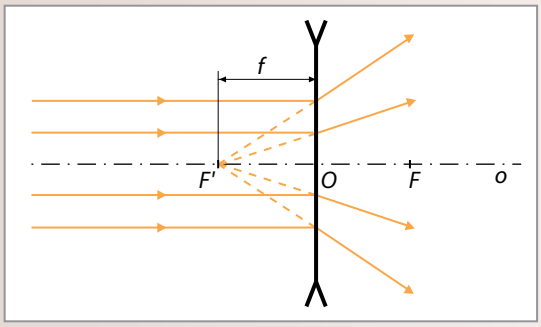


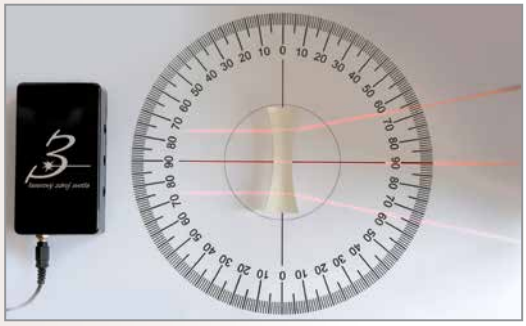
Čo sme sa naučili

Šošovky

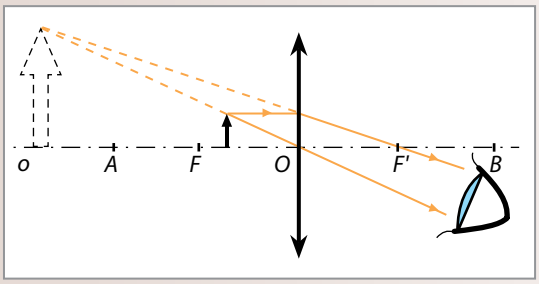


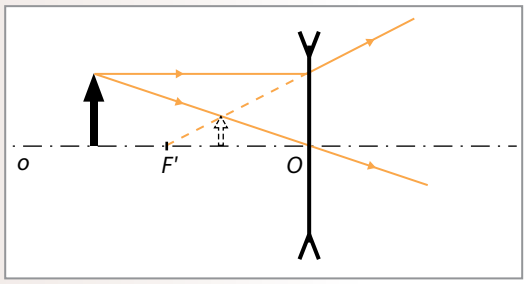






Zobrazenie šošovkami

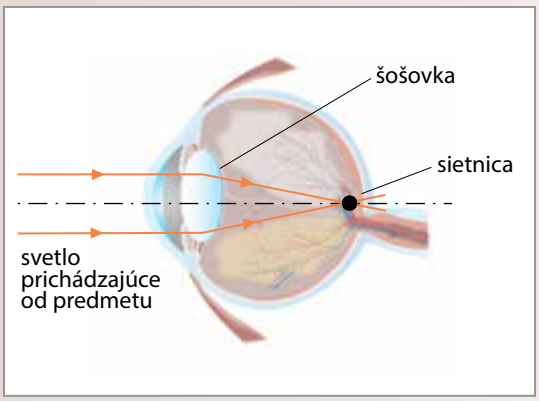


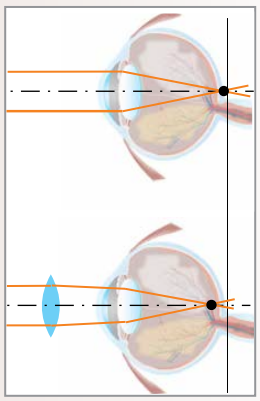


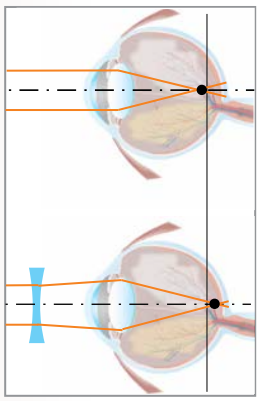
Optická mohutnosť $\varphi = \frac{1}{f}$.

Jednotka optickej mohutnosti je dioptria, značka D.

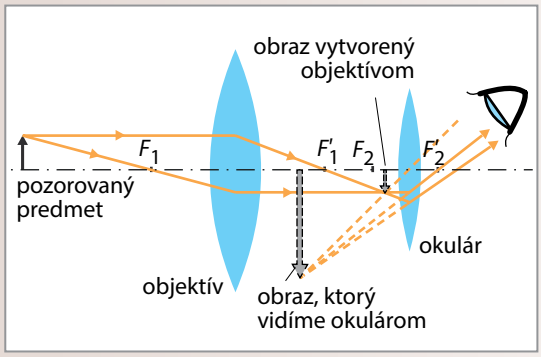
Optické vlastnosti oka



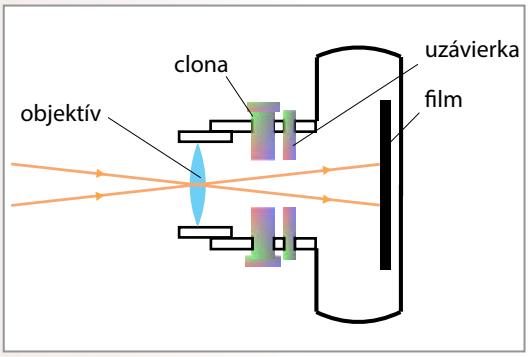




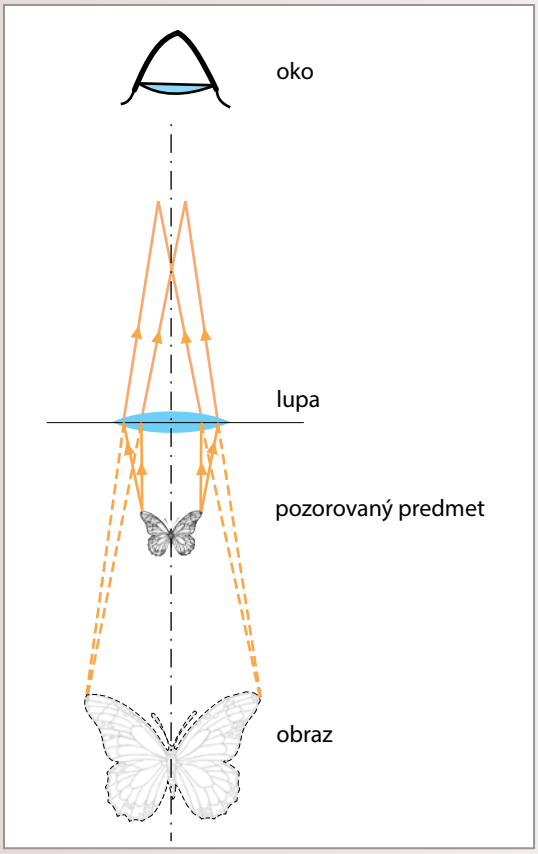
Optické prístroje



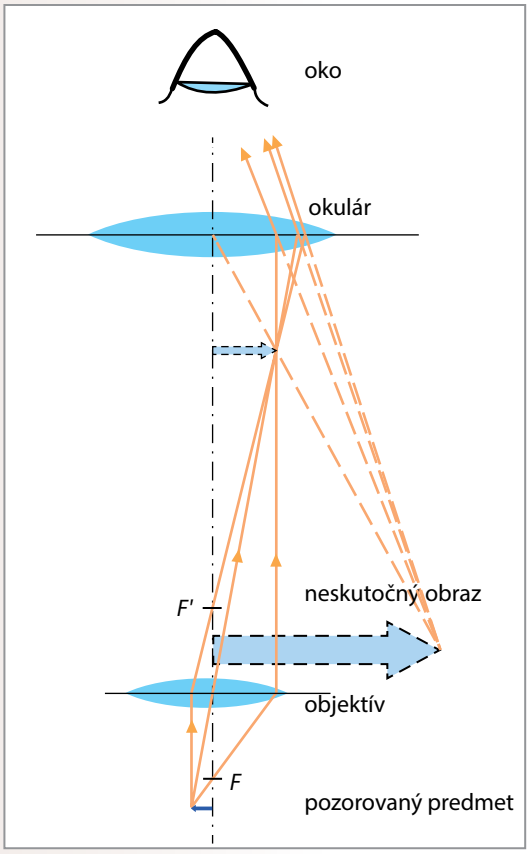
ďalekohľad



fotoaparát



lupa

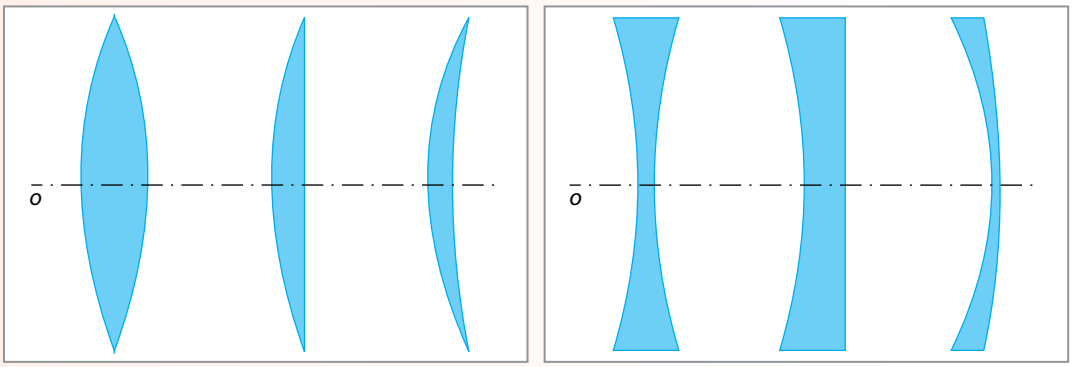


mikroskop

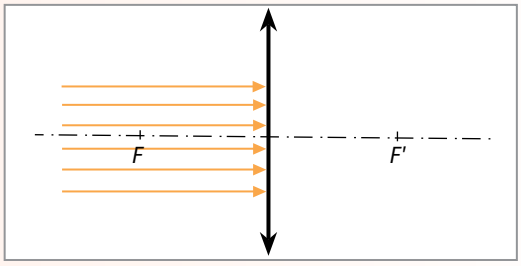
Test 2 – vyskúšaj sa

Na riešenie testu potrebuješ zošit, pero, ceruzku a pravítko.

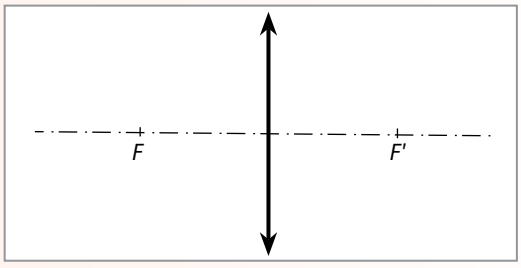
1. Na obrázkoch sú znázornené šošovky. Pomenuj ich a názvy zapíš do zošita.



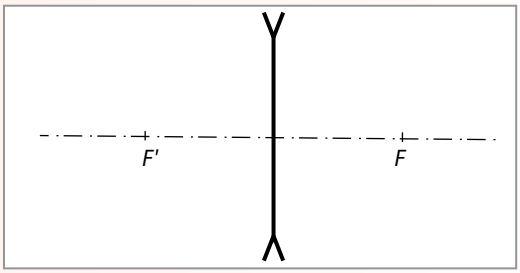
2. Na šošovku dopadajú rovnobežné svetelné lúče. Nakresli v zošite svetelné lúče po prechode spojnou šošovkou.



3. Nakresli v zošite chod **troch** význačných lúčov po prechode spojnou šošovkou.

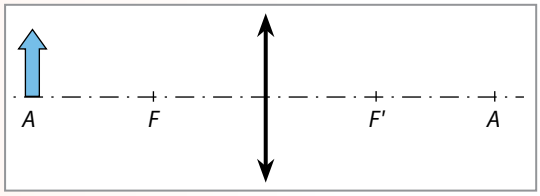


4. Nakresli v zošite chod **troch** význačných lúčov po prechode rozptylnou šošovkou



Test 2 – vyskúšaj sa

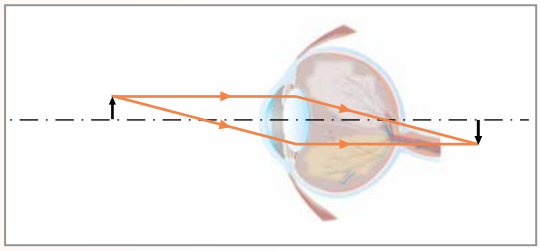
5. Zobraz predmet spojnou šošovkou a opíš vlastnosti obrazu.



6. Tvar očnej gule na obrázku je sploštený, a preto vytvára obraz blízkeho predmetu za sietnicou. Ide o ďalekozraké oko.

a) Okuliare s akou šošovkou potrebuje človek s takouto chybou?

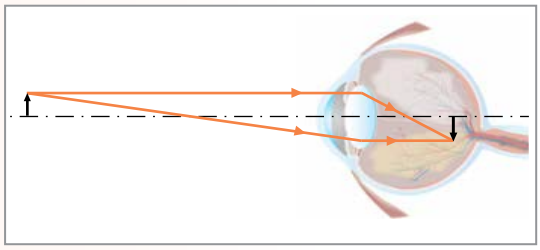
b) Nakresli značku potrebnej šošovky.



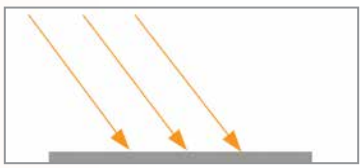
7. Očná guľa na obrázku má pretiahnutý tvar, a preto vytvára obraz vzdialeného predmetu pred sietnicou. Ide o krátkozraké oko.

a) Okuliare s akou šošovkou potrebuje človek s takouto chybou?

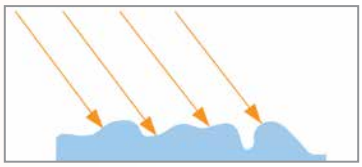
b) Nakresli značku potrebnej šošovky.



8. Na zrkadlo dopadajú svetelné lúče. Nakresli odrazené svetelné lúče.



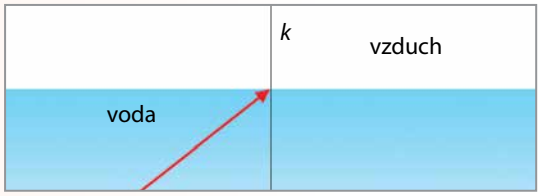
9. Na nerovnú plochu dopadajú svetelné lúče. Nakresli odrazené svetelné lúče.



10. Svetelný lúč prechádza z vody do vzduchu.

a) Nakresli v zošite lomený lúč.

b) Opíš, čo platí pre lom svetla prechádzajúceho z opticky hustejšieho do opticky redšieho prostredia.



Skúmanie sily

Stáva sa, že víchor poláme stromy alebo zničí strechy domov. Prúd vody pri povodni odplaví autá, zeminu, mosty. Zvykneme hovoriť, že silný vietor či prúd vody pôsobia na krajinu ničivou silou. Ak nedokážeme odniesť náklad, tak vraj máme málo sily. Podobne v bežnej reči používame termín sila. Nie vždy sa termín sila používa v zhode s tým, ako je zavedený vo fyzike, napr. „sila zvyku" je len hovorové slovné spojenie, prenesený význam slova.

So situáciami, v ktorých by sme vedeli určiť silu, sa stretávame takmer pri každej činnosti. Môžeme to ilustrovať aj niekoľkými príkladmi na nasledujúcich obrázkoch. Buldozér odhŕňa zeminu – pôsobí na ňu silou, a tak mení tvar terénu. Ruky stláčajú loptu – pôsobením rúk lopta mení svoj tvar. Naostatok silák ťahá auto – uvádza ho z pokoja do pohybu.

Obrázky znázorňujú prejavy **pôsobenia sily**. Považujeme za prirodzené, že teleso mení svoj tvar alebo pohyb vtedy, keď naň pôsobí iné teleso silou tak, že sa ho dotýka.

Menej samozrejmé je pôsobenie sily tam, kde sa mení tvar alebo pohyb telesa bez zjavného dotyku s iným telesom. Nie vždy si napr. uvedomíme, že na pád jablka zo stromu je potrebná gravitačná sila, ktorou naň pôsobí naša Zem. Pri pohľade na Mesiac obvykle neuvažujeme o tom, že práve táto sila je príčinou, pre ktorú Mesiac neodletí ďalej do vesmíru, ale obieha okolo Zeme.

V nasledujúcich častiach sa budeme zaoberať silovým pôsobením telies, merať a počítať silu a skúmať jej účinky.

2.1 Telesá pôsobia na seba silou. Účinky sily

Pri tlačení auta sa oň opierame dlaňami a cítime, že aj auto pôsobí na naše dlane. Opísané silové pôsobenie sa prejavuje pri priamom kontakte telies, pri ich vzájomnom dotyku. Tlačíme auto – pôsobíme naň silou, ale aj auto pôsobí silou na nás. Silové pôsobenie telies je vzájomné.

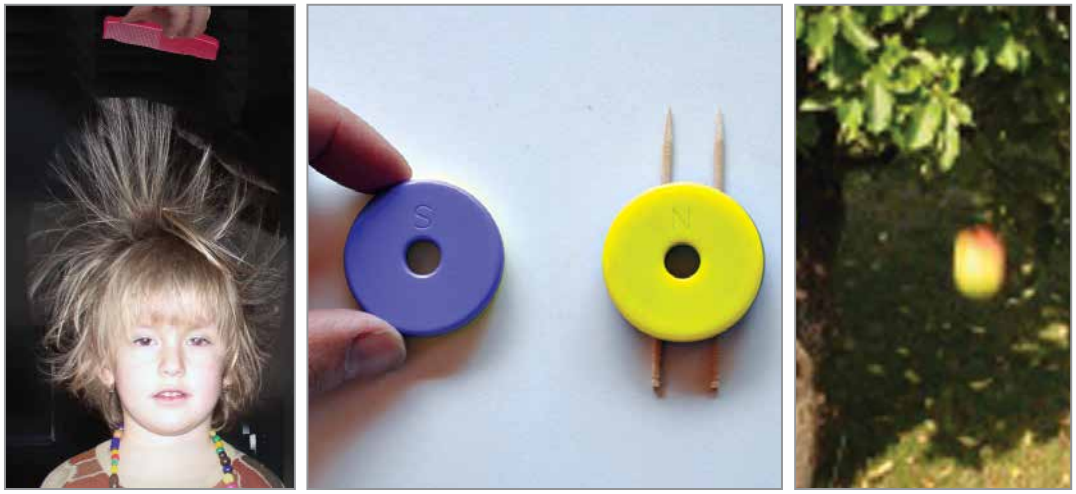
Pôsobenie sily možno znázorniť aj graficky. Úsečka znázorňuje smer pôsobenia sily, jej orientáciu vyjadruje šípka.

Obr. 60 Pôsobenie sily medzi dvoma telesami s priamym kontaktom

Skúmanie sily

Na presnejší opis vzájomného pôsobenia telies slúži pojem sila. **Sila je fyzikálna veličina a jej značka je** *F*.

Silou môžu pôsobiť na seba aj telesá, ktoré sa priamo nedotýkajú. Ak budeme česať suché vlasy plastovým hrebeňom, môžeme pozorovať, že vlasy sa budú k hrebeňu nakláňať bez toho, aby sa ho priamo dotýkali. Medzi hrebeňom a vlasmi pôsobí **elektrická sila**.



Obr. 61 Pôsobenie sily medzi telesami bez priameho kontaktu

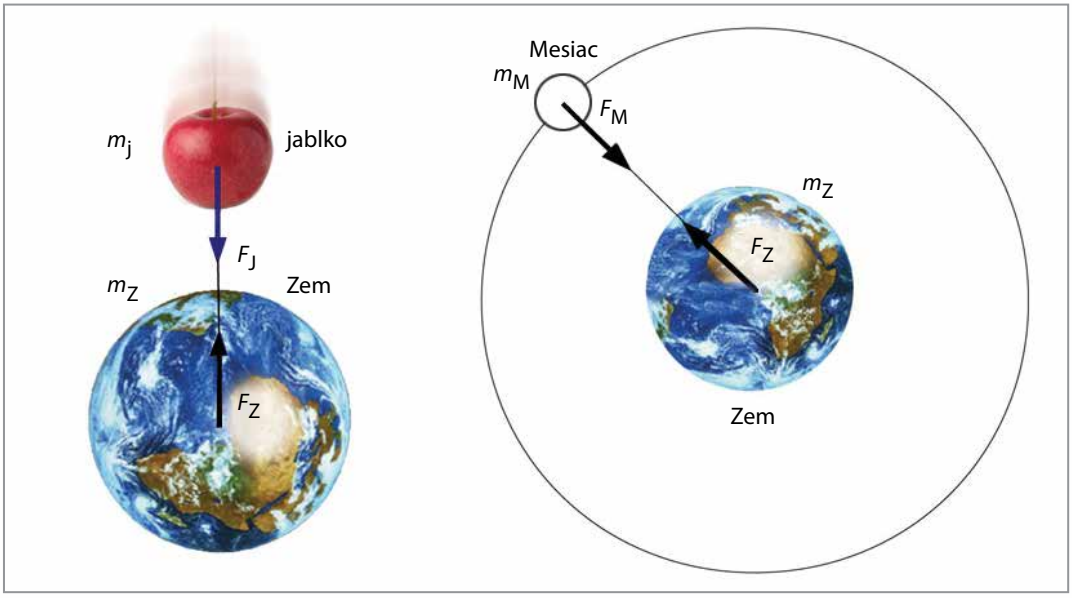
Silové pôsobenie môžeme pozorovať aj medzi niektorými kovovými predmetmi a magnetom. Napr. magnetom môžeme pozbierať drobné klinčeky a nemusíme sa ich priamo dotknúť, z určitej vzdialenosti k nemu priskočia. Medzi magnetom a niektorými kovovými predmetmi pôsobí **magnetická sila** aj bez toho, aby sa navzájom dotýkali. Predmety v okolí Zeme sú k nej priťahované **gravitačnou silou**.

Zdá sa celkom pravdepodobné, že porovnanie dvoch javov – pádu jablka a pohybu Mesiaca – viedlo v sedemnástom storočí anglického fyzika Isaaca Newtona k domnienke, že ak má pri určitom jave vzniknúť sila, sú na to vždy potrebné dve telesá. Silové pôsobenie telies je podľa Newtona vždy vzájomné – **sila je mierou vzájomného pôsobenia telies**.

Mesiac a Zem sú dve telesá líšiace sa od seba veľkosťou a hmotnosťami – hmotnosť m_Z Zeme je približne 81-krát väčšia ako hmotnosť m_M Mesiaca: $m_Z = 81m_M$. Ešte viac sa navzájom líšia hmotnosti Zeme a jablka. Pri páde zo stromu prejde jablko dráhu niekoľko metrov za sekundu, zatiaľ čo Zem sa badateľne nepohne. Do Newtonových čias sa väčšina ľudí domnievala, že sily, ktorými na seba pôsobia rôzne telesá, nemôžu byť rovnaké. Podľa tejto „prednewtonovskej" predstavy by napr. sila, ktorou pôsobí jablko na Zem, mala byť omnoho menšia ako sila, ktorou Zem pôsobí na jablko. Newton prišiel s revolučnou myšlienkou, ktorá dnes má význam fyzikálneho zákona:

Sily, ktorými na seba pôsobia dve telesá, sú rovnako veľké a pôsobia navzájom opačnými smermi.

Vysvetlenie javu vzájomného pôsobenia rovnako veľkých síl nie je zložité: Sila, ktorá uvedie do rýchleho pohybu jablko s hmotnosťou menšou ako jeden kilogram, nestačí na to, aby pohla Zemou – telesom, ktorého hmotnosť je 1 000 000 000 000 000 000 000 000-krát väčšia.



Obr. 62 Silové pôsobenie medzi telesami je vzájomné

Keď chceme uviesť telesá do pohybu, napr. sánky, musíme ich ťahať alebo tlačiť. Loptu možno uviesť do pohybu kopnutím alebo vyhodením do vzduchu. Brankár môže pohyb lopty zasa zastaviť. Na *obr. 63* sú znázornené situácie, keď človek pôsobí silou na rozličné predmety a pôsobenie má na telesá rôzne **účinky**.

Obr. 63 Príklady účinku síl

Skúmanie sily

Úloha

Pouvažuj nad situáciami znázornenými na *obr. 63* a skús odpovedať na otázku:
Aký účinok malo silové pôsobenie medzi telesami?

Bicykel, loptu a skrutku **sila uviedla do pohybu**.

Smer pohybu puku na ľadovej ploche menia hráči hokejkou. Hráči futbalu, volejbalu a iných loptových hier si loptu často medzi sebou prihrávajú. **Silovým pôsobením sa lopta zastaví či zmení rýchlosť, alebo aj smer svojho pohybu.** Také prejavy sily nazývame **pohybové účinky sily**.

Stláčaním predmetu z plastelíny možno spôsobiť zmenu jeho tvaru. Tieto prejavy sily nazývame **deformačné účinky sily**. Jednoduchým príkladom deformačných účinkov sily je stlačenie gumovej lopty *(obr. 63)*. Niektoré deformačné účinky sily môžu byť trvalé, napr. tvarovanie plastelíny, iné len dočasné, napr. stláčanie lopty.

Telesá pôsobia na seba silou pri priamom dotyku alebo aj bez toho, aby sa priamo dotýkali, a to napr. gravitačnou, elektrickou alebo magnetickou silou. Silové pôsobenie telies je vždy vzájomné.

Sila je fyzikálna veličina a má značku *F*.

Pôsobenie sily môže mať rôzne účinky. Sila môže telesá uviesť do pohybu, môže tiež spôsobiť, že sa prestanú pohybovať, zostanú v pokoji. Sila môže zmeniť smer pohybu telies alebo zmeniť ich tvar, zdeformovať ich. Hovoríme o pohybových a deformačných účinkoch sily.

Rieš úlohy

Dva zelektrizované pásiky z polyetylénového vrecka sa odpudzujú

Magnet a sponky na spisy sa priťahujú

Parašutista padá k Zemi

1. Správanie sa predmetov a parašutistu na obrázkoch je dôsledok vzájomného silového pôsobenia.

a) Pomenuj sily, ktoré sú príčinou správania sa telies na obrázkoch.

b) Pomenuj telesá, medzi ktorými sa silové pôsobenie prejavuje.

2. Na jednom z obrázkov chlapec naťahuje pružinu a na druhom je znázornený pohyb plachetnice. Opíš účinky sily na obidvoch obrázkoch a pomenuj ich.

3. Navrhni experiment, v ktorom by si dokázal, že silové pôsobenie medzi telesami je vzájomné.

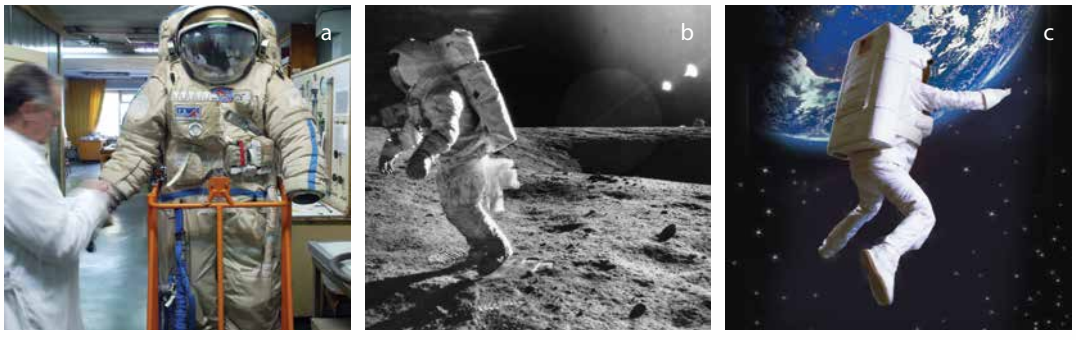
2.2 Gravitačná sila a hmotnosť telesa

Každodenná skúsenosť potvrdzuje, že medzi Zemou a telesami v jej okolí pôsobí **gravitačná sila**. Zem pôsobí gravitačnou silou nielen na telesá, ktoré sa priamo dotýkajú jej povrchu, ale aj na telesá, ktoré sa jej priamo nedotýkajú. Na kvapky dažďa, jablko padajúce zo stromu, parašutistu či družicu a vôbec na všetky telesá v okolí Zeme pôsobí gravitačná sila.

V Newtonových časoch ešte fyzici nevedeli vysvetliť podstatu síl pôsobiacich medzi telesami, ktoré sa navzájom nedotýkajú. Dnes vieme, že silové pôsobenie medzi vzdialenými telesami sprostredkuje **gravitačné pole**, ktoré má vo svojom okolí každé teleso.

Účinky gravitačného poľa, odlišného od gravitačného poľa Zeme, si vyskúšali kozmonauti na Mesiaci. Kozmonaut sa v skafandri, ktorý má hmotnosť približne 100 kg, môže na Zemi pohybovať len veľmi ťažko. Na povrchu Mesiaca môže v tom istom skafandri skákať približne do výšky jedného metra. Pri oprave plášťa kozmickej lode v kozmickom priestore musí byť kozmonaut pripútaný k lodi, aby sa náhodným pohybom nekontrolovane od nej nevzdialil.

V zobrazených situáciách *(obr. 64)* väčšia gravitačná sila pôsobí na kozmonauta na povrchu Zeme *(obr. 64a)* a menšia gravitačná sila naňho pôsobí na Mesiaci *(obr.64b)*. **Veľkosť gravitačnej sily, ktorá pôsobí medzi telesami, súvisí s ich hmotnosťou a s ich vzájomnou vzdialenosťou.** Čím má teleso väčšiu hmotnosť, tým väčšou gravitačnou silou pôsobí na telesá vo svojom okolí. Na vzdialenejšie predmety pôsobí teleso menšou gravitačnou silou ako na blízke telesá.

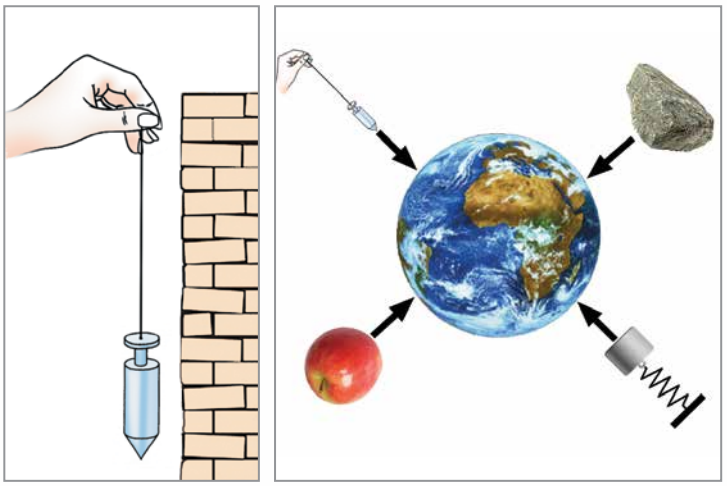


Obr. 64 Kozmonaut v obleku na Zemi, na povrchu Mesiaca a vo vesmíre

Skúmanie sily

Gravitačná sila pôsobí zvisle nadol smerom do stredu Zeme. Ľahko sa o tom presvedčíme, ak z ruky vypustíme predmet, napr. kriedu. Nástrojom na určovanie zvislého smeru je olovnica. Olovnicu používajú napr. murári na postavenie rovných zvislých múrov.

Olovnicu tvorí špagát, na ktorom je zavesené zahrotené olovené teliesko. Špagát smeruje zvisle do stredu Zeme. Tento smer je tiež smerom pôsobenia gravitačnej sily. Rovnaký smer, do stredu telesa, má aj gravitačná sila na Mesiaci či na iných telesách slnečnej sústavy.



Obr. 65 Určovanie zvislého smeru

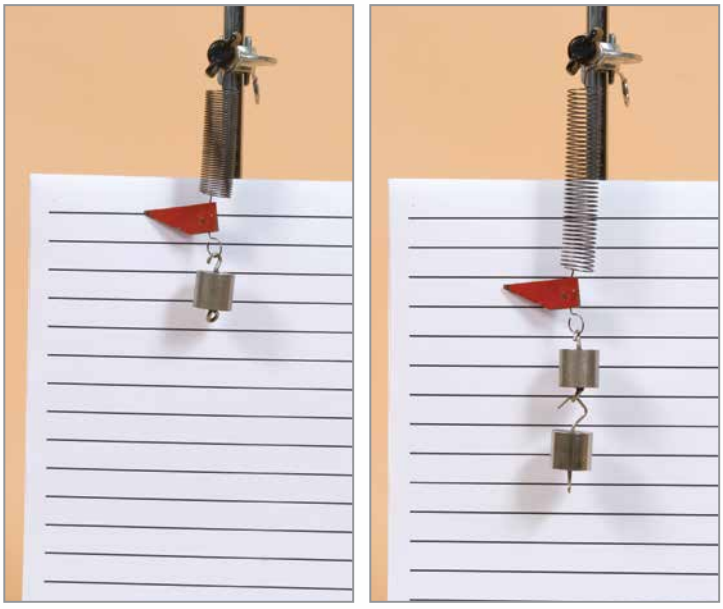
Gravitačná sila spôsobuje jednak padanie telies vo zvislom smere na povrch Zeme, jednak to, že telesá položené na ploche tlačia na podložku, a ak sú zavesené, napínajú záves.

Čím má teleso väčšiu hmotnosť, tým väčšou silou tlačí na podložku či napína záves. Môžeme sa o tom presvedčiť jednoduchým pokusom.

Ak na pružinu budeme postupne vešať závažia, pružina sa bude stále viac a viac rozťahovať.

Do určitej hmotnosti závaží bude rozťahovanie rovnomerné. Potom môže dôjsť k jej trvalej deformácií.

V nasledujúcej úlohe si ukážeme, že napínanie pružiny môže byť rozdielne pri tej istej hmotnosti, ak sa nachádzame v inom gravitačnom poli.



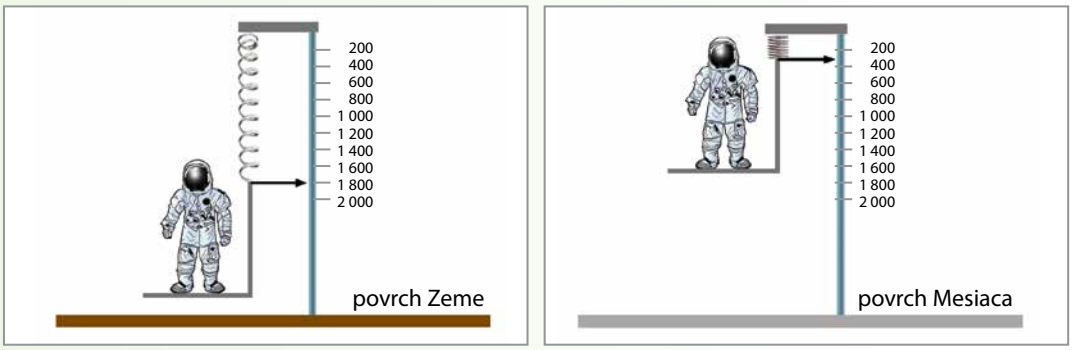
Obr. 66 Napínanie pružiny závažiami

Úloha

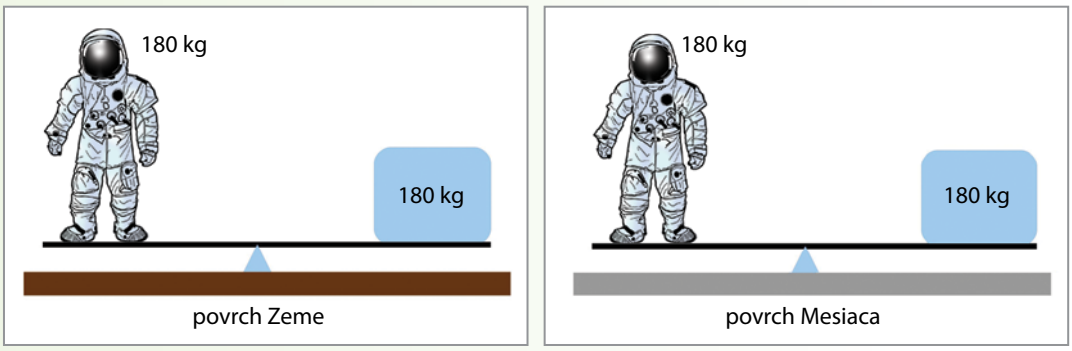
Ako súvisí hmotnosť telesa s gravitačnou silou a gravitačným poľom, v ktorom sa teleso nachádza?

a) Kozmonaut na Zemi stojí na podstavci, ktorý je zavesený na pružine. Ukazovateľ na stupnici ukazuje predĺženie pružiny na dieliku 1 800.

b) Ten istý kozmonaut na Mesiaci stojí na rovnakom podstavci. Ukazovateľ na stupnici ukazuje predĺženie pružiny na dieliku 300.



c) Porovnajme hmotnosť kozmonauta na Zemi a na Mesiaci. Ak by sme kozmonauta postavili na rovnoramenné váhy, musíme ho vyvážiť rovnakým závažím na Zemi, ako aj na Mesiaci.

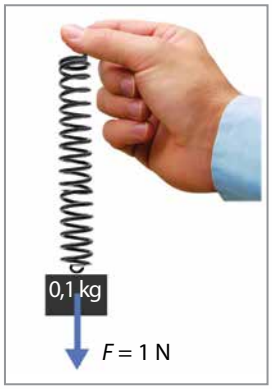


ODPOVEDZ

1. Ako si vysvetľuješ skutočnosť, že predĺženie pružiny je iné na Zemi a iné na Mesiaci?
2. Aký záver možno vysloviť pri porovnaní hmotnosti kozmonauta na Zemi a na Mesiaci?

Z úlohy vyplýva, že kozmonaut napínal pružinu na Zemi 6-krát väčšou silou ako na Mesiaci. Gravitačná sila je pre kozmonauta iná na Zemi a iná na Mesiaci.

Gravitačnú silu budeme označovať písmenom F s indexom g, teda F_g.



Na meranie sily sa používa medzinárodne dohodnutá jednotka sily, pomenovaná podľa najväčšieho učenca svojej doby, anglického vedca Isaaca Newtona, ktorý v 17. storočí skúmal aj silu a gravitáciu.

Jednotka sily je newton (čítaj *ňutn*) a má značku N**.**

Sila, ktorou je teleso s hmotnosťou 100 g (0,1 kg) priťahované k Zemi, má veľkosť 1 N.

Teleso s hmotnosťou jeden kilogram je priťahované k Zemi silou 10 N.

Skúmanie sily

Gravitačná sila, ktorou Zem pôsobí na teleso, sa vždy zmení toľkokrát, koľkokrát sa zmení hmotnosť telesa. Gravitačné pole môžeme charakterizovať pomerom medzi gravitačnou silou F_g a hmotnosťou m. Tento pomer je pre dané gravitačné pole jeho charakteristikou a označujeme ho písmenom g, nazýva sa gravitačné zrýchlenie. Súvislosť medzi gravitačnou silou F_g a hmotnosťou m telesa sa vyjadruje vzťahom:

$$F_g = m \cdot g$$

Na väčšine zemského povrchu má gravitačné zrýchlenie konštantnú hodnotu $g = 9{,}8\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Ak teda chceme vypočítať gravitačnú silu F_g, ktorá na povrchu Zeme pôsobí na teleso s hmotnosťou $m = 1$ kg, použijeme na to vzťah:

$$F_g = m \cdot g \Rightarrow F_g = 1\text{kg} \cdot 9{,}8\ \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 9{,}8\ \text{N}$$

Pri bežných meraniach, ktoré nie sú príliš náročné na presnosť, hodnotu 9,8 zaokrúhlime na 10 ($9{,}8 \approx 10$) a počítame s približnou hodnotou gravitačného zrýchlenia $g \approx 10\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Poznámka: Znak ≈ používame pre približnú rovnosť.

Na povrchu Mesiaca má gravitačné zrýchlenie približne 6-krát menšiu hodnotu, teda: $1{,}6\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Gravitačná sila má značku F_g.
Jednotkou sily je newton a má značku N. 1 kN = 1 000 N
Silu, ktorou sú telesá priťahované k Zemi, vypočítame zo vzťahu:

$$F_g = m \cdot g,$$

kde m je hmotnosť telesa,
g je gravitačné zrýchlenie ($g \approx 10\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$).

Rieš úlohy

1. V tabuľke sú uvedené hodnoty hmotnosti telesa. Prekresli si tabuľku do zošita.

a) Vypočítaj a doplň do tabuľky hodnoty veľkosti gravitačnej sily, ktorá na teleso pôsobí na povrchu Zeme, a gravitačnej sily, ktorá by na to isté teleso pôsobila na povrchu Mesiaca.

Tabuľka: Hodnoty hmotnosti a veľkosti gravitačnej sily na povrchu Zeme a na povrchu Mesiaca

Hmotnosť telesa (kg)	Gravitačná sila na povrchu Zeme (N) ($g = 10\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)	Gravitačná sila na povrchu Mesiaca (N) ($g = 1{,}6\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)
0,5		
1,0		
2,0		

b) Z hodnôt v tabuľke zostroj grafy tak, aby obidve čiary grafov boli v spoločnej súradnicovej sústave.

2. 1 kg múky je na Zemi priťahovaný silou 10 N. Prekresli si tabuľku do zošita. V prvom stĺpci tabuľky je uvedená sila, ktorou by bol 1 kg múky priťahovaný k povrchu vybraných planét slnečnej sústavy. Vypočítaj a doplň do tretieho stĺpca tabuľky, akou silou by si ty bol priťahovaný k povrchu vybraných planét.

Tabuľka: Planéty a gravitačná sila

Gravitačná sila pôsobiaca na teleso s hmotnosťou 1kg (N)	Planéta	Gravitačná sila, ktorá by pôsobila na mňa (N)
4	Merkúr	
4	Mars	
23	Jupiter	
9	Saturn	

Moja hmotnosť: ..... kg

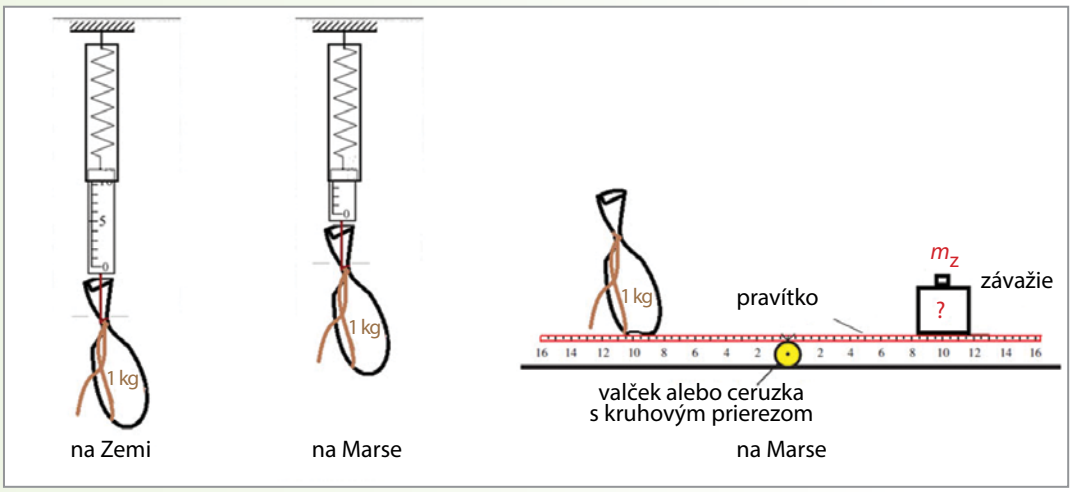
3. Kam sa podelo zlato?

Pri osídľovaní Marsu v dvadsiatom druhom storočí sa jeden zo zlatníkov rozhodol otvoriť na planéte Mars zlatnícku dielňu. Do trezoru rakety si na Zemi uložil vrecko so zlatým práškom s hmotnosťou 1 kg. Pred prevzatím ho posádka rakety svedomite odvážila na pružinových váhach.

Po osemnástich mesiacoch cesty pristála raketa na planéte Mars. Zlatníka čakalo nemilé prekvapenie. Znázornili sme ho na obrázku. Našťastie bol nablízku fyzik, ktorý poznal aj inú metódu váženia – rovnoramenné váhy.

a) Aká bola hmotnosť závažia na Marse, ktoré použil pri vážení na rovnoramenných váhach?

b) Vysvetli, aký problém vznikol pri vážení zlata na Marse na pružinových váhach?



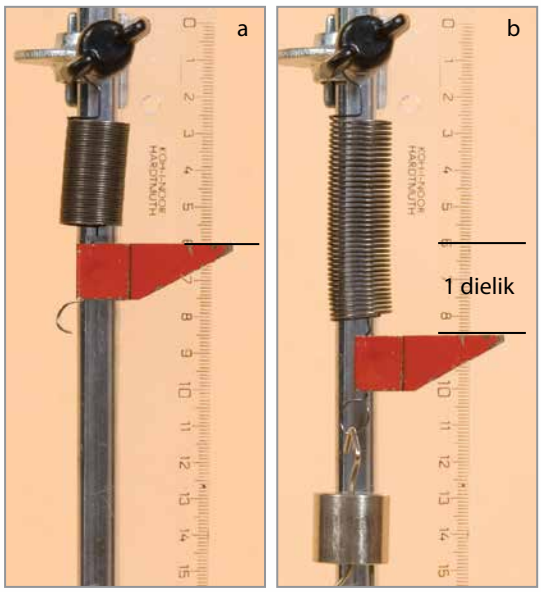
2.3 Meranie sily. Znázornenie sily

V predchádzajúcej časti sme často využívali pružinu na dôkaz toho, že medzi predĺžením pružiny a silou, ktorá ju napína, je priama úmernosť. Kozmonaut v úlohe na s. 83 napínal pružinu väčšou silou na Zemi ako na Mesiaci.

Pružina je dobrý prostriedok na zviditeľnenie a meranie pôsobenia sily, a preto sa stala základom klasického meradla sily – **silomeru**.

Ak by sme k pružine doplnili stupnicu, vieme si aj z jednoduchých pomôcok zostrojiť silomer, čo budete môcť využiť v projekte 3 – Zostrojenie silomeru z jednoduchých pomôcok.

Na zostrojenie silomeru potrebujeme pružinu s ukazovateľom, prúžok tvrdého papiera na zostrojenie stupnice (príp. pravítko) a závažie so známou hmotnosťou, najlepšie 0,1 kg alebo 1 kg. Ukazovateľ na pružine *(obr. 67a)* ukazuje na začiatok stupnice. K ukazovateľu môžeme zaznačiť 0 (0 N). Zavesením závažia s hmotnosťou 0,1 kg na pružinu a pomocou polohy ukazovateľa vieme označiť hodnotu jedného dielika stupnice 1 N. Delenie stupnice môže pokračovať ďalej na menšie dieliky, prípadne možno pridať ďalšie dieliky na stupnici. Výber pružiny záleží na tom, na aké merania budeme silomer využívať. Každá pružina má určitú tuhosť a podľa toho zhotovujeme stupnicu, od toho závisí dĺžka dielika. Tuhosť pružiny ovplyvňuje aj veľkosť sily, akú najväčšiu silu môžeme daným silomerom odmerať. Hovoríme o rozsahu silomera, ktorý na školské merania môže byť 0,1 N, 0,5 N, 1 N, 5 N atď.



Obr. 67 Pružinový silomer a základ merania pružinovým silomerom

Nesprávnym zaobchádzaním môžeme silomer ľahko preťažiť, a tak znehodnotiť pružinu, pretože dôjde k jej trvalej deformácii.

Každé meradlo meria s určitou presnosťou, ktorá súvisí s hodnotou najmenšieho dielika. Prípustná chyba pri čítaní polohy ukazovateľa je polovica najmenšieho dielika stupnice. Napr. hodnota najmenšieho dielika na silomere je 0,2 N. Pri meraní silomerom musíme najskôr zistiť, či je ukazovateľ v polohe 0. Môžeme sa pri tom pomýliť o polovicu dielika, t. j. o 0,1 N . Potom odčítame polohu ukazovateľa po meraní a opäť sa môžeme pomýliť o polovicu dielika, t. j. o 0,1 N. Celková chyba merania sa rovná súčtu týchto dvoch chýb, teda hodnote jedného celého dielika, t. j. 0,1 N + 0,1 N = 0,2 N. Ak sme odmerali na silomere silu napr. 1 N, nevieme, či sme odmerali o túto hodnotu viac (+ 0,2 N), alebo menej (– 0,2 N), a preto zvykneme zapísať výsledok:

$$F = 1{,}0\ \text{N} \pm 0{,}2\ \text{N}$$

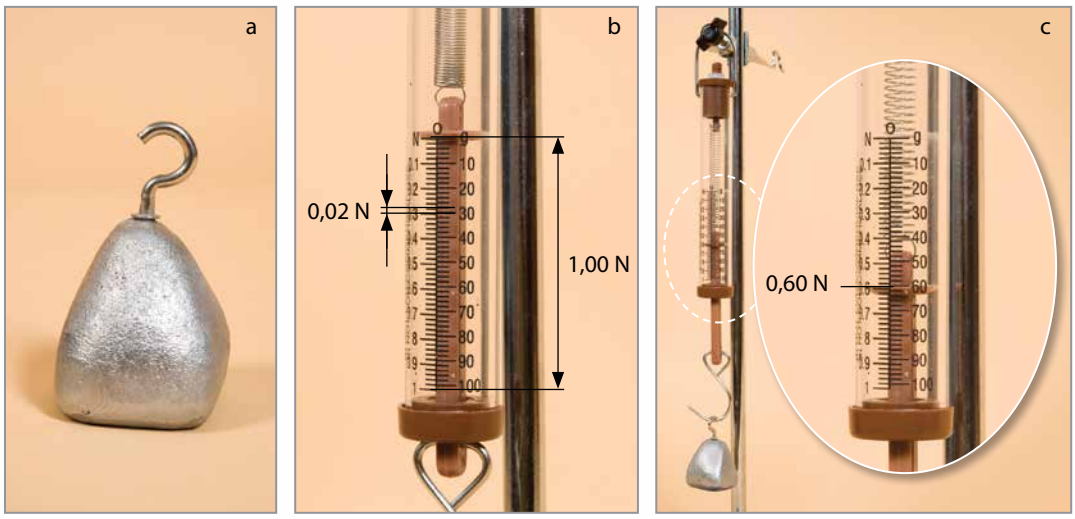
Silomer môže byť založený aj na inom prejave účinku sily, ako je napínanie pružiny, napr. na tlaku na podložku. Na *obr. 68* sú fotografie rôznych druhov silomerov.

digitálny | pružinový | tlakový

Obr. 68 Rôzne druhy silomerov

Aby naše merania so silomerom boli čo najpresnejšie, musíme pri nich dodržiavať tieto pravidlá:

1. Pred výberom silomeru urobíme odhad najväčšej hodnoty sily, ktorú chceme merať. Potom vyberieme taký silomer, aby odhadnutá sila bola menšia ako jeho rozsah.
2. Ukazovateľ silomeru by mal pred meraním čo najpresnejšie splývať s nulovou čiarou stupnice.
3. Pred meraním je potrebné zistiť, aká veľkosť sily zodpovedá najmenšiemu dieliku stupnice (napr. 0,2 N). Čím je táto sila menšia, tým považujeme meradlo za presnejšie.
4. Žiadne meradlo nemeria celkom presne. Každé meranie je zaťažené chybou, ktorá je spôsobená vlastnosťami meradla.



Obr. 69 a) Teleso, ktoré meriame. b) Jeden dielik zobrazuje veľkosť 0,02 N, rozsah silomeru je 1,00 N. c) Odmeraná hodnota $F = 0{,}60\ \text{N} \pm 0{,}02\ \text{N}$

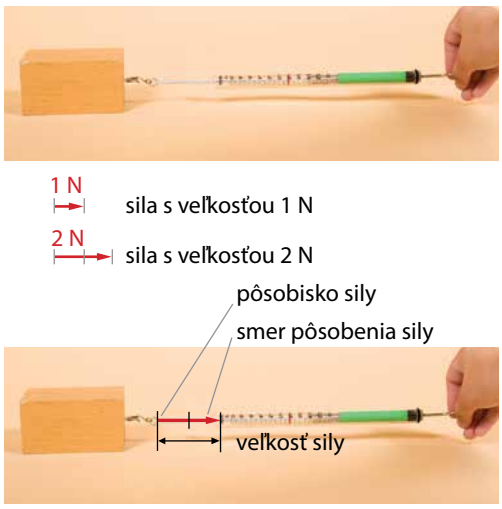
Skúmanie sily

Silomerom meriame nielen gravitačnú silu, ale aj silu, ktorou napr. ťaháme predmet po podložke. V odbornej literatúre, ale aj v bežnej tlači sa môžeme stretnúť s grafickým znázornením sily. Aby sme mohli silu správne graficky znázorniť, obyčajne vychádzame z konkrétneho merania.

Na nasledujúcom obrázku meriame silu, ktorou ťaháme kváder po podložke. Poznáme smer pôsobenia sily a vieme na silomere odčítať jej veľkosť. Pri grafickom znázornení sily postupujeme takto:

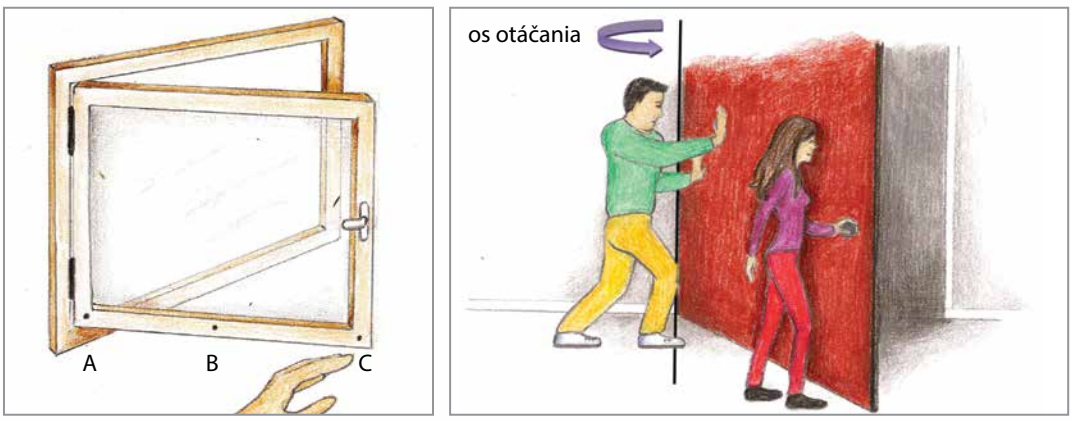
1. Zmeriame silu, ktorú chceme znázorniť.
2. Zvolíme mierku, napr. tak, že silu 1 N budeme zobrazovať úsečkou s dĺžkou 1 cm. 1 N $\triangleq$ 1 cm
3. Na telese vyznačíme bod, v ktorom sila pôsobí – nazveme ho pôsobisko sily.
4. Z pôsobiska sily vedieme polpriamku v smere pôsobenia sily.
5. Od pôsobiska sily nameriame dĺžku úsečky, ktorá zodpovedá veľkosti sily vo zvolenej mierke. Napr. ak sme namerali silu 2 N, tak dĺžka úsečky bude 2 cm. Úsečku zakončíme šípkou v smere pôsobenia sily.

Na kváder pôsobí sila v smere, v ktorom kváder ťaháme. Veľkosť sily odčítame na stupnici silomeru.



Smer a veľkosť sily sú dôležitými charakteristikami, ktoré určujú jej účinky na teleso. Ak by sme ťahali kváder po podložke v inom smere ako rovnobežne s podložkou, pohyb kvádra sa môže zmeniť. Od veľkosti sily závisí, či sa vôbec kváder začne pohybovať.

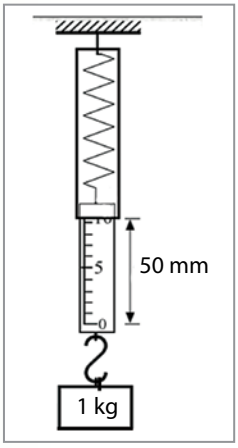
Pre účinok sily je dôležité vhodne zvoliť **pôsobisko sily**, bod, v ktorom má sila pôsobiť. Jednoducho si to možno vyskúšať pri zatváraní okna či dverí. Zatváranie dverí v blízkosti pántov (osi otáčania) si vyžaduje väčšiu silu ako v mieste čo najďalej od nich. Rozdielne veľkú silu by sme potrebovali pri zatváraní okna v bodoch A, B a C.



Obr. 70 Dôležitosť pôsobiska sily

Rieš úlohy

1. Na háčiku silomeru je zavesené teleso s hmotnosťou 1 kg. Preskúmaj obrázok a odpovedz na otázky:



a) Aká veľkosť sily zodpovedá jednému dieliku zobrazeného silomeru?

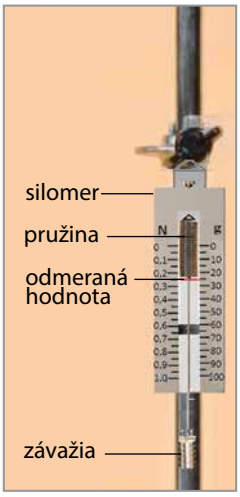
b) Skús predpovedať, ako by sa zmenil údaj na stupnici silomeru, ak naň zavesíme závažie s polovičnou hmotnosťou.

c) Akú hmotnosť by malo mať závažie, aby sa pružina silomeru predĺžila o jeden dielik stupnice?

d) Aké závažie by sme mali zavesiť na háčik silomeru, aby sa pružina predĺžila o 25 mm?

2. Vykonaj meranie a spracuj jeho výsledky. Over vzťah medzi hmotnosťou a gravitačnou silou.

POMÔCKY závažia s hmotnosťou 10 g, 2 × 20 g, 50 g; silomer s rozsahom do 1 N



POSTUP

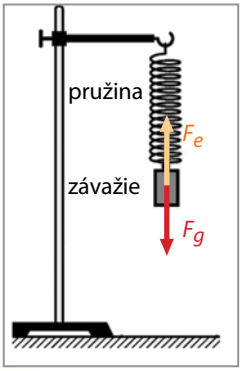
a) Priprav si tabuľku, do ktorej budeš zapisovať odmerané dvojice hmotnosti m a gravitačnej sily F_g.

b) Pridávaj na háčik závažia tak, aby sa ich hmotnosť m postupne zväčšovala o rovnakú hodnotu. Odmeraj aspoň 5 dvojíc hodnôt.

c) Použi namerané hodnoty z tabuľky na zostrojenie grafu (vodorovná os – hmotnosť m, zvislá os – sila F_g).

Poznámka: Pri spracovaní údajov môžeš použiť merací súbor PruzinaFg-m.cma, zostavený v C6lite. Dostupné na www.fyzikus.fmph.uniba.sk

3. Na závažie na obrázku pôsobia dve sily – Zem gravitačnou silou F_g a napätá pružina pružnou silou F_e. Pružina sa vždy napne natoľko, aby pružná sila, pôsobiaca na závažie smerom nahor, bola rovnako veľká ako gravitačná sila, ktorá na závažie pôsobí opačným smerom – nadol. Sily F_g a F_e sú rovnako veľké a udržujú závažie v rovnovážnej polohe.
Preskúmaj obrázok a vysvetli, čo všetko by si k vyobrazeným pomôckam mal pridať, aby fungovali ako silomer.



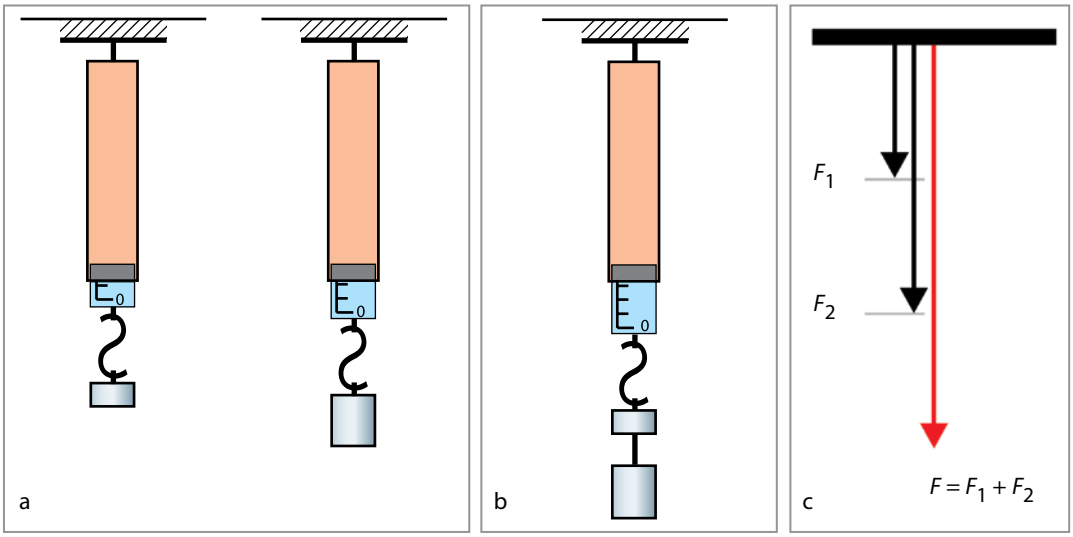
2.4 Skladanie síl. Rovnováha síl

Denne sa stretávame so situáciami, javmi, pri ktorých na teleso pôsobí súčasne niekoľko síl.

Na parašutistu vo vzduchu pôsobí gravitačná sila Zeme, odporová sila vzduchu a môže sa pridať ešte vietor. Zo skúseností vieme, že tieto sily sa skladajú – sčítavajú.

Názorné skladanie síl si môžeme urobiť pomocou závaží a silomeru.

Na *obr. 71a* sú na dvoch silomeroch zavesené dve závažia s rôznou hmotnosťou.



Obr. 71 Skladanie dvoch síl rovnakého smeru

Prvé závažie napína pružinu silou 1 N, druhé závažie silou 2 N. Ak obidve závažia zavesíme na jeden silomer, spolu napínajú pružinu silou 3 N. Obidve sily, ktorými napínali pružinu prvé a druhé závažie, sa sčítali a výsledkom je **výslednica síl**. V našom pokuse má výslednica F síl F_1 a F_2 veľkosť:

$$F = F_1 + F_2$$

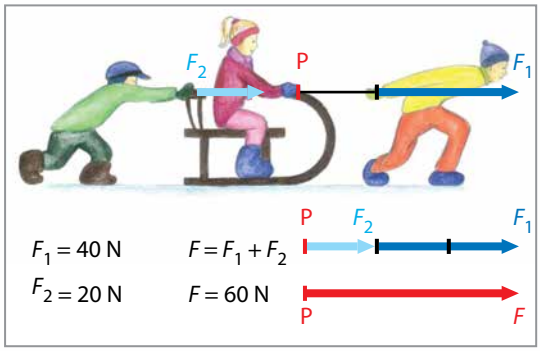
Skladanie síl je graficky znázornené na *obr. 71c*.

Iným príkladom skladania síl je súčasné ťahanie a tlačenie sánok.

Peter ťahá sánky silou 40 N, Marek ich tlačí silou 20 N. Sánky sa rozbiehajú.

Sily pôsobia na sánky v jednej priamke rovnakým smerom, a preto sa ich veľkosti sčítajú. Sánky sa budú pohybovať zrýchlene.

$$F = F_1 + F_2 = 40\ \text{N} + 20\ \text{N} = 60\ \text{N}$$



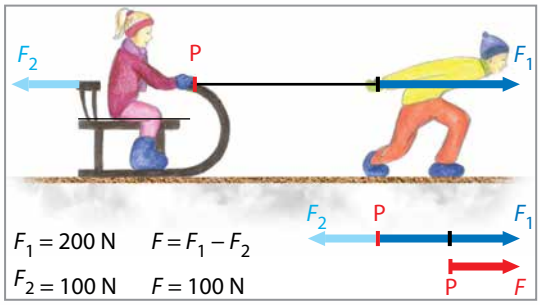
Sily pôsobiace v spoločnej priamke jedným smerom skladáme tak, že ich po priamke posunieme do spoločného pôsobiska P a ich veľkosti spočítame (pozri sily pod obrázkom).

Výslednica dvoch síl rovnakého smeru má s obidvoma silami rovnaký smer a jej veľkosť sa rovná súčtu veľkostí obidvoch síl.

Na *obr. 72* sa sánky dostali na povrch cesty, posypaný pieskom. Pri trení skĺznic na piesku pôsobí proti smeru pohybu saní sila F_2 = 100 N. V smere pohybu pôsobí chlapec väčšou silou F_1 = 200 N.

Veľkosť výslednej sily určíme ako rozdiel veľkostí síl – od väčšej sily odpočítame menšiu silu

$$F = F_1 - F_2 = 200\ \text{N} - 100\ \text{N} = 100\ \text{N}$$



Obr. 72 Skladanie síl v opačnom smere

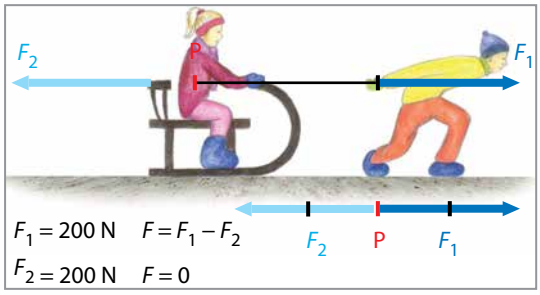
Výsledná sila má rovnaký smer ako väčšia z dvoch pôsobiacich síl. Na sánky pôsobí výsledná sila s veľkosťou 100 N v smere pohybu. Pohyb sánok sa aj naďalej bude zrýchľovať.

Výslednica dvoch síl opačného smeru má rovnaký smer ako väčšia sila a jej veľkosť sa rovná rozdielu veľkostí obidvoch síl.

Na ďalšom obrázku sa sánky dostali na betónový chodník bez snehu. Proti smeru pohybu pôsobí sila F_2 = 200 N, rovnako veľká ako sila F_1 = 200 N, ktorou chlapec sánky ťahá. Výsledná sila sa rovná nule.

$$F = F_1 - F_2 = 200\ \text{N} - 200\ \text{N} = 0$$

Sánky zotrvávajú aj ďalej v pohybe, ale ich rýchlosť už nerastie.



Obr. 73 Sily sú v rovnováhe

Dve rovnako veľké sily opačného smeru, ktoré pôsobia súčasne na teleso v jednej priamke, sú v rovnováhe. Ich výslednica sa rovná nule.

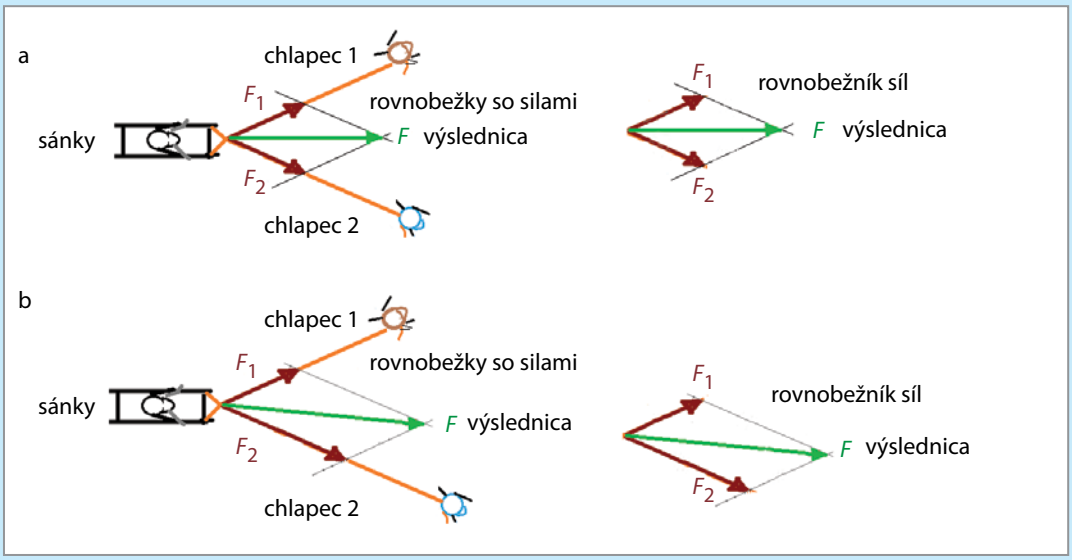
V predchádzajúcich príkladoch sme rozoberali sily pôsobiace v jednej priamke. Bežne sa však stáva, že sánky ťahajú dvaja, vedro s maltou môžu tiež ťahať dvaja ľudia. V takýchto situáciách sily nepôsobia v jednej priamke, ale priamky, na ktorých ležia, zvierajú určitý uhol.

V takýchto prípadoch ide o skladanie **rôznobežných síl**. Pri skladaní rôznobežných síl so spoločným pôsobiskom sa

Obr. 74 Príklady pôsobenia rôznobežných síl

vo fyzike používa **pravidlo rovnobežníka síl**. Rovnobežník síl zostrojíme tak, že koncovými bodmi znázornených síl vedieme rovnobežky tak, aby vznikol geometrický tvar – štvoruholník, v ktorom protiľahlé strany sú navzájom rovnobežné. Z obrázkov vidíme, že výslednicu rôznobežných síl potom zostrojíme ako uhlopriečku rovnobežníka síl.

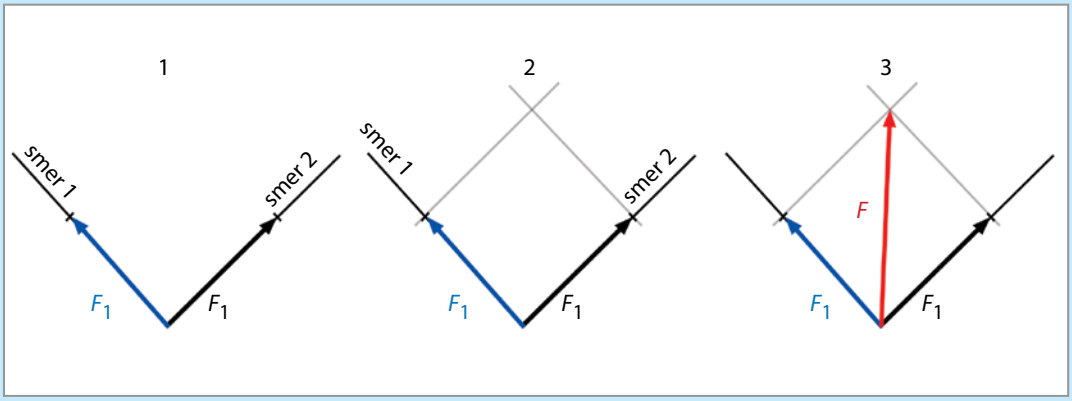
Na *obr. 75a* je ukážka skladania dvoch rovnako veľkých rôznobežných síl. Sily, ktoré sa skladajú na *obr. 75b*, sú rôznobežné a majú rôzne veľkosti.



Obr. 75 Skladanie síl pomocou rovnobežníka

Rôznobežné sily, ktoré pôsobia na teleso v jednom pôsobisku, skladáme pomocou rovnobežníka síl. Rovnobežník zostrojíme nasledujúcim spôsobom:

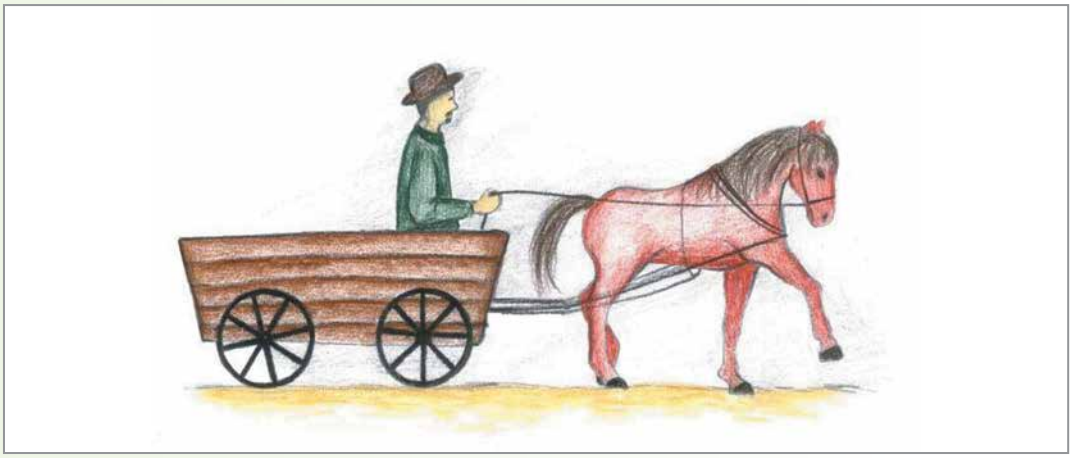
1. Sily nakreslíme vo zvolenej mierke a zachováme uhol, ktorý pri pôsobení na teleso zvierajú.
2. Doplníme obrazec na rovnobežník.
3. V spoločnom pôsobisku síl narysujeme jeho uhlopriečku, ktorú zakončíme šípkou, aby ukazovala smer výslednice.



Štúdiom pôsobenia síl, ich skladaním či rozložením na zložky sa zaoberajú stavbári alebo konštruktéri rôznych technických zariadení. Dodnes je záhadou, ako robotníci stavali v starom Egypte pyramídy, keď museli dopraviť do veľkých výšok ťažké kvádre. Museli uvažovať, ako zmenšiť silu, potrebnú na ich dopravenie. Pomáhali si naklonenou rovinou, používali páky a iné pomôcky. Tieto zariadenia sa nazývajú jednoduché stroje a dodnes sú súčasťou aj zložitých technických zariadení.

Rieš úlohy

1. Na obrázku je znázornený voz, ktorý ťahá kôň. Kôň pôsobí na voz silou 400 N. Nakresli vo zvolenej mierke silu, ktorou kôň ťahá voz.



2. Žena drží v ruke nákupnú tašku s nákupom, ktorý má hmotnosť 5 kg.

a) Akou silou pôsobí taška na ruku ženy? (Nezabudni, že každá sila má veľkosť aj smer.)

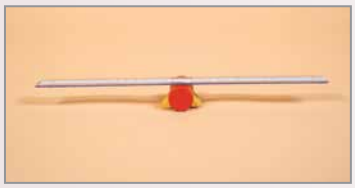
b) Akou silou pôsobí žena na tašku?

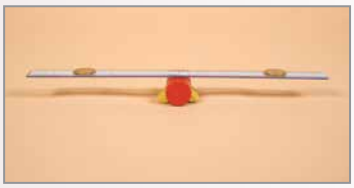
c) Nakresli si do zošita schematicky tašku a ruku a znázorni do obrázka obidve sily. Zvoľ si mierku.

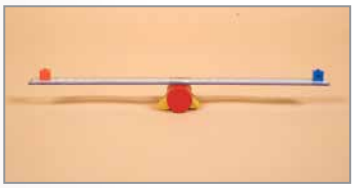
3. Ťažná sila jedného koňa je priemerne 700 N. Koľko koní nahradí traktor, ktorý pôsobí ťažnou silou 84 kN?

Domáca príprava na vyučovanie

Na vyučovaní budeš potrebovať pravítko dĺžky 30 cm, kocky s hranou 1 cm alebo mince 1 €, drevený valček (drevenú ceruzku), plastelínu. Pomôcky súvisia s úlohou na str. 95.







Na vyučovaní budeš pracovať vo dvojici, prípadne vo väčšej skupine, a každá skupina by mala mať iný počet kociek (mincí). Minimálne sú však potrebné 3 kocky (mince).

2.5 Otáčavé účinky sily

Podrobnejšie budeme skúmať účinky sily, ktorými sila spôsobí otáčanie telesa okolo pevnej osi – **otáčavé účinky sily**.

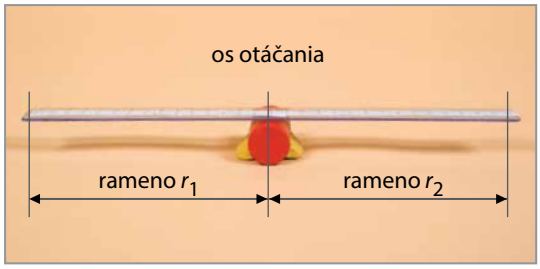
Okolo pevnej osi sa otáčajú napr. dvere či okná, ale aj detská hojdačka alebo rameno žeriava. Ramená žeriava a hojdačka sú príkladmi zariadenia, ktoré sa nazýva **páka**.

Obr. 76 Zariadenia, ktorých súčasťou je páka

Preskúmame hojdačku – páku, na ktorej sa hojdajú deti, a zistíme, ako možno vyriešiť hojdanie, ak deti majú veľmi rozdielne hmotnosti.

Z fyzikálneho hľadiska páku charakterizuje os otáčania a ramená, prípadne môže mať len jedno rameno, ako je to napr. na autožeriave.

Aby sa deti na hojdačke mohli pohodlne hojdať, mala by byť hojdačka na začiatku vo vodorovnej polohe. V nasledujúcej úlohe nahradíme hojdačku pravítkom a deti kockami či mincami.



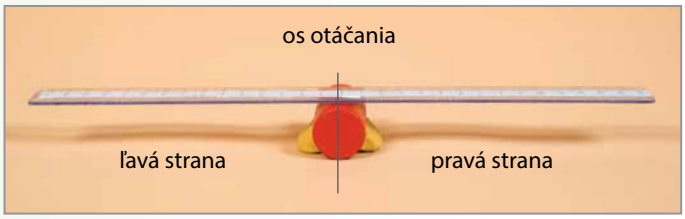
Úloha

Umiestni závažia na ľavú a pravú stranu pravítka od osi otáčania tak, aby pravítko bolo vo vodorovnej polohe. *(Pracujte vo dvojiciach, prípadne vo väčších skupinách.)*

POMÔCKY závažia (kocky alebo mince), dlhé pravítko, drevený valček (ceruzka), plastelína, váhy

POSTUP

a) Položte valček na lavicu a pripevnite ho plastelínou k podložke, aby sa nepohyboval. Položte na valček pravítko tak, aby jeho stred bol na strede valčeka.



b) Použite dve rovnaké závažia a umiestnite jedno na ľavú a druhé na pravú stranu pravítka od osi otáčania. Hľadajte takú polohu závaží, aby bolo pravítko vo vodorovnej polohe.

c) Odčítajte vzdialenosti stredov závaží od osi otáčania a zapíšte ich do tretieho stĺpca ľavej aj pravej strany tabuľky v metroch. Tabuľku si prekreslite do zošita.

d) Odvážte závažia a zapíšte hodnoty do prvých stĺpcov tabuľky.

Tabuľka: Namerané a vypočítané hodnoty pri hľadaní rovnováhy na páke

Ľavá strana				Pravá strana			
1	2	3	4	1	2	3	4
Hmotnosť závažia 1 (kg)	Sila F_1 (N)	Rameno r_1 (m)	Súčin $r_1 \cdot F_1$	Hmotnosť závažia 2 (kg)	Sila F_2 (N)	Rameno r_2 (m)	Súčin $r_2 \cdot F_2$

e) Nahraďte závažie na jednom z ramien závažím s dvojnásobnou hmotnosťou a hľadajte takú polohu závaží na ľavej a pravej strane pravítka, aby bolo pravítko vo vodorovnej (rovnovážnej) polohe. Znovu zapíšte do tabuľky hodnoty hmotnosti závaží, veľkostí síl a ramien síl.

f) Vypočítajte silu, akou závažia pôsobia na páku, a zapíšte ich hodnoty ako F_1 a F_2. Vypočítajte súčin $r \cdot F$ pre obidve strany páky a zapíšte do tabuľky.

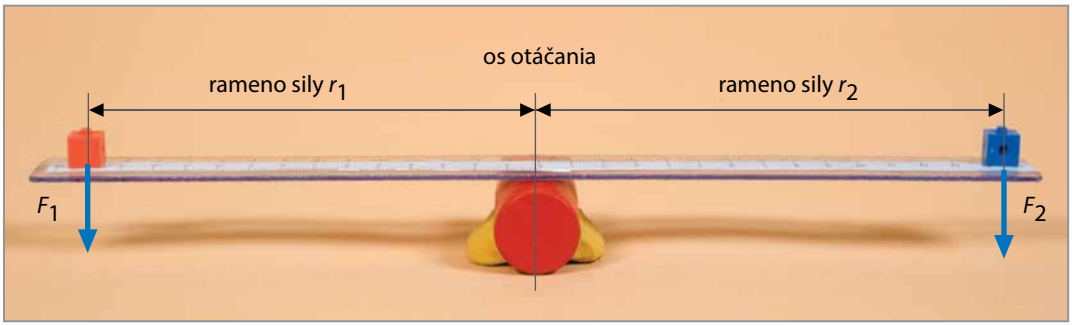
ODPOVEDZ

1. Aký je vzťah medzi hmotnosťami závaží a ich vzdialenosťami od osi otáčania, keď je pravítko v rovnovážnej polohe?
2. Čo môžeš povedať o hodnotách súčinu $r \cdot F$ pre ľavú a pravú stranu pravítka, ak je pravítko v rovnovážnej polohe?
3. Porovnaj výsledky svojich výpočtov súčinov $r \cdot F$ s hodnotami iných skupín. Možno z výsledkov urobiť nejaký záver?

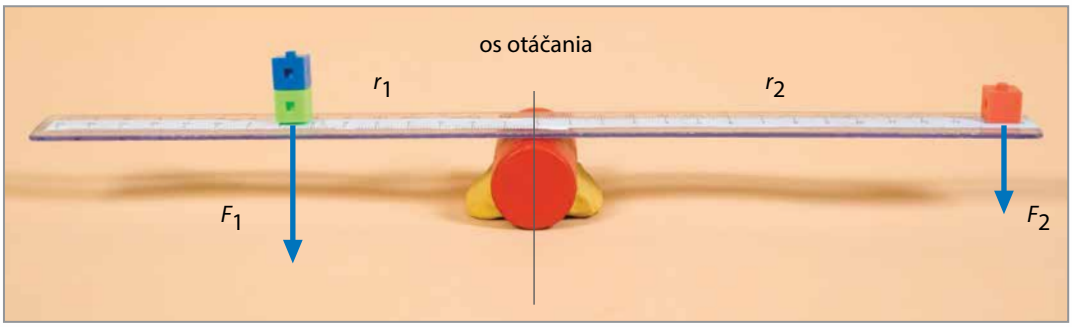
Riešenie predchádzajúcej úlohy je jednoduché, ak máme umiestniť dve kocky s rovnakou hmotnosťou. Dáme po jednej kocke na ľavú aj pravú stranu pravítka do rovnakej vzdialenosti od osi otáčania. Túto polohu páky nazývame **rovnovážna poloha**.
Opíšeme túto situáciu z pohľadu fyziky: na páku pôsobia dve kocky rovnakou silou, otáčavé účinky sa rušia a páka zostane v rovnováhe, ak závažia umiestnime do rovnakej vzdialenosti od osi otáčania.

Kolmá vzdialenosť od osi otáčania po vyznačenú čiaru, na ktorej je graficky znázornená sila, sa nazýva **rameno sily**.

Problémom je umiestnenie nepárneho počtu kociek a dosiahnutie rovnovážnej polohy pravítka. Ak má menšia sila vyrovnať otáčavé účinky väčšej sily na pravítko, musí pôsobiť vo väčšej vzdialenosti od osi otáčania, musí mať dlhšie rameno.



Z výsledkov riešenia úlohy vyplýva, že pre rovnovážnu polohu páky platí:
ľavé rameno sily · sila na konci ramena = pravé rameno sily · sila na konci ramena



Zapísané matematicky:

$$r_1 \cdot F_1 = r_2 \cdot F_2$$

Pre súčin sily a ramena sily sa vo fyzike zaviedol názov **moment sily**. Značka momentu sily je M. Jednotkou momentu sily **newton.meter**, ktorý má značku N.m.

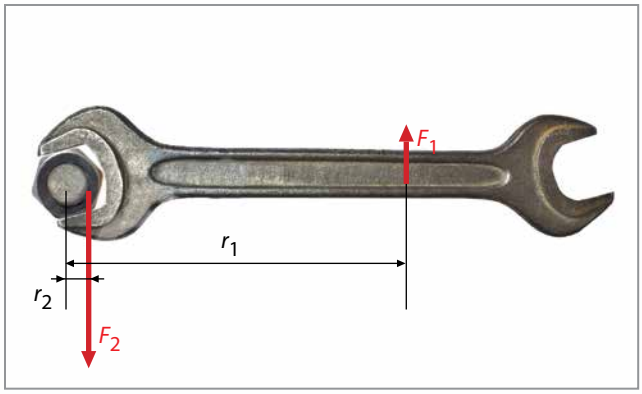
$$M = r \cdot F$$

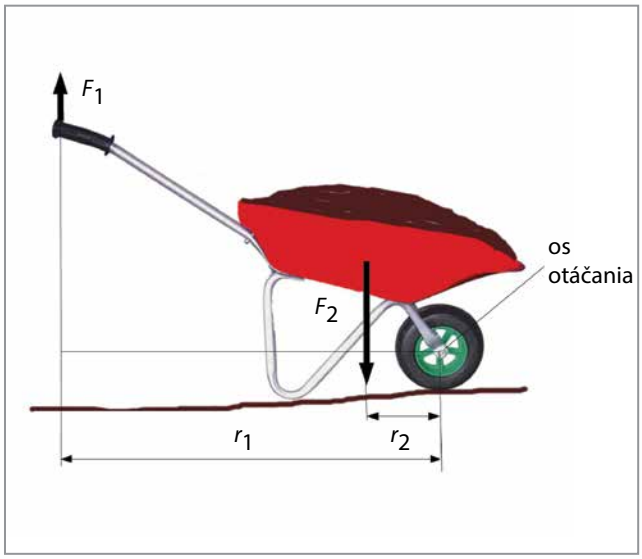
Pri momente síl je dôležité rozlišovať aj smer otáčania telesa. Ak sila otáča teleso proti smeru otáčania ručičiek hodín, moment sily má kladné znamienko (+). Moment sily je záporný (–), ak sila otáča teleso v smere otáčania ručičiek hodín. Toto je dôležité vtedy, ak na teleso pôsobí viacero momentov síl.

Na pripojenom obrázku je znázornená sila F_2, ktorou by sme museli pôsobiť na zahrdzavenú maticu, aby sme ju odskrutkovali. Pri použití páky (montážneho kľúča) je sila F_1, ktorou treba pôsobiť na kľúč pri odskrutkovaní matice, omnoho menšia.

Iným príkladom použitia páky je známy fúrik. Ak ho plne naložíme zeminou alebo tehlami, ľahko odvezieme náklad, ktorý by sme bez fúrika pravdepodobne nedokázali podvihnúť.

V živote si ani neuvedomujeme, kde všade sa stretávame s otáčavými účinkami síl. Otáčavým pohybom otvárame vrchnáky na fľašiach, pohybujeme volantom, otvárame a zatvárame vodovodné kohútiky atď. Aj niektoré časti ľudského tela vykonávajú otáčavé pohyby, napr. čeľuste alebo predlaktie ruky.





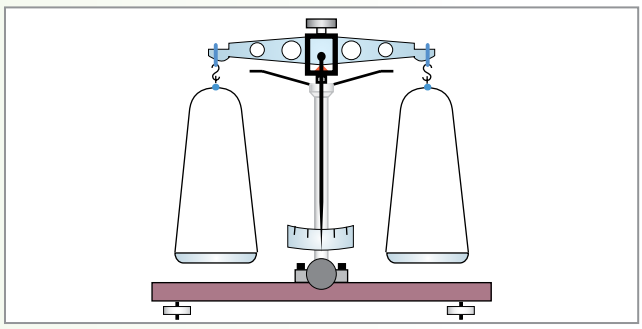
Moment sily je fyzikálna veličina a má značku M.
Moment sily vypočítame: $M = r \cdot F$.
Jednotkou momentu sily je N.m.

Rieš úlohy

1. Na obrázku sú rovnoramenné váhy, ktorých súčasťou je páka s ramenami rovnakej dĺžky.

a) Nakresli si schému váh do zošita a vyznač do nej ramená sily.

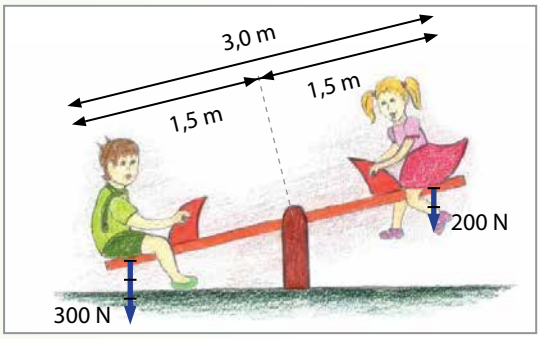
b) Graficky znázorni sily, ktoré pôsobia na ramená váh.



2. Automechanik uvoľňoval maticu kľúčom, ktorý držal vo vzdialenosti 20 cm od osi otáčania (osi skrutky). Na kľúč pôsobil silou 300 N. Akým momentom sily pôsobil na maticu?

Skúmanie sily

3. Deti na hojdačke nesedia v takej vzdialenosti od osi otáčania, aby sa mohli pohodlne hojdať. Vyrieš ich problém so sedením.



4. Vodič pri správnom držaní volantu pôsobí naň silou oboma rukami. Volant sa otáča okolo pevnej osi a jeho otáčavý pohyb sa prenáša na kolesá auta.

a) Nakresli si schému volantu do zošita a graficky znázorni pôsobenie síl na volant.

b) Označ v schéme os otáčania volantu.

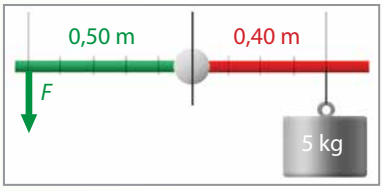
5. Na okne *(obr. 70)* sú vyznačené body A, B, C.

a) Na ktorom mieste musíš pôsobiť najväčšou silou, aby si okno zavrel? Svoju odpoveď odôvodni.

b) Ako by si zmeral veľkosť sily potrebnej na zavretie okna?

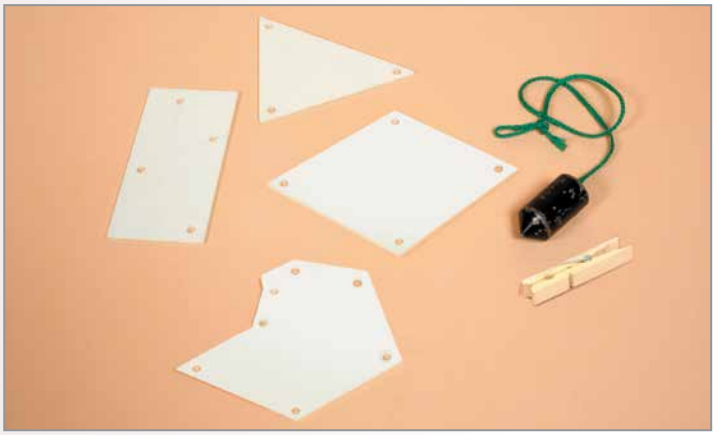
c) Ako by si vypočítal moment sily z nameraných údajov?

6. Aká veľká sila by mala pôsobiť na konci zeleného ramena, aby zariadenie na obrázku zostalo v rovnovážnej polohe?



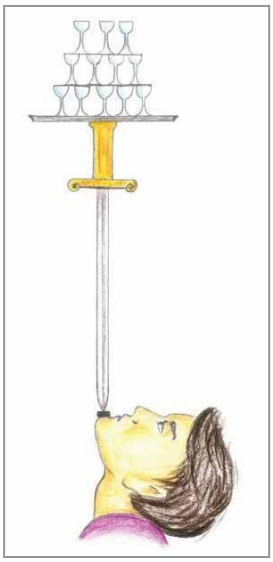
Domáca príprava na vyučovanie

Vystrihni z tvrdého papiera obdĺžnik, štvorec a trojuholník. Rozmer jednej strany by nemal presahovať 10 cm. Vystrihni z tvrdého papiera aj jedno nesúmerné teleso, ktorého priemer by mal mať najviac 10 cm. Priprav si olovnicu – na špagát s dĺžkou 15 cm uviaž vhodný kovový predmet.

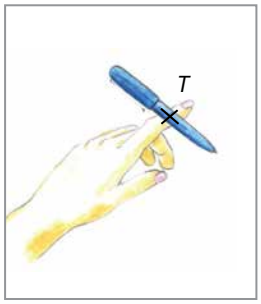


2.6 Ťažisko telesa a jeho určenie

Na cirkusových predstaveniach možno vidieť artistov, ktorí dokážu na hrote meča udržať na podnose uložené sklenené poháre. V čom spočíva tajomstvo ich šikovnosti?



Dokážu nájsť bod, v ktorom treba podoprieť sústavu telies, aby telesá nespadli. Takýto bod vieme nájsť na každom telese, napr. aj na pravítku či ceruzke. Položíme si ich na prst a hľadáme miesto, v ktorom sa udržia. Ak však čo len trochu vychýlime teleso z tejto polohy, spadne.



Tento význačný bod telesa sa nazýva **ťažisko**.

Najskôr budeme hľadať ťažisko pre telesá, ktoré sú celé zložené z rovnakej látky, hovoríme im homogénne telesá.

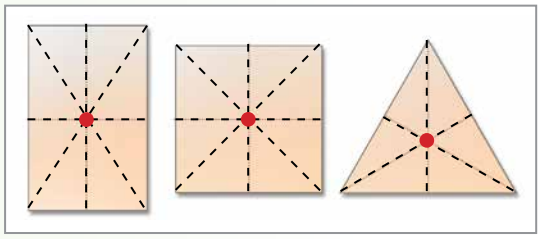
Úloha

Vyhľadaj ťažiská súmerných aj nesúmerných telies.

POMÔCKY obdĺžnik, štvorec, trojuholník a nepravidelné teleso (podľa domácej prípravy), olovnica, štipec na bielizeň, pravítko, zastrúhaná ceruzka

POSTUP

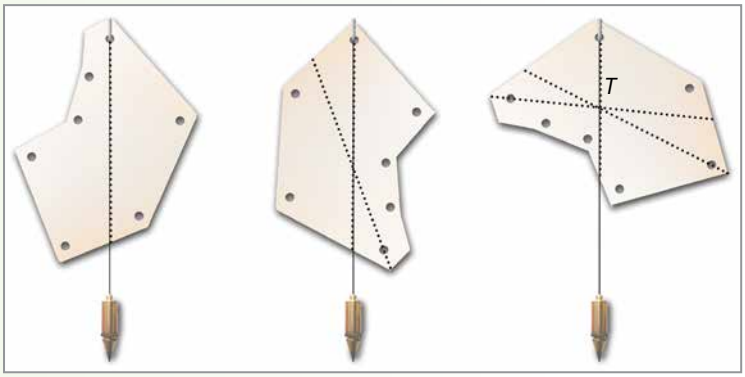
a) Pri súmerných telesách urob ich uhlopriečky a v ich priesečníku nakresli výrazný bod. Bod je ťažiskom telesa a označujeme ho písmenom *T*.



b) Pri nesúmerných telesách pripevni na jednom z okrajov štipec na bielizeň so špagátom olovnice. Zdvihni teleso tak, aby olovnica smerovala zvisle nadol.

c) Nakresli pravítkom čiaru popri špagáte a zopakuj postup na inom okraji telesa.

d) V mieste, kde sa čiary pretínajú, nakresli výrazný bod. Bod je ťažiskom telesa a označ ho písmenom *T*.



Skúmanie sily

e) Pokús sa podoprieť teleso hrotom ceruzky v ťažisku.

f) Pomocou ihly, v ktorej je navlečená niť, urob otvor v ťažisku a prevleč ním niť. Na konci nite urob uzol, aby sa na ňom niť zachytila.

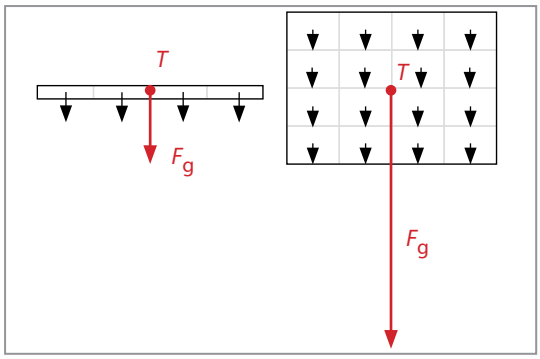
g) Pozoruj polohu telesa zaveseného na niti v ťažisku.

ODPOVEDZ

1. Ako si zostrojil ťažisko súmerných telies? Opíš postup.
2. Ako si zostrojil ťažisko nesúmerného telesa? Opíš postup.
3. Ako si vysvetľuješ skutočnosť, že sa telesá neudržia na hrote ceruzky, ak ich podoprieme mimo ťažiska?
4. Ako si vysvetľuješ skutočnosť, že sa telesá udržia na hrote ceruzky, ak ich podoprieme v ťažisku?

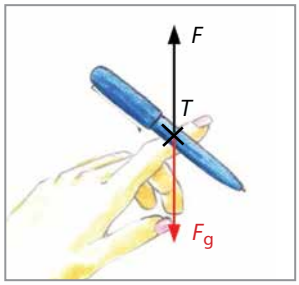
Keď sme telesá z predchádzajúcej úlohy položili na hrot ceruzky a podopreli ich v ťažisku, udržali sa na ňom. Ak sme však polohu ťažiska presne neodhadli, neudržali sa na hrote. Vysvetlenie hľadáme v rovnováhe síl.

Na každú čiastočku telesa pôsobí gravitačná sila. Ak by sme teleso (štvorec vystrihnutý z tvrdého papiera) rozdelili na menšie časti, na každú z nich pôsobí gravitačná sila.

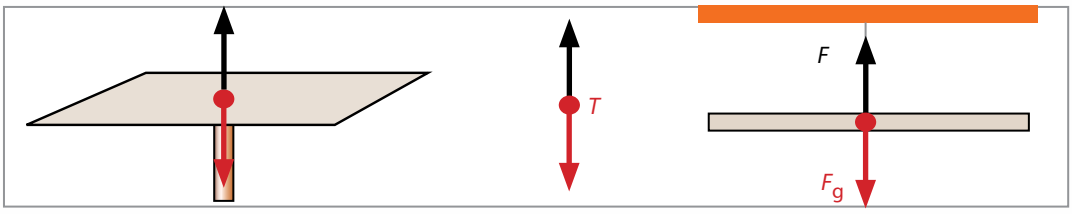


Obr. 77 Výslednica síl, ktorými Zem pôsobí na jednotlivé časti telesa

Účinok všetkých týchto čiastkových gravitačných síl na teleso je rovnaký ako účinok výslednej gravitačnej sily F_g, ktorá by pôsobila v ťažisku telesa. Ťažisko telesa si môžeme predstaviť ako bod, v ktorom akoby sa sústredila celá hmotnosť telesa. **Ťažisko je pôsobisko gravitačnej sily pôsobiacej na teleso.**



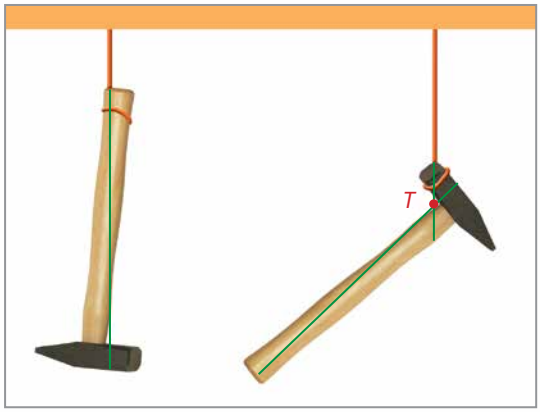
Na telesá podoprené v ťažisku, napr. ceruzka položená na prste, pôsobí ceruzka silou (F_g) na prst a prst v opačnom smere pôsobí rovnako veľkou silou (F) na ceruzku. Sily sú v rovnováhe a ceruzka sa na prste udrží. Rovnako nastáva rovnováha síl, ak teleso zavesíme v ťažisku.



Obr. 78 Rovnováha síl

Ak teleso nie je podopreté v ťažisku, rovnováha síl sa poruší, teleso sa začne otáčať, až spadne. S podobnou situáciou sme sa stretli v predchádzajúcej časti, keď sme skúmali otáčavý účinok sily.

Nie každé teleso je celé z rovnakej látky. Hustoty jednotlivých častí telesa sa navzájom môžu líšiť. Také teleso nazývame nerovnorodé (nehomogénne) teleso. Nerovnorodosť telesa môže mať vplyv na polohu ťažiska. Príkladom nerovnorodého telesa môže byť kladivo, ktoré má rúčku z dreva a mlatok z ocele. Postupne ho zavesíme v dvoch rôznych bodoch a vyznačíme na ňom zvislé čiary, ktoré sú pokračovaním závesu. Vidíme, že ťažisko, nachádzajúce sa v priesečníku týchto čiar, je posunuté smerom k časti, ktorá má väčšiu hustotu.

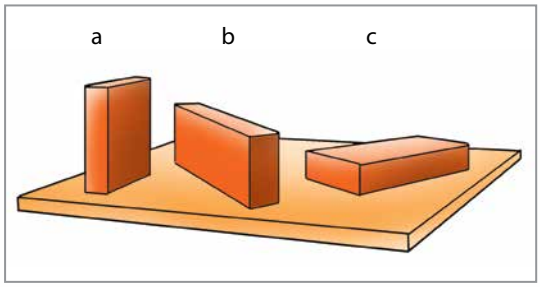


Obr. 79 Posunutie ťažiska smerom k časti s väčšou hustotou

Nie všetky telesá majú ťažisko vo svojom vnútri, teda v tých častiach, ktoré sú vyplnené látkou. Predmety môžu mať ťažisko vo svojich dutinách alebo v bodoch, ktoré ležia mimo telesa. Prsteň či pneumatika majú ťažisko mimo telesa.

Obr. 80 Ťažisko mimo telesa

S riešením polohy ťažiska sa stretávame veľmi často aj bez toho, aby sme si uvedomovali fyzikálny význam problému. S polohou ťažiska súvisí **stabilita telesa**, jeho „schopnosť" odolávať prevráteniu sa. Na *obr. 81* sú znázornené rovnaké kvádre, každý je v rovnovážnej polohe. Zo skúseností vieme, že najväčšiu stabilitu bude mať kváder v polohe *c*, pretože v tomto prípade by sme museli vynaložiť najväčšiu námahu na zmenu jeho polohy. Kváder v polohe *c* má zo všetkých zobrazených telies ťažisko umiestnené najnižšie.



Obr. 81 Stálosť polohy - stabilita

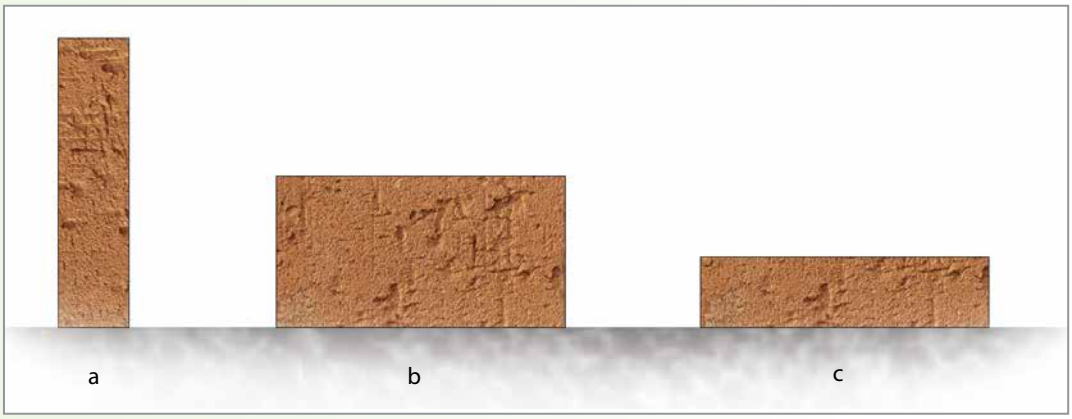
Táto vlastnosť má význam najmä v praxi. Napr. náklad na kamión ukladáme tak, aby ťažisko naloženého kamióna bolo čo najnižšie pri ceste. Tak chránime kamión pred prevrátením sa v prudkých zákrutách či pri nárazových vetroch.

Skúmanie sily

Poloha ťažiska závisí od rozloženia látky v telese. Každé teleso má len jedno ťažisko. V ťažisku zakresľujeme pôsobisko výslednej gravitačnej sily, ktorou Zem pôsobí na teleso. Teleso podoprené alebo zavesené v ťažisku si zachováva svoju rovnovážnu polohu.

Rieš úlohy

1. Na obrázku je znázornený kváder (napr. tehla) v troch polohách. Prekresli si obrázok do zošita a vyznač pri každej polohe tehly jej ťažisko.
V ktorej zo zobrazených polôh tehly je ťažisko najvyššie nad podložkou?

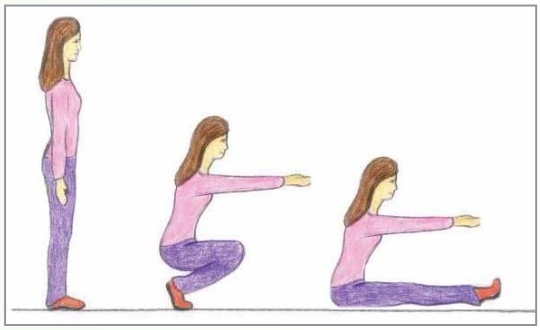


2. Lyžiarka sa pri zjazde dolu svahom snaží „zbaliť" do tzv. vajíčka. Prečo je pre lyžiarku táto poloha výhodná?

3. Na obrázku je znázornená postava športovkyne vo vzpriamenej polohe, v podrepe a v sede.

a) Kedy je športovkyňa v najstabilnejšej polohe?

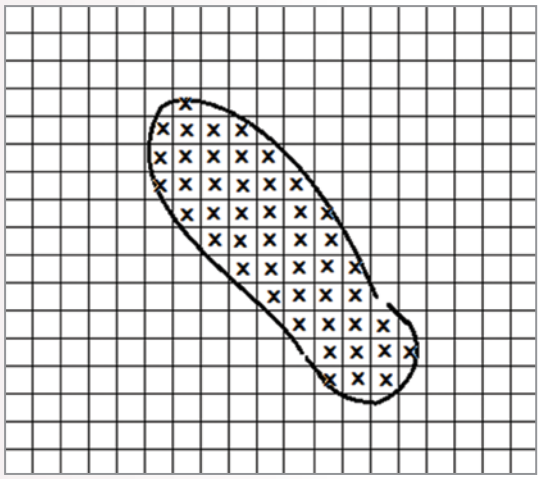
b) Mení sa poloha ťažiska so zmenou polohy športovkyne?



Domáca príprava na vyučovanie

Zisti, aká veľká je plocha tvojej podrážky napr. na teniskách. Obkresli podrážku na štvorčekový papier. Veľkosť plochy podrážky vyjadri v cm^2 a premeň túto hodnotu na m^2.

Pri meraní plochy podrážky započítavame do meranej hodnoty len tie štvorčeky, ktoré sú pokryté viac ako spolovice (označili sme ich krížikom). Zanedbávame tie štvorčeky, z ktorých je pokrytá menšia časť ako polovica. Pri tomto postupe merania plochy sa dopúšťame minimálnej chyby.



2.7 Tlaková sila. Tlak

V zime sa stáva, že sa pod korčuliarom preboríl ľad. Treba sa rýchlo rozhodnúť, ako poskytnúť pomoc, aby riziko ďalších preborení bolo čo najmenšie.

Skúsenosti hovoria, že menej nebezpečné, ako prísť k topiacemu na korčuliach a podávať mu ruku, je ľahnúť si na ľad, a tak mu pomáhať.

Rozdiel medzi spomenutými spôsobmi zachraňovania sa dá ukázať na príklade porovnania hĺbky zaborenia sa do snehu, keď máme obuté len lyžiarske topánky, s hĺbkou zaborenia, keď stojíme na lyžiach.

Obr. 82 Porovnanie hĺbky zaborenia sa do snehu v topánkach a na lyžiach

Keď stojíme na korčuliach, pôsobíme na ľad silou, ktorá sa rozloží na plochu oboch korčúľ, dotýkajúcich sa ľadu. Plocha, ktorou sa korčule dotýkajú ľadu, je veľmi malá, len niekoľko štvorcových centimetrov. Preto sa všetko silové pôsobenie sústredí na malú plochu. Ak si však ľahneme na ľad, silové pôsobenie sa rozloží na väčšiu plochu, ktorá môže byť až tisíckrát väčšia ako plocha ostria korčúľ. Preto sa mnohonásobne zvýši šanca, že sa ľad pod nami nepreboríl. Podobný rozdiel je aj medzi chôdzou po snehu v topánkach a na lyžiach.

Sila pôsobiaca kolmo na plochu podložky sa nazýva **tlaková sila**. Účinky tlakovej sily sa prejavujú deformáciou podložky, napr. ľadu, snehu, piesku a podobne.

Skúmanie sily

Veľkosť účinku tlakovej sily vyjadruje fyzikálna veličina **tlak**, označuje sa malým písmenom *p*. Tlak sa vypočíta ako podiel tlakovej sily *F* a plochy *S*, na ktorú sila kolmo pôsobí:

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

Jednotka tlaku sa nazýva **pascal** (čítaj *paskal*) a má značku Pa. Jednotka je pomenovaná podľa francúzskeho fyzika Blaisa Pascala.

Jeden pascal je tlak, ktorý vyvolá sila 1 N pôsobiaca kolmo na plochu s obsahom 1 m^2.

$$1 \text{ pascal} = \frac{1 \text{ newton}}{1 \text{ meter štvorcový}} \qquad 1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2}$$

Tlak s veľkosťou 1 Pa je veľmi malý, približne takým tlakom pôsobí koberec na podlahu. Preto sa často používajú násobky jednotky pascal: hektopascal (1 hPa = 100 Pa); kilopascal (1 kPa = 1 000 Pa); megapascal (1 MPa = 1 000 000 Pa).

Úloha

Vypočítaj tlak na podlahu pod podošvami tvojich topánok, keď stojíš. Základom na výpočet tlakovej sily je tvoja hmotnosť. Základom na výpočet plochy je dvojnásobný obsah tvojej podrážky (pozri Domáca príprava na vyučovanie).

Pri niektorých nástrojoch, ktoré používame pri práci, zámerne zvyšujeme tlak, napr. nabrúsením nožov alebo sekery zmenšujeme plochu, na ktorú pri práci pôsobíme silou. Rovnako ihla musí byť ostrá, teda veľmi tenká, aby prepichla látku.

Napríklad na nôž, ktorým krájame mäso, zeleninu či iné potraviny, pôsobíme silou niekoľko desiatok newtonov. Nôž je obvykle nabrúsený tak, že plocha ostria je len niekoľko stotín štvorcového milimetra, t. j. $S \approx 0{,}000\,000\,01$ m^2. Priamo pod ostrím nabrúseného noža je teda obrovský tlak, $p \approx 1\,000\,000\,000$ Pa, ktorým sa krájaný materiál prereže.

S opačným javom, pri ktorom sa snažíme tlak zmenšiť, sa stretávame pri dopravných prostriedkoch, ktoré sa majú pohybovať v bahnitom a rozmoknutom teréne. Automobil s pomerne úzkymi kolesami pôsobí na mäkký terén veľkým tlakom a jeho kolesá sa do pôdy hlboko zaboria. Aby sa tomu predišlo, konštruujú sa traktory so širokými pneumatikami alebo s pásmi namiesto kolies.

Kamióny majú zasa väčší počet kolies, ktoré sú pomerne široké, aby sa sila rozložila na väčšiu plochu. Tým sa tlak na cestu zmenší a chráni sa aj jej povrch.

Tlak je fyzikálna veličina a má značku p.

Tlak vypočítame: $p = \frac{F}{S}$

Jednotka tlaku je:

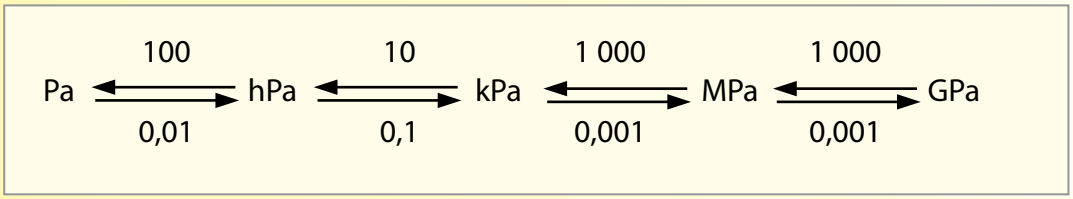
Pa (pascal)

1 hPa = 100 Pa

1 kPa = 1000 Pa

1 MPa = 1 000 000 Pa

1 GPa = 1 000 000 000 Pa



Pomôcka na zapamätanie

Rieš úlohy

1. Lyžiar má spolu s oblečením a lyžami hmotnosť 80 kg. Jeho lyža je široká 10 cm a dotýka sa snehu po dĺžke 160 cm.

a) Aký je tlak v snehu pod lyžami?

b) Uváž, ako by sa dal vypočítať tlak, ktorým by pôsobil lyžiar v topánkach, keď odloží lyže?

2. Na obrázkoch je žena obutá v topánkach s ihličkovými opätkami a tá istá žena v papučiach.

a) V ktorom prípade, podľa tvojho predpokladu, bude tlak na podlahu väčší?

b) Ako by si svoj predpoklad potvrdil?

3. Na jednej zo svetových výstav prechádzali návštevníci po mostíku, ktorý bol zhotovený z hliníkového plechu. Mostík bol natoľko pevný, že nebolo treba obmedziť počet osôb, ktoré po ňom prechádzali súčasne. Avšak pred vstupom na mostík visela „zákazová značka" – preškrtnutá dámska topánka s ihličkovým opätkom.

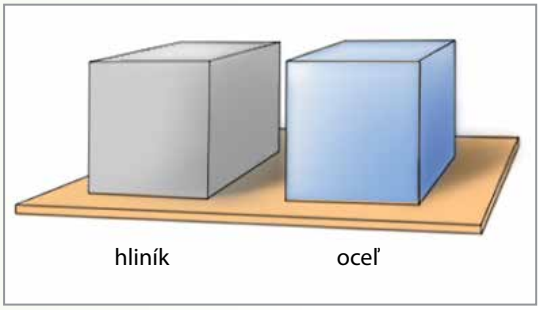
a) Vysvetli zmysel zákazu.

b) Pokús sa vypočítať, akou silou pôsobí na dlážku ihličkový opätok dámskej topánky. (Zrejme budeš musieť niektoré veličiny odhadnúť.)

4. Na podložke sú položené dve kocky. Obidve majú rovnaký objem, ale sú z rôznych materiálov. Jedna je z hliníka a druhá z ocele.

a) Ktorá z kociek pôsobí na podložku väčšou silou? Odpoveď vysvetli.

b) Pod ktorou z kociek je tlak väčší? Odpoveď doplň aj číselnými hodnotami.



Vieš, že... sila, ktorou osa vpichuje žihadlo, je približne 0,001 N? Sila je úmerná jej hmotnosti a navyše sa pri bodnutí zapiera končatinami o pokožku. Špička žihadla môže mať plochu približne jednu miliontinu mm^2.

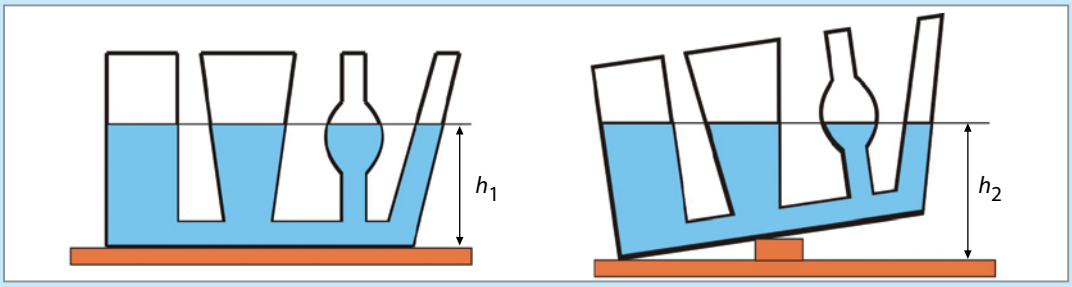
Domáca príprava na vyučovanie

Na meranie budeš potrebovať rovnú tyč, ktorá má na celej dĺžke rovnaký prierez (napr. tyč z hliníka alebo plastu s dĺžkou približne 20 cm až 25 cm a priemerom približne 1 cm). Na tyči je potrebné vyznačiť najmenej štyri časti s rovnakým objemom. Hodnoty vyznač nezmývateľnou fixkou alebo farbou tak, aby boli dostatočne výrazné.

Namiesto tyče môžeš použiť napr. aj kváder poskladaný z rovnakých kociek. Jedna kocka by mala mať objem 1 cm^3.

2.8 Sily pôsobiace v kvapalinách

Vo fyzike v 6. ročníku ste sa zaoberali vlastnosťami kvapalín. Pozorovali ste hladinu vody v nádobách, ktorá sa ustáli vo vodorovnej rovine aj vtedy, ak nádobu s kvapalinou nakloníme.

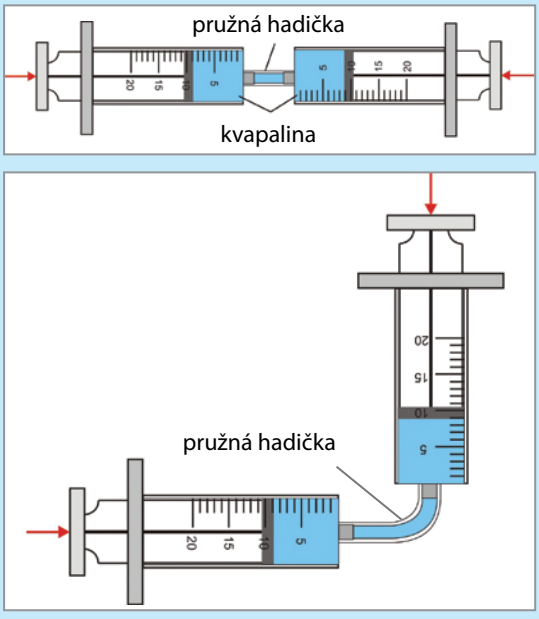


Obr. 83 Hladina kvapaliny je vodorovná

Na obrázku sú spojené nádoby a hladina vody v nich zostáva vo vodorovnej rovine aj po ich naklonení. Vodorovná hladina kvapaliny je spôsobená gravitačnou silou Zeme. Na každú molekulu vody pôsobí gravitačná sila. Častice kvapaliny sa môžu premiestňovať, posúvať a gravitačná sila spôsobuje, že sa posúvajú na nižšie položené miesta, až sa ustália a vytvoria vodorovnú hladinu.

Táto skutočnosť sa využíva vo vodováhach na určovanie vodorovnej polohy. Nemali by sme zabúdať, že Zem má približne guľový tvar, a preto aj povrch vodnej hladiny v moriach a oceánoch nie je rovný, ale zakrivený. Polomer krivosti je obrovský (takmer 6 400 km, čo je polomer Zeme). Preto zakrivenie na malých plochách, napr. na povrchoch vody v nádobách, bazénoch alebo rybníkoch, nemôžeme postrehnúť a hladinu vody považujeme za rovnú plochu.

Vo fyzike v 6. ročníku ste tiež zistili, že kvapaliny sú nestlačiteľné, ďalej to, že tlak v kvapalinách nezávisí od smeru pôsobenia sily. Pomocou pokusov s injekčnými striekačkami ste sa mohli o týchto skutočnostiach presvedčiť.



Obr. 84 Kvapaliny sú nestlačiteľné. Tlak spôsobený vonkajšou silou sa prejavuje v celom objeme kvapaliny

Zákonitosti, ktorými sa riadi tlak v kvapaline, skúmal francúzsky fyzik Blaise Pascal. Formuloval zákon, podľa ktorého tlak spôsobený vonkajšou silou sa prenáša do ľubovoľného miesta v kvapaline. Tento zákon ste poznali v jednoduchšej podobe už v 6. ročníku. Teraz, keď vieme ako súvisí tlak so silou, môžeme Pascalov zákon formulovať presnejšie:

Ak na kvapalinu pôsobí vonkajšia sila, tlak v každom mieste kvapaliny stúpne o rovnakú hodnotu.

Inak povedané, ak zmeníme tlak v jednom mieste kvapaliny, objaví sa tá istá zmena prakticky ihneď v každej časti tejto kvapaliny.

Jednoduchým pokusom s plastovou nádobou možno tvrdenie Pascalovho zákona dokázať.

Obr. 85 Pokus na ilustráciu platnosti Pascalovho zákona

Pri kúpaní sa v jazere, a ešte výraznejšie v mori, sa presviedčame, že telesá, ľudia či živočíchy sú vo vode nadľahčované. Ak sa chceme ľahšie udržať na vode aj bez plávania, potrebujeme sa nadýchnuť a zadržať dych. Pri ponáraní zasa vydýchnuť. Podobne sa správajú niektoré ryby. Pomocou plynu, ktorý uvoľňujú z tela do mechúra, sa mechúr nafúkne a objem ryby sa zväčší. Vtedy ryba pláva smerom k hladine vody. Ak z mechúra plyn uvoľní, mechúr spľasne, objem ryby sa zmenší a ryba sa ponára hlbšie do vody.

Pokusom preskúmame silové pôsobenie na teleso ponorené vo vode, prípadne v kvapaline s inou hustotou, akú má voda.

Pokus

Objav vzťah medzi objemom časti tyče ponorenej vo vode a silou, ktorou voda na tyč pôsobí. *(Pracujte v skupinách.)*

POMÔCKY tyč s označenou stupnicou objemu, silomer, odmerný valec (prípadne 500 ml kadička), kvapaliny s rôznou hustotou (nasýtený roztok slanej vody, alpa a pod.)

POSTUP

a) Zistite a zapíšte do zošita hustotu ρ kvapaliny v $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, do ktorej budete ponárať tyč.

b) Odmerajte silomerom veľkosť gravitačnej sily, ktorou je tyč priťahovaná k Zemi. Zapíšte do zošita hodnotu $F_{\text{g tyče}}$ v jednotkách N.

c) Postupne ponárajte tyč do odmerného valca (kadičky) a hodnotu objemu ponorenej časti tyče zapíšte do tabuľky v zošite (**objem tyče zaznamenávajte podľa stupnice zhotovenej na tyči**).

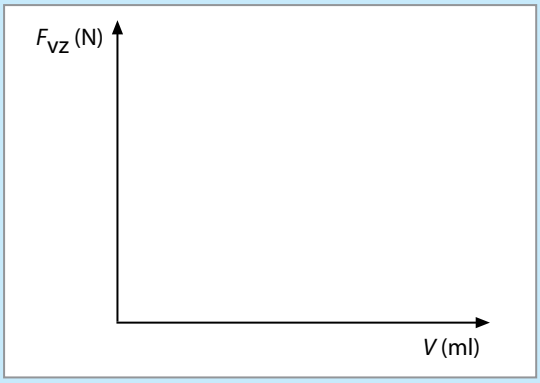
d) Pri každom objeme ponorenej časti tyče odmerajte aj veľkosť sily na silomere a zapíšte do tabuľky rozdiel $F_{g\ tyče} - F$ **(gravitačná sila – sila nameraná silomerom pri danom ponorenom objeme)**.

e) Urobte 4 – 5 meraní pri rôznych objemoch ponorenej tyče V (ml).

Tabuľka: Záznam hodnôt objemu ponorenej tyče a sily odmeranej silomerom

Objem ponorenej tyče V (ml)	Sila odmeraná silomerom F (N)	Rozdiel síl ($F_{g\ tyče} - F$) (N)

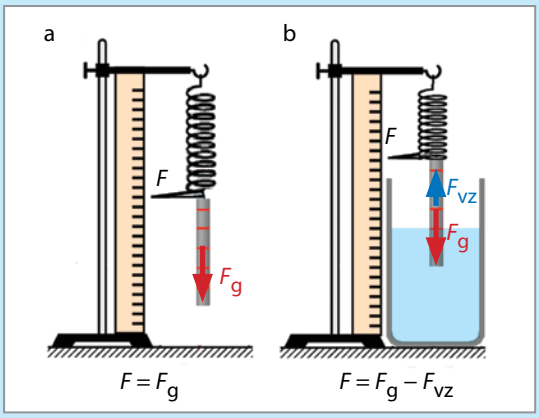
f) Rozdiel $F_{g\ tyče} - F$ nazveme **vztlaková sila** a označíme ju F_{vz}. Z dvojíc hodnôt objemu V a vztlakovej sily F_{vz} zostrojte graf.



Poznámka: Pri spracovaní údajov môžete použiť merací súbor Archimed.cma zostavený v C6lite.
Dostupné na www.fyzikus.fmph.uniba.sk

ODPOVEDZ

1. Ako by si charakterizoval vzťah medzi objemom ponorenej časti tyče a silou F_{vz}, ktorá vo vode pôsobí na tyč?
2. Porovnaj svoj graf s grafom skupiny, ktorá použila kvapalinu s väčšou (menšou) hustotou, ako bola kvapalina tvojej skupiny. V čom sa grafy odlišujú?
3. Od čoho závisí veľkosť sily, ktorá pôsobí na telesá ponorené do kvapaliny?



Pri ponáraní tyče v predchádzajúcom pokuse sme mohli vidieť, že čím bol ponorený objem tyče väčší, tým menšiu silu ukazoval silomer, na ktorom bola tyč zavesená. Výsledná sila, pôsobiaca na ponorenú tyč, je menšia ako gravitačná sila. Vysvetľujeme si to tak, že na ponorenú tyč pôsobí smerom nahor ďalšia sila – opačným smerom ako gravitačná sila. Túto silu nazývame **vztlaková sila** a označujeme ju F_{vz}.

Veľkosť vztlakovej sily určíme ako rozdiel medzi gravitačnou silou F_g, pôsobiacou na tyč, a silou F, nameranou silomerom pri ponorení určitého objemu tyče do kvapaliny.

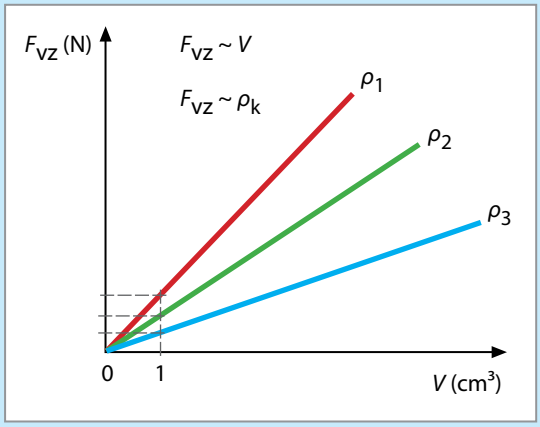
$$F_{vz} = F_g - F$$

Z nameraných hodnôt a grafu sme zistili, že so zväčšujúcim sa objemom ponorenej časti tyče sa zväčšovala aj hodnota vztlakovej sily.

Veľkosť vztlakovej sily, ktorá pôsobí na teleso v kvapaline, je priamo úmerná ponorenému objemu telesa.

$$F_{vz} \sim V$$

Pri meraní vztlakovej sily v kvapalinách s rôznou hustotou ($\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$) sme zistili, že jej veľkosť rastie so zvyšujúcou sa hustotou kvapaliny. Sklon čiary priamkového grafu vztlakovej sily F_{vz} v závislosti od objemu V nie je rovnaký pre kvapaliny s rôznymi hustotami.



Obr. 86 Graf závislosti medzi veľkosťou vztlakovej sily a objemom telesa ponoreného v kvapalinách s rôznou hustotou ρ

Veľkosť vztlakovej sily, ktorá pôsobí na teleso v kvapaline, je priamo úmerná hustote kvapaliny, do ktorej je teleso ponorené.

$$F_{vz} \sim \rho_k$$

Z výsledkov meraní vyplýva, že vztlaková sila je priamo úmerná objemu ponorenej časti telesa $F_{vz} \sim V$ a zároveň je priamo úmerná hustote kvapaliny $F_{vz} \sim \rho_k$. Obidve tieto priame úmernosti platia súčasne. Vo vzťahu pre výpočet vztlakovej sily musíme vziať do úvahy aj gravitačné zrýchlenie Zeme g.

Vztlaková sila pôsobiaca na teleso ponorené do kvapaliny závisí od objemu ponorenej časti telesa V, od hustoty kvapaliny ρ_k a od gravitačného zrýchlenia g.

Vztlakovú silu F_{vz} vypočítame podľa vzťahu:

$$F_{vz} = V \cdot \rho_k \cdot g$$

Vo fyzike v 6. ročníku sme skúmali hustoty telies, ktoré vo vode plávali, vznášali sa alebo sa potopili. Ďalej sme merali objem kvapaliny vytlačený telesami, ktoré vo vode plávali alebo sa potopili.

Záver z meraní pre plávajúce telesá bol, že vytlačený objem kvapaliny sa rovná objemu ponorenej časti telesa a má rovnakú hmotnosť ako plávajúce telesá.

Aj pri potápajúcich sa telesách sa objem telesa rovná objemu vytlačenej kvapaliny, ale hmotnosť potápajúceho sa telesa je väčšia ako hmotnosť kvapaliny, ktorú teleso vytlačilo.

Obr. 87 Objem vody vytlačenej telesom

2.8 Sily pôsobiace v kvapalinách

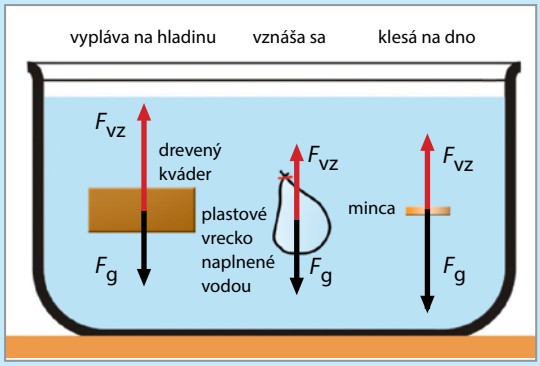
Správanie sa telies v kvapalinách vysvetlíme presnejšie a všeobecnejšie, ak preskúmame fyzikálny význam matematického vzťahu $F_{vz} = V \cdot \rho_k \cdot g$ pre vztlakovú silu.

Súčin $V \cdot \rho_k = m_k$ predstavuje hmotnosť kvapaliny vytlačenej ponorenou časťou telesa.

Po dosadení m_k do vzťahu pre vztlakovú silu dostaneme $F_{vz} = m_k \cdot g$. O súčine hmotnosti m_k a gravitačného zrýchlenia g vieme, že sa rovná gravitačnej sile $F_{gk} = m_k \cdot g$. Vztlaková sila má teda rovnakú veľkosť ako gravitačná sila, pôsobiaca na kvapalinu vytlačenú ponoreným objemom telesa, $F_{vz} = F_{gk}$. Tento záver vyjadruje **Archimedov zákon**:

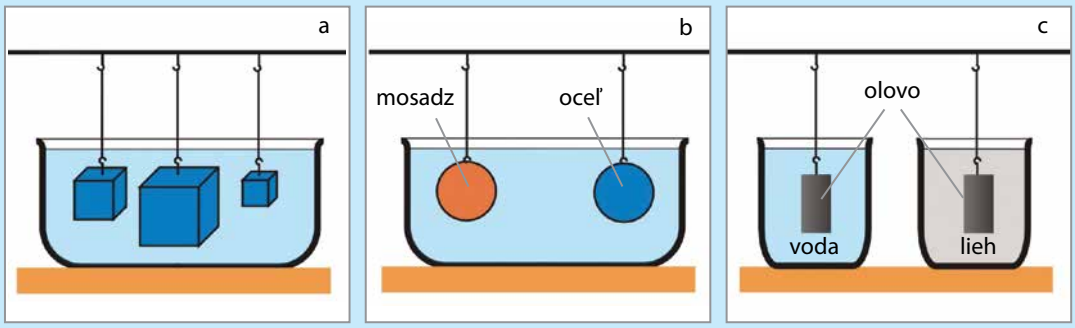
Na teleso pôsobí v kvapaline vztlaková sila, ktorá je rovnako veľká ako gravitačná sila pôsobiaca na objem kvapaliny vytlačený ponorenou časťou telesa.

Urobíme si myšlienkový experiment. Zadržíme v strede akvária tri predmety – drevený kváder, plastové vrecko naplnené vodou a mincu. Predmety naraz pustíme a budeme pozorovať ich správanie. Zo skúsenosti vieme, že minca spadne na dno akvária, drevo vypláva na hladinu a plastové vrecko s vodou sa vznáša. Zakreslíme si pomocou diagramu veľkosti síl pôsobiacich na telesá v čase, keď sa nachádzali v strede akvária.



Obr. 88 Poloha telies v kvapaline na začiatku myšlienkového experimentu

Rieš úlohy



1. Pouvažuj nad obrázkami a rozhodni o každom osobitne, na ktoré z telies pôsobí väčšia vztlaková sila. Svoju odpoveď odôvodni.

2. Objem tela dieťaťa je 0,03 m^3. Vypočítaj vztlakovú silu, ktorá naň vo vode pôsobí.

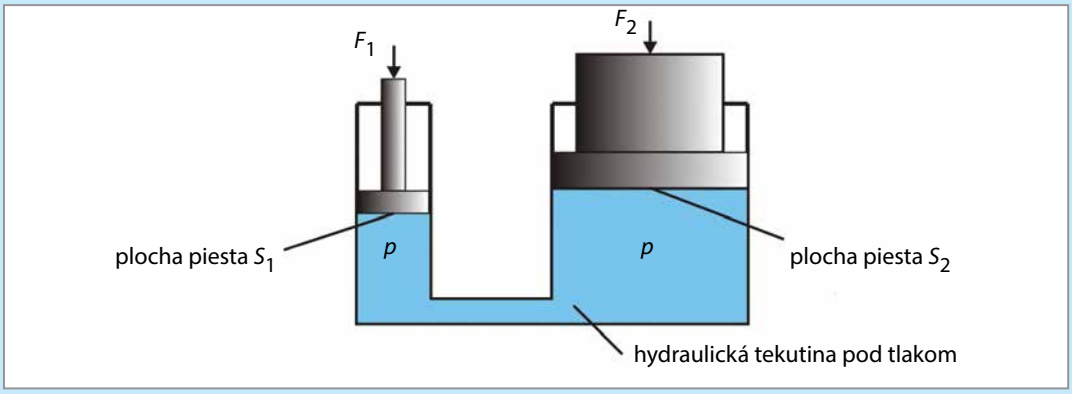
3. Na motorový čln pôsobí vztlaková sila 4 400 N.

a) Aký je objem ponorenej časti člna, ak čln pláva v sladkovodnom jazere?
($\rho_{vody} = 1\,000\ \frac{kg}{m^3}$)

b) Aký je objem ponorenej časti člna, ak čln pláva v slanom mori?
($\rho_{vody} = 1\,030\ \frac{kg}{m^3}$)

4. Na obrázku je model hydraulického zariadenia. V hydraulických zariadeniach sa zachováva veľkosť prenášaného tlaku podľa vzťahu:

$$p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$



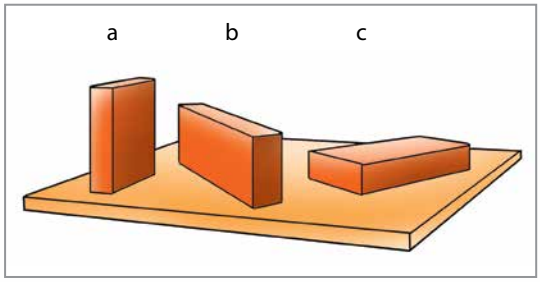
V trubiciach sú pohyblivé piesty s plochami $S_1 = 001\ m^2$ a $S_2 = 1\ m^2$. Na piest 1 pôsobí sila $F_1 = 100$ N. Aká veľká sila bude pôsobiť na piest 2?

Domáca príprava na vyučovanie

V časti 2.10 Atmosférický tlak by ste mali merať atmosférický tlak pomocou vodného stĺpca. Na meranie je potrebné pripraviť tieto pomôcky: plastovú hadicu s dĺžkou 10 m, sklenenú rúrku s dĺžkou 20 cm, ktorú možno zasunúť do jedného konca plastovej hadice, 5 l prevarenej vody, vychladenej a zafarbenej napr. atramentom, vedro na prevarenú a zafarbenú vodu, veľkú injekčnú striekačku s objemom 200 ml, svorku, fixku, dĺžkové meradlo.

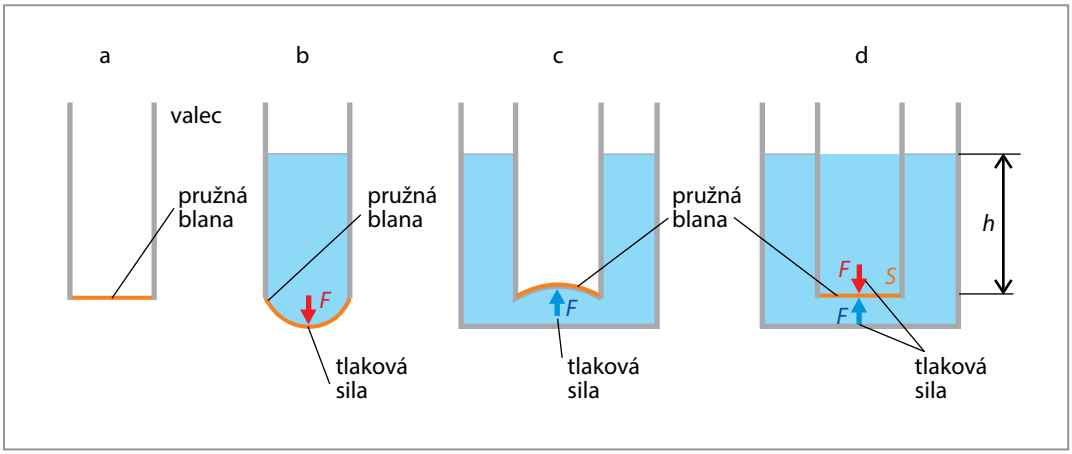
2.9 Tlak v kvapalinách

V časti 2.6 Tlaková sila sme sa zamýšľali nad rozdielom medzi tlakom, ktorý pôsobí na ľad, keď stojíme, a tlakom, ktorý vznikne, keď na ľade ležíme. V obidvoch prípadoch pôsobíme kolmo na podložku rovnakou silou. Podobne v každej z troch polôh, znázornených na *obr. 89*, pôsobí kváder (tehla) tou istou silou na podložku. Tehla môže mať hmotnosť približne 3 kg. V každej zo svojich polôh pôsobí na podložku silou 30 N. Veľkosť tlaku sa však mení podľa veľkosti plochy, ktorou sa tehla dotýka podložky. Podľa vzťahu $p = \frac{F}{S}$, ktorým sa tlak vypočíta, najmenší tlak je pod najväčšou plochou *(obr. 89c)* a naopak, čím menšia je plocha S, ktorou sa kváder dotýka podložky *(obr. 89a)*, tým väčší tlak je na podložku.



Obr. 89 Pôsobenie sily na podložku pod telesom

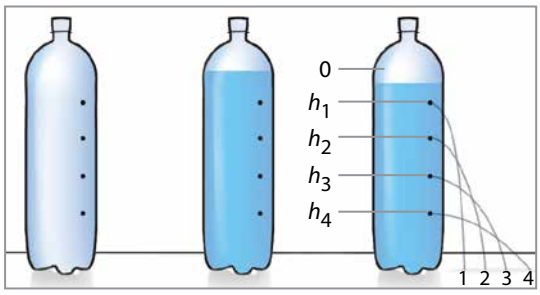
Tlakovou silou sa prejavujú nielen tuhé telesá (v staršej literatúre aj pevné telesá), ale aj kvapaliny. Teraz sa budeme tlakom a pôsobením tlakových síl v kvapaline zaoberať podrobnejšie. Začneme jednoduchým experimentom *(obr. 90)*. Na jeden koniec plastového alebo skleneného valca pripevníme pružnú blanu *(obr. 90a)*. Ak do valca nalejeme vodu, blana sa prehne, na blanu pôsobí sila smerom nadol *(obr. 90b)*. Prázdny valec ponoríme do nádoby s vodou a pozorujeme, že sa blana prehne smerom nahor *(obr. 90c)*. Voda v nádobe zrejme pôsobí tlakovou silou smerom nahor, kolmo na plochu blany. Ak chceme blanu vyrovnať, nalejeme do valca vodný stĺpec s výškou, ktorá sa rovná hĺbke h, v ktorej je umiestnený spodný koniec valca *(obr. 90d)*. Obidve tlakové sily teraz pôsobia na blanu opačnými smermi a sú rovnako veľké – blana má teraz tvar rovnej plochy.



Obr. 90 Schéma experimentu s tlakom v kvapaline

O tom, že tlak súvisí s hĺbkou, sa môžeme ľahko presvedčiť pomocou pokusu s plastovou fľašou.

Do fľaše urobíme v pravidelných vzdialenostiach tenkým klincom otvory. Keď nalejeme vodu do fľaše, bude vytekať tak, ako je to znázornené na obrázku. Môžeme sa presvedčiť, že najďalej a najprudšie strieka voda zo spodného otvoru (najväčší tlak a najväčšia tlaková sila) a najmenej prudko z horného otvoru (najmenší tlak a najmenšia tlaková sila). Najväčší tlak je pri spodnom otvore, pretože nad ním je najväčšia výška kvapaliny. Tlak súvisiaci s hĺbkou kvapaliny pod hladinou sa nazýva **hydrostatický tlak**.



Obr. 91 Overenie súvislosti medzi hydrostatickým tlakom a hĺbkou *h* kvapaliny

Príčinou hydrostatického tlaku v kvapaline je gravitačné pôsobenie Zeme na kvapalinu. Na každú molekulu vody pôsobí gravitačná sila. Horné vrstvy čiastočiek kvapaliny tlačia na spodné. Čím je kvapalinová vrstva hrubšia, tým je jej hmotnosť väčšia. Vrchná vrstva kvapaliny tlačí na vrstvy nachádzajúce sa pod ňou. Preto sa hydrostatický tlak v kvapaline zväčšuje s rastúcou hĺbkou pod hladinou.

Hydrostatický tlak (značka p_h) **sa zväčšuje priamo úmerne s hĺbkou** *h* kvapaliny pod hladinou

$$p_h \sim h$$

V kvapalinách s rôznou hustotou je v rovnakých hĺbkach hydrostatický tlak rôzny. V určitej hĺbke pod hladinou vody v jazere s hustotou vody 1 000 $\frac{kg}{m^3}$ je iný hydrostatický tlak ako v tej istej hĺbke v mori, v ktorom má voda hustotu 1 030 $\frac{kg}{m^3}$. V rovnakej hĺbke pod hladinou kvapaliny je väčší hydrostatický tlak v kvapaline s väčšou hustotou.

Hydrostatický tlak je priamo úmerný hustote kvapaliny ρ_k

$$p_h \sim \rho_k$$

Hydrostatický tlak v kvapaline vzniká v dôsledku pôsobenia gravitačnej sily na kvapalinu. Iné hodnoty hydrostatického tlaku v kvapaline by sme odmerali na Mesiaci a iné na Zemi. Gravitačná sila je priamo úmerná gravitačnému zrýchleniu *g*, preto aj hydrostatický tlak bude úmerný tejto veličine

$$p_h \sim g$$

Ak vezmeme do úvahy priame úmernosti medzi hydrostatickým tlakom p_h a všetkými troma spomínanými veličinami ρ, *h*, *g*, môžeme hydrostatický tlak vyjadriť vzťahom:

$$p_h = h \cdot \rho_k \cdot g$$

Jednotkou hydrostatického tlaku je pascal (Pa). Pri výpočtoch s hydrostatickým tlakom používame jednotku Pa, ak ostatné veličiny sú vyjadrené:

- hĺbka *h* pomocou jednotky meter (m),
- hustota kvapaliny ρ_k pomocou jednotky $\frac{kg}{m^3}$,
- gravitačné zrýchlenie *g* má hodnotu 9,81 $\frac{N}{kg} \approx 10 \frac{N}{kg}$.

2.9 Tlak v kvapalinách

Úloha

Najväčšia nameraná hĺbka oceánu je okolo 11 km. Vypočítaj hydrostatický tlak v tejto hĺbke.
(Zaznamenaj, prípadne vyhľadaj potrebné hodnoty na riešenie úlohy.)

Pomocou ďalšieho jednoduchého experimentu sa môžeme presvedčiť o smere pôsobenia tlakovej sily v kvapalinách. Do plechovky alebo do plastovej nádoby urobíme niekoľko otvorov. Naplníme ju vodou a pozorujeme, že voda vystrekuje z otvorov v smere kolmice na stenu nádoby. **Tlaková sila v kvapalinách pôsobí kolmo na steny nádoby aj na ktorúkoľvek plochu vo vnútri kvapaliny**, napr. aj na každú časť lyžičky, ktorú do nej ponoríme.

Obr. 92 Pôsobenie tlakovej sily v kvapalinách

Pôsobenie tlaku v kvapaline môžeme pocítiť aj na vlastnom tele. Pocit tlaku na telo sa dá vyskúšať napr. pri ponáraní sa do vody. Dobre ho poznajú potápači. So zväčšujúcou sa hĺbkou sa tlak v kvapaline zväčšuje. Preto sa potápači môžu potopiť do maximálnej hĺbky približne 130 m, aj to len v špeciálnom skafandri.

Hydrostatickým tlakom nazývame tlak v kvapalinách a má značku p_h.
Hydrostatický tlak vypočítame:

$$p_h = h \cdot \rho_k \cdot g$$

Jednotkou hydrostatického tlaku je pascal (Pa).

Rieš úlohy

1. V sklenenej rúrke v tvare U je v ľavom ramene zafarbená voda, v pravom ramene zafarbený lieh. Bielou čiarou je oddelené spoločné rozhranie obidvoch kvapalín. Výška hladiny vody v ľavom ramene nad spoločným rozhraním je 4 cm a výška hladiny liehu v pravom ramene je 5 cm.

a) Vypočítaj hydrostatický tlak, ktorým pôsobí voda a ktorým pôsobí lieh na spoločné rozhranie ($\rho_{vody} = 1\,000\ \frac{kg}{m^3}$, $\rho_{liehu} = 800\ \frac{kg}{m^3}$). Porovnaj hydrostatické tlaky v ramenách rúrky na spoločné rozhranie.

b) Ak by namiesto liehu bola v pravom ramene rúrky neznáma kvapalina, ako by si určil jej hustotu?

2. Na obrázku je zariadenie, ktoré si zhotovili žiaci. Do dlhej plastovej trubice urobili otvory. Spodný otvor trubice utesnili. Pred naplnením trubice vodou zalepili páskou otvory. Keď bola trubica plná vody, pásku z otvorov strhli. Vytekajúcu vodu odfotili.
Prečo voda nevyteká zo všetkých otvorov rovnako ďaleko? Svoje vysvetlenie dokáž podobným experimentom.

3. Priemerná hĺbka Oravskej priehrady je 15 m, ale pri priehradnom múre dosahuje hĺbku až 38 m. Vypočítaj rozdiel medzi hydrostatickým tlakom v priemernej hĺbke priehrady a hydrostatickým tlakom pri priehradnom múre.

Vieš, že... Mariánska priekopa je najhlbšie miesto na zemskom povrchu s hĺbkou okolo 11 034 m pod hladinou severného Tichého oceána. Leží pri Mariánskych ostrovoch.

23. januára 1960 sa Don Walsh a Jacques Piccard ponorili v batyskafe na dno priekopy. Na dne priekopy dosahoval tlak hodnotu 108,6 MPa.

Batyskaf bolo špeciálne podmorské plavidlo, určené na ponáranie do veľkých hĺbok. Aby gondola s posádkou odolala tlaku až 110 MPa, mala tvar gule s kovovými, 12,7 cm hrubými stenami.

2.10 Atmosférický tlak

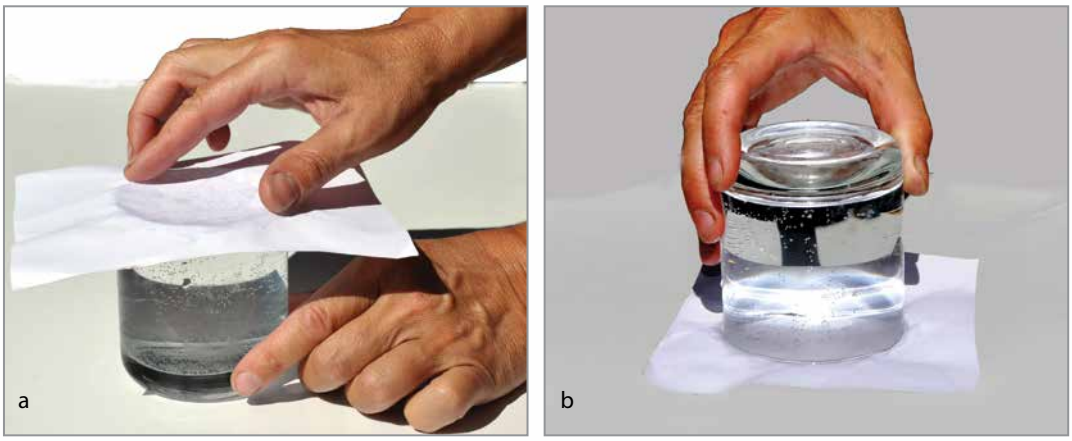
Podobne ako v kvapalinách sa tlak prejavuje aj v plynoch, a teda aj vo vzdušnom obale Zeme – v jej atmosfére. Na čiastočky plynu v atmosfére pôsobí Zem gravitačnou silou. Horné vrstvy atmosféry pôsobia tlakovou silou na vrstvy, ktoré ležia pod nimi. Tak vzniká v atmosfére Zeme tlak, ktorý sa nazýva **atmosférický tlak**. Smerom nadol k zemskému povrchu sa atmosférický tlak zväčšuje.

Na rozdiel od kvapalín sú plyny dobre stlačiteľné. S narastajúcim tlakom sa zväčšuje aj hustota plynu. Preto sa smerom k povrchu Zeme spolu s narastajúcim tlakom zväčšuje aj hustota vzduchu. Pri povrchu Zeme sa pôsobenie atmosféry prejavuje atmosférickým tlakom, ktorý sa čiastočne mení v závislosti od počasia.

Atmosférický tlak ovplyvňuje život na povrchu Zeme – často si to ani neuvedomujeme. Pôsobenie atmosférického tlaku má vplyv napr. na var kvapaliny – udržuje teplotu varu vody pri hodnote 100 °C (pri normálnom atmosférickom tlaku). S klesajúcim atmosférickým tlakom teplota varu vody klesá. Vplyv tlaku na teplotu varu sme rozoberali v 7. ročníku pri premenách skupenstva.

Atmosférickému tlaku na povrchu Zeme sú prispôsobené aj naše pľúca. Pri ceste lietadlom vo veľkých výškach musí byť kabína lietadla vzduchotesne uzatvorená. Mimo zemskej atmosféry sa tlak blíži k nulovej hodnote. Preto pri kozmických letoch, pri pobyte mimo kozmickej lode používajú kozmonauti špeciálne skafandre, ktoré ich telo udržiavajú pri tlaku približne rovnakom ako na Zemi. Naše telo obsahuje množstvo vody v cievach a v bunkách. Bez prítomnosti tlaku by všetka voda v tele kozmonauta okamžite zovrela, zničila by steny buniek a celý cievny systém.

Na dôkaz pôsobenia atmosférického tlaku sme v učebnici fyziky predchádzajúceho ročníka uviedli experiment s pohárom a vodou.



Obr. 93 Dôkaz pôsobenia tlakovej sily v atmosfére

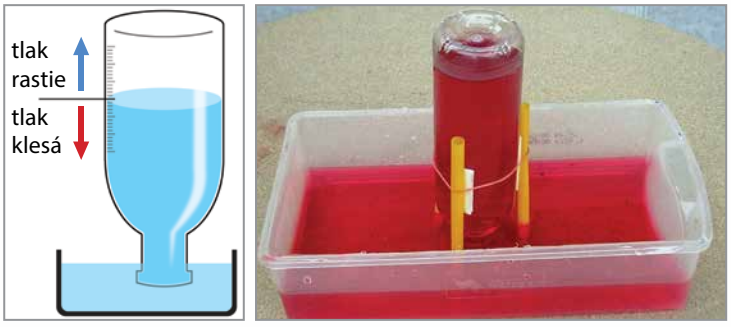
Pohár, až po okraj naplnený vodou, prikryjeme papierom. Pohár obrátime hore dnom. Papier priľne k okraju skleného pohára a voda z neho nevytečie. Možno tiež pozorovať, že papier je prehnutý do vnútra pohára. Tlaková sila pôsobiaca vo vzduchu je väčšia ako tlaková sila, ktorou na papier z druhej strany pôsobí vodný stĺpec.

V predpovediach počasia, aké nachádzame napr. na internetových stránkach hydrometeorologického ústavu, sa pravidelne uvádzajú hodnoty atmosférického tlaku.

V predchádzajúcom ročníku ste mali možnosť sledovať počasie a z jednoduchých pomôcok zhotoviť prístroj na meranie tlaku vzduchu – **barometer** *(obr. 94)*. Na hladinu v spodnej nádobe pôsobí tlakovou silou atmosféra. Pri zmene počasia sa tlaková sila mení. Ak sa tlaková sila zväčší, zatlačí kvapalinu do fľaše a hladina vody v nej vystúpi vyššie. Atmosférický tlak

má väčšiu hodnotu. Ak sa, naopak, tlaková sila zmenší, hladina vody vo fľaši klesne, atmosférický tlak má nižšiu hodnotu.

Zhotovené zariadenie nie je vhodné na zistenie presnej hodnoty atmosférického tlaku, ale len na pozorovanie zmeny tlaku a porovnanie výšky hladiny vody vo fľaši s výškou, ktorá bola v predchádzajúcom dni, a tak zistiť, či tlak vzduchu stúpol, alebo klesol.



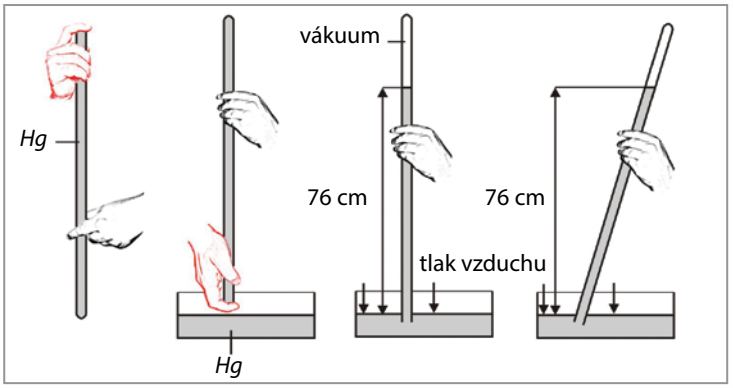
meradlo atmosférického tlaku, ktoré zhotovili žiaci

Obr. 94 Jednoduchý barometer

V roku 1643 navrhol taliansky fyzik E. Torricelli experiment, ktorý sa na dlhý čas stal základnou metódou merania atmosférického tlaku. Experiment sa na jeho počesť dodnes nazýva Torricelliho pokus.

Torricelli pri svojom experimente použil sklenenú rúrku s dĺžkou 1 m, na jednom konci zatavenú. Rúrku naplnil ortuťou a ponoril ju otvoreným koncom nadol do nádoby s ortuťou. Postupne vzpriamoval rúrku do zvislej polohy, kolmo na hladinu ortuti v nádobe. Keď bola rúrka v zvislej polohe, pozoroval, že časť ortuti vytiekla z rúrky do nádoby. Ortuť v rúrke sa ustálila vo výške približne 760 mm nad hladinou v nádobe – bez ohľadu na to, či rúrka bola uložená šikmo, alebo vo zvislej polohe. Nad hladinou ortuti v rúrke ostal prázdny priestor – vákuum.

Giovanni Evangelista Torricelli *(1608 – 1648)*



Obr. 95 Torricelliho pokus

Stĺpec ortuti s výškou $h = 760$ mm, nachádzajúci sa v rúrke, pôsobí na hladinu ortuti v nádobe rovnakým tlakom ako vzduch v okolí rúrky. Hydrostatický tlak ortuti v rúrke na hladinu v nádobe sa rovná atmosférickému tlaku.

Hydrostatický tlak, ktorým na hladinu ortuti v otvorenej nádobke pôsobí ortuťový stĺpec s výškou 760 mm a s hustotou $\rho_{ortuti} = 13{,}5\ \frac{g}{cm^3}$, vypočítame zo vzťahu:

$$p_h = h \cdot \rho_{ortuti} \cdot g$$

pričom $h = 760\ mm = 0{,}76\ m$

$$\rho_{ortuti} = 13{,}5\ \frac{g}{cm^3} = 13\ 500\ \frac{kg}{m^3}$$

$$g \approx 9{,}81\ \frac{N}{kg}$$

potom $p_h = 0{,}76\ m \cdot 13\ 500\ \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81\ \frac{N}{kg} = 100\ 650\ Pa \approx 101\ kPa.$

Vypočítaná hodnota hydrostatického tlaku ortuťového stĺpca s výškou 76 cm je 101 kPa. Rovnakým tlakom pôsobí vzduch v okolí rúrky.

Vzduch v atmosfére je v ustavičnom pohybe. Jeho teplota, hustota a vlhkosť sa neustále menia. Tým sa mení aj atmosférický tlak na danom mieste. U nás málokedy klesne tlak pod hodnotu 93 500 Pa (čo je 935 hPa) a málokedy vystúpi nad 1 055 hPa. Medzinárodnou dohodou sa stanovila hodnota 101 325 Pa za hodnotu tlaku, ktorá sa nazýva **normálny tlak vzduchu**.

V nasledujúcom pokuse si ukážeme spôsob, akým možno atmosférický tlak zmerať pomocou vodného stĺpca.

Pokus

Odmerajte atmosférický tlak pomocou vodného stĺpca. *(Spoločné meranie pre celú triedu.)*

POMÔCKY podľa Domácej prípravy na vyučovanie, nožnice

POSTUP

a) Odstrihnite cca 12 cm z dlhej plastovej hadice. Zasuňte do plastovej hadice sklenenú rúrku tak, aby dobre tesnila. Na sklenenú rúrku ešte nasaďte odstrihnutú krátku plastovú hadičku. Celé ponorte do vedra s prevarenou vodou, ktorú ste zafarbili napr. atramentom.

b) Na konci krátkej plastovej hadičky, asi 10 cm od sklenenej rúrky, umiestnite svorku. Svorku uvoľnite a pomocou injekčnej striekačky postupne – v niekoľkých krokoch, nasávajte do hadice zafarbenú vodu.

c) Vždy keď sa striekačka naplní vzduchom, hadicu uzavrite svorkou a vzduch zo striekačky vypustite. Nasávanie zafarbenej vody do hadice opakujte dovtedy, kým hadica nie je plná vody. Potom koniec hadice opatrne uzavrite svorkou. Dbajte pritom na to, aby v hadici neostal žiaden vzduch.

d) Vezmite vedro s vodou a hadicou a umiestnite ho na miesto, napr. schodište, z ktorého môžete vystúpiť s uzavretým koncom hadice až do výšky okolo 10 m.

e) Postupne vystupujte po schodoch s koncom hadice, uzavretým svorkou (koniec so sklenenou rúrkou). Dávajte pozor, aby opačný koniec hadice zostal stále ponorený vo vedre s vodou.

f) Nastavte hadicu čo najpresnejšie do zvislej polohy nad vedrom s vodou. Potom označte (fixkou) miesto na hadici, kde sa vodný stĺpec ustálil. Druhú značku na hadici urobte na mieste, kde jej spodný koniec vstupuje do vody vo vedre.

g) Vytiahnite spodný koniec hadice z vedra a vypustite z nej vodu.

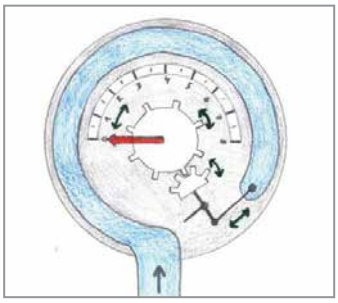
h) Odmerajte dĺžku hadice medzi dvoma značkami, ktoré ste urobili.

ODPOVEDZ

1. Aký je tlak vodného stĺpca, ktorého výšku si práve odmeral? Tlak vypočítaj!
2. Akú výšku by mal mať vodný stĺpec, aby sa ním spôsobený hydrostatický tlak vyrovnal atmosférickému tlaku, ktorého hodnota bola uvedená v správach o počasí?
3. Prečo si myslíme, že meranie tlaku pomocou ortuťového stĺpca bolo výhodnejšie ako meranie s vodným stĺpcom?
4. Akých chýb sme sa mohli dopustiť pri meraní?
5. Prečo bolo dobré pracovať s prevarenou a zafarbenou vodou?

Zaoberali sme sa meraním atmosférického tlaku v prostredí, v ktorom žijeme. Z praktických dôvodov potrebujeme často merať tlak plynu, ktorý je uzavretý napr. v pneumatike, v kotli parného kúrenia alebo v tlakovej nádobe s kyslíkom, acetylénom alebo s iným technickým plynom.

Prístroje, ktorými takýto tlak meriame, sú technické zariadenia, ktoré sa nazývajú deformačné manometre.



Obr. 96 Deformačný manometer

Hlavnou súčasťou manometra je pružná kovová rúrka, ohnutá do oblúka. Otvorený koniec rúrky je spojený s priestorom, v ktorom chceme zmerať tlak. Uzavretý koniec rúrky je spojený s ručičkou, ktorá ukazuje hodnotu tlaku. Pri zväčšení tlaku sa rúrka vystiera a ručička ukazuje hodnotu tlaku.

2.10 Atmosférický tlak

V atmosfére Zeme je atmosférický tlak.

Medzinárodnou dohodou sa stanovila hodnota tzv. normálneho tlaku vzduchu, čo je 101 325 Pa (101,325 kPa).

Atmosférický tlak sa najčastejšie meria v hektopascaloch (hPa).

Rieš úlohy

1. Aký vysoký stĺpec vody spôsobí tlak, ktorý sa rovná normálnemu atmosférickému tlaku?

Veličinu s hodnotou 101 325 Pa sme nazvali normálny atmosférický tlak. Vyhľadajte na internete alebo v literatúre informáciu, kde a za akých podmienok by sme túto hodnotu mohli odmerať.

2. **Urob pokus**: fontánka

POMÔCKY banka so širším hrdlom, zátka s prevŕtaným otvorom, sklenená rúrka, 5 cm dlhá hadička, väčšia striekačka, nádobka s rúrkou (nádobka napr. z kvetinárskeho živného roztoku)

POSTUP

a) Naplň nádobku do troch štvrtín zafarebenou vodou a uzavri ju tak, aby z nej vychádzala sklenená rúrka.

b) Vlož nádobku do banky so širším hrdlom a banku uzavri zátkou s otvorom, cez ktorý bude prechádzať sklenená rúrka. Na rúrku upevni hadičku s injekčnou striekačkou.

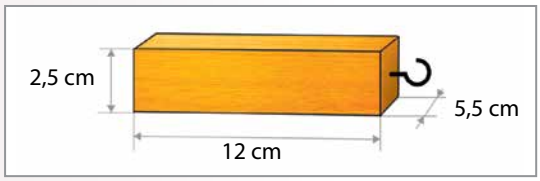
c) Prudko potiahni piest striekačky a pozoruj, čo sa deje s nádobkou v banke.

ODPOVEDZ

1. Ako si vysvetľuješ pohyb vody v banke?
2. Ak by si naplnil nádobku úplne doplna zafarbenou vodou, správala by sa pri potiahnutí piesta striekačky rovnako? Over svoju odpoveď.

Domáca príprava na vyučovanie

Na nasledujúcich hodinách fyziky budete skúmať trenie. Mali by ste pracovať v skupinách. Dohodni sa so spolužiakmi v tvojej skupine, ako si podelíte prácu na príprave nasledujúcich pomôcok: hliníková fólia (alobal), tkanina a brúsny papier (všetky materiály s dĺžkou 60 cm a šírkou 10 cm), 3 drevené kvádre s rozmermi približne takými, ako má kváder na obrázku (jeden z kvádrov má mať háčik).



2.11 Trenie. Trecia sila a jej meranie

Trenie je súčasťou nášho každodenného života a v tejto časti sa budeme zaujímať o jeho prejavy. S trením sa stretávame tak pri práci strojov, ako aj ľudí. Trenie sa často rieši medzi odborníkmi ako problém, ktorý súvisí s úsporou energie. Okolo 20 % spotreby benzínu v automobiloch pripadá na prekonávanie vplyvov trenia v motore a v hnacom mechanizme. Na druhej strane bez trenia pneumatík by sa automobil nepohol z miesta. Dokonca aj písanie do zošita či kriedou na tabuľu súvisí s trením.

Zamyslime sa nad písaním kriedou na tabuľu. Kriedou pohybujeme po tabuli a na tabuli zostávajú jej čiastočky. Ak chceme, aby stopa na tabuli zostala výraznejšia, kriedu silnejšie pritlačíme na tabuľu. Ak by bola tabuľa veľmi hladká alebo krieda veľmi tvrdá, otierala by sa o tabuľu menej. Medzi povrchmi tuhých telies, ktoré sú na sebe položené alebo sa po sebe pohybujú, existujú **trecie sily**.

V nasledujúcich pokusoch budeme skúmať, od čoho závisí trenie medzi telesom a podložkou, po ktorej sa teleso šmýka. Po lavici budeme silomerom ťahať jeden a viac drevených kvádrov. Porovnáme hodnoty sily namerané silomerom a zistíme, v ktorom prípade sme pôsobili väčšou silou na prekonanie trecej sily. Podľa veľkosti sily potrebnej na ťahanie usúdime, aká veľká je trecia sila. Na ťahanie kvádrov použijeme podložky z rôznych materiálov – hladkých aj drsnejších.

Pokus 1

Zisti, ako závisí veľkosť trecej sily, ktorou ťaháš drevený kváder, od materiálu podložky. *(Pracujte v skupinách.)*

Nepovinná úloha: Zisti veľkosť sily, ktorou ťaháš drevený kváder tesne predtým, ako sa kváder začne pohybovať (nazveme ju trecia sila v pokoji).

POMÔCKY drevený kváder s háčikom, laboratórny silomer, tri rovnaké pásy z rôznych materiálov (podľa Domácej prípravy na vyučovanie – hliníková fólia, tkanina a brúsny papier), lepiaca páska, dĺžkové meradlo

POSTUP

a) Pripravte si tabuľku do zošita.

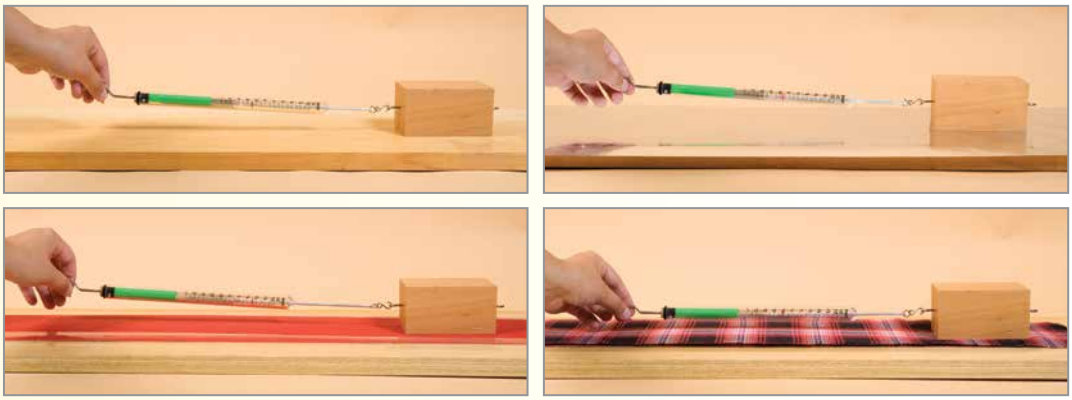
Tabuľka: Meranie trecej sily pri pohybe po rôznych podložkách

Číslo merania	Materiál podložky	Trecia sila v pokoji (N)	Trecia sila pri rovnomernom pohybe kvádra (N)

b) Odmerajte si na lavici dĺžku 60 cm. Označte vzdialenosť kriedou.

c) Vedľa označeného miesta na lavici nalepte pomocou lepiacej pásky pás z hliníkovej fólie, potom pás brúsneho papiera a nakoniec pás tkaniny.

d) Položte drevený kváder s háčikom na jeden koniec odmeranej vzdialenosti na lavici a ťahajte ho silomerom. **Merajte tú silu, pri ktorej sa kváder pohybuje rovnomerným pohybom.** Hodnotu trecej sily zapíšte do štvrtého stĺpca v tabuľke.



Obr. 97 Meranie trecej sily tesne pred pohybom a v priebehu pohybu kvádra po podložkách

Pri riešení nepovinnej úlohy odmerajte aj silu tesne pred pohnutím kvádra, tesne predtým, ako sa kváder odtrhne od podložky.

Hodnotu sily zapíšte do tretieho stĺpca v tabuľke.

Poznámka: Kváder ťahajte stále rovnakou silou tak, aby sa pohyboval rovnomerným pohybom. Vtedy je trecia sila rovnako veľká ako sila, ktorou ťaháte kváder.

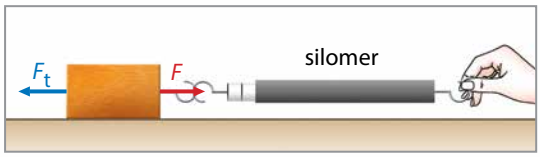
e) Opakujte merania pre každý materiál podložky.

Skúmanie sily

ODPOVEDZ

1. Z akého materiálu bola podložka, na ktorej si nameral najväčšiu treciu silu?
2. Z akého materiálu bola podložka, na ktorej si nameral najmenšiu treciu silu?
3. Závisí veľkosť sily, ktorou ťaháš kváder po podložke, od materiálu podložky?
4. Porovnaj treciu silu pri pohybe kvádra po povrchu alobalu a po hladkom povrchu lavice. Na ktorej podložke si nameral väčšiu hodnotu trecej sily?
5. Zmení sa veľkosť trecej sily, ak na styčnú plochu kvádra s podložkou nalepíš brúsny papier a podložka bude tiež z brúsneho papiera? Over svoj predpoklad.
6. Porovnaj namerané hodnoty trecích síl pri pohybe kvádra s hodnotami tesne pred začatím jeho pohybu.

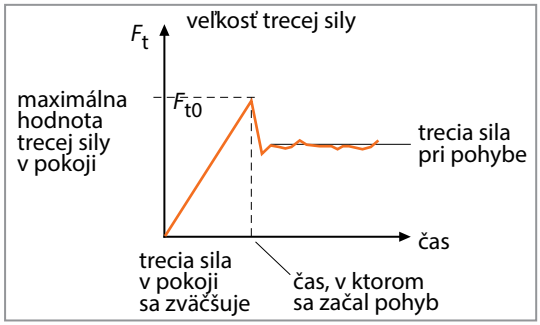
Treciu silu, ktorú sme merali v predchádzajúcich pokusoch, sme merali pri posúvaní jedného telesa po povrchu druhého telesa. V takomto prípade hovoríme o **šmykovom trení** a meraní **šmykovej trecej sily**, ktorú budeme označovať F_t. Pokiaľ trecia sila nie je príliš veľká a nemôže dôjsť k prevráteniu telesa pri jeho vlečení, znázorňujeme ju na priamke, v ktorej pôsobí sila, uvádzajúca teleso do pohybu po podložke. Trecia sila má opačný smer ako sila, ktorá spôsobuje pohyb telesa. Šmyková trecia sila pôsobí v mieste, kde sa plocha pohybujúceho sa telesa a plocha podložky dotýkajú. Na *obr. 98* je znázornená trecia sila a sila, ktorou sme ťahali kváder po podložke.



Obr. 98 Znázornenie trecej sily a sily, ktorou ťaháme kváder

Veľkosť šmykovej trecej sily závisí od materiálu, z ktorého je vyrobená podložka a povrch šmýkajúceho sa telesa. Na podložke z drsného materiálu, napr. z brúsneho papiera, sme pri pokusoch namerali najväčšiu treciu silu. **Trenie sa zväčšuje s nárastom drsnosti povrchu plôch, ktorými sa predmet a podložka dotýkajú**. Môžeme preto predpokladať, že vyhladením povrchu podložky, ale aj povrchu pohybujúceho sa telesa sa trenie zmenšuje. Platí to však len po určitú hranicu, neplatí to napríklad pre dokonale vyleštené plochy. Už zo skúseností vieme, že ak by sme chceli po sebe posunúť dve sklenené tabule, išlo by to veľmi ťažko. Aj dve malé zrkadielka sa po sebe posúvajú ťažko. Vysvetľujeme si to vzájomným silovým pôsobením medzi časticami povrchov dotýkajúcich sa telies.

Pri meraniach v predchádzajúcom pokuse ste mohli zaznamenať, a pokiaľ ste riešili aj rozširujúce zadania, tak aj zmerať, že tesne pred pohybom kvádra po podložke silomer nameral väčšiu silu ako pri samotnom rovnomernom pohybe. Na *obr. 99* je graficky znázornená sila od začiatku jej pôsobenia na kváder.



Obr. 99 Graf závislosti veľkosti trecej sily od času pri pohybe kvádra po podložke

Z grafu vieme vyčítať, že sila, pôsobiaca na nehybné teleso, narastala a najväčšiu hodnotu dosiahla tesne pred uvedením kvádra do pohybu. Trecia sila, ktorú nameriame silomerom tesne predtým, ako uvedieme nehybné teleso do pohybu, je maximálna hodnota **pokojovej trecej sily**. Maximálna hodnota pokojovej trecej sily je vždy väčšia ako šmyková trecia sila pri pohybe.

Budeme skúmať, ako na veľkosť šmykovej trecej sily vplýva **tlaková sila**, ktorou pôsobí teleso na podložku. Pri šmýkaní telesa, napr. kvádra po vodorovnej podložke, sa tlaková sila rovná gravitačnej sile, ktorá naň pôsobí.

Pokus 2

Zisti, ako veľkosť šmykovej trecej sily závisí od sily, ktorou kváder tlačí na podložku.

POMÔCKY tri drevené kvádre s háčikom, silomer

POSTUP

a) Priprav si do zošita nasledujúcu tabuľku.

Tabuľka: Meranie trecej sily s rôznym počtom kvádrov

Číslo merania	Počet kvádrov	Tlaková sila F_g (N)	Trecia sila F_t (N)
1.	1 kváder		
2.	2 kvádre		
3.	3 kvádre		

b) Odmeraj silomerom gravitačnú silu F_g, ktorou je kváder priťahovaný k zemi, a zapíš jej veľkosť do druhého stĺpca tabuľky. Do druhého a tretieho riadka tabuľky zapíš tieto údaje pre dva a pre tri kvádre.

c) Ešte raz odmeraj silomerom treciu silu, ktorá je potrebná na ťahanie jedného kvádra po vyznačenej dráhe na lavici. Nameranú hodnotu trecej sily zapíš do tabuľky.

Obr. 100 Ťahanie kvádrov silomerom

d) Ťahaj silomerom dva kvádre a odmeraj treciu silu *(obr.100)*. Hodnotu zapíš do tabuľky.

e) Polož všetky tri kvádre na seba a odmeraj silu, potrebnú na ich ťahanie po lavici. Zapíš jej hodnotu do tabuľky.

ODPOVEDZ

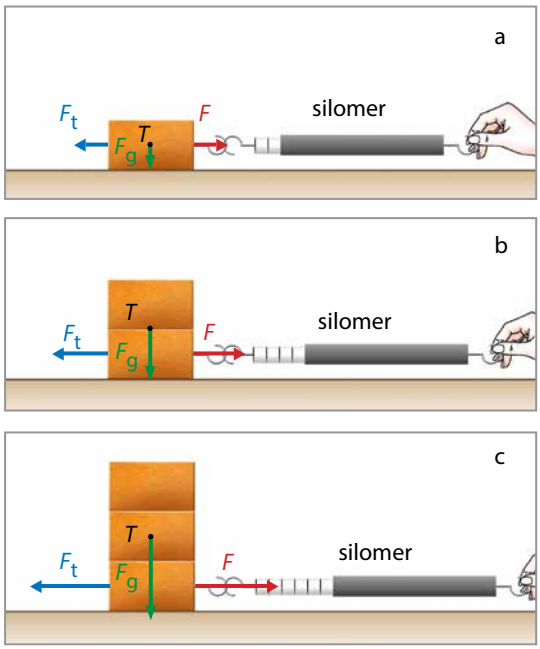
1. Pri ktorom z troch meraní si odmeral najväčšiu hodnotu šmykovej trecej sily?
2. Závisí veľkosť šmykovej trecej sily od toho, akou silou tlačia kvádre na podložku?

Skúmanie sily

Ak dáme na seba viac kvádrov, zväčší sa sila, ktorou tlačia na vodorovnú podložku, teda zväčší sa tlaková sila. Súčasne sa zväčší aj šmyková trecia sila, potrebná na ťahanie kvádra po podložke.

Ak dáme na seba viac kvádrov, zväčší sa sila, ktorou tlačia na podložku. Ak ste merali dobre a presne, mali by ste sa dopracovať k nasledujúcemu záveru:

Ak sa tlaková sila F_g, ktorou teleso pôsobí na vodorovnú podložku, zväčší na dvojnásobok (trojnásobok) pôvodnej hodnoty, zväčší sa aj šmyková trecia sila F_t na dvojnásobok (trojnásobok) pôvodnej hodnoty. To znamená: Koľkokrát sa zväčší tlaková sila na podložku, toľkokrát sa zväčší aj šmyková trecia sila. Medzi šmykovou trecou silou v pohybe a tlakovou silou, ktorou teleso pôsobí na vodorovnú podložku, je priama úmernosť. **Šmyková trecia sila je priamo úmerná tlakovej sile, ktorou teleso pôsobí na podložku**.



Obr. 101 Meranie trecej sily v závislosti od tlakovej sily, ktorou teleso pôsobí na podložku (jeden, dva alebo tri kvádre)

Rieš úlohy

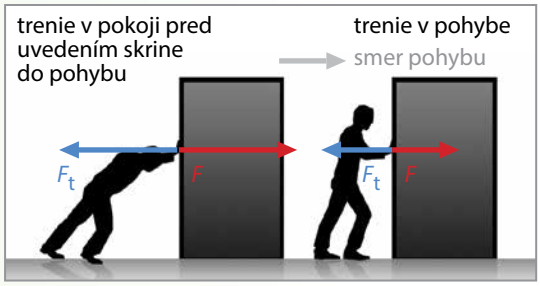
1. Uváž, na ktorých miestach bicykla dochádza pri jeho pohybe k treniu a ako sa výrobcovia snažia nežiaduce trenie odstrániť, prípadne ako sa snažia trenie zväčšiť.

2. Lyžiari obyčajne nemajú radi zľadovatený povrch zjazdovky. Vysvetli z fyzikálneho hľadiska rozdiel medzi lyžovaním na sypkom snehu a na zľadovatenom povrchu.

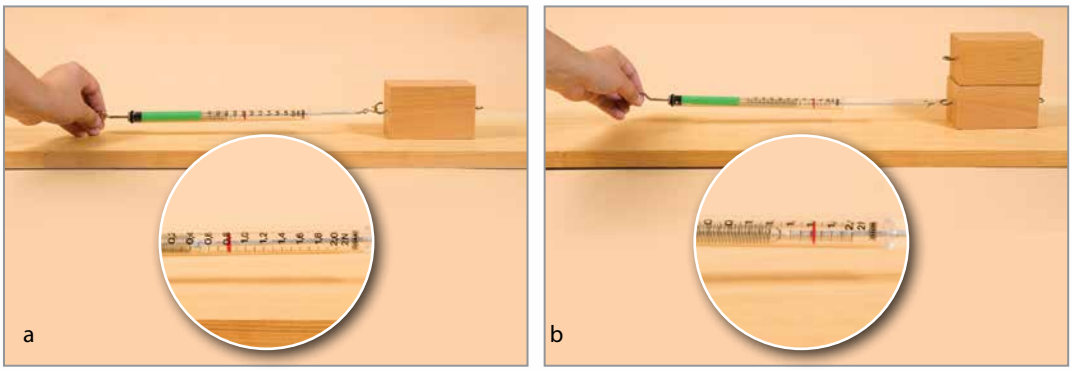
3. Na obrázku sa muž snaží presunúť skriňu po podložke.

a) Vysvetli, prečo sú sily znázornené v obidvoch obrázkoch rozdielne.

b) Pomenuj sily znázornené na obrázku.



4. Na obrázkoch ťaháme pomocou silomeru drevený kváder po podložke. Dobre si prezri obrázky a odpovedz na otázku:



Prečo sme pri ťahaní kvádrov na obrázku *b* namerali silomerom väčšiu silu?

Domáca príprava na vyučovanie

Na pokusy budeš potrebovať guľaté drevené ceruzky. Pracujte v skupinách. Každá skupina potrebuje aspoň 6 ceruziek.

2.12 Škodlivé a užitočné trenie

Jeden z najväčších vynálezov v doterajšom vývoji ľudskej spoločnosti bol objav kolesa. Koleso pravdepodobne vynašli už pred 6 000 rokmi. Skôr ako sa koleso začalo používať, ľudia premiestňovali ťažké náklady na vlekoch podobných saniam. Šmykové trecie sily, pôsobiace na skĺznice vleku na suchej zemi, boli, samozrejme, veľmi veľké, a preto sa vleky posúvali len s veľkou námahou. To ľudí viedlo k myšlienke zbaviť sa šmykového trenia tak, že pod premiestňovaný predmet podložili valčeky – drevenú guľatinu. Namiesto šmýkania sa predmetu na vleku sa predmet odvaľoval na guľatine. Dodnes tento vynález využívame. Keď sa teleso po podložke nešmýka, ale valí pomocou kolies či valčekov, premení sa šmykové trenie na **valivé trenie**.

Pokus

Porovnaj veľkosť trecej sily, ktorá je potrebná na ťahanie troch na sebe uložených drevených kvádrov po nasledujúcich podložkách:

a) po lavici,

b) po guľatých drevených ceruzkách alebo valčekoch.

POMÔCKY tri drevené kvádre, silomer, guľaté ceruzky – 6 ks

Skúmanie sily

POSTUP

a) Priprav si do zošita nasledujúcu tabuľku.

Tabuľka: Meranie veľkosti trecej sily pri šmykovom a valivom trení

Číslo merania	Druh podložky	Trecia sila pri šmykovom trení F_t (N)	Trecia sila pri valivom trení F_t (N)
1.	hladký povrch lavice		
2.	guľaté ceruzky		

b) Odmeraj šmykovú treciu silu tak, ako si ju meral doteraz. Výsledok zapíš do tabuľky.

Obr. 102 Meranie trecej sily pri pohybe kvádrov na valčekoch

c) Polož kvádre na ceruzky a ťahaj ich tak, aby sa pohybovali rovnomerným pohybom. Odmeraj veľkosť sily a hodnotu zapíš do tabuľky.

ODPOVEDZ

1. Aký je rozdiel medzi nameranými hodnotami veľkosti trecích síl pri šmýkaní a valení kvádrov?
2. Navrhni iný spôsob zníženia veľkosti šmykovej trecej sily.

Z rozdielu nameraných trecích síl možno usúdiť, prečo sa objav kolesa pokladá za jeden z najužitočnejších vynálezov. Valivé trenie je omnoho menšie ako šmykové. Teraz už vieme povedať, že je to preto, lebo kolesá a valce, po ktorých sa predmety pohybujú, zmenšujú treciu silu.

Ak dlhý oceľový prút s hmotnosťou 1 000 kg ťaháme po asfalte, musíme ho ťahať silou približne 20 000 N. Ak prút povezieme na vozíku s kolesami, je potrebná sila približne 1 000 N, čo je 20-krát menej.

Na zmenšenie trenia sa používajú guľôčkové a valčekové ložiská, ktorými sa premieňa šmykové trenie na valivé. Ložiská sú súčasťou strojov, automobilov, bicyklov a ďalších zariadení.

Ložiská *(obr. 103)* sa skladajú z 2 krúžkov, vnútorného a vonkajšieho, medzi ktorými sa nachádzajú valčeky alebo guľôčky.

Obr. 103 Guľôčkové a valčekové ložiská

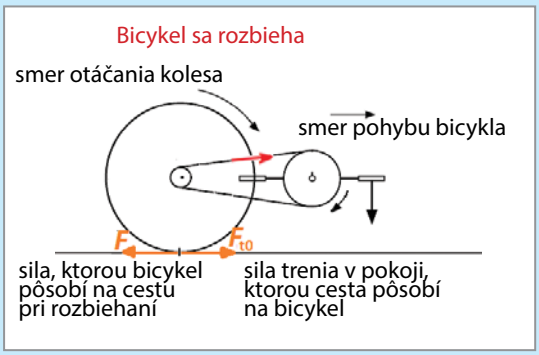
Kolesové dopravné prostriedky boli známe ešte dávno predtým, ako ľudia vynašli valivé ložiská. Aby zmenšili trenie na osiach kolies vozov a kočov, ľudia oddávna používali rôzne druhy mastív – oleje, vazelíny. Táto metóda sa používa dodnes všade tam, kde sa po sebe navzájom šmýkajú časti rôznych strojných zariadení – napr. motorov.

Vo fyzike v 7. ročníku ste sa zaoberali princípom spaľovacieho motora. Vo valci spaľovacieho motora sa neustále pohybuje piest. Aby sa zmenšilo jeho trenie o steny valca, pod piestom je umiestnená olejová vaňa, z ktorej sa cez ojnicu a otvory pod piestovými krúžkami dostáva olej na steny valca a zmenšuje trenie piesta.

Doteraz sme sa zamýšľali nad znižovaním trenia. Existujú však prípady, keď sa snažíme trenie zvyšovať. Keby neexistovalo trenie, ako je uvedené vyššie, nemohli by sme písať kriedou na tabuľu. O zväčšenie trenia sa snažíme pri konštrukcii bŕzd v automobiloch a bicykloch, ale aj pri chôdzi na zľadovatenej ceste, keď posypeme ľad popolom či pieskom.

Všimnime si teraz, ako trenie umožňuje ľuďom používať moderné dopravné prostriedky. V predchádzajúcej časti sme sa zaoberali možnosťami, ktoré ľuďom poskytol vynález kolesa, ktorým sa šmykové trenie premenilo na valivé . V dobách pred niekoľkými tisícročiami, keď ľudia tento objav uskutočnili, boli modernými prostriedkami kolesové vozidlá, ťahané ľuďmi alebo zvieratami.

V súčasnosti majú moderné kolesové dopravné prostriedky vlastný pohon. Vlastný pohon má napr. aj bicykel, aj keď prácu potrebnú na roztáčanie kolesa koná človek. Na nasledujúcom obrázku sa pokúsime o odôvodnenie pohybu bicykla pri rozbiehaní.



Bicyklista pôsobí silou na pedál, napína reťaz, ktorá pomocou ozubeného kolieska roztáča zadné koleso bicykla. Koleso pôsobí na cestu silou, ktorá smeruje proti smeru pohybu bicykla. Naopak, cesta pôsobí na bicykel silou, ktorú sme nazvali pokojovou treciou silou.

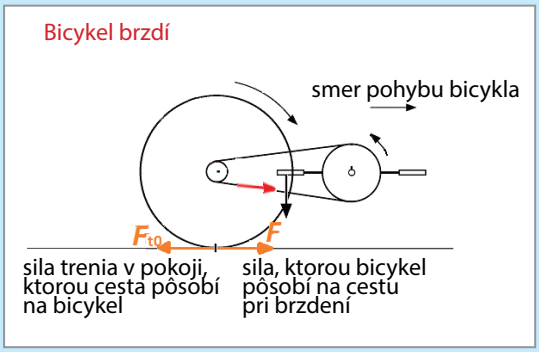
Skúmanie sily

Hoci sa to zdá nepravdepodobné, pokojová trecia sila F_t je príčinou, ktorá poháňa koleso bicykla pri jeho rozbiehaní. Ak by pokojová trecia sila neexistovala alebo ak by bola príliš malá, koleso by sa pretáčalo – šmýkalo by sa a bicykel by sa takmer nepohyboval.

Z fyzikálneho hľadiska cesta a koleso sú dve telesá. Sily F a F_t, ktorými navzájom na seba pôsobia, sú podľa fyzikálnych zákonov vždy rovnako veľké a majú opačné smery. Pri sledovaní automobilových či motocyklových pretekov, ale aj pri bežných dopravných prostriedkoch ste si určite všimli, že ak vodič pri rozbiehaní prudko „pridá plyn" – príliš prudko zvýši výkon motora – má to zvyčajne za následok, že kolesá sa chvíľu otáčajú na mieste. Sila, ktorou by mali kolesá pôsobiť na cestu, je väčšia ako pokojová trecia sila.

Aby sa kolesové dopravné prostriedky mohli pohybovať, snažia sa výrobcovia pneumatík, aby ich výrobky mali drsný a vzorkovaný povrch (dezén) a aby pokojová trecia sila bola pri styku s cestou čo najväčšia. Rovnako konštruktéri ciest sa snažia vyvíjať a používať materiály s drsným, nešmykľavým povrchom.

Pokojová trecia sila má významnú úlohu aj pri brzdení. Brzda pôsobí spravidla na koleso tak, že sa ho snaží spomaliť. Zo skúsenosti vieme, že pri veľmi intenzívnom brzdení sa zadné koleso prestane odvaľovať a prejde do šmyku. Pokojová trecia sila medzi cestou a valiacim sa kolesom sa zmení na šmykovú treciu silu v pohybe. Koleso sa prestane odvaľovať – „zablokuje sa" a šmýka sa po ceste.



Šmyková trecia sila v pohybe je vždy menšia ako pokojová trecia sila. Preto zablokované koleso brzdí menej účinne ako koleso, ktoré sa po ceste odvaľuje. To vedia aj výrobcovia automobilov. Do moderných automobilov sa montuje *antiblokovací systém* (ABS), ktorý brzdu ovláda tak, aby sa koleso neprestalo odvaľovať a neprešlo do šmyku ani pri prudkom vodičovom stlačení brzdy.

S prejavmi trenia sa stretávame doslova všade – aj tam, kde by sme to ani nečakali. Napr. len málo umelcov, ktorí hrajú na sláčikové hudobné nástroje (napr. husle, kontrabas), vie vysvetliť fyzikálnu podstatu vzniku tónov, ktoré vydáva ich nástroj. Vedia však, že strunu rozozvučia tak, že ju rozkmitajú – napr. tak, že ju vychýlia a pustia. Struna sa rozkmitá a vydáva tón. Aby sa struna vychýlila šmýkaním sláčika, musí byť medzi jeho povrchom a strunou dostatočné trenie. Vtedy pokojová trecia sila strunu striedavo vychyľuje a uvoľňuje.

2.12 Škodlivé a užitočné trenie

Ak šmyková trecia sila medzi strunou a sláčikom nie je dostatočne veľká, sláčik strunu nezachytí, ale sa po nej len šmýka. Povrch sláčikových vlákien preto umelci upravujú – natierajú ho kolofóniou, aby zväčšili trenie.

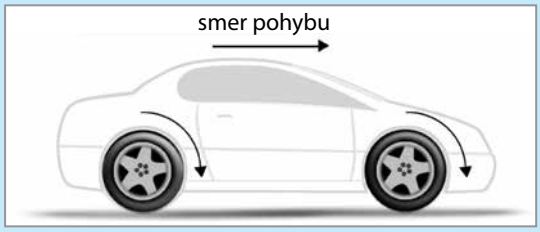
Trenie sa prejavuje trecou silou F_t, ktorá bráni pohybu. Rozlišujeme trenie šmykové a valivé. Trecia sila valivého trenia je menšia ako šmyková trecia sila.
Trecia sila sa zväčšuje s nárastom drsnosti povrchu plôch, ktorými sa teleso a podložka dotýkajú, a tlakovou silou, ktorou pôsobí teleso na podložku.

Rieš úlohy

1. Premysli si situácie, v ktorých potrebujeme v bežnom živote trenie zväčšiť a v ktorých, naopak, zmenšiť.

2. Napíš úvahu na tému „Život bez trenia“. Pri písaní uplatni vedomosti o trení, využi svoju skúsenosť a dostupné zdroje informácií.

3. Automobil má poháňané predné kolesá a všetky kolesá má vybavené brzdou. Prekresli automobil do zošita. Zakresli do obrázka sily F a F_t, ktorými kolesá auta pôsobia na cestu, a sily, ktorými cesta pôsobí na kolesá:



a) pri rozbiehaní auta,

b) pri brzdení.

4. Prečítaj si text a odpovedz na otázky.

Asi pred 6 000 rokmi v Mezopotámii vynašli koleso – bol to vynález ďalekosiahleho významu. „Čo by mohlo byť také významné na obyčajnom kolese ?“ poviete si asi. Ale pozor – nepodceňujte obyčajné kolesá, a to či už veľké, alebo malé. Len si na chvíľku predstavte, čo by sa stalo, keby tak naraz, akoby mávnutím čarovného prútika, zmizli zo sveta všetky kolesá a kolieska. Bola by to skutočná katastrofa. Zastavili by sa autá a vlaky, stíchli by dielne a továrne, elektrárne by prestali dodávať do siete elektrickú energiu. Všetka pracovná činnosť by naraz prestala. To preto, že v každom stroji, od vreckových hodiniek až po kozmické rakety, sú v činnosti desiatky a stovky najrôznejších koliesok a kolies. Neznámy mezopotámsky vynálezca prvého kolesa urobil teda skutočne veľký objav. Mezopotámski vojaci na bojových vozoch, ťahaných koňmi, ľahko zvíťazili nad peším nepriateľom. Tamojší inžinieri a stavitelia začali používať kladku a valec. Dvíhali a premiestňovali také bremená, s ktorými sa bez kolesa nedalo pohnúť. Koleso a páka boli prvými účinnými pomocníkmi človeka pri práci s veľkými bremenami. Mezopotámski hrnčiari začali vyrábať nádoby na hrnčiarskom kruhu. Prekrásnu, okrúhlu, tenkostennú keramiku s obľubou kupovali nielen v Babylone, ale aj v iných krajinách. Preto nemôžeme pochybovať

o tom, že vynález kolesa zohral nemalú úlohu v spoločenskom vývoji Mezopotámie. Koleso je pravdepodobne najdôležitejším vynálezom v oblasti dopravy. Vedno s rýchlosťou a silou svalov koňa poskytlo ľuďom nový spôsob premiestňovania. Tisíce rokov však boli cesty zväčša vo veľmi zlom stave a ďaleko cestovalo len veľmi málo ľudí. Koleso ovládlo svet. Prvými cestnými povozmi boli štvorkolesové dopravné prostriedky.

Kolesá sa vyrábali z pospájaných drevených dosák. Špicové kolesá sa objavili okolo roku 1500 pred n. l. Koleso zostalo až do 19. storočia v nezmenenej podobe, potom boli skonštruované gumové pneumatiky plnené vzduchom.

Spracovali: J. Kondek, J. Husár

ODPOVEDZ

1. Ktoré jednoduché stroje sú uvedené v texte úlohy?
2. Vypíš dôležité roky, týkajúce sa dejín kolesa a vynálezov s ním spojených.

Vieš, že... s vynálezom kolesa súvisí vynájdenie dvojkolesového vozíka 3 500 rokov pred n. l. Poďakovať sa môžeme Sumerom.

Sumeri boli národom, ktorý vytvoril civilizáciu v Mezopotámii. Vynašli napríklad hlásková písmo, vymysleli znamenité zavlažovacie zariadenia. Do vozíkov zapriahali ťažné zvieratá, ako kone, voly a mulice.

Ab

Dôležité slová, značky a vzťahy

Vysvetli dôležité slová, značky a vzťahy uvedené v obidvoch stĺpcoch tabuľky.

K slovám v ľavom stĺpci priraď slová, značky a vzťahy z pravého stĺpca tak, aby významovo patrili k sebe.

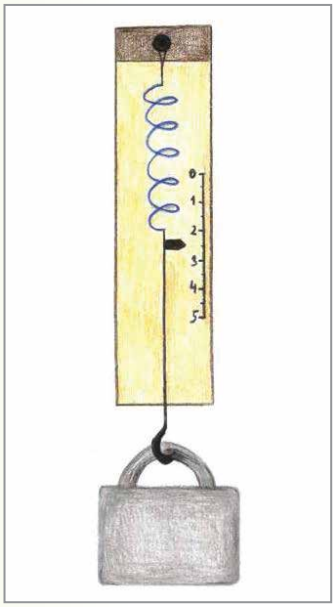
■ sila	● gravitačná sila ● N (newton) ● mierka ● $F_{vz} = V \cdot \rho_k \cdot g$
■ účinky sily	● výslednica ● súčet veľkostí síl ● moment sily ● N · m
■ grafické znázornenie sily	● tlaková sila ● trecia sila ● p ● skladanie síl ● silomer
■ skladanie síl	● g ● pohybové účinky ● elektrická sila ● F_g
■ ťažisko telesa	● pôsobisko sily ● rozdiel veľkostí síl ● $M = r \cdot F$ ● vztlaková sila
■ tlak	● normálny tlak vzduchu ● smer sily ● deformačné účinky ● magnetická sila
■ trenie	● $F_g = m \cdot g$ ● veľkosť sily ● rovnováha síl ● os otáčania
■ značky fyzikálnych veličín a jednotiek fyzikálnych veličín	● Pa (pascal) ● páka ● rameno sily ● atmosférický tlak ● F_{vz}
■ vzťahy medzi fyzikálnymi veličinami	● otáčavé účinky sily ● M ● hydrostatický tlak ● $p_h = h \cdot \rho_k \cdot g$ ● valivé a šmykové trenie

Projekt 3

Zostrojenie silomeru z jednoduchých pomôcok

V škole najčastejšie používame pružinové silomery. Základnou súčasťou pružinového silomeru je pružina s jedným upevneným koncom (časť 2.3 Meranie sily. Znázornenie sily). Na druhom, pohyblivom konci pružiny je ukazovateľ, ktorý na stupnici ukazuje veľkosť sily.

Na obrázku je silomer, zhotovený z jednoduchých pomôcok.



Rozsah stupnice silomeru môže byť rôzny, napr. 0,2 N alebo 10 N. Podľa toho, na aké merania silomer potrebujeme, volíme tuhosť pružiny silomeru. Silomery s tuhou pružinou majú väčší rozsah merania, napr. od 0 po 5 N alebo po 10 N.

Pri meraní pružinovým silomerom treba dbať na to, aby sme neprekročili jeho rozsah. Pri prílišnom zaťažení sa pružina môže roztiahnuť natoľko, že stratí pôvodné pružné vlastnosti a po následnom odstránení záťaže už nenadobudne pôvodnú dĺžku.

TÉMA PROJEKTU

Navrhnúť a zostrojiť funkčný silomer z jednoduchých pomôcok.

POSTUP A PODMIENKY

1. Vytvorte si tím dvoch-troch spolupracovníkov zo spolužiakov.
2. Navrhnite formou náčrtku vlastný silomer, ktorý zhotovíte z jednoduchých pomôcok.
3. Navrhnite spôsob kalibrácie silomeru a stanovte hodnotu jedného dielika na stupnici.
4. Stanovte rozsah silomeru a vysvetlite, s akou presnosťou meria.
5. Zrealizujte meranie silomerom.
6. Spracujte meranie aj s diskusiou o získaných hodnotách.
7. Pripravte si prezentáciu silomeru a vašich meraní pred triedou.

SPÔSOB VYHODNOTENIA

Vyhodnotenie projektov sa môže uskutočniť formou súťaže, prípadne formou, ktorú máte zaužívanú v triede. Pri hodnotení projektov sa odporúča dodržať podmienky stanovené v predchádzajúcom texte.

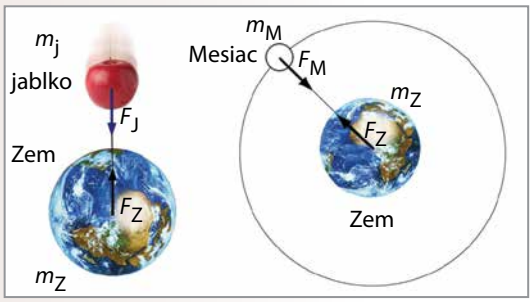
Čo sme sa naučili

Telesá pôsobia na seba silou

Sila je fyzikálna veličina a má značku *F*. Sila vznikne ako dôsledok vzájomného pôsobenia telies.

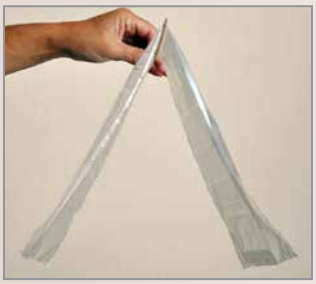
Sily, ktorými na seba pôsobia dve telesá, sú rovnako veľké a pôsobia navzájom opačnými smermi.

Priamym kontaktom telies



Prostredníctvom gravitačného poľa

Druhy síl



Dva zelektrizované pásiky z polyetylénového vrecka sa odpudzujú.

elektrická sila
elektrické pole

Magnet a sponky na spisy sa priťahujú.

magnetická sila
magnetické pole

Parašutista padá k Zemi.

gravitačná sila
gravitačné pole

Účinky sily

pohybové

deformačné

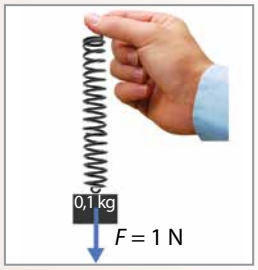
Čo sme sa naučili

Hmotnosť telesa a gravitačná sila

Sila, ktorou je teleso s hmotnosťou 100 g (0,1 kg) priťahované k Zemi, má veľkosť 1 N. Vzťah medzi gravitačnou silou F_g a hmotnosťou telesa m:

$$F_g = m \cdot g$$

kde g je gravitačné zrýchlenie, $g \approx 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.



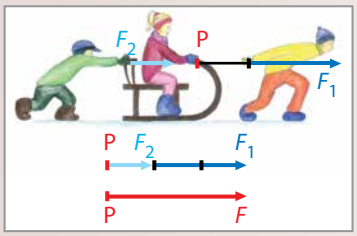
Meranie sily. Znázornenie sily

Hodnota jedného dielika: 0,01 N
Odchýlka: 0,01 N.
Rozsah merania silomeru: 1 N

Sila: $F = 5$ N
Mierka: 1 N $\triangleq$ 1 cm

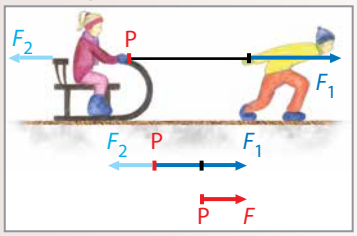
Skladanie síl

rovnakého smeru



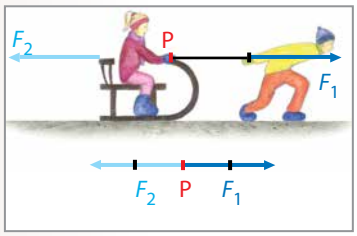
$F = F_1 + F_2$

opačného smeru



$F = F_1 - F_2$

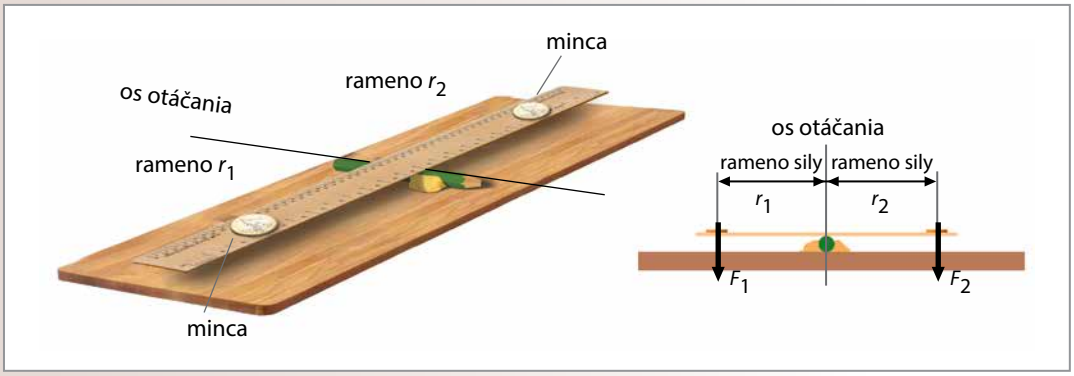
rovnováha síl



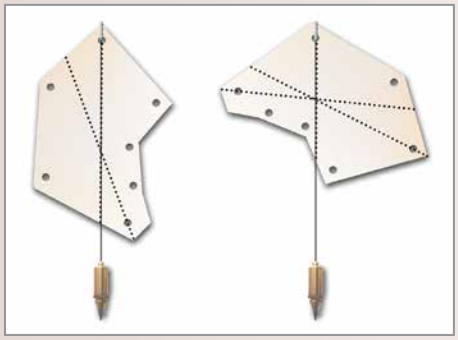
$F = 0$

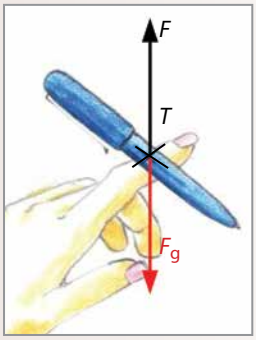
Otáčavé účinky sily

ľavé rameno sily · sila na konci ramena = pravé rameno sily · sila na konci ramena



Ťažisko telesa a jeho určenie





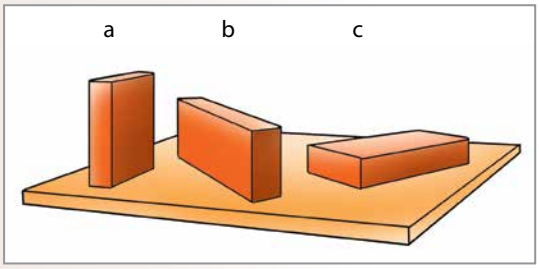
Ťažisko telesa je pôsobisko gravitačnej sily.

Tlaková sila. Tlak

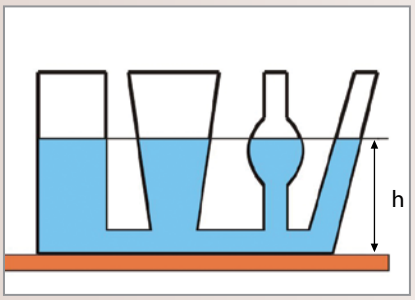
Tlak sa vypočíta ako podiel tlakovej sily F a plochy S, na ktorú sila kolmo pôsobí:

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

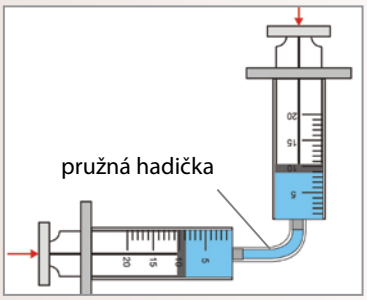
Jednotka tlaku sa nazýva pascal (čítaj *paskal*) a má značku Pa.



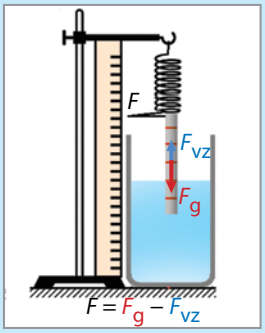
Sily pôsobiace v kvapalinách



Vodorovná hladina kvapaliny je spôsobená gravitačnou silou.



Ak na kvapalinu pôsobí vonkajšia sila, tlak v každom mieste kvapaliny stúpne o rovnakú hodnotu.



Na teleso v kvapaline pôsobí vztlaková sila, ktorá je rovnako veľká ako gravitačná sila pôsobiaca na objem kvapaliny, vytlačený telesom. Vztlakovú silu vypočítame:

$$F_{vz} = V \cdot \rho_k \cdot g$$

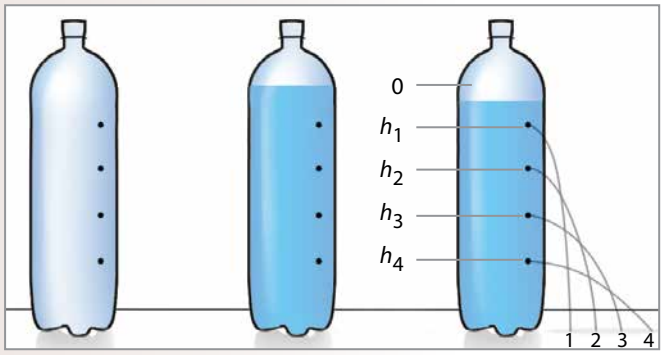
Čo sme sa naučili

Tlak v kvapalinách a plynoch

Hydrostatický tlak vypočítame:

$$p_h = h \cdot \rho_k \cdot g$$

Jednotkou hydrostatického tlaku je pascal (Pa).

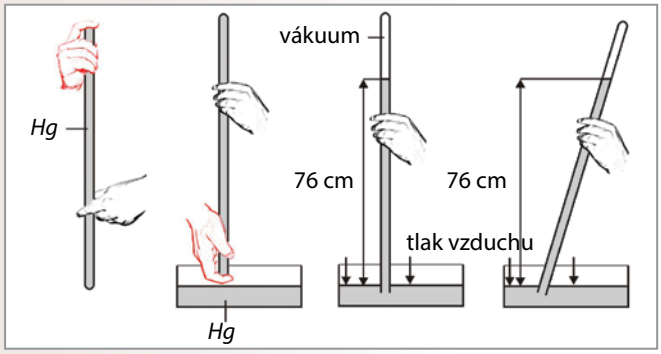


V atmosfére Zeme je atmosférický tlak.

Medzinárodnou dohodou sa stanovila hodnota tzv. normálneho tlaku vzduchu, a to:

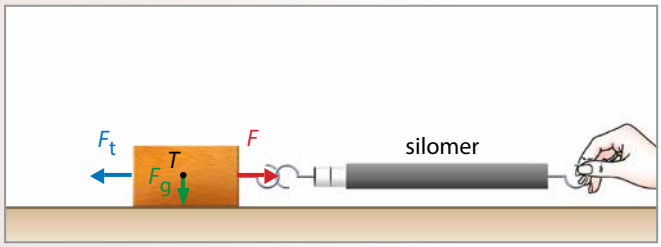
101 325 Pa

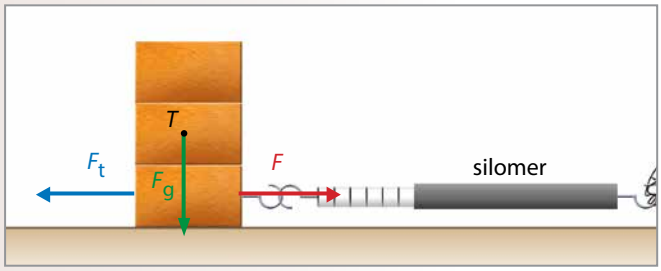
(101,325 kPa).



Trenie

Trecia sila sa zväčšuje s drsnosťou povrchu plôch, ktorými sa predmet a podložka dotýkajú, a tlakovou silou, ktorou pôsobí teleso na podložku.





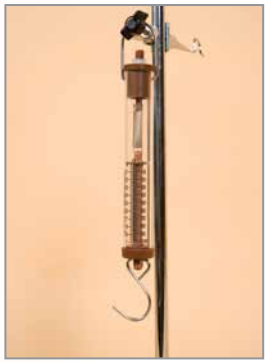
Test 3 – vyskúšaj sa

Skúmanie sily

Úlohy s podfarbením rieš len v prípade, že ste časti s rovnakým podfarbením preberali.
Test obsahuje jednu praktickú a niekoľko teoretických úloh.
Praktickú úlohu rieš na jednom z laboratórnych stanovíšť, kde je pripravený silomer a teleso.

A. Praktická úloha

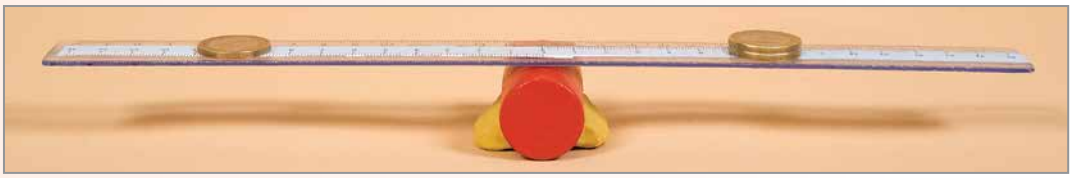
Zisti hmotnosť telesa, ak máš možnosť použiť len silomer. Opíš postup aj všetky zistené hodnoty.



B. Teoretické úlohy

1. Vypočítaj silu, ktorou si priťahovaný (priťahovaná) k Zemi.
(Uveď výpočet aj odpoveď.)

2. Na obrázku je pravítko, ktoré sa môže otáčať, pretože leží na valčeku. Na ľavej strane pravítka je v určitej vzdialenosti jednocentová minca a na pravej strane v určitej vzdialenosti dve jednocentové mince.



a) Je pravítko v rovnovážnej polohe? *(Odpovedz jedným slovom áno, nie.)*
b) Svoju odpoveď odôvodni.

3. Na hojdačke, ktorou je páka s dvoma ramenami, sedia dve deti s navzájom rôznymi hmotnosťami. Na ľavej strane sedí dieťa s hmotnosťou 30 kg a na pravej dieťa s hmotnosťou 20 kg. Jedno rameno hojdačky má dĺžku 1,5 m. Ako by si usadil deti, aby bola hojdačka v rovnováhe?

Súčasťou riešenia je aj schéma hojdačky s označením osi otáčania a ramien.

4. Vietor pôsobí na lodnú plachtu s obsahom plochy 8 m^2 tlakovou silou 12 kN. Aký veľký tlak by sme odmerali vo vrstve vzduchu tesne pri plachte? *(Uveď výpočet aj odpoveď.)*

Test 3 – vyskúšaj sa

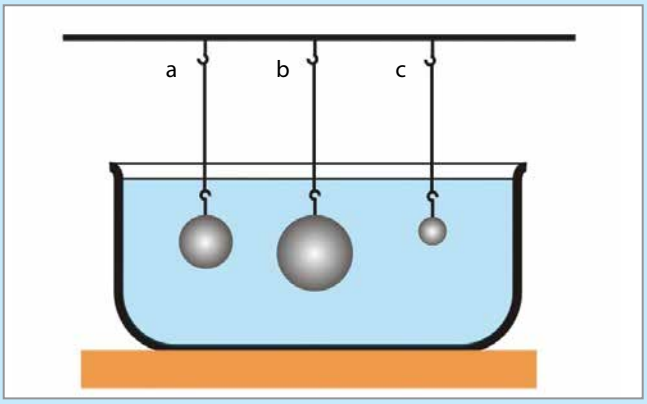
5. Na vagóne je položené oceľové teleso, ktoré má hmotnosť 500 kg.

a) Prekresli si obrázok do zošita a vyznač ťažisko oceľového telesa.

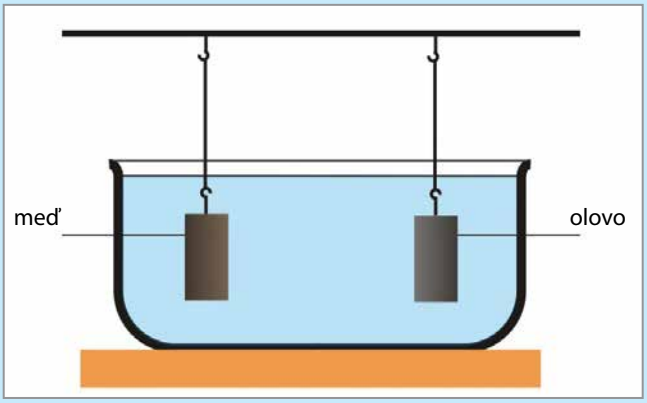
b) Vypočítaj silu, ktorou je teleso priťahované k Zemi.

c) Nakresli do ťažiska v obrázku gravitačnú silu, ktorou je teleso priťahované k Zemi v mierke: 1 000 N = 1 cm.

6. Na ktoré z telies ponorených do vody pôsobí najväčšia vztlaková sila?



7. Valčeky ponorené vo vode majú rovnaký objem, ale rozdielnu hmotnosť. Medený má hmotnosť 25 g a olovený 34 g. Na ktorý z nich pôsobí väčšia vztlaková sila?



a) Na medený valček.

b) Na olovený valček.

c) Na obidva valčeky pôsobí rovnaká sila.

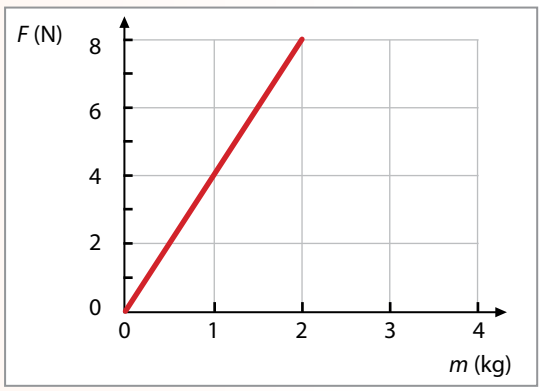
8. Korkové teleso pláva najprv vo vode a potom v glycerole. Ponorený objem korkového telesa vo vode je 0,000 6 m^3 a v glycerole 0,000 5 m^3.

(Hustota vody $\rho = 1\,000\ \frac{kg}{m^3}$; hustota glycerolu $\rho = 1\,200\ \frac{kg}{m^3}$.)

a) Vypočítaj vztlakovú silu, ktorá pôsobí na to isté korkové teleso vo vode a v glycerole.

b) Vysvetli, prečo to isté teleso pláva v glycerole ponorené menšou časťou svojho objemu, ako keď pláva vo vode.

9. Na grafe je znázornený vzťah medzi hmotnosťou telesa a silou, ktorou je teleso priťahované k planéte Mars.



a) Zisti, akou silou je priťahovaný k povrchu Marsu 1 kg hmotnosti (g_{Marsu}).

b) Teleso s hmotnosťou 1 kg je priťahované k povrchu Marsu väčšou alebo menšou gravitačnou silou ako na Zemi?

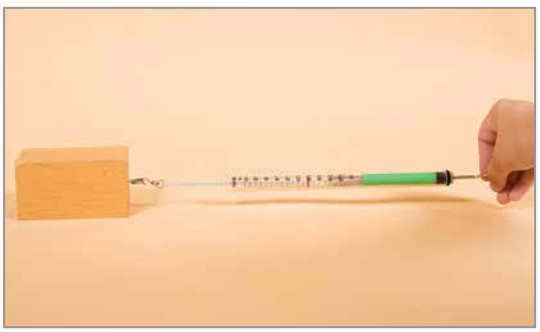
10. Do vlakovej súpravy sú zapojené dve lokomotívy. Jedna lokomotíva súpravu ťahá a druhá ju tlačí. Ťahajúca lokomotíva pôsobí na vlak silou 500 kN a tlačiaca lokomotíva 400 kN.

a) Nakresli schému opísanej situácie a graficky znázorni pôsobenie síl lokomotív na súpravu. *(Zvoľ si na znázornenie síl mierku.)*

b) Aká je výslednica pôsobiacich síl? *(Pri odpovedi nezabudni, že sila má veľkosť aj smer.)*

11. Nameraná hodnota atmosférického tlaku je 96 000 Pa. Túto hodnotu chceme overiť rúrkou, ktorá je na jednom konci uzavretá. Pred meraním rúrku naplníme glycerolom (hustota glycerolu $\rho = 1\,200\ \frac{kg}{m^3}$). Aká dlhá musí byť rúrka?

12. Kváder ťaháme po stole silomerom.



a) Graficky znázorni pôsobenie trecej sily a sily, ktorou ťaháme kváder po stole.

b) Navrhni spôsob, ako by si treciu silu v situácii na obrázku *zväčšil*.

c) Navrhni spôsob, ako by si treciu silu v situácii na obrázku *zmenšil*.

Pohyb telesa

Svet okolo nás je plný pohybu. Pohybujú sa dopravné prostriedky, ľudia, zvieratá, časti strojov, rastliny. Pozrime sa bližšie na niekoľko príkladov pohybu.

Dopravné prostriedky – autá, lietadlá, lode, vlaky – nám uľahčujú život. Aby sa pohybovali bezpečne, musia sa riadiť určitými pravidlami, ktoré obmedzujú ich rýchlosť alebo predpisujú smer ich pohybu. Rýchlosť áut sa meria tachometrami alebo radarmi dopravnej polície.

Tréneri bežcov, rýchlokorčuliarov alebo lyžiarov skúmajú pohyb svojich zverencov a snažia sa ich pripraviť tak, aby boli vo svojej disciplíne čo najrýchlejší. Ich výkony treba veľmi presne merať – napr. pomocou elektronických stopiek a fotočlánkov.

Niektoré živočíchy sa presúvajú medzi rôznymi časťami krajiny alebo aj medzi kontinentmi. Známa je každoročná migrácia vtákov medzi teplými a chladnejšími oblasťami, alebo pohyb jelenej zveri, putujúcej za potravou. Pohyb živočíchov skúmajú biológovia, aby získali poznatky potrebné na zachovanie biologickej rovnováhy v krajine. Biológovia skúmajú aj pohyby rastlín, aby sa dozvedeli, od čoho závisí rýchlosť ich rastu a mohli ovplyvňovať rast stromov alebo poľnohospodárskych rastlín.

Na pochopenie sveta je veľmi dôležité skúmanie pohybov nebeských telies – Slnka, planét, komét, asteroidov... Vďaka fyzikom a astronómom poznáme zákonitosti, ktorými sa riadi ich pohyb, a vieme predvídať polohy, v ktorých sa budú nachádzať v určitom čase. Pohyb rakiet, kozmických sond, lodí a umelých družíc fyzici vopred podrobne plánujú a simulujú na počítačoch.

Skúmanie pohybu zasahuje do mnohých oblastí života. Skúmanie pohybu vychádza z pozorovaní a meraní, ktoré majú základ vo fyzike.

2.13 Opis pohybu telesa

Železničné priecestie je dopravnou križovatkou, kde možno v jednom okamihu pozorovať pohybujúci sa vlak, stojace autá, ľudí vo vlaku i mimo neho. Ak sme pozorovateľmi v blízkosti závor a mali by sme opísať situáciu z hľadiska pohybu, tak vlak, autá a ľudia sa môžu k nám približovať, prípadne sa od nás vzďaľovať, inak povedané, sú **v pohybe**. Závory, domy či stojace autá sú **v pokoji**, nemenia svoju polohu. Inak sa však javí situácia cestujúcim vo vlaku.

Obr. 104 Určovanie pokoja a pohybu

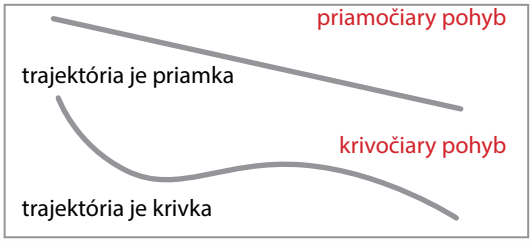
Kniha položená pri okne v kupé vagóna či cestovná taška na polici pre batožinu sú z pohľadu cestujúceho vo vlaku v pokoji. Zato pozorovateľ pri závorách alebo na nástupišti vidí, že cestujúci aj predmety vo vagóne sa pohybujú spolu s vlakom.

Pohyb telesa spravidla opisujeme tak, že si zvolíme predmet, vzhľadom na ktorý sa teleso pohybuje alebo je v pokoji. Vzhľadom na spustené závory sa ľudia a autá nachádzajú v pokoji a sledujú, ako sa vzhľadom na tie isté závory pohybuje vlak. Keď vlak prejde, ľudia a autá sa začnú pohybovať – menia svoju polohu vzhľadom na zdvihnuté závory.

Pokoj a pohyb telies sa určuje vzhľadom na niečo – vzhľadom na zem, závory, steny pohybujúceho sa vagóna, steny letiaceho lietadla. Väčšinou však pohyb alebo pokoj telies spájame s povrchom Zeme.

Pri zjazdovom lyžovaní môžeme rozlíšiť podľa stopy lyžiara, či sa pohyboval po rovnej čiare dolu svahom, alebo zanechával za sebou stopu v tvare krivky, napr. pri slalome.

Na oblohe často môžeme pozorovať stopu, kadiaľ letelo lietadlo. Čiara, ktorú teleso pri pohybe opisuje, sa nazýva **trajektória**.



Pohyb telesa

Ak poznáme trajektóriu pohybu, vieme rozhodnúť, či teleso konalo **priamočiary pohyb**, alebo **krivočiary pohyb**.

Tak ako lyžiar, aj lietadlá pri lete zanechávajú za sebou, ak sú dostatočne vysoko na oblohe, hmlovú stopu – trajektóriu. Trajektória je množina bodov, ktoré znázorňujú, kadiaľ teleso prešlo.

Napríklad lietadlo štartovalo v Bratislave a pristálo v Moskve. Na *obr. 105* vidíme trajektóriu lietadla v podobe hmlovej stopy. Meracie prístroje na palube lietadla namerali vzdialenosť Bratislava – Moskva 2 104 km. Prístroje namerali dráhu pohybu v jednotkách dĺžky, najčastejšie to býva v km.

Obr. 105 Trajektória letu lietadla vo vzduchu a na mape

Dráhu pohybu vieme zistiť aj odmeraním dĺžky zobrazenej čiary na mape. Potrebujeme si zistiť mierku zobrazenia na mape. Dĺžka čiary, po ktorej sa teleso pohybovalo, sa nazýva dráha pohybu. **Dráha pohybu** (označuje sa *s*) je fyzikálna veličina, ktorá sa meria v jednotkách dĺžky.

Podľa tvaru trajektórie delíme pohyby na priamočiare a krivočiare.
Dráha je fyzikálna veličina a má značku *s*.
Jednotky, v ktorých sa dráha určuje, sú rovnaké ako jednotky dĺžky.
Základnou jednotkou je meter (m).

Rieš úlohy

1. V letiacom lietadle sú na palube deti a sedia na sedadlách pri okne. Letuška sa pohybuje pomedzi sedadlá.

a) Opíš situáciu, ako sa z hľadiska pohybu javia deti letuške.

b) Opíš situáciu, ako by sa javili deti pozorovateľovi, ktorý by sa díval na lietadlo zo zeme.

2. Planéty slnečnej sústavy, medzi nimi aj naša Zem, sa pohybujú po trajektóriách, ktoré majú tvar elipsy. Vzhľadom na ktoré teleso sa určuje trajektória pohybu planét?

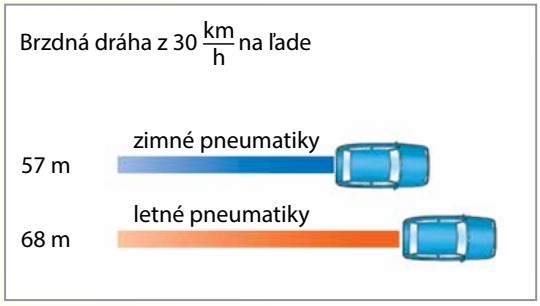
3. Predstav si, že zo stromu za bezveterného dňa padá gaštan a list.

a) Opíš tvar trajektórií ich pádu.

b) Kedy by sme hovorili, že list a gaštan prešli určitú dráhu?

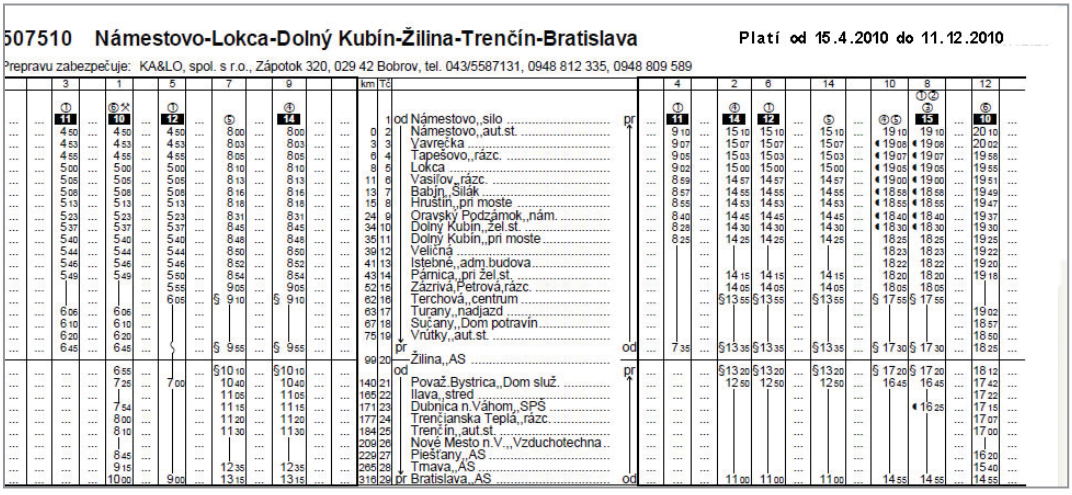
c) Vymysli niekoľko ďalších príkladov na rozlíšenie pojmov trajektória a dráha.

Vieš, že... pri dopravnej nehode je dôležité zistiť, akú vzdialenosť prešlo auto od začiatku brzdenia až po zastavenie, teda určiť brzdnú dráhu auta. Na dĺžku brzdnej dráhy má vplyv, okrem rýchlosti vozidla, aj kvalita vozovky a jej teplota, ako aj kvalita pneumatík. Aká je brzdná dráha auta z počiatočnej rýchlosti 30 $\frac{km}{h}$, vidíme na obrázku.



2.14 Pohyb rovnomerný a nerovnomerný

Pri opise pohybu auta, cyklistu, vlaku a mnohých ďalších objektov nás zaujíma dráha, ktorú objekt prešiel, a čas, ktorý pri jeho pohybe uplynul. Dráha, ktorú prejdú verejné dopravné prostriedky, napr. v autobusovej, vlakovej a leteckej doprave, sa meria čo najpresnejšie a podľa dráhy sa vypočítava aj cestovné, ktoré má cestujúci zaplatiť. Hodnoty času medzi zastávkami sa uvádzajú v cestovných poriadkoch a v dopravných grafikonoch.


507510 Námestovo-Lokca-Dolný Kubín-Žilina-Trenčín-Bratislava Platí od 15.4.2010 do 11.12.2010

Prepravu zabezpečuje: KA&LO, spol. s r.o., Zápotok 320, 029 42 Bobrov, tel. 043/5587131, 0948 812 335, 0948 809 589

km	TC		
0	1	od	Námestovo,,silo
2	2		Námestovo,,aut.st.
3	3		Vavrečka
6	4		Tapešovo,,rázc.
8	5		Lokca
11	6		Vasiľov,,rázc.
13	7		Babín,,Šiľák
15	8		Hruštín,,pri moste
24	9		Oravský Podzámok,,nám.
34	10		Dolný Kubín,,žel.st.
36	11		Dolný Kubín,,pri moste
39	12		Veličná
41	13		Istebné,,adm.budova
43	14		Párnica,,pri žel.st.
52	15		Zázrivá,Petrová,rázc.
62	16		Terchová,,centrum
63	17		Turany,,nadjazd
67	18		Sučany,,Dom potravín
75	19		Vrútky,,aut.st.
		pr	
99	20		Žilina,,AS
		od	
140	21		Považ.Bystrica,,Dom služ.
165	22		Ilava,,stred
171	23		Dubnica n.Váhom,,SPS
177	24		Trenčianska Teplá,,rázc.
184	25		Trenčín,,aut.st.
209	26		Nové Mesto n.V.,,Vzduchotechna
229	27		Piešťany,,AS
265	28		Trnava,,AS
316	29	pr	Bratislava,,AS
		od	

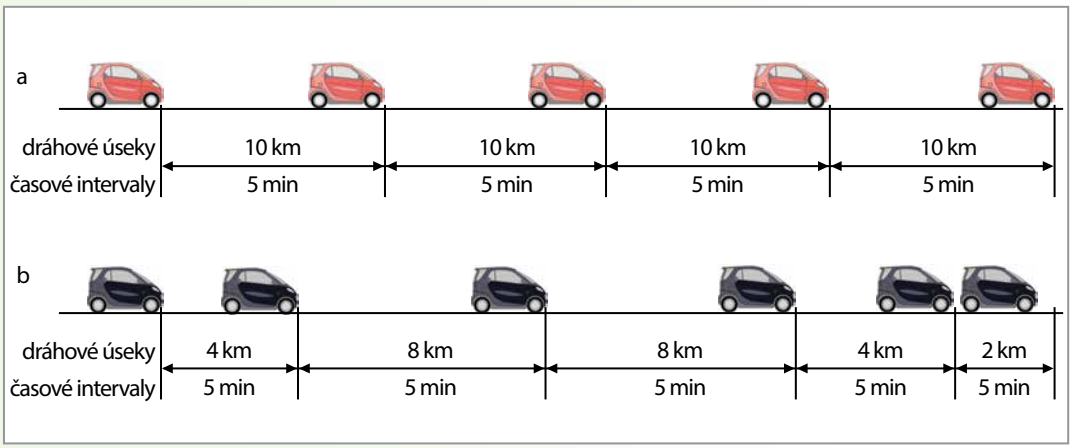
Pri ceste autom nás zaujíma vzdialenosť z východiska do cieľa cesty – dráha, po ktorej sa bude auto pohybovať. Podľa dĺžky dráhy vieme odhadnúť čas, ktorý bude potrebný na cestu. Dopredu vieme, že na ceste nás stretnú rôzne obmedzenia, prekážky, napr. obmedzenia rýchlosti v obci, nekvalitný povrch cesty alebo námraza. Preto vieme, že rovnaké úseky dráhy neprejdeme za rovnaký čas. Pri jazde na diaľnici môžeme obvykle ísť dlhší čas rovnakou rýchlosťou, rovnaké úseky dráhy prejdeme v navzájom rovnakých časových intervaloch.

Preskúmajme cestu dvoch áut v päťminútových intervaloch a urobme z ich pohybu záznam.

Úloha

Dve autá, červené a čierne, vyšli súčasne z parkoviska a pohybujú sa po diaľnici. Po určitom čase jazdy začneme sledovať ich pohyb tak, že zaznamenáme v päťminútových časových intervaloch dĺžky dráhových úsekov, ktoré autá prešli. Záznam dráhových úsekov a časových intervalov ich pohybu je na *obr. 106*.

Červené auto sa počas merania pohybovalo stále rovnakou rýchlosťou.



Obr. 106 Záznam pohybu dvoch áut

- Doplň do tabuliek hodnoty času a dráhy pre obidve autá.
- Z hodnôt času a dráhy zostroj grafy.

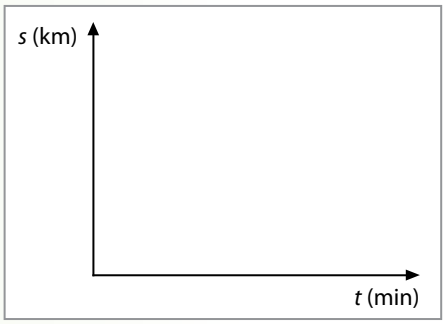
POSTUP

a) Doplň do nasledujúcej tabuľky, ktorú si prekreslíš do zošita, hodnoty času a dráhy z *obr. 106a*.

Tabuľka: Záznam hodnôt času a dráhy z obr. 106a

Čas od začiatku merania t (min)	0	5	10		
Celková dráha od začiatku merania s (km)	0	10			

b) Z dvojíc hodnôt času a dráhy v tabuľke zostroj graf a pomenuj ho.



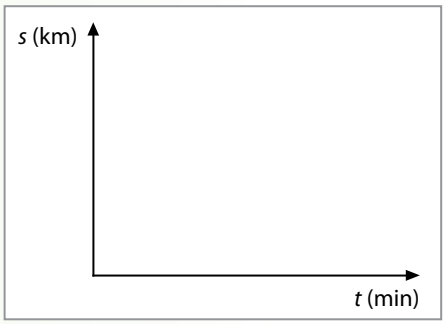
Poznámka: Pri zápise hodnôt t, s do tabuľky a pri kreslení grafu môžeš použiť program so súborom Draha-Cas01.cma zostaveným v C6lite.
Dostupné na www.fyzikus.fmph.uniba.sk

c) Nakresli si do zošita aj nasledujúcu tabuľku a doplň do nej hodnoty času a dráhy z *obr. 106b*.

Tabuľka: Záznam hodnôt času a dráhy z obr. 106b

Čas od začiatku merania *t* (min)	0	5	10			
Celková dráha od začiatku merania *s* (km)	0	4				

d) Z dvojíc hodnôt času a dráhy v tabuľke zostroj graf a pomenuj ho.

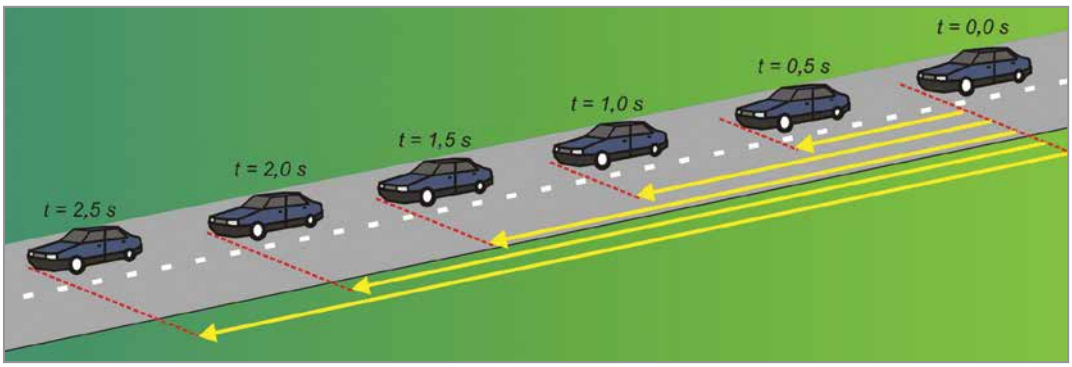


Poznámka: Pri zápise hodnôt *t*, *s* do tabuľky a pri kreslení grafu môžeš použiť program so súborom Draha-Cas02.cma zostaveným v C6lite.
Dostupné na www.fyzikus.fmph.uniba.sk

ODPOVEDZ

1. Opíš pohyb červeného auta na *obr. 106a* a čierneho auta na *obr. 106b*. Aký je rozdiel medzi pohybom červeného a čierneho auta? Vysvetli svoju odpoveď.
2. Predpokladaj, že červené auto sa bude pohybovať aj po dvadsiatich minútach naďalej stále rovnako. Vieš povedať, akú dráhu prejde za 1 h?
3. Porovnaj priebeh grafov pre červené a pre čierne auto. V čom je ich priebeh rozdielny?
4. Predpokladaj, že jedno z áut, červené alebo čierne, v priebehu merania zastalo, napr. preto, že vodič musel telefonovať. Ako by sa táto skutočnosť prejavila na čiare grafu?

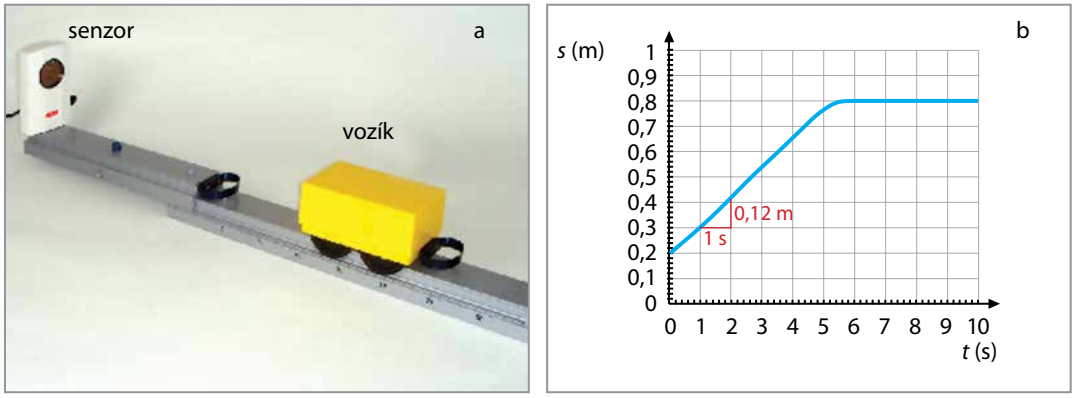
Červené auto na *obr. 106* v rovnakých časových intervaloch prešlo rovnaké úseky dráhy. Auto sa pohybovalo rovnomerne, hovoríme, že konalo **rovnomerný pohyb**.



Rovnomerné narastanie dráhy auta sa prejaví aj na grafe. Pri rovnomernom pohybe graf závislosti dráhy od času má tvar priamky.

Čierne auto na *obr. 106* v rovnakých časových intervaloch neprešlo rovnaké úseky dráhy. Auto sa pohybovalo nerovnomerne, hovoríme, že konalo **nerovnomerný pohyb**. Nerovnomerné narastanie dráhy auta sa prejaví na grafe. Pri nerovnomernom pohybe graf závislosti dráhy od času má tvar krivky.

Pri skúmaní pohybu môžeme na snímanie dráhy použiť senzor pohybu. Senzor býva pripojený na počítač, ktorý potom zaznamenaný pohyb zobrazí, napr. ako graf závislosti dráhy od času. Takéto snímanie pohybu vozíka je znázornené na *obr. 107*. Na *obr. 107a* je fotografia zariadenia a na *obr. 107b* je zaznamenaný pohyb grafom závislosti dráhy od času.

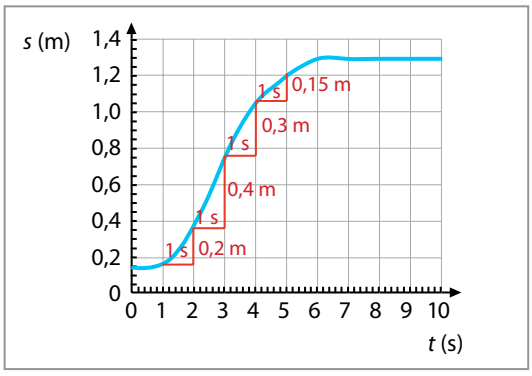


Obr. 107 Záznam pohybu vozíka pomocou senzora a grafického zobrazenia na počítači

Z grafu môžeme vyčítať:

- Senzor snímal pohyb vozíka 10 s.
- V čase $t = 0$ sa čiara grafu nezačína v bode $s = 0$, ale až vo vzdialenosti 0,2 m od senzora. Keď sme začali merať čas, vozík už prešiel vzdialenosť 0,2 m. Hovoríme, že v čase $t = 0$ **začiatočná hodnota vzdialenosti** vozíka od senzora má hodnotu $s = 0{,}2$ m.
- V časovom intervale od 0 s až do času 5,5 s sa vzdialenosť vozíka od senzora zväčšuje každú sekundu o 0,12 m (presvedč sa o tom meraním na grafe). Dráha rovnomerne narastá – pohyb vozíka je **rovnomerný pohyb**.
- V čase od 5,5 s vzdialenosť vozíka od senzora sa nemenila. Vidíme, že od času 5,5 s bola vzdialenosť vozíka od senzora stále rovnaká, približne $s = 0{,}8$ m. V čase $t = 5{,}5$ s sa zrejme pohyb vozíka zastavil a jeho vzdialenosť od senzora sa nemenila.

Pomocou senzora a počítača môžeme zosnímať aj iný pohyb vozíka. Jeho grafický záznam je na *obr. 108*. Z grafu vieme vyčítať, že vozík prešiel v rovnakých časových intervaloch rozdielnu dráhu. Takýto pohyb telesa označujeme ako nerovnomerný pohyb. Bežne sa telesá pohybujú tak, že istý čas sa pohybujú rovnomerným a istý čas nerovnomerným pohybom.



Obr. 108 Graf závislosti dráhy od času

2.14 Pohyb rovnomerný a nerovnomerný

Pri niektorých pohyboch sa sústavne zväčšujú dráhové úseky, ktoré teleso prejde v navzájom rovnakých časových intervaloch. Tak sa správajú napr. padajúce telesá (pozri obrázok vpravo) alebo rozbiehajúce sa dopravné prostriedky – vlaky, automobily, štartujúce letadlá. Pohyb s týmito vlastnosťami sa nazýva **zrýchlený pohyb**.

Pri iných pohyboch sa sústavne zmenšujú dráhové úseky, ktoré teleso prejde v navzájom rovnakých časových intervaloch. Tak sa správajú napr. dopravné prostriedky, ktoré brzdia pred zastavením, a preto konajú **spomalený pohyb**.

Teleso koná rovnomerný pohyb, ak v navzájom rovnakých časových intervaloch prejde rovnaké dráhové úseky.

Teleso koná nerovnomerný pohyb, ak v navzájom rovnakých časových intervaloch prejde rôzne dráhové úseky.

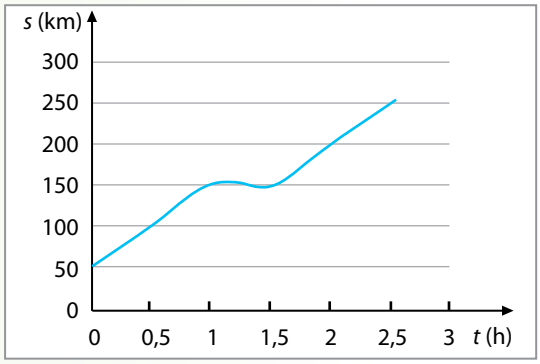
Rieš úlohy

1. Na obrázkoch sú znázornené situácie – pohyb lyžiarov (kabíny s lyžiarmi) na vleku a zjazd lyžiarov dolu svahom. Opíš pohyb kabíny s lyžiarmi na vleku a porovnaj ho so zjazdom lyžiarov dolu svahom.

2. Let lietadla možno rozdeliť na tri základné časti: štart, let v ustálenej výške a pristávanie. Opíš pohyb lietadla v každej časti letu.

3. V obchodných centrách, podchodoch, v budovách letísk sa používajú pohyblivé schody – eskalátory, prípadne pohyblivé chodníky. Navrhni meranie a záznam z merania, ktorým by si dokázal, že ich pohyb je rovnomerný.

4. Na grafe závislosti dráhy od času je zaznamenaný pohyb auta. Odpovedz na otázky čítaním hodnôt z grafu.



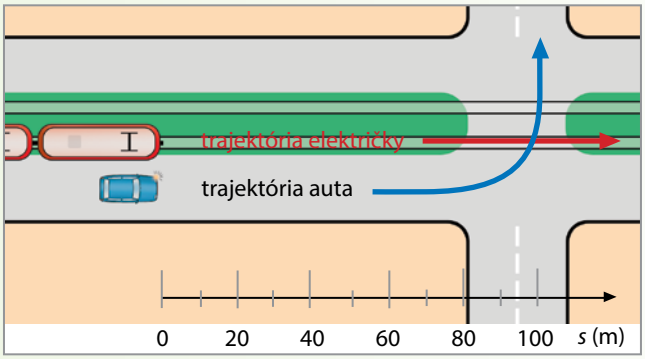
a) Prešlo auto nejakú dráhu skôr, ako sa začal merať čas?

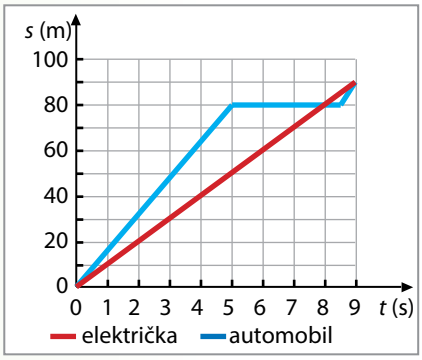
b) Urči z grafu dráhu od začiatku merania do konca prvej hodiny.

c) Čo môžeš povedať o pohybe auta v čase od 1 h do času 1,5 h?

d) Akú celkovú dráhu prešlo auto počas merania času?

5. Na nasledujúcom obrázku vľavo je dopravná situácia – auto a električka pri súbežnej jazde. Na križovatke má auto odbočiť doľava. Znázornené sú trajektórie obidvoch vozidiel.





Vpravo sú zobrazené grafy závislosti dráhy od času obidvoch vozidiel.

a) Poznáte dopravný predpis, podľa ktorého môže auto odbočiť doľava? Musí dať prednosť v jazde električke?

b) Opíšte dopravnú situáciu, zatiaľ bez ohľadu na priebeh grafov. Vysvetlite, čo všetko sa môže prihodiť, ak je električka veľmi pomalá voči autu, alebo, naopak, ak sa auto pohybuje podstatne pomalšie. Ako to dopadne, ak sú obidve vozidlá približne rovnako rýchle?

c) Opíšte teraz dopravnú situáciu v súvislosti s priebehom grafov závislosti dráhy od času. Aký druh pohybu koná električka a ako sa pohybuje auto?

d) Ktoré vozidlo sa dostalo ku križovatke ako prvé? O koľko sekúnd skôr?

e) Zastavilo sa niektoré vozidlo počas sledovaných deviatich sekúnd?

Zisti si informácie o svetových rekordoch v behu na dĺžku tratí podľa tvojho výberu. Zo zistených údajov zostroj tabuľku. Zaznamenaj si zdroj informácií.

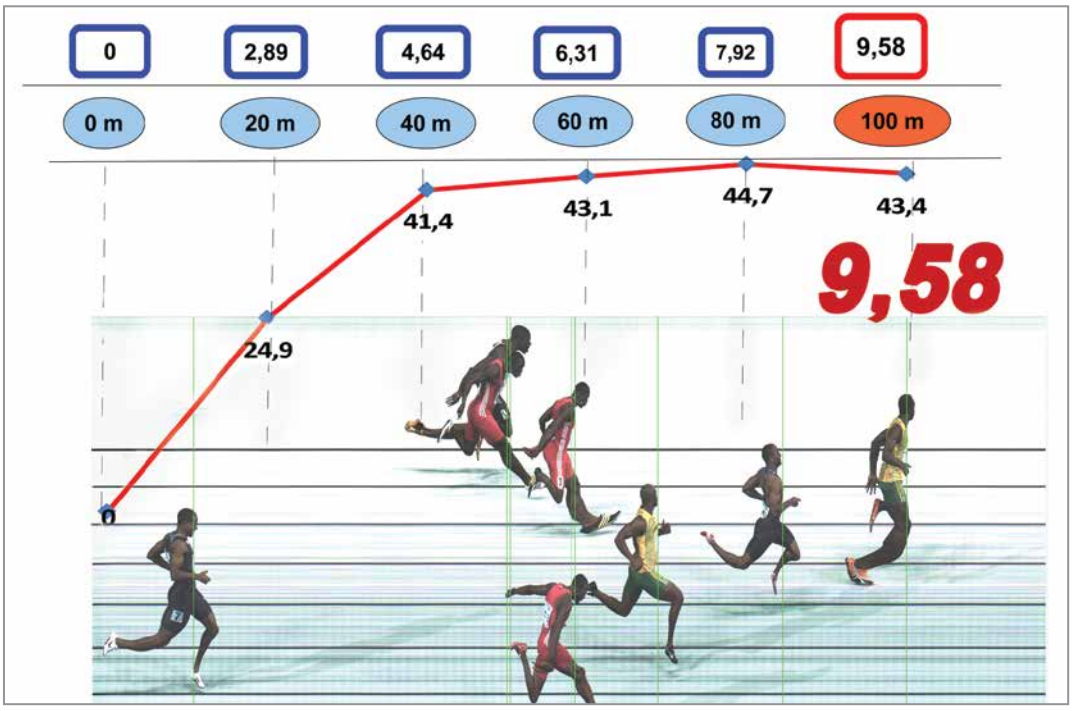
2.15 Rýchlosť pohybu

Mnohé športy, ako napr. bežecké atletické disciplíny alebo automobilové preteky, sú zamerané na dosahovanie čo najväčšej rýchlosti. Preto už počas pretekov sa obyčajne dráha rozdelí na kratšie dráhové úseky a zaznamenáva sa čas, za ktorý športovec alebo pretekárske auto prejde určitý dráhový úsek. A tak už počas pretekov je často známe, či má bežec šancu prekonať osobný, alebo svetový rekord.

Pri behu na 100 m po štarte najprv rýchlosť bežca narastá. Dráhové úseky, ktoré prejde za navzájom rovnaké časové intervaly, sa postupne zväčšujú. Potom na niektorých dráhových úsekoch beží stálou, konštantnou rýchlosťou – rovnomerným pohybom. Pred cieľom sa obvykle jeho pohyb opäť zrýchli. Bežec, ktorý si zle rozvrhol sily, je v cieľovej rovine vyčerpaný a spomaľuje.

Držiteľom svetového rekordu v behu na 100 m je od roku 2009 Jamajčan Usain Bolt s časom 9,58 s. Počas jeho behu bol po každých 20 m dráhy zaznamenaný čas.

Využitím údajov z *obr. 109* sa naučíme počítať rýchlosť, presnejšie priemernú rýchlosť na dvadsaťmetrových úsekoch dráhy.



Obr. 109 Záznam dráhy a času pri svetovom rekorde v behu na 100 m

Úloha 1

Vypočítaj rýchlosti, akými sa v dvadsaťmetrových úsekoch dráhy pohyboval svetový rekordér v behu na 100 m. Opíš jeho pohyb.

POSTUP

a) Zisti z *obr. 109* časy, ktoré bežec potreboval na prebehnutie jednotlivých dvadsaťmetrových úsekov dráhy, a zapíš ich do tabuľky v zošite. Tabuľku si prekresli do zošita.

Tabuľka: Hodnoty úsekov dráhy a ich časové intervaly pri rekordnom behu na 100 m

Dráha s (m)	0 – 20	20 – 40	40 – 60	60 – 80	80 – 100
Čas t (s)	2,89	4,64 – 2,89 = 1,75			
Rýchlosť na úseku dráhy $(\frac{m}{s})$					

b) Vypočítaj rýchlosti, ktorými sa bežec pohyboval na jednotlivých úsekoch dráhy s dĺžkou 20 m. Dráhu 20 m vydeľ príslušným časom. Hodnoty zapíš do tretieho riadka tabuľky. Vypočítal si priemernú rýchlosť pohybu na každých 20 m dráhy.

Pohyb telesa

ODPOVEDZ

1. Zabehol športovec všetky dvadsaťmetrové úseky dráhy za rovnaký čas?
2. Pohyboval sa na celej dráhe 100 m rovnomerným alebo nerovnomerným pohybom?
3. Ktorý dvadsaťmetrový úsek bežal najrýchlejšie?

Dôležitou fyzikálnou veličinou, ktorá opisuje pohyb telies, je **rýchlosť pohybu**, značka v.

Veľkosť rýchlosti vypočítame ako podiel dráhy a času, za ktorý teleso dráhu prešlo.

$$\text{rýchlosť} = \frac{\text{dráha}}{\text{čas}} \quad \text{alebo} \quad v = \frac{s}{t} \quad \text{alebo} \quad v = s : t$$

Výpočtom rýchlosti zisťujeme dráhu, ktorú teleso prejde za jednotku času.

Jednotka rýchlosti nemá zvláštne pomenovanie. Môžeme ju vyjadriť, ak do posledného vzťahu dosadíme jednotky za veličiny dráhu a čas.

$$\text{jednotka rýchlosti} = \frac{\text{jednotka dráhy}}{\text{jednotka času}} = \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ (meter za sekundu)}$$

Rýchlosť zvykneme vyjadrovať aj pomocou iných jednotiek. Tak napr. pri pohybe dopravných prostriedkov je to **kilometer za hodinu** ($\frac{\text{km}}{\text{h}}$), pri pohybe kozmických lodí sa používa jednotka **kilometer za sekundu** ($\frac{\text{km}}{\text{s}}$) a pod. (pozri napr. tabuľku na str. 156).

Stáva sa, že potrebujeme premeniť jednotky rýchlosti, najčastejšie $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ na $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ alebo opačne. Prepočet rýchlostí si ukážeme na príklade:

Turista sa pohybuje priemernou rýchlosťou 3,6 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Aká je jeho rýchlosť v metroch za sekundu?

Zapíšeme a prepočítame jednotky rýchlosti nasledujúcim spôsobom:

$$v = 3{,}6\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

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

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{3{,}6\ \text{km}}{1\ \text{h}} = \frac{3\,600\ \text{m}}{3\,600\ \text{s}} = 1\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Pri premene hodnôt rýchlosti z $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ na $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ platí:

$$1\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3{,}6\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Vrátime sa k výpočtom behu na 100 m. Vieme, že bežec sa nepohyboval rovnakou rýchlosťou na celej dĺžke trati, ba ani na dvadsaťmetrových úsekoch. Jeho pohyb bol **nerovnomerný**. Pri nerovnomernom pohybe zavádzame tzv. **priemernú rýchlosť pohybu**, značíme ju v_p.

Ak nás zaujímala napr. priemerná rýchlosť na prvých dvadsiatich metroch behu, tak sme počítali s časom, za ktorý tento úsek dráhy prebehol (2,89 s). Priemerná rýchlosť bežca bola 6,92 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Pritom vieme, že pri štarte sa iba rozbiehal a na konci dvadsaťmetrového úseku bola jeho rýchlosť väčšia.

Úloha 2

V úlohe 1 si vypočítal priemerné rýchlosti bežca na dvadsaťmetrových úsekoch dráhy, uvedené v jednotkách $\frac{m}{s}$.

POSTUP

a) Vypíš vypočítané priemerné hodnoty rýchlosti z predchádzajúcej úlohy do nasledujúcej tabuľky v zošite a prepočítaj ich na hodnoty v jednotkách $\frac{km}{h}$. Porovnaj svoje hodnoty s hodnotami na *obr. 109*.

Tabuľka: Vypočítané hodnoty priemerných rýchlostí v 20 m úsekoch

Dráha s (m)	0 – 20	20 – 40	40 – 60	60 – 80	80 – 100
Priemerná rýchlosť v ($\frac{m}{s}$)					
Priemerná rýchlosť v ($\frac{km}{h}$)					

b) Vypočítaj priemernú rýchlosť pre celú dráhu, teda 100 m, v jednotkách $\frac{m}{s}$ a prepočítaj ju aj na $\frac{km}{h}$.

ODPOVEDZ

Zhodujú sa vypočítané hodnoty s hodnotami uvedenými na *obr. 109*?

Priemernú rýchlosť pohybu bežca vypočítame tak, že celkovú dráhu, v našom prípade $s = 100$ m, vydelíme časom, ktorý pri behu uplynul, t. j. $t = 9{,}58$ s.

Poznámka: Pozor – často sa pri výpočte priemernej rýchlosti robí rovnaká chyba. Priemerná rýchlosť sa počíta nesprávne ako aritmetický priemer rýchlostí na jednotlivých dráhových úsekoch. Rýchlosti sa spočítajú a výsledok sa vydelí počtom úsekov.

Ukážeme nesprávny a potom správny postup výpočtu a výsledky porovnáme:

Nesprávny postup výpočtu priemernej rýchlosti:

Z *obr. 109* zistíme hodnoty priemerných rýchlostí na piatich dvadsaťmetrových úsekoch dráhy. Vypočítame aritmetický priemer rýchlostí – rýchlosti spočítame a vydelíme piatimi:

$$(24{,}9\ \frac{km}{h} + 41{,}1\ \frac{km}{h} + 43{,}1\ \frac{km}{h} + 44{,}7\ \frac{km}{h} + 43{,}4\ \frac{km}{h}) : 5 = 197{,}2\ \frac{km}{h} : 5 = 39{,}4\ \frac{km}{h}$$

– nesprávna hodnota priemernej rýchlosti.

Správny postup výpočtu priemernej rýchlosti:

Správnu hodnotu priemernej rýchlosti pri behu na 100 m vypočítame, ak celkovú dráhu ($s = 100$ m) vydelíme odmeraným časom bežca ($t = 9{,}58$ s):

$$v_p = \frac{s}{t} = \frac{100\ m}{9{,}58\ s} = 10{,}4\ \frac{m}{s}$$

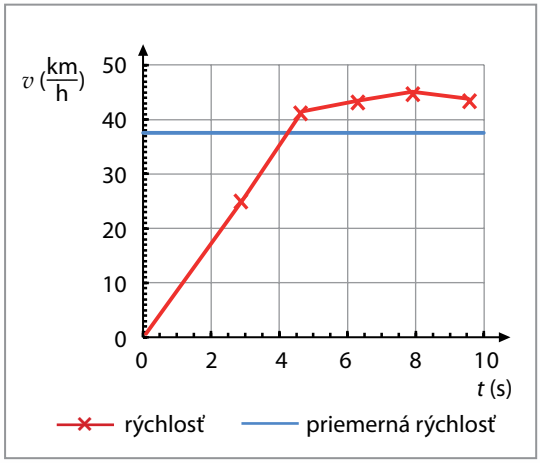
$$v_p = 10{,}4\ \frac{m}{s} = 10{,}4 \cdot 3{,}6\ \frac{km}{h} = 37{,}6\ \frac{km}{h}$$ – správna hodnota priemernej rýchlosti.

Vidíme, že nesprávne vypočítaná hodnota sa od priemernej rýchlosti odlišuje takmer o 2 $\frac{km}{h}$.

Pri opise pohybu sa často využíva graf. Grafom možno znázorniť aj časový priebeh rýchlosti.

Pokiaľ teleso koná rovnomerný pohyb – prejde rovnaké úseky dráhy za rovnaký čas, pohybuje sa stálou rýchlosťou. Grafom časového priebehu rýchlosti je rovná čiara. Reálny pohyb býva často pohyb zložený z rovnomerného aj nerovnomerného pohybu.

Z hodnôt rýchlostí, odmeraných na dvadsaťmetrových úsekoch dráhy pri rekordnom behu (pozri *obr. 109* na str. 151), zostrojíme graf rýchlosti v závislosti od času.



Z grafu časového priebehu rýchlosti vieme vyčítať, že v čase od 0 s do 4,5 s jeho rýchlosť pravidelne rástla, športovec konal zrýchlený pohyb. Zo štartu, kde sa nepohyboval (rýchlosť 0 $\frac{km}{h}$), vzrástla rýchlosť bežca až na hodnotu 41,1 $\frac{km}{h}$. V časovom intervale od 4,5 s do 8 s rýchlosť narastala pozvoľnejšie. Nakoniec v časovom intervale od 8 s do 9,5 s rýchlosť pretekára mierne klesala. Boltova priemerná rýchlosť bola 37,58 $\frac{km}{h}$ (zaokrúhlene 37,6 $\frac{km}{h}$) tak, ako je to znázornené v grafe.

Okrem športových svetových rekordov, ktoré si mnoho ľudí pamätá, je pre vedcov dôležitá hodnota rýchlosti, ktorá sa považuje za najvyššiu možnú rýchlosť. Ide o rýchlosť šírenia svetla vo vákuu – 300 000 $\frac{km}{s}$. Zatiaľ sa vedci v laboratóriu pokúšajú v súvislosti s elementárnymi časticami túto rýchlosť dosiahnuť.

Obr. 110 Tachometer v automobile a na bicykli

Vodiči, meteorológovia, dopravná polícia, cyklisti, športovci a ďalší potrebujú pri výkone svojej profesie merať rýchlosť. V dopravných prostriedkoch sa používa na meranie rýchlostí **tachometer**. Na *obr. 110* je automobilový tachometer a tachometer, ktorý používajú bicyklisti.

Princípom merania je zaznamenávanie počtu otáčok kolies za sekundu. Tachometer dokáže z veľmi krátkych časových intervalov a krátkych dráh okamžite vyhodnotiť a zaznamenať rýchlosť pohybu vozidla. Tachometer zaznamenáva **okamžitú rýchlosť** pohybu vozidla.

Vo fyzike v 7. ročníku ste si zhotovovali meradlo na meranie rýchlosti vetra, ktoré sa nazývalo **anemometer**. Z uhla, o ktorý sa vychýlila pingpongová loptička od zvislého smeru, ste z tabuľky určovali rýchlosť vetra v metroch za sekundu. Na *obr. 111* je spomínaný anemometer a tiež digitálny prístroj, ktorý rýchlosť otáčania vrtuľky prenáša priamo na displej.

Veľkosť uhla (°)	Rýchlosť vetra ($\frac{m}{s}$)	Veľkosť uhla (°)	Rýchlosť vetra ($\frac{m}{s}$)
90	0	57	7
89	1,2	54	7,5
88	1,6	50	8
87	2	47	8,5
85	2,5	43	9
83	3	40	9,5
81	3,5	37	10
78	4	35	10,5
75	4,5	32	11
72	5	30	11,5
69	5,5	28	12
65	6	26	12,5
61	6,5	24	13

Obr. 111 Žiacky anemometer a tabuľka na zisťovanie rýchlostí, digitálny anemometer

Meranie rýchlostí **radarom** je založené na oveľa zložitejšom fyzikálnom princípe.

Obr. 112 Radar

Radar je najpoužívanejším zariadením, ktorým polícia meria rýchlosť. Súčasné policajné radary spravidla merajú hodnoty rýchlosti od 10 $\frac{km}{h}$ do 250 $\frac{km}{h}$ zo vzdialenosti približne 60 m.

Rýchlosť je fyzikálna veličina, má značku v. Rýchlosť rovnomerného pohybu vypočítame ako podiel dráhy a času, za ktorý teleso dráhu vykonalo, $v = \frac{s}{t}$.

Pre nerovnomerný pohyb počítame priemernú rýchlosť pohybu, značka v_p.

Okamžitú rýchlosť meriame meradlami rýchlosti, napr. tachometrom.

Jednotky rýchlosti sú:

$\frac{m}{s}$ (meter za sekundu), $\frac{km}{h}$ (kilometer za hodinu), $\frac{km}{s}$ (kilometer za sekundu)

$1\ \frac{m}{s} = 3{,}6\ \frac{km}{h}$

$1\ \frac{km}{s} = 3\,600\ \frac{km}{h}$

Rieš úlohy

1. V tabuľke sú uvedené priemerné hodnoty rýchlosti pohybu zvierat. Rýchlosti nie sú dané v rovnakých jednotkách. Uveď všetky rýchlosti v $\frac{km}{h}$. Tabuľku si prekresli do zošita.

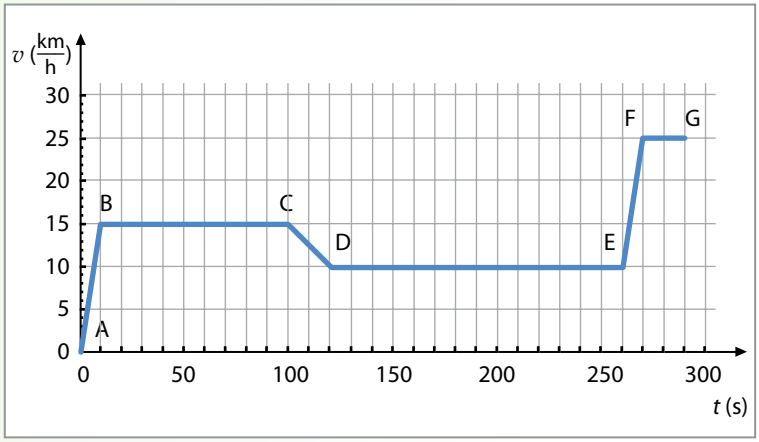
Tabuľka: Rýchlosti pohybu vybraných zvierat

Zviera	Rýchlosť	Rýchlosť ($\frac{km}{h}$)
leopard	30 $\frac{m}{s}$	
korytnačka	250 $\frac{m}{h}$	
delfín	20 $\frac{m}{s}$	
lastovička	2,8 $\frac{km}{min}$	
slimák	50 $\frac{m}{h}$	

Zisti si niekoľko informácií o rýchlostiach: napr. šírenia zvuku vo vzduchu, pohybu Zeme okolo Slnka a pod. Zo zistených údajov vytvor tabuľku. Zaznamenaj si zdroj informácií.

2. Bocian sa na zimu sťahuje do Afriky. V priemere denne letí 10 h a preletí okolo 650 km. Akou priemernou rýchlosťou sa bocian pohybuje?

3. Na grafe je zaznamenaný časový priebeh rýchlosti bicyklistu počas 5 min. Čítaním údajov z grafu odpovedz na otázky.



a) Ako sa menila rýchlosť v pohybu bicyklistu od 0 s do 10 s?

b) Akou rýchlosťou sa pohyboval od 10 s do 120 s?

c) V ktorom časovom intervale sa cyklista pohyboval rýchlosťou $v = 10$ $\frac{km}{h}$?

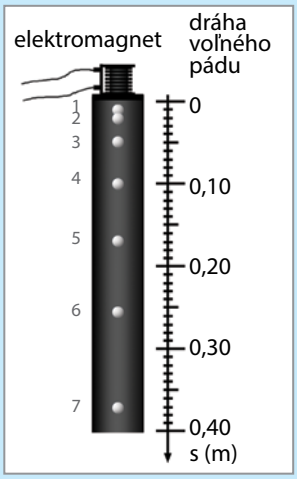
d) Akou najvyššou rýchlosťou sa pohyboval?

e) Nakoniec vymysli krátky príbeh, v ktorom opíšeš cestu bicyklistu tak, aby sa príbeh zhodoval s grafickým zobrazením jeho rýchlosti v závislosti od času.

4. Na obrázku je experimentálne zariadenie, na ktorom sme merali závislosť dráhy od času padajúcej železnej guľôčky. Na začiatku dráhy udržuje guľôčku elektromagnet. Po uvoľnení guľôčka padá. Jej polohu zaznamenáva fotografický aparát vždy po uplynutí času 0,045 s.

a) Navrhni tabuľku, do ktorej budeš zaznamenávať hodnoty času a dráhy, ktoré odčítaš z obrázka.

b) Zo zistených hodnôt zostroj graf závislosti dráhy od času.



Obr. 113 Znázornenie rovnomerného pohybu

Poznámka: Na spracovanie údajov môžete použiť súbor VolnyPad.cma zostavený v C6lite.
Dostupné na www.fyzikus.fmph.uniba.sk

Vieš, že... najrýchlejším cicavcom na svete, ktorý môže dosiahnuť rýchlosť až 120 $\frac{km}{h}$, je gepard, aj keď len na krátkych tratiach. Najrýchlejší vták je dážďovník, dosahuje rýchlosť až 180 $\frac{km}{h}$.

2.16 Dráha pohybu

Na turistických trasách sa stretneme so smerovkami, ktoré šípkou určujú smer cesty a daným časom nás orientujú, koľko by malo trvať, kým prídeme do cieľa.

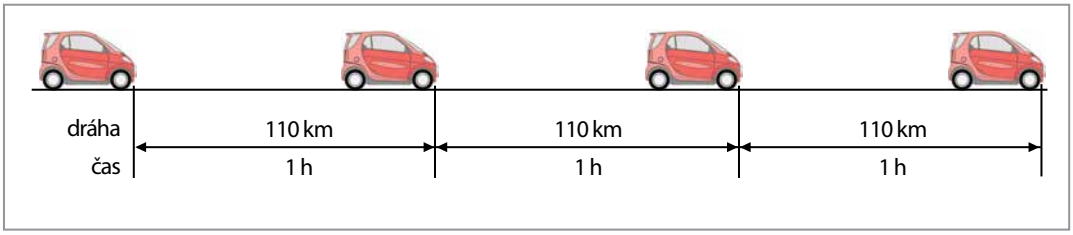
Značenie nič nehovorí o tom, ako ďaleko je cieľ našej cesty. Predpokladá sa, že rýchlosť, akou sa turista pohybuje pri pohodlnej chôdzi, je okolo 4 $\frac{km}{h}$. Teda ak je na smerovke napísané, že do cieľa našej cesty je 1 h 30 min chôdze, potom dĺžka našej cesty je približne 6 km.

Úvaha, ktorú má turista urobiť, je jednoduchá: Dráhu vypočíta tak, že rýchlosť chôdze vynásobí časom uvedeným na smerovke. Predpokladá sa, že turista sa bude pohybovať rovnomerným pohybom. Pôjde približne rovnakou rýchlosťou, nebude robiť prestávky.

Každý turista vie, že ide len o približné údaje.

Presnejšie možno odhadovať dráhu pri jazde autom. Ak predpokladáme, že pôjdeme po diaľnici stálou rýchlosťou napríklad 110 $\frac{km}{h}$, ľahko si spočítame, akú dráhu auto prejde za 1 h, 2 h a pod. Predpokladáme pritom, že sa auto bude pohybovať rovnomerným pohybom so stálou rýchlosťou.

Na obrázku je znázornené auto, ktoré sa pohybuje rovnomerným pohybom po diaľnici.



Na nasledujúcom obrázku je pohyb auta, zobrazený grafmi. Predpokladáme, že dráha auta bude po celý čas rovnomerne narastať, to znamená, že sa každú hodinu zväčší o 110 km a že sa auto celý čas pohybuje stálou rýchlosťou v.

Graf rovnomerného narastania dráhy v závislosti od času je priamka. Z grafu môžeme „vyčítať", že dráha sa každú hodinu zmení rovnako – zväčší sa o 110 km.

Pri rovnomernom pohybe sa teleso pohybuje stálou rýchlosťou. Každej hodnote času prislúcha tá istá hodnota rýchlosti.

Graf závislosti rýchlosti od času je priamka rovnobežná s osou *x*.

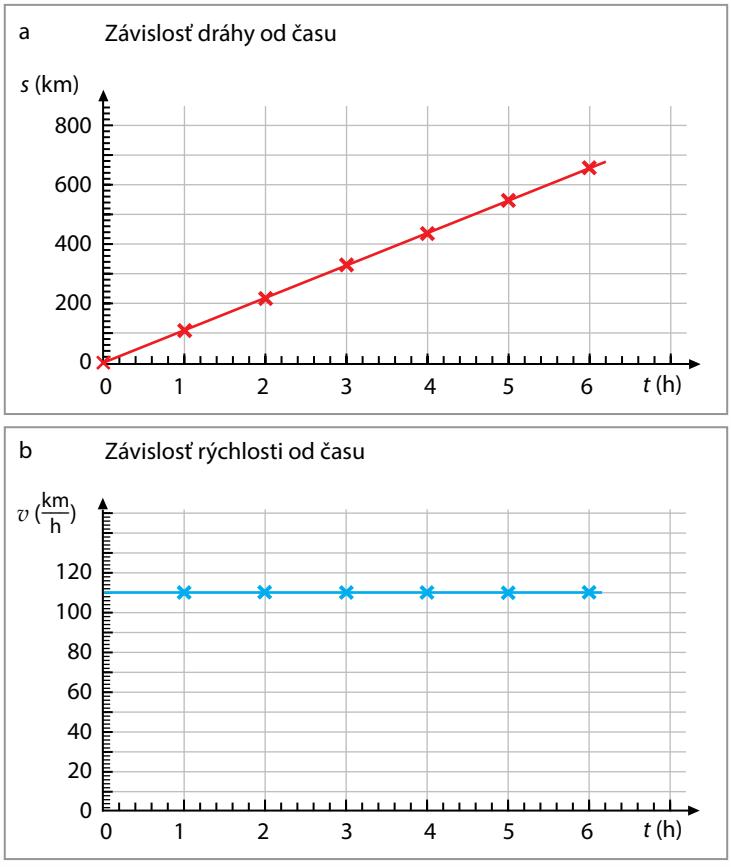
Pre výpočet dráhy rovnomerného pohybu platí vzťah:

dráha = rýchlosť · čas.

Vzťah prepíšeme pomocou značiek veličín:

$$s = v \cdot t$$

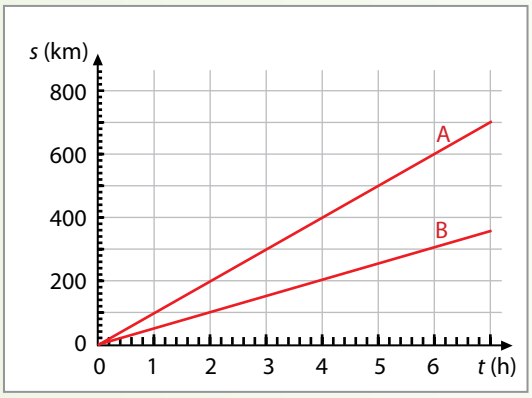
Pri rovnomernom pohybe telesa dráha narastá rovnomerne s časom, inak povedané, **dráha rovnomerného pohybu je priamo úmerná času**.



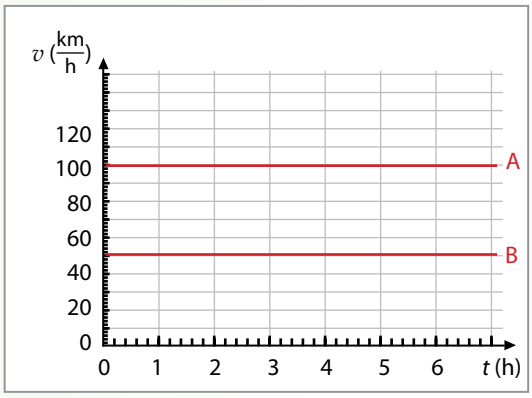
Obr. 114 Grafické znázornenie rovnomerného pohybu auta po diaľnici

Úloha

Na obrázku sú grafy znázorňujúce pohyb dvoch áut, ktoré súčasne odštartovali z toho istého miesta a pohybujú sa po diaľnici.



a) závislosť dráhy od času



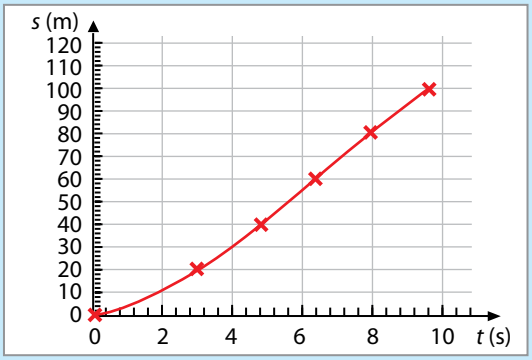
b) závislosť rýchlosti od času

a) Preskúmaj graf závislosti dráhy od času. Ktoré z áut (A alebo B) sa pohybuje rýchlejšie?

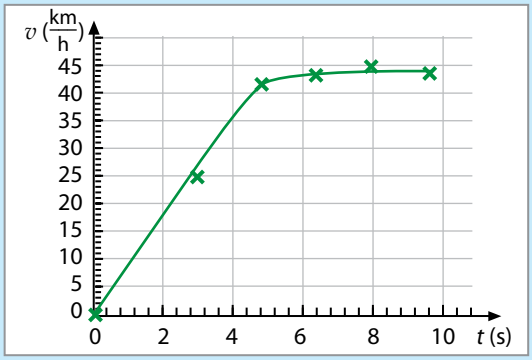
b) Preskúmaj graf závislosti rýchlosti od času. Aké sú rýchlosti, ktorými sa autá pohybujú?

c) Skús vysloviť všeobecné pravidlo, podľa ktorého možno rozoznať rovnomerný pohyb s väčšou rýchlosťou. Napr. čím je pohyb rýchlejší, tým je sklon priamkového grafu *menší* alebo *väčší*?

Ešte raz preskúmame pohyb športovca pri rekordnom behu na 100 m (s. 151, *obr. 109*) a zaznačíme si dráhu a čas do grafu závislosti dráhy od času (*Graf A*). V čase od 0 s do 4,5 s sa športovec pohyboval zrýchleným pohybom, a preto je čiara grafu krivka. V čase od 4,5 s až na koniec pretekárskej dráhy sa športovec pohyboval približne rovnomerným pohybom – čiara grafu je priamka.



Graf A – závislosť dráhy od času pri behu športovca na 100 m



Graf B – časový priebeh rýchlosti športovca

Z grafu časového priebehu rýchlosti športovca (*Graf B*) môžeme vyčítať, že v čase do 4,5 s, keď sa športovec pohyboval zrýchleným pohybom, jeho rýchlosť pravidelne narastala s časom. Od času 4,5 s do konca preteku sa bežec pohyboval takmer stálou rýchlosťou približne 43 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Pohyb telesa

Poznať vzťahy na výpočet dráhy, rýchlosti či času pohybu nám môže byť užitočné aj pri plánovaní cesty autom. Potrebujeme si zistiť informácie o vzdialenosti miesta, kam sa chceme dostať.

Napríklad bývame v Žiline a v Bratislave sa koná koncert známej hudobnej skupiny, ktorý chceme navštíviť. Žilina je od Bratislavy vzdialená približne 200 km.

Vodič si v mysli premietne cestu, ktorá ho čaká. Vie, že časť cesty je diaľnica s povolenou rýchlosťou 130 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, prípadne 110 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Na niektorých úsekoch cesty očakáva obmedzenie rýchlosti, napr. na 50 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Odhadovaná priemerná rýchlosť môže byť 80 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Zapíšeme si veličiny, ktoré poznáme:

- dráha $s = 200$ km,
- odhadovaná priemerná rýchlosť $v = 80$ $\frac{\text{km}}{\text{h}}$,
- čas potrebný na cestu $t = ?$

Čas si vypočítame zo vzťahu na výpočet dráhy $s = v \cdot t$; $t = \frac{s}{v}$, $t = \frac{200}{80}$ h $= 2{,}5$ h.

Teraz vieme, že na cestu zo Žiliny do Bratislavy potrebujeme čas približne 2 h a 30 min.

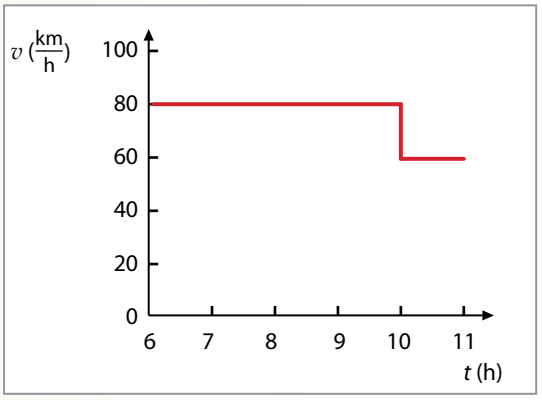
Dráhu s, ktorú prejde teleso rýchlosťou v za čas t, vypočítame zo vzťahu: $s = v \cdot t$.

Čas, za ktorý teleso prejde dráhu s priemernou rýchlosťou v, vypočítame: $t = \frac{s}{v}$.

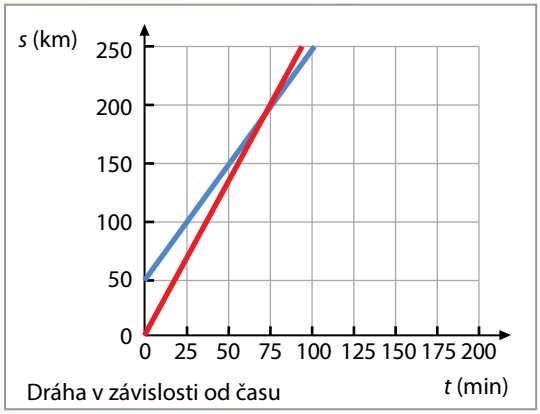
Rieš úlohy

1. Vzdialenosť Zeme od Slnka je 150 000 000 km a svetlo sa šíri rýchlosťou 300 000 $\frac{\text{km}}{\text{s}}$. Za aký čas príde svetlo zo Slnka na Zem?

2. Na grafe je znázornený časový priebeh rýchlosti vlaku. Urči dráhu, ktorú prejde vlak v čase od 7.00 h do 11.00 h.



3. Grafy na nasledujúcom obrázku znázorňujú pohyby dvoch áut v dramatickej situácii: Na diaľničnom parkovisku pri Trnave odcudzili zlodeji auto (označme ho O) a vydali sa na cestu po diaľnici smerom na Žilinu. V tom istom čase odštartovalo z Bratislavy auto diaľničnej polície (P), ktoré zlodejov prenasleduje. Preskúmajte grafy a zistite, ktorý graf znázorňuje závislosť dráhy od času policajného auta a ktorý patrí odcudzenému autu.



Dráha v závislosti od času

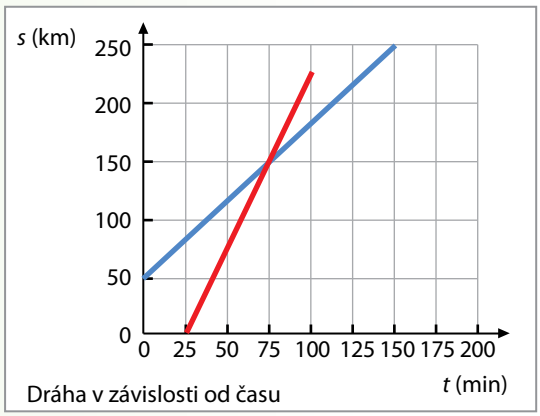
a) Odmerajte na grafe rýchlosti obidvoch áut a vyjadrite ich v jednotkách $\frac{\text{km}}{\text{min}}$ a $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

b) Ako dlho po odcudzení dostihli policajti odcudzené auto?

c) Ako ďaleko od Bratislavy a ako ďaleko od Trnavy policajti odcudzené auto dostihli?

d) Z grafov môžeme vyčítať, že pohyby obidvoch áut sa začali súčasne, v rovnakom čase $t = 0$. Začali sa obidva pohyby aj na rovnakom mieste? Pre policajné auto platí: v čase $t = 0$, začiatočná dráha $s_P = 0$. Aká je začiatočná dráha odcudzeného auta? ($t = 0$, $s_o = ?$)

4. Na obrázku je znázornená podobná situácia ako v predchádzajúcej úlohe s istými zmenami. Zdá sa, že v tomto prípade diaľničná polícia zareagovala na krádež pomalšie.



Dráha v závislosti od času

a) Začali sa obidve autá pohybovať súčasne a na rovnakom mieste?

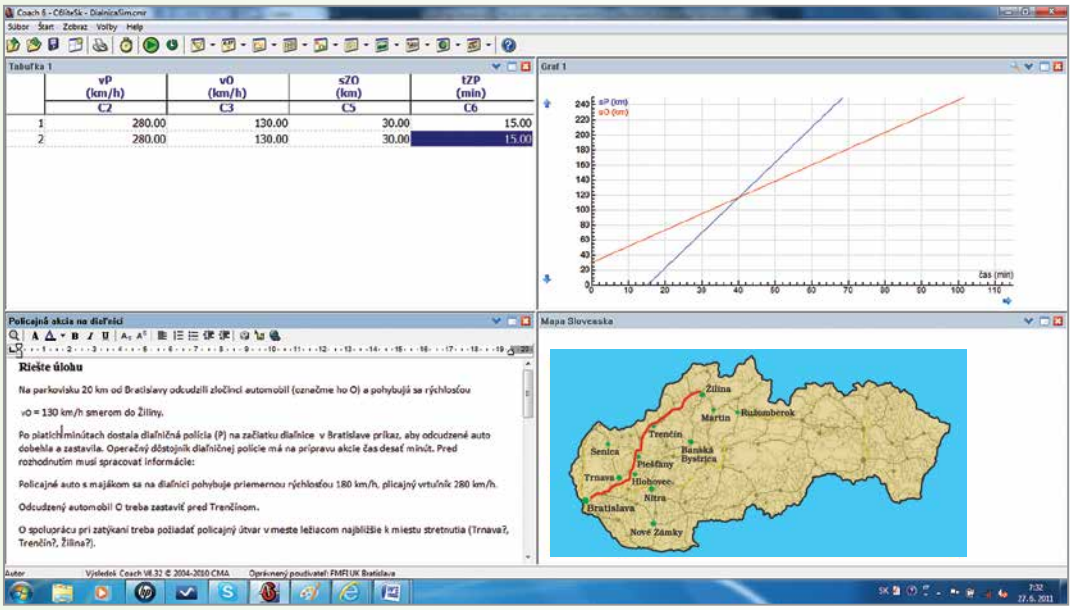
b) Vymyslite si vlastný variant príbehu o odcudzenom aute a o zásahu diaľničnej polície.

5. Na parkovisku 20 km od Bratislavy odcudzili zlodeji auto a pohybuje sa rýchlosťou $v_o = 130\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$ smerom na Žilinu.
Po dvanástich minútach dostala diaľničná polícia na začiatku diaľnice v Bratislave príkaz, aby odcudzené auto dostihla a zastavila. Operačný dôstojník diaľničnej polície má na prípravu akcie čas 10 min. Pred rozhodnutím musí spracovať informácie:

- Policajné auto s majákom sa na diaľnici pohybuje priemernou rýchlosťou 180 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, policajný vrtuľník 280 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.
- Odcudzené auto treba zastaviť pred Trenčínom.

- O spoluprácu pri zatýkaní treba požiadať policajný útvar v meste ležiacom najbližšie k miestu stretnutia (Trnava?, Trenčín?, Žilina?).

Policajný dôstojník sa spravidla rozhoduje na základe svojich predchádzajúcich skúseností. Ak ich nemá, môže mu pomôcť počítačová simulácia. Príklad riešenia úlohy počítačovou simuláciou v programe C6lite (súbor DialnicaSim.cma) je na nasledujúcom obrázku.



Poznámka: Úlohy o pohybe dvoch áut, policajného a odcudzeného, zadané alebo vymyslené podľa vlastnej fantázie, môžeš riešiť počítačovou simuláciou v programe EXCEL alebo v programe C6lite (súbor DialnicaSim.xls a súbor DialnicaSim.cma).
Dostupné na www.fyzikus.fmph.uniba.sk

Práca. Výkon. Energia

Pojmy práca, výkon, energia používame celkom bežne v každodenných rozhovoroch. Väčšine z nás je zrejmé, že ak chceme pri našej práci podávať dobrý výkon, musíme mať dostatok energie. Aby sme ju získali, prijímame potravu. Aby náš organizmus bol dostatočne výkonný a ľahko sa neunavil, musíme mu dopriať nielen dostatok oddychu, ale aj pohybu.

Chápanie práce v bežnom živote sa nie vždy zhoduje s odborným pojmom práca vo fyzike. Často označujeme slovom práca aj svoje zamestnanie alebo námahu vynaloženú napríklad pri čítaní textu v cudzom jazyku či pri sedení a premýšľaní v škole. Tieto činnosti nám často spôsobujú únavu, ale z fyzikálneho hľadiska ich za prácu nepovažujeme.

S veličinou práca sa vo fyzike stretávame takmer v každej časti fyziky – v mechanike, termike, náuke o elektrine... Najprv sa budeme zaoberať mechanickou prácou. Tá sa najčastejšie spája so silovým pôsobením, pri ktorom sa po určitej dráhe premiestňuje teleso.

Mechanickú prácu môže človek konať, ak napr. ťahá vozík, dvíha bremeno, vesluje alebo otáča koleso. Všetky tieto ľudské činnosti a ešte mnoho ďalších môže vykonávať aj stroj – teda aj stroje môžu konať prácu.

Aby ľudia a stroje mohli konať prácu, potrebujú energiu. Človek získava energiu z potravy. Auto získava energiu spaľovaním benzínu alebo nafty. Električke a trolejbusu sa energia dodáva elektrickými vodičmi.

Prácu môže konať napr. aj vietor, keď poháňa plachetnicu alebo pôsobí silou na vrtuľu veternej elektrárne a uvádza ju do otáčavého pohybu. Prúd vody koná prácu, keď premiestňuje kamene alebo kmene stromov v riečisku. Schopnosť vodného prúdu konať prácu sa využíva pri roztáčaní kolies vodných turbín vo vodnej elektrárni. Vietor alebo prúd vody môžu konať prácu – sú zdrojmi energie.

2.17 Mechanická práca

Na všetky objekty v našom okolí pôsobia iné objekty silami. Napríklad atmosféra tlakovou silou, Zem gravitačnou silou, alebo ak sme ponorení vo vode, tak na nás pôsobí voda vztlakovou silou.

Pôsobenie sily na predmety ešte neznamená, že ich sila uvedie do pohybu alebo premiestni z jedného miesta na druhé. Na obrázku sedí chlapec na stoličke, pôsobí na ňu silou. Sedenie chlapca na stoličke nedalo stoličku do pohybu.

Ak žeriav dvíha do výšky náklad, traktor ťahá príves, vzpieračka dvíha činky, tak sila spôsobuje pohyb telies po určitej dráhe.

Obr. 114 Sila, ktorá nespôsobila pohyb telesa

Obr. 115 Sila, ktorá spôsobila pohyb telies

Keď pôsobením sily premiestnime teleso o určitú vzdialenosť, z fyzikálneho hľadiska sme vykonali **prácu**.

O veľkosti vykonanej práce rozhoduje veľkosť sily, ktorá pôsobí v smere pohybu telesa, a dráhy, po ktorej sa teleso premiestni. Práca má značku *W*, čo je začiatočné písmeno anglického slova work. Vyjadrené slovami a značkami fyzikálnych veličín to znamená:

práca = sila pôsobiaca v smere pohybu telesa · dráha

$W = F \cdot s$

Ak silu *F* vyjadríme v newtonoch (N) a dráhu *s* v metroch (m), **jednotkou práce je joule** (J). Prácu jeden joule vykoná sila jedného newtonu, ak na teleso pôsobí v smere pohybu po dráhe jedného metra.

$1\ \text{J} = 1\ \text{N} \cdot 1\ \text{m}$

Ďalšou používanou jednotkou práce je kilojoule (kJ). Väčšou jednotkou práce je megajoule (MJ).

S jednotkou joule (J) a s jej násobkami ste sa stretli už v minulom školskom roku, kde

ste ju používali na meranie veličiny teplo. Teraz ju používame pri výpočte práce. Vieme, že jednotka je pomenovaná podľa anglického fyzika Jamesa Prescotta Joula, ktorý sa zaoberal javmi súvisiacimi s teplom a energiou. Prišiel na myšlienku dať týmto fyzikálnym veličinám spoločnú jednotku. Treba si uvedomiť, že príčinou vzniku tepla pri pohybe je šmykové trenie a časť práce pri pohybe telesa spotrebuje trecia sila. Preto je prirodzené, že pre prácu aj pre vznikajúce teplo môžeme použiť rovnakú jednotku.

V úvodnej časti učebnice s názvom Čo sa budeme učiť je uvedený pokus s presýpaním oceľových guľôčok. Tým, že ste presýpali oceľové guľôčky v trubici, konali ste prácu. Po vykonaní práce ste namerali zmenu teploty guľôčok. Teraz sa vrátime k meraniam a budeme sa zamýšľať nad vzťahom medzi vykonanou prácou a teplom vzniknutým pri pohybe guľôčok.

Oceľové guľôčky padali voľne nadol, a preto sila, s ktorou budeme počítať pri konaní práce, bude gravitačná sila F_g.

Úloha

Dokáž, že vykonaná práca a vzniknuté teplo spolu súvisia. *(Pracujte v skupinách.)*

Poznámka: Ak ste na začiatku školského roka robili pokus s presýpaním oceľových guľôčok, môžete použiť hodnoty namerané v Pokuse 2 v úvodnej časti a zapísať ich do tabuľky s názvom Údaje potrebné na výpočet tepla.

Ak ste však pokus nerobili, postupujte podľa pokynov v pokuse a až potom môžete počítať vykonanú prácu.

Hmotnosť guľôčok: ? kg

c_{ocele} v $\frac{J}{kg \cdot °C}$ nájdite v tabuľkách.

Obr. 116 Pomôcky potrebné na meranie

Pripravte si do zošita nasledujúcu tabuľku.

Tabuľka: Údaje potrebné na výpočet tepla

Údaje na výpočet tepla	Pokus 1 Počet otočení trubice:	Pokus 2 Počet otočení trubice:	Pokus 3 Počet otočení trubice:
Začiatočná teplota guľôčok (°C)			
Konečná teplota guľôčok (°C)			
Vypočítané teplo (J)			

POSTUP

a) Ak ste použili inú dĺžku trubice, ako je uvedená v pomôckach pri pokuse (1 m), zmerajte jej dĺžku a zapíšte do zošita k tabuľke.

b) Odvážte oceľové guľôčky a ich hmotnosť zapíšte do zošita k tabuľke (mali ste použiť guľôčky s hmotnosťou 300 g).

c) Vypočítajte gravitačnú silu F_g, akou sú guľôčky priťahované k Zemi. Údaj zapíšte ku každému pokusu v tabuľke.

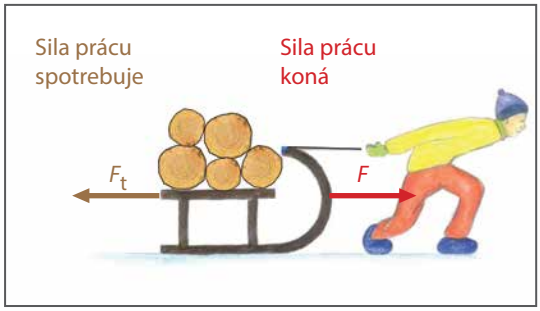
Tabuľka: Údaje potrebné na výpočet vykonanej práce

Údaje na výpočet práce W (J)	Pokus 1	Pokus 2	Pokus 3
F_g (N)			
s (m) *(počet otočení trubice × dĺžka trubice)*			
Vykonaná práca (J)			

ODPOVEDZ

1. Potvrdil sa vzťah medzi vykonanou prácou a vzniknutým teplom?
2. Aké nepresnosti, chyby merania, je potrebné brať do úvahy pri vašom pokuse?
3. Ako by si dokázal tvrdenie, že časť vykonanej práce sa spotrebuje na prekonanie trenia?

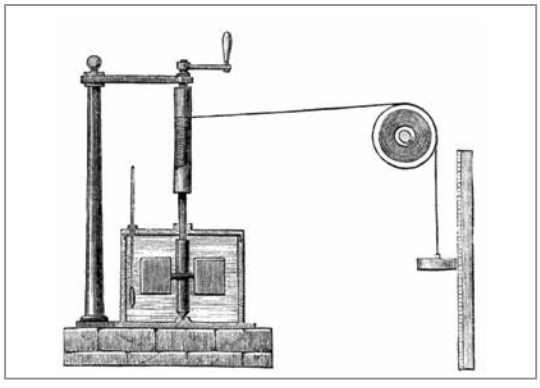
Pri páde oceľových guľôčok v trubici konala prácu gravitačná sila, ktorou boli guľôčky priťahované k Zemi. Vzájomným trením guľôčok vznikalo teplo, čo sa prejavilo zvýšením ich teploty. Časť práce sa spotrebovala na teplo. Podobný príklad je znázornený na obrázku.



Chlapec ťahá sánky s nákladom dreva, koná prácu. Proti pohybu saní pôsobí sila šmykového trenia, ktorá prácu spotrebúva.

Pred viac ako 150 rokmi vykonal James Joule (čítaj *džejms džaul*) pokus, ktorým potvrdil existenciu vzťahu medzi vykonanou prácou a teplom. Pokusom, podobne ako vy v predchádzajúcom pokuse, meraniami a výpočtami zistil, o koľko sa zohreje voda, keď jej prácou dodáme energiu.

Joulovo zariadenie sa skladalo z nádoby s vodou, v ktorej sa otáčali na hriadeli lopatky. Pri otáčaní lopatiek sa v nádobe vírila voda, čím sa zohrievala. Olovené závažie na boku nádoby zostupovalo pôsobením gravitačnej sily nadol a z hmotnosti závažia bolo možné vypočítať silu, ktorá konala prácu. Zmeral dráhu, po ktorej sa závažie pohybovalo, a tak vedel určiť vykonanú prácu.



Obr. 117 Joulovo technické zariadenie

Pri svojich skúmaniach Joule zistil, že na to, aby sa 1 kg vody zohrial o 1 °C, je potrebné vykonať prácu 4 180 J. Táto hodnota je hmotnostnou tepelnou kapacitou vody, s ktorou ste pracovali v minulom školskom roku.

Sila F vykoná prácu W, ak pôsobí na teleso v smere pohybu a premiestni ho po dráhe s.
Ak sila pôsobí v smere dráhy, prácu vypočítame

$$W = F \cdot s$$

Jednotkou práce je joule (J). Prácu jedného joulu vykonáme, keď na teleso pôsobíme v smere pohybu silou 1 N po dráhe 1 m.
Práca a teplo spolu súvisia.

Rieš úlohy

1. Lokomotíva ťahá vagóny silou 250 kN po trati, ktorá má dĺžku 15 km. Akú prácu vykoná?

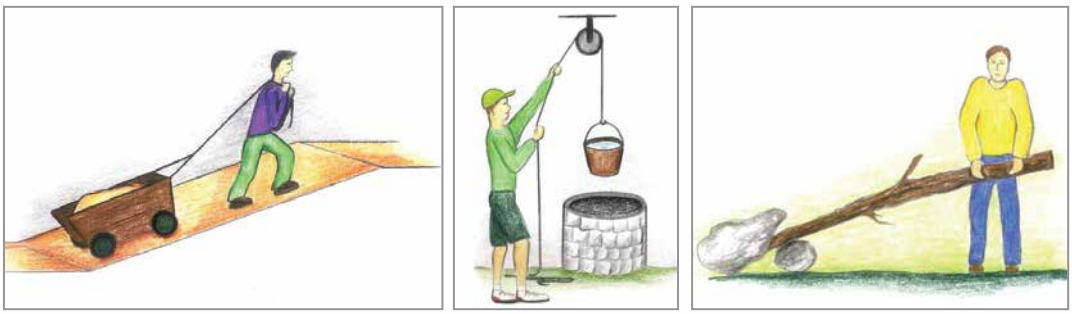
2. Žeriav dvíha panel s hmotnosťou 1 t do výšky 12 m. Akú prácu vykoná?

3. Prekresli si tabuľku do zošita a doplň ju. Dávaj pozor na premenu jednotiek.

F	0,8 N		7 kN	4,8 kN	67,8 MN	0,5 kN	12 MN		
s	5 m	6 m		0,5 km	40 km			0,05 m	3 m
W		3 000 J	25 MJ			45 MJ	360 MJ	25 J	266 J

2.18 Práca na naklonenej rovine a na kladke

Ľudia si oddávna uľahčovali prácu jednoduchými strojmi, ktoré sú aj dnes súčasťou moderných zariadení. Medzi jednoduché stroje patrí napríklad naklonená rovina, páka, kladka, kladkostroj a ďalšie. Pákou sme sa zaoberali pri skúmaní otáčavých účinkov síl. Teraz preskúmajme prácu na **naklonenej rovine**.



Obr. 118 Naklonená rovina, kladka, páka

Úloha

Zisti a porovnaj veľkosť vykonanej práce pri ťahaní vozíka po naklonenej rovine s dvíhaním vozíka do výšky naklonenej roviny. *(Pracujte v skupinách.)*

POMÔCKY vozík, silomer, doska (naklonená rovina s dĺžkou 1 m), stojan (podložky pod naklonenú rovinu), dĺžkové meradlo

POSTUP

a) Zostrojte naklonenú rovinu a pripravte si do zošita tabuľku.

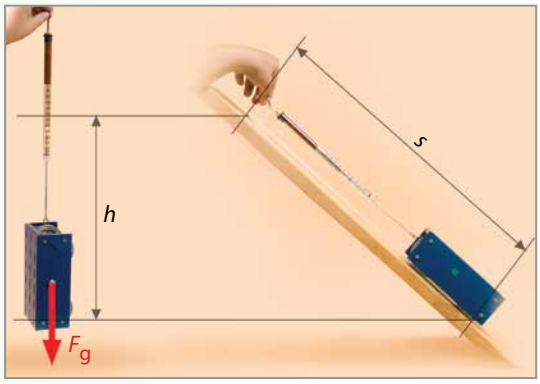
Tabuľka: Hodnoty namerané pri pohybe vozíka po naklonenej rovine a pri jeho dvíhaní smerom zvisle nahor

Číslo merania	Pohyb vozíka po naklonenej rovine			Dvíhanie vozíka		
	Sila F (N)	Dráha s (m)	Práca W_1 (J)	Sila F_g (N)	Výška h (m)	Práca W_2 (J)
1.						
2.						
3.						

b) Zmerajte a zaznamenajte dĺžku naklonenej roviny, dráhu s, po ktorej budete ťahať vozík.

c) Nastavte naklonenú rovinu do zvolenej výšky h. Zmerajte jej výšku a zapíšte do tabuľky. Ťahajte vozík po naklonenej rovine rovnomerným pohybom tak, ako je to znázornené na *obr. 119*.

d) Hodnotu sily F, ktorou ste ťahali vozík po naklonenej rovine, zapíšte do tabuľky.



Obr. 119 Konanie práce ťahaním vozíka po naklonenej rovine a jeho dvíhaním zvisle nahor

e) Dvíhajte vozík smerom zvisle nahor do výšky h a hodnotu gravitačnej sily F_g zapíšte do tabuľky.

f) Zopakujte meranie pre ďalšie dve výšky naklonenej roviny.

g) Vypočítajte prácu vykonanú ťahaním vozíka po naklonenej rovine a prácu vykonanú pri dvíhaní vozíka zvisle nahor.

ODPOVEDZ

1. Porovnaj prácu vykonanú pri ťahaní vozíka po naklonenej rovine s prácou vykonanou pri dvíhaní vozíka do výšky h naklonenej roviny. Zistil si medzi nimi rozdiel?
2. Ako sa menila veľkosť sily, ktorá bola potrebná na ťahanie vozíka na naklonenej rovine, so zmenou výšky naklonenej roviny?

2.18 Práca na naklonenej rovine a na kladke

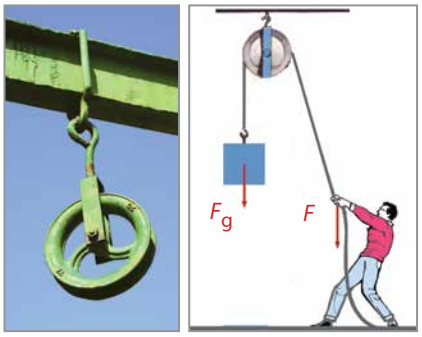
Z predchádzajúcich meraní vyplýva, že veľkosť sily, ktorá koná prácu na naklonenej rovine, sa mení so zmenou výšky naklonenej roviny. Čím väčší je sklon naklonenej roviny, tým je na ťahanie vozíka potrebná väčšia sila.

Ak porovnáme prácu $W_1 = F \cdot s$ vykonanú ťahaním telesa do výšky h po naklonenej rovine s prácou $W_2 = F_g \cdot h$, ktorá sa vykonala pri dvíhaní telesa nahor do tej istej výšky, zistíme, že obidve práce sú rovnaké. Na naklonenej rovine však pôsobíme menšou silou po dlhšej dráhe. Vyjadrené matematicky:

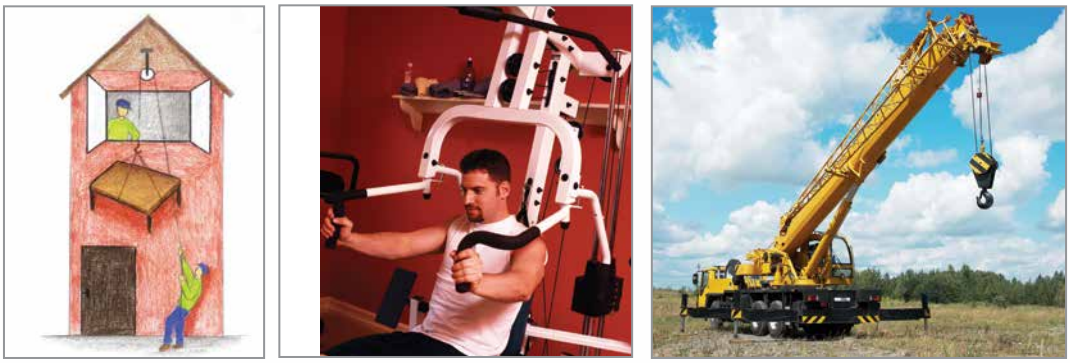
$$F \cdot s = F_g \cdot h$$
$$W_1 = W_2$$

Pevná kladka je koleso, ktoré sa otáča okolo pevnej osi a má po obvode žľab pre lano. Na jednom konci lana je upevnený náklad, ktorý chceme zdvihnúť, a na jeho opačnom konci ťaháme náklad silou.

Pevná kladka sa často využíva aj dnes. Napríklad v Holandsku, kde sa stavajú úzke a vysoké domy, sťahovanie často vyzerá tak, že pomocou pevnej kladky sa dopravuje nábytok cez okno do bytu. Pevnú kladku možno vidieť pri stavbách, v posilňovniach a býva súčasťou strojových zariadení.



Obr. 120 Pevná kladka

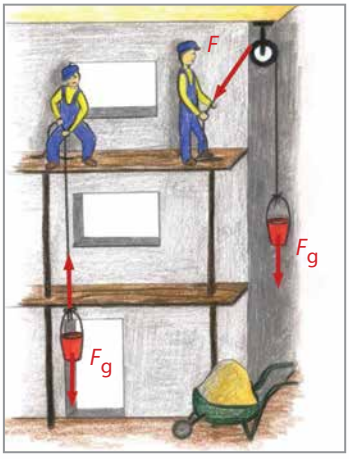


Obr. 121 Praktické využitie pevnej kladky

Výhody pevnej kladky si môžeme ukázať na príklade jej využitia na stavbe na *obr. 122*. Dvaja murári dvíhajú do rovnakej výšky h vedro s maltou. Jeden pomocou pevnej kladky a druhý bez nej.

Obidve vedrá majú rovnakú hmotnosť. Rovnako veľké sú aj sily, ktorými pôsobia obaja murári na svoje vedrá, líšia sa len ich smery. Ťahať vedro bez kladky, tak ako na obrázku vľavo, je iste omnoho namáhavejšie.

Ak porovnáme obidve situácie, tak pôsobenie sily je v prípade použitia kladky opačné, ako keď ťaháme vedro s maltou zvisle nahor. Predmety je ľahšie ťahať ako dvíhať.

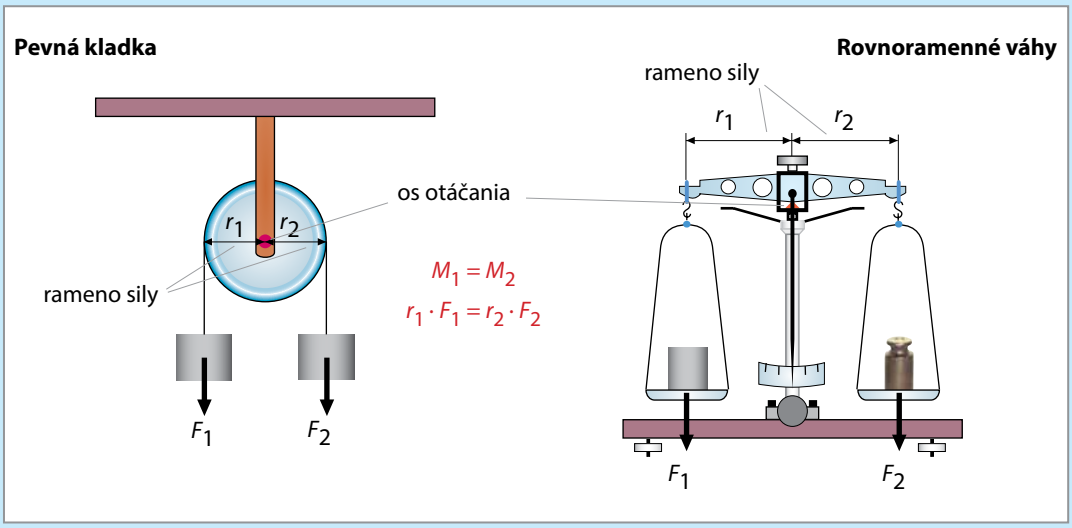


Obr. 122 Práca na stavbe

Sila, ktorá je potrebná na dvíhanie predmetu zvisle nahor a na jeho ťahanie pomocou kladky, je rovnako veľká, zmena je len v smere jej pôsobenia.

Rovnako veľká je aj výška, do ktorej potrebujeme vedro s maltou zdvihnúť. Z toho vyplýva záver: **Pri dvíhaní telesa použitím pevnej kladky vykonáme rovnako veľkú prácu, ako by sme vykonali pri zdvihnutí telesa do rovnakej výšky bez jej použitia.**

Pevná kladka a rovnoramenná páka sú si podobné. Obidve sa otáčajú okolo pevnej osi. Polomer kladky *r* je ramenom sily.



Obr. 123 Porovnanie pevnej kladky a rovnoramennej páky, v našom prípade rovnoramenných váh

Pre rovnováhu na kladke sa navzájom musia rovnať sily, ktoré pôsobia na obidva konce lana. Vtedy sa navzájom rovnajú aj otáčavé momenty týchto síl a kladka je v rovnovážnej polohe.

Okrem pevnej kladky sa používajú aj iné druhy kladiek, napr. voľná kladka, kombinácia pevnej a voľnej kladky, kladkostroje.

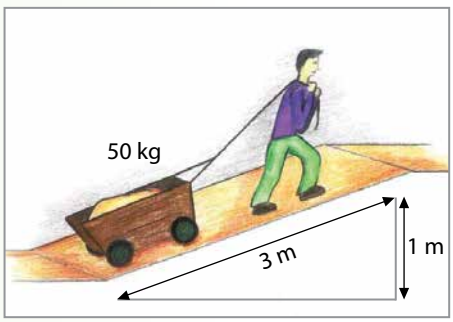
Rieš úlohy

1. Na obrázku je chlapec, ktorý ťahá vozík s hmotnosťou 50 kg po naklonenej rovine.

a) Akú prácu chlapec vykoná?

b) Čo by sa z hľadiska chlapcovej činnosti zmenilo, keby si obstaral naklonenú rovinu s dĺžkou 5 m?

c) Nebolo by z hľadiska konania práce výhodnejšie odstrániť naklonenú rovinu a zodvihnúť vozík zvisle nahor? Odpovedz a svoju odpoveď odôvodni.

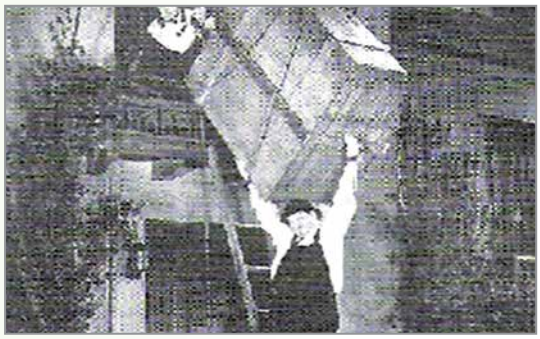


2.18 Práca na naklonenej rovine a na kladke

2. Na obrázku je záber z filmovej grotesky, na ktorom komici nešikovne a nebezpečne sťahujú klavír do bytu.

a) Prečo je znázornený spôsob sťahovania nevhodný a namáhavý?

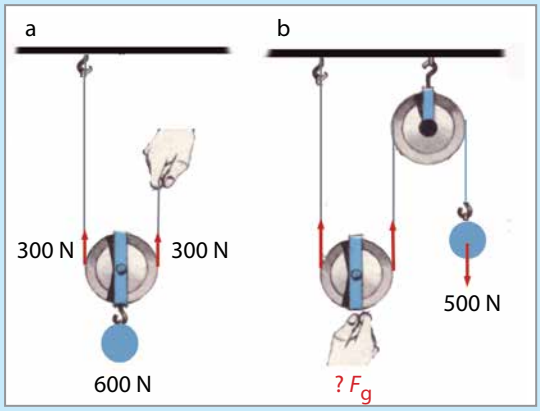
b) Navrhni menej nebezpečný spôsob sťahovania klavíra za podmienky, že nepoužiješ výťah ani schodište.



3. Na *obr. a* je zariadenie, ktoré sa nazýva voľná kladka. Bremeno, na ktoré pôsobí gravitačná sila F_g = 600 N, je zavesené na osi voľnej kladky. Lano, na ktorom kladka visí, má jeden koniec upevnený na háku, druhý koniec lana ťaháme rukou.

Celková sila, potrebná na vyrovnanie gravitačnej sily, sa skladá z dvoch rovnobežných síl s veľkosťou 300 N. (Polovica gravitačnej sily pôsobiacej na bremeno.)

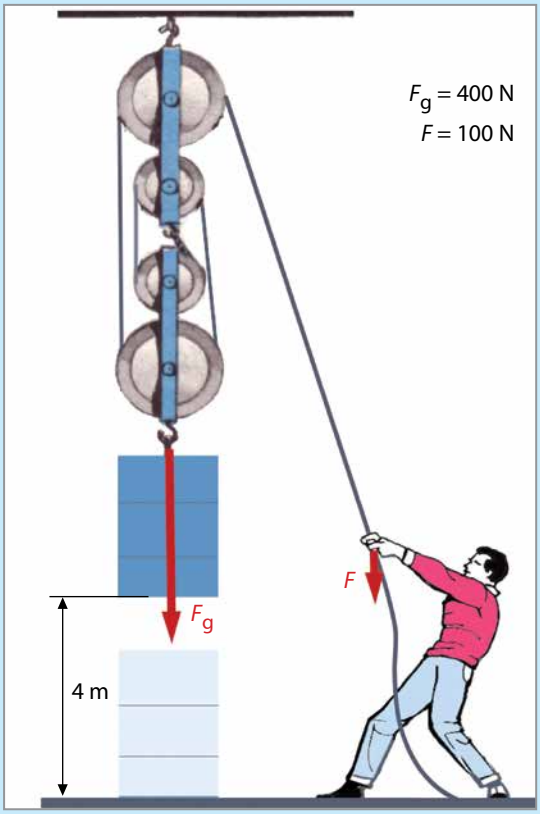
Na *obr. b* je voľná kladka skombinovaná s pevnou kladkou. Akú hmotnosť má chlapec, ktorý sa zavesil na os voľnej kladky?



4. Chlapec na obrázku obsluhuje kladkostroj, ktorý sa skladá zo sústavy voľných a pevných kladiek. Preskúmajte kladkostroj a pokúste sa vysvetliť, prečo chlapec udrží na kladkostroji rovnováhu silou, ktorej veľkosť sa rovná jednej štvrtine gravitačnej sily pôsobiacej na bremeno.

a) Akú prácu vykoná chlapec pri zdvihnutí bremena kladkostrojom do výšky 4 m?

b) Aká dĺžka lana pritom prejde cez chlapcove ruky?



2.19 Výkon

Stavba budovy na obrázku postupne rastie a stavebný materiál treba dopravovať stále vyššie. Na stavbe je potrebné vyniesť balík tehál do výšky 10 m. Pomocou autožeriava to nie je problém. Balík tehál má hmotnosť 750 kg, autožeriav ho vynesie do potrebnej výšky. Túto prácu vykoná približne za čas 25 s.

Ak by mal tehly z balíka postupne dopraviť, napr. pomocou kladky, do rovnakej výšky h robotník, určite by mu to trvalo dlhšie, možno viac ako 60-násobok času autožeriava. Pritom žeriav aj robotník vykonajú tú istú prácu – dopravia balík tehál s hmotnosťou 750 kg do výšky 10 m.

Prácu, ktorá sa má vykonať, vypočítame podľa vzťahu $W = F \cdot s$. Dráha s sa rovná výške h, do ktorej tehly dopravíme. Sila F, ktorou treba smerom nahor pôsobiť, má rovnakú veľkosť a opačný smer ako gravitačná sila F_g, pôsobiaca na balík:

$$F_g = m \cdot g \approx 750\ \text{kg} \cdot 10\ \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 7\,500\ \text{N}$$

Pri doprave tehál s hmotnosťou m do výšky h treba vykonať prácu:

$$W = F_g \cdot h = 7\,500\ \text{N} \cdot 10\ \text{m} = 75\,000\ \text{J}$$

Robotník by si balík tehál pravdepodobne rozdelil na menšie, 50 kg balíky a postupne by ich dopravil, napr. pomocou kladky, do výšky 10 m. Práca, ktorú by takto vykonal, by bola rovnaká ako práca vykonaná autožeriavom, teda 75 000 J. Čas, za ktorý by ju vykonal, by bol ale omnoho dlhší – potreboval by aspoň 60-násobok času, ktorý potreboval žeriav, teda 1 500 s = 25 min.

Aby sme nemuseli výhody a nevýhody spôsobu konania práce posudzovať tak zložito, ako sme to práve urobili, zaviedla sa vo fyzike veličina, ktorá sa nazýva **výkon**. Pre veličinu výkon používame značku P (z anglického slova *power*).

Stroj – autožeriav vykoná rovnakú prácu ako človek za kratší čas. Stroj má väčší výkon. Pri určovaní výkonu je potrebné poznať vykonanú prácu a čas, za ktorý sa vykonala.

Výkon vypočítame, keď prácu W vydelíme časom t, za ktorý sme ju vykonali:

výkon = vykonaná práca : čas, za ktorý bola práca vykonaná

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{alebo} \quad P = W : t$$

Výpočtom výkonu podľa uvedeného vzťahu zisťujeme, aká práca sa vykonala za jednotku času.

2.19 Výkon

Jednotka výkonu sa nazýva watt (W). Jednotku W odvodíme, keď do vzťahu pre výkon dosadíme za prácu W a čas t jednotky týchto veličín (J) a (s).

$$1\ \mathrm{W} = \frac{1\ \mathrm{J}}{1\ \mathrm{s}} = 1\ \mathrm{J} : 1\ \mathrm{s}$$

Bežne sa výkony áut alebo elektrických spotrebičov stanovujú v násobkoch wattu, v kilowattoch (kW), megawattoch (MW).

Vypočítajme teraz výkon, s ktorým pracoval žeriav a skupina robotníkov, z príkladu, ktorý sme uviedli predtým.

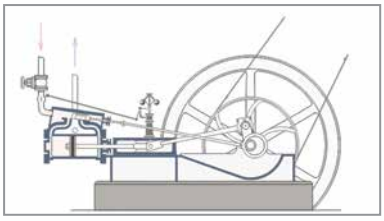
Úloha

Porovnaj výkon autožeriava s výkonom robotníka pri vykladaní balíka tehál na stavbe do výšky 10 m. V obidvoch prípadoch sa vykoná rovnaká práca 75 000 J. Autožeriav prácu vykoná za 25 s a robotník za 1 500 s.

Údaje pre autožeriav:
$W_1 = 75\ 000$ J
$t_1 = 25$ s
$P_1 = ?$

Údaje pre robotníka:
$W_2 = 75\ 000$ J
$t_2 = 1\ 500$ s
$P_2 = ?$

Pri správnom výpočte vychádza výkon žeriava šesťdesiatnásobne väčší ako výkon robotníka. K rovnakému výsledku sme mohli dospieť aj úvahou: Ak stroj vykoná rovnakú prácu za šesťdesiatkrát kratší čas ako robotník, jeho výkon je šesťdesiatnásobne väčší ako výkon robotníka.



Jednotka výkonu je pomenovaná podľa Jamesa Watta (1736 – 1819), ktorý sa preslávil zdokonalením parného stroja. Podrobnejšie je jeho parný stroj uvedený v učebnici fyziky pre 7. ročník.

Výkon 1 W je malý výkon a dosiahneme ho zdvihnutím 100 g čokolády, napríklad zo stola, do výšky 1 m. Bežné osobné automobily majú motory s výkonom približne 100 kW. Dlhodobý výkon človeka býva okolo 100 W.

Poznámka: Fyzikálna veličina práca (W) a jednotka výkonu watt (W) sa označujú rovnakým písmenom. Rozdiel je v tom, že značka pre prácu sa píše šikmým písmom (W) a značka jednotky výkonu stojatým vzpriameným písmom (W).

Pri úlohe, ktorú sme riešili, sme zo známej práce stroja – žeriava a z hodnoty času, za ktorý stroj prácu vykonal, vypočítali jeho výkon. V praxi sa často stretávame s úlohami, pri ktorých vieme, s akým výkonom stroj pracoval a potrebujeme vypočítať prácu, ktorú pri tom vykonal. Prácu vypočítame z upraveného vzťahu, podľa ktorého sme počítali výkon:

práca = výkon · čas
$W = P \cdot t$

Ak do vzťahu dosadíme výkon vo watoch a čas v sekundách, dostaneme prácu v jouloch.

1 joule = 1 watt · 1 sekunda alebo 1 J = 1 W · 1 s = 1 Ws (wattsekunda)

Väčšia jednotka práce je kilowatthodina (kWh). S touto jednotkou sa stretávame aj pri platení účtov za spotrebu elektrickej energie.

Výkon je fyzikálna veličina, má značku *P*.
Výkon vypočítame, keď prácu vydelíme časom, za ktorý bola vykonaná:

$$P = \frac{W}{t}$$

Jednotkou výkonu je watt (W), používajú sa násobky kW, MW.

1 kW = 1 000 W
1 MW = 1 000 000 W

Rieš úlohy

1. Nakresli si tabuľku do zošita a doplň do nej údaje podľa zadania v hlavičke tabuľky.

Fyzikálna veličina	Anglický preklad	Značka veličiny	Názov jednotky	Značka jednotky
sila				
tlak				
práca				
výkon				

2. Kabína rýchlovýťahu vo výškovej budove, spolu s troma cestujúcimi, má hmotnosť 800 kg. Do výšky 36 m sa kabína rýchlovýťahu dopraví za čas 4 s. S akým výkonom pracuje motor výťahu?

3. Motor auta má výkon 100 kW. Automobil sa pohybuje priemernou rýchlosťou 72 $\frac{km}{h}$ medzi dvoma mestami, vzdialenými od seba 50 km. Akú prácu vykoná motor auta?

4. Výťah poháňa elektromotor, ktorý má výkon 5,4 kW. Na dvanáste poschodie obytného domu sa výťah vyvezie za čas 16 s.

a) Akú prácu vykoná elektromotor?

b) Uveď vykonanú prácu v kWh.

2.20 Pohybová a polohová energia

Význam slova energia je veľmi široký a odborníci sa venujú jej skúmaniu z rôznych hľadísk. Rastliny a živočíchy využívajú energiu na to, aby rástli a prežili. Ľudia, okrem rastu a prežitia, našli veľa spôsobov, ako využiť dostupnú energiu na zlepšenie svojho života. V praveku využívali energiu ohňa, nachádzali spôsoby, ako účinne aj pomocou jednoduchých strojov využiť energiu svalov. Nerozumeli však tomu, akú úlohu v ich živote energia má. Až v ostatných storočiach ľudia pochopili úlohu energie a spresnili tento odborný pojem.

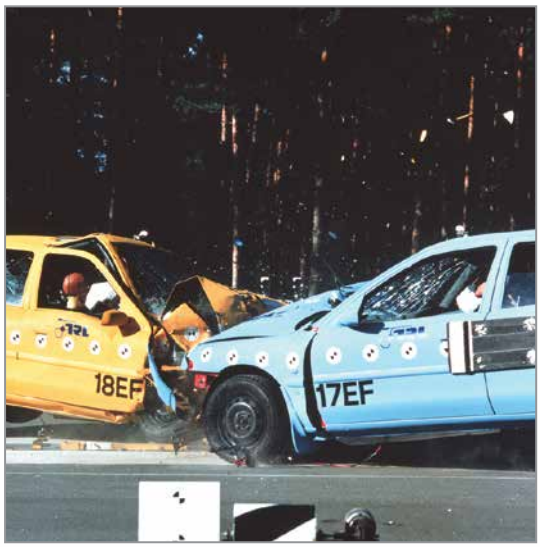
V učebnici fyziky pre 7. ročník ste sa zaoberali teplom ako formou energie. Spaľovaním orieška ste sa mohli presvedčiť, že biomasa (oriešok) má v sebe energiu, ktorú možno uvoľniť formou tepla.

V tejto časti sa budeme zaoberať **mechanickou energiou**, ktorá súvisí s konaním práce.

Keď dvíhame loptičku zo zeme do určitej výšky, konáme prácu. Ak loptičku z tejto výšky pustíme, pohybuje sa smerom nadol. Keď futbalista kopne do lopty, kopnutím vykoná prácu. Práca futbalistu uviedla do pohybu loptu. Energia pohybujúcich sa telies sa nazýva **pohybová energia**.

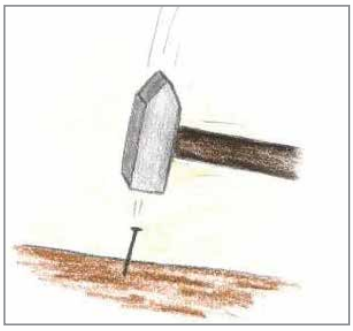
Obr. 124 Lopta získala energiu konaním práce

Vysvetlíme si, od čoho závisí pohybová energia telesa. Pohybovú energiu majú všetky pohybujúce sa telesá, napr. všetky dopravné prostriedky. Často počúvame o dopravných nehodách, spojených s neprimeranou rýchlosťou a s nedodržiavaním rýchlosti. Vieme, že hlavným faktorom, zodpovedným za škody pri zrážke motorových vozidiel, je ich rýchlosť. Auto idúce rýchlosťou 120 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ má šesťnásťnásobne väčšiu pohybovú energiu ako podobné auto, ktoré sa pohybuje rýchlosťou len 30 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Teda aj jeho náraz má oveľa ničivejší účinok.



Zároveň však treba povedať, že na pohybovú energiu telesa má vplyv aj jeho hmotnosť. Pohybová energia nákladného auta je pri tej istej rýchlosti väčšia ako pohybová energia malého osobného auta.

Vysvetlíme si tieto tvrdenia ešte na jednom príklade: Klinec zatĺkame tak, že naň udierame kladivom a klinec vniká do dreva. Pohybová energia kladiva sa mení na prácu. Kladivo pôsobí silou a posúva klinec po určitej dráhe.



Čím väčšiu rýchlosť bude mať udierajúce kladivo, tým väčšiu prácu vykonáme. Mohli by sme urobiť experiment a pracovať s kladivami rôznej hmotnosti.

Pri tej istej rýchlosti ich pohybu ťažšie kladivo vykoná väčšiu prácu.

Pohybová energia telesa je fyzikálna veličina, má značku E_k. Pohybová energia telesa závisí od rýchlosti, ktorou sa teleso pohybuje, a od jeho hmotnosti.

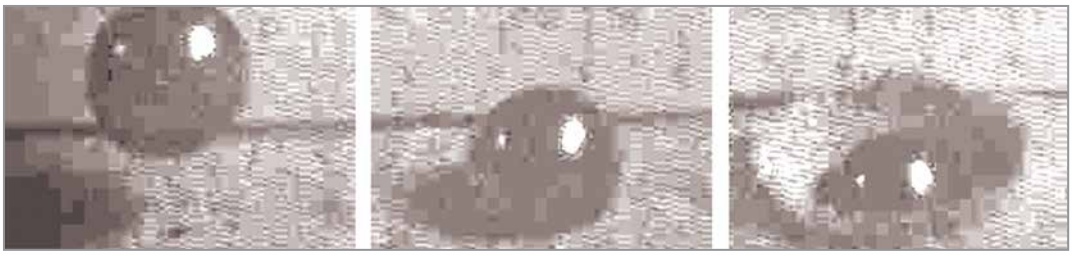
Jednotka pohybovej energie je joule (J)**.**

Zo skúsenosti vieme, že kamene, padajúce z väčšej výšky nad povrchom zeme, sú veľmi nebezpečné, môžu poškodiť napr. karosériu auta. Lavína, padajúca zo svahu, môže lámať stromy, voda zadržaná priehradou v určitej výške padá na kolesá turbíny a vyrába elektrickú energiu. Každé teleso, ktoré je v určitej výške nad povrchom Zeme, pri zostupe nadol môže konať prácu, pretože má **polohovú energiu**.

Obr. 125 Prejavy polohovej energie

Vysvetlíme si, od čoho závisí polohová energia telesa. Jednoduchým experimentom možno ukázať, ako súvisí polohová energia telesa s vykonanou prácou. Predstavte si jednoduchý pokus, v ktorom kovové guľky padajú do piesku.

Guľku zdvihneme do určitej výšky h nad tácku s pieskom. Vykonáme pritom prácu $W = m \cdot g \cdot h$.



Obr. 126 Tri polohy guľky počas poslednej stotiny sekundy jej pádu do piesku (Nasnímané rýchlobežnou kamerou v laboratóriách FMFI UK Bratislava)

Výšku *h*, v ktorej sa teleso nachádza, meriame vždy od určitej vodorovnej roviny pod telesom, a preto aj polohovú energiu telesa vzťahujeme vždy k určitej rovine.

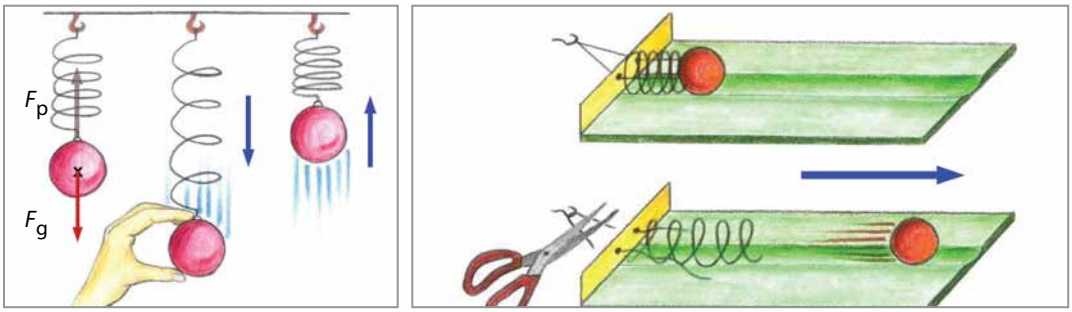
Konaním práce sme prekonávali silu, ktorá pôsobí na guľku v gravitačnom poli Zeme. Guľka nadobudla polohovú energiu, ktorá je rovnako veľká ako vykonaná práca. Polohovú energiu označujeme E_p a predchádzajúce tvrdenie môžeme zapísať v tvare: $E_p = W$.

Ak guľku pustíme pádom z výšky, vyhĺbi do piesku „kráter". Guľka svoju enegiu odovzdá ako prácu potrebnú na vyhĺbenie krátera.

Kráter bude tým hlbší, z čím väčšej výšky budeme guľku púšťať, prípadne čím väčšiu hmotnosť bude mať guľka.

Polohová energia telesa je fyzikálna veličina, má značku E_p. Teleso s hmotnosťou m má v gravitačnom poli Zeme vo výške h nad podložkou polohovú energiu $E_p = m \cdot g \cdot h$. Jednotka polohovej energie je joule (J)**.**

Polohovú energiu získa aj pružina, ktorú natiahneme alebo stlačíme. Uložíme tým do nej prácu.



Obr. 127 Polohová energia pružnosti pružiny

Túto „uloženú" prácu stlačená pružina vráti po uvoľnení. Príkladom využitia polohovej energie pružiny je luk. Jeho napnutím vykonáme prácu, po uvoľnení luk uvedie do pohybu šíp. Športovec na ďalšom obrázku má na topánkach pripevnené pružiny. Pri dopade na zem sa pružina stlačí, nadobudne polohovú pružnú energiu. Pri odraze sa pružná energia mení na pohybovú energiu, ktorá umožňuje robiť dlhé skoky.

Obr. 128 Využitie polohovej energie pružnosti

Natiahnutá alebo stlačená pružina má **polohovú energiu pružnosti**.

Energia pružnosti sa najčastejšie využívala v mechanických hodinách. Vnútri mechanických hodín sa nachádza stočený kovový prúžok, nazývaný hodinové „pero". Natiahnutím pera sa vykoná práca, ktorá

stočí kovový prúžok. Hodiny idú niekoľko dní vďaka polohovej energii, ktorú má hodinové pero. Hodinový mechanizmus premieňa túto energiu na pohyb hodinových ručičiek.

Pohybová energia (E_k) a polohová energia (E_p) sú druhy mechanickej energie. Pohybovú alebo polohovú energiu môže teleso získať vykonaním práce.

Pohybová energia telesa súvisí predovšetkým s jeho rýchlosťou a s hmotnosťou.

Polohová energia telesa súvisí s jeho výškou nad podložkou v gravitačnom poli Zeme a hmotnosťou.

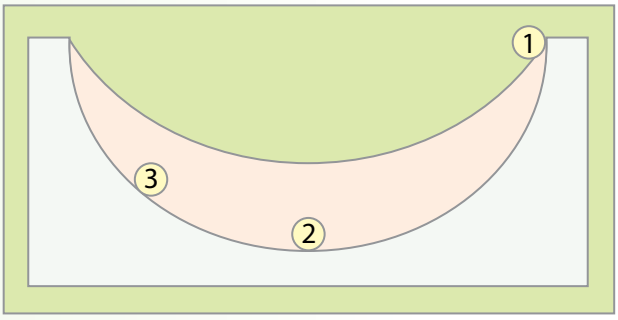
Polohovú energiu vypočítame: $E_p = m \cdot g \cdot h$.

Polohová a pohybová energia sú fyzikálne veličiny. Majú spoločnú jednotku joule (J), rovnakú ako mechanická práca.

Rieš úlohy

1. Zamysli sa nad obrázkami a opíš vodopád a trampolínu z hľadiska premeny mechanickej energie.

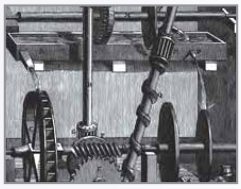
2. Opíš premeny energie skateboardistu v miestach označených na obrázku číslami 1, 2, 3, ktorý sa pohybuje po znázornenej trajektórii.



Jeden druh strojov dostal názov *perpetuum mobile*. Zisti si nasledujúce informácie:

a) čím sa tento druh strojov vyznačuje,

b) prečo ľudí stále láka vracať sa k týmto strojom.



Vieš, že... rímski vojaci používali vo vojne prak, z ktorého vystreľovali šípy. Napínaním praku vykonali prácu, čím získal šíp polohovú energiu pružnosti. Keď sa z praku vystrelilo, polohová energia pružnosti sa uvoľnila a šíp letel proti nepriateľovi.

2.21 Vzájomná premena polohovej a pohybovej energie. Zákon zachovania mechanickej energie

Na kúpaliskách sa môžeme stretnúť s vodnými kĺzačkami. Aby sme sa dostali na jej najvyššie miesto, z ktorého sa môžeme spustiť, musíme obyčajne vystúpiť po schodoch.

Od najvyššieho miesta sa postupne naša rýchlosť, v dôsledku pôsobenia gravitačnej sily, pri kĺzaní zvyšuje. Najvyššiu rýchlosť dosiahneme na konci kĺzačky. Opíšeme kĺzanie z fyzikálneho hľadiska. Pri výstupe na kĺzačku vykonáme prácu. Na začiatku, na najvyššom mieste, máme najväčšiu polohovú energiu. Postupne sa rýchlosť pohybu zväčšuje a výška nad zemou zasa zmenšuje. Naša polohová energia sa mení na pohybovú energiu. Najväčšiu pohybovú energiu dosiahneme tesne pred dopadom do vody. Na konci kĺzačky sa všetka polohová energia premení na pohybovú energiu.

Obr. 129 Premena polohovej energie na pohybovú na vodnej kĺzačke

Vykonaná práca sa môže premeniť na polohovú energiu telesa a tá zasa na pohybovú energiu. Hovoríme, že dochádza k **premenám energie**.

V predchádzajúcej časti je na *obr. 128* znázornený lukostrelec. Luk vystrelí šíp, pretože sa polohová energia pružnosti premení na pohyb šípu. Pri opísanej premene energie si môžeme všimnúť, že **pri niektorých dejoch sa energia prenáša z jedného telesa na druhé**. Polohová energia pružnosti luku sa prenesie vo forme pohybovej energie na šíp. Na železničnej stanici sa posúvajú vagóny nárazom pohybujúceho sa vagóna do stojaceho vagóna. Pohybujúci sa vagón odovzdá časť svojej pohybovej energie stojacemu vagónu.

Úloha

Nájdi pomocou gumenej loptičky vzťah medzi prácou, polohovou a pohybovou energiou. *(Pracujte v skupinách.)*

POMÔCKY gumená loptička, krajčírsky meter, váhy, lepiaca páska

POSTUP

a) Prilepte na stenu krajčírsky meter.

b) Pripravte si do zošita záznam z meraní a výpočtov, uvedený ďalej.

c) Odvážte loptičku a zapíšte si jej hmotnosť. Vypočítajte silu F_g, ktorou je loptička priťahovaná k Zemi.

d) Vypočítajte prácu, ktorú je potrebné vykonať na zdvihnutie loptičky do výšky 1,5 m nad podlahou v triede.

e) Vypočítajte polohovú energiu loptičky, ktorú držíte vo výške 1,5 m nad podlahou.

f) Urobte predpoklad o veľkosti pohybovej energie loptičky tesne pred jej dopadom na podlahu a po odraze. Zapíšte predpoklad do záznamu v zošite.

g) Voľne pustite loptičku z výšky 1,5 m a zaznamenajte výšku, ktorú dosiahne loptička po prvom odraze. Zapíšte výšku h_1 do záznamu v zošite.

h) Vypočítajte polohovú energiu loptičky E_{p1} po prvom odraze od podlahy.

Záznam z meraní a výpočtov pri overovaní vzťahu medzi prácou, polohovou a pohybovou energiou

Hmotnosť loptičky m = _____ kg
Gravitačná sila F_g = _____ N
Práca vykonaná zdvihnutím loptičky do výšky 1,5 m W = _____ J
Výpočet:

Polohová energia loptičky E_p = _____ J
Výpočet:

Predpoklad o pohybovej energii loptičky tesne pred dopadom na podlahu E_k = _____ J
Predpoklad o pohybovej energii loptičky tesne po odraze od podlahy E_k = _____ J

Výška, do ktorej sa odrazila loptička h_1 = _____ m
Polohová energia loptičky po odraze E_{p1} = _____ J
Výpočet:

2.21 Vzájomná premena polohovej a pohybovej energie. Zákon zachovania mechanickej energie

ODPOVEDZ

1. Aký je vzťah medzi prácou, ktorú si vykonal zdvihnutím loptičky do výšky 1,5 m, a polohovou energiou loptičky v tejto výške?
2. Ako by si vysvetlil vzťah medzi prácou, polohovou a pohybovou energiou loptičky pred prvým odrazom od podlahy?
3. Predpokladal si rozdiel v pohybovej energii loptičky pred dopadom a tesne po odraze?
4. Aký je rozdiel medzi polohovou energiou loptičky na začiatku a po prvom odraze od podlahy?
5. Prečo loptička nedosiahla po prvom odraze výšku, z ktorej sme ju pustili? Mohla sa časť energie loptičky stratiť?

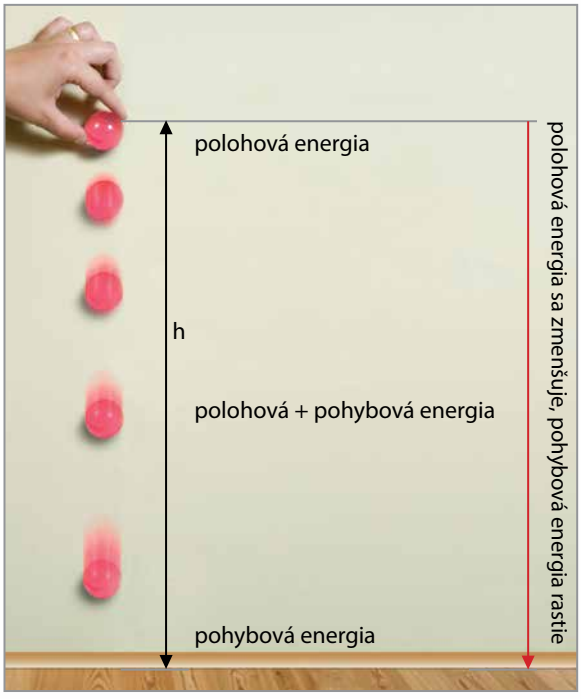
Rozoberieme si predchádzajúcu úlohu s loptičkou. Opísať deje premeny energie loptičky pri jej páde z výšky je jednoduché – vykonáme prácu, loptička získa polohovú energiu, ktorá sa pri voľnom páde postupne mení na pohybovú energiu. Počas pádu pôsobí na loptičku proti smeru jej pohybu aj odporová sila. Jej pôsobením sa časť energie „stratí", premení sa na teplo. Pri malých rýchlostiach sú tieto straty energie zanedbateľne malé a vtedy súčet polohovej a pohybovej energie má počas pádu loptičky približne stále rovnakú hodnotu.

Pád telesa, pri ktorom sú straty energie zanedbateľne malé, je **ideálny dej**, ktorý sa nazýva **voľný pád** telesa. Pri voľnom páde telesa sa jeho polohová energia postupne mení na pohybovú energiu. Súčet polohovej a pohybovej energie pohybujúceho sa telesa je jeho celková mechanická energia.

Súčet polohovej energie a pohybovej energie voľne padajúceho telesa má počas celého pohybu telesa rovnakú (konštantnú) hodnotu.

Za ideálnych podmienok sa celková mechanická energia telesa nemení.

Posledná veta vyjadruje fyzikálny zákon, ktorý nazývame **zákon zachovania mechanickej energie**.



Obr. 130 Premena energie pri páde loptičky

V úlohe s loptičkou sme pozorovali a merali výšku, do ktorej vyskočila loptička po odraze. Počas pádu sa jej polohová energia mení na pohybovú energiu. Pri dopade dochádza k stlačeniu loptičky, pričom sa časť jej energie mení na energiu pružnosti. Pri odraze od podlahy sa táto energia opäť mení na pohybovú energiu a tá znova na polohovú energiu lopty nad podlahou.

Práca. Výkon. Energia

Po odraze od podlahy si loptička nezachovala svoju pôvodnú mechanickú energiu a nevyskočila do pôvodnej výšky, odkiaľ sme ju pustili. Preto dej, ktorý sme práve opísali, nemôžeme považovať za ideálny dej. Časť mechanickej energie stratila loptička v styku so vzduchom a časť energie odovzdala časticiam podlahy pri odraze. Táto „stratená" energia sa prejaví ako teplo – iná forma energie.

Polohová energia sa pri niektorých dejoch premieňa na pohybovú energiu a naopak. Pri premenách energie môže dochádzať aj k prenosu energie na iné telesá.

Pri vzájomných premenách mechanickej energie platí zákon zachovania mechanickej energie.

Rieš úlohy

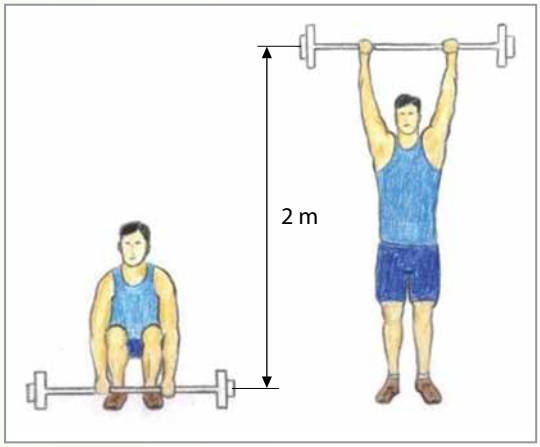
1. Vzpierač na obrázku zdvihol činku s hmotnosťou 80 kg do výšky 2 m.

a) Akú prácu vykonal vzpierač?

b) Akú polohovú energiu majú činky vo výške 2 m?

c) Akú najväčšiu pohybovú energiu môžu mať činky pri páde na zem?

d) Aká bude polohová a pohybová energia činiek v polovici dráhy pri ich páde na zem?



2. Na fotografii je dievča pri streľbe z luku. Porozmýšľaj a zapíš do zošita, aká bola vstupná a výstupná energia šípu.

Vstupná energia:	Výstupná energia:
_____	_____
_____	_____

3. **Urob model:** Správanie sa častice v telese pri náraze do iného telesa.

POMÔCKY laboratórny stojan, kruhový držiak, štyri gumičky, matica (alebo iný podobný predmet)

POSTUP

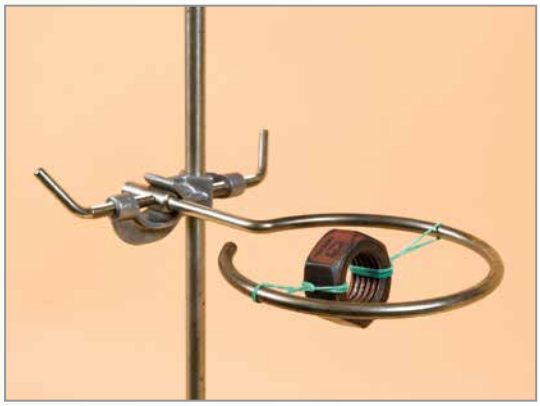
a) Na maticu pripevni oproti sebe dve a dve gumičky.

a) Maticu upevni gumičkami do kruhu držiaka a držiak upevni na stojan.

b) Na zem polož knihu a pusti stojan z výšky 20 cm na knihu.

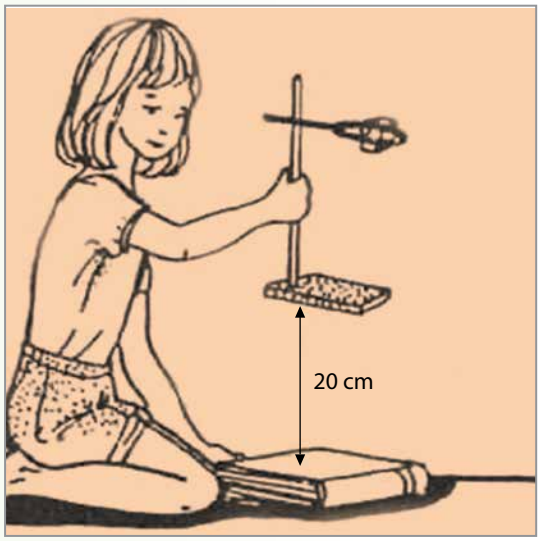
c) Pozoruj maticu pri páde stojana a pri náraze na podložku.

d) Priprav si prezentáciu pred triedou a vysvetli formou odpovedí na otázky správanie modelu.



ODPOVEDZ

1. Opíš vykonanie práce a premenu mechanickej energie na zhotovenom modeli.
2. Čo sa stane s pohybovou energiou modelu pri náraze na knihu?
3. Čo modeluje matica a jej upevnenie gumičkami do kruhového držiaka na stojane?
4. Pokús sa vysvetliť tvrdenie: Teplota je miera strednej pohybovej energie častíc v telese.
5. Vedel by si vysvetliť „straty“ energie pri páde a odraze loptičky?



Dôležité slová

Vysvetli dôležité slová, značky a vzťahy uvedené v obidvoch stĺpcoch tabuľky.

K slovám v ľavom stĺpci priraď slová, značky a vzťahy z pravého stĺpca tak, aby významovo patrili k sebe.

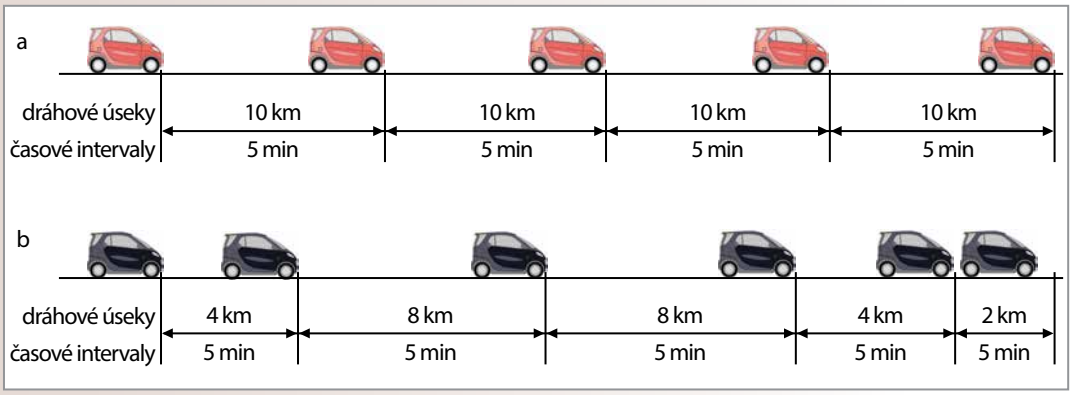
■ pohyb	● trajektória
■ dráha pohybu	● s
■ rýchlosť pohybu	● meter
■ mechanická práca	● $W = m \cdot g \cdot h$
■ jednoduché stroje	● rovnomerný
■ výkon	● $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
■ mechanická energia	● priemerná rýchlosť
■ značky fyzikálnych veličín a jednotiek fyzikálnych veličín	● $W = F \cdot s$
■ vzťahy medzi fyzikálnymi veličinami	● joule
	● teplo
	● priamočiary
	● v
	● naklonená rovina
	● t
	● polohová
	● $P = \frac{W}{t}$
	● kladka
	● $s = v \cdot t$
	● watt
	● E_k
	● pohybová
	● krivočiary
	● E_p
	● nerovnomerný
	● $v = \frac{s}{t}$

Čo sme sa naučili

Opis pohybu telesa

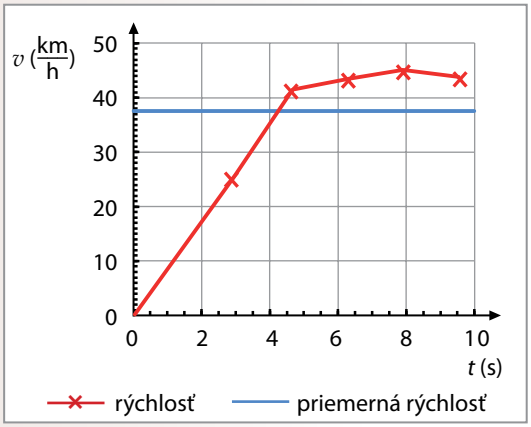
Pokoj a pohyb telies sa určuje napr. vzhľadom na zem, závory a pod.

Pohyb rovnomerný a nerovnomerný



Rýchlosť pohybu

Časový priebeh rýchlosti a záznam priemernej rýchlosti pri rekordnom behu na 100 m

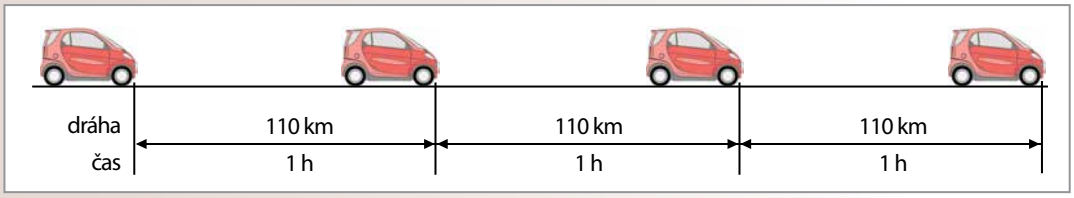


Priemerná rýchlosť

$$v_p = \frac{s}{t}$$

jednotka – meter za sekundu ($\frac{m}{s}$)

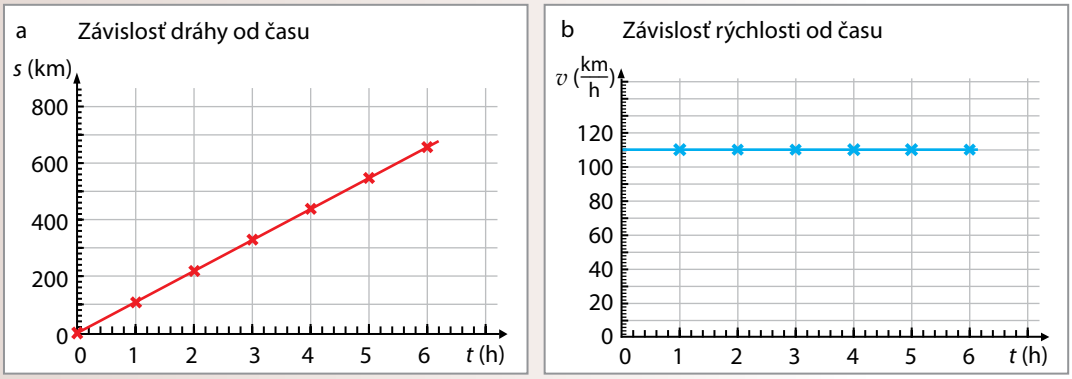
Dráha pohybu



$$s = v \cdot t$$

jednotka – meter (m)

Čo sme sa naučili

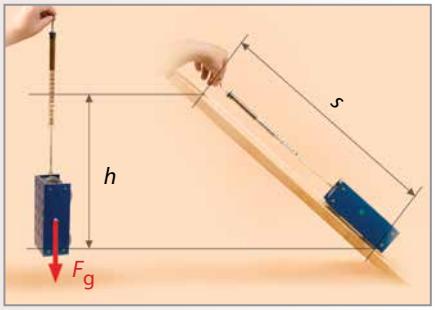


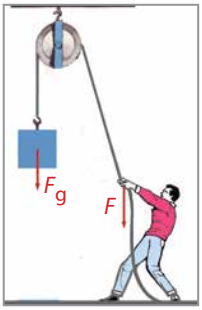
Pohyb automobilu na diaľnici

Mechanická práca

$$W = F \cdot s$$

jednotka – joule (J)





Výkon

$$P = \frac{W}{t}$$

jednotka – watt (W)

Práca vyjadrená zo vzťahu pre výkon:

$$W = P \cdot t$$

jednotka – wattsekunda, kilowatthodina (Ws, kWh)

Polohová a pohybová energia

Pohybová energia E_k

Polohová energia E_p

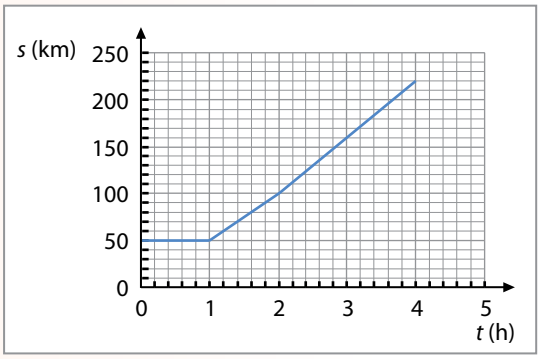
$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

jednotka – joule (J)

Zákon zachovania mechanickej energie. Pri premenách mechanickej energie, za ideálnych podmienok, zostáva veľkosť mechanickej energie telesa stála, nemení sa.

Test 4 – vyskúšaj sa

1. Dobre si preštuduj graf závislosti dráhy od času a odpovedz na otázky.



a) Prešlo auto nejakú dráhu predtým, ako sa začal merať čas?

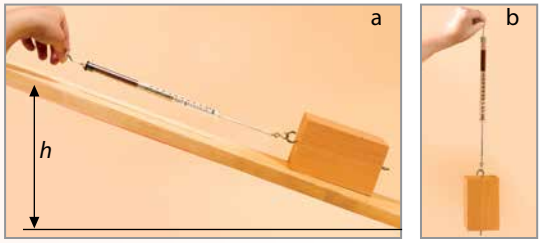
b) Urči dráhu, ktorú auto prešlo medzi prvou a druhou hodinou jazdy.

c) Aký pohyb konalo auto medzi druhou a štvrtou hodinou?

d) Opíš slovne pohyb auta v sledovanom čase.

2. Prvá umelá družica obletela Zem rovnomerným pohybom za čas 1 h a 35 min. Rýchlosť jej pohybu bola 8 $\frac{km}{s}$. Akú dráhu prešla družica pri jednom obehu okolo Zeme?

3. Na obrázkoch konáme prácu. Raz ťaháme kváder po naklonenej rovine *(obr. a)* a druhý raz ho dvíhame zo zeme *(obr. b)* zvislo nahor do výšky naklonenej roviny *h*.

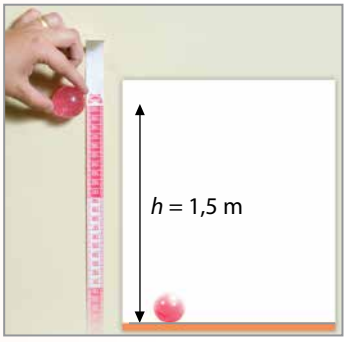


a) Vypočítaj prácu vykonanú pri ťahaní kvádra po naklonenej rovine. Nameraná veľkosť sily je 1,5 N a dĺžka dráhy, po ktorej sme kváder ťahali, je 1 m.

b) Vypočítaj prácu vykonanú pri dvíhaní kvádra zo zeme do výšky 60 cm. Veľkosť sily, ktorá bola nameraná, je 2,5 N.

c) Aký záver môžeš vysloviť o vykonanej práci pri porovnaní obidvoch výpočtov?

4. Malú pružnú loptičku dvíhame zo zeme do výšky 1,5 m. Loptička má hmotnosť 20 g.



a) Aká práca sa vykoná zdvihnutím loptičky zo zeme do danej výšky?

b) Označ miesto na obrázku, kde mala loptička najväčšiu polohovú energiu. K miestu napíš písmeno E_p.

c) Aká je polohová energia loptičky vo výške 1,5 m?

d) Ak loptičku pustíme na zem, kde bude mať najväčšiu pohybovú energiu? K miestu napíš písmeno E_k.

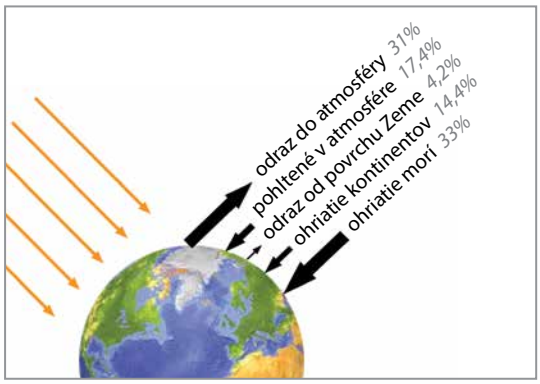
e) Vyskočí loptička po prvom odraze do rovnakej výšky 1,5 m? Svoju odpoveď odôvodni.

5. Trieda sa vybrala na výlet na bicykloch. Za 1 h a 30 min prešli 24 km. Zostávajúcich 16 km prešli za 40 min. Akou priemernou rýchlosťou sa bicyklisti pohybovali?

6. Výťah vynesie náklad s hmotnosťou 1 500 kg do výšky 5 m za čas 10 s. Aký je výkon motora výťahu? *(Pred výpočtom urob správny zápis hodnôt.)*

Energia v prírode

Náš najväčší zdroj energie je Slnko. Slnko je plynová guľa, ktorá vznikla pred 4,6 miliardami rokov. Bez neho by nebol na Zemi život, vietor ani voda. Slnko je zložené najmä z vodíka a hélia. V jeho strede je obrovský tlak a teplota okolo 15 miliónov °C. Atómy vodíka sa pod vplyvom vysokej teploty a tlaku navzájom zlučujú, pričom vzniká hélium. V priebehu týchto chemických reakcií sa uvoľňuje veľké množstvo energie. Šírenie energie z jadra Slnka až k jeho povrchu trvá tisíce rokov. Túto energiu vysiela Slnko vo forme rozličných druhov žiarenia a len časť je vo forme viditeľného svetla.



Obr. 131 Diagram energie vysielanej zo Slnka na Zem

Z diagramu na obrázku môžeme vidieť, že okolo 30 % energie, ktorú Slnko vysiela smerom k Zemi, sa odrazí od povrchu atmosféry. Atmosférou je pohltených 17,4 % energie. Na zohriatie kontinentov a morí pripadá teda 47,4 % energie zo Slnka.

Na začiatku školského roka ste si mohli odmerať **slnečnú konštantu**. Merali ste slnečné žiarenie, ktoré dopadne kolmo na 1 cm^2 povrchu Zeme za čas 1 min. Opakovanými meraniami sa zistilo, že každú sekundu dopadá na plochu jedného štvorcového centimetra povrchu Zeme energia s hodnotou približne 8,2 J. Túto istú hodnotu možno vyjadriť aj pomocou jednotiek výkonu a v odbornej literatúre sa uvádza nasledovne:

Slnečná konštanta je celkové žiarenie Slnka, dopadajúce kolmo na plochu1 m^2 vo vzdialenosti 150 000 000 km, čo je vzdialenosť Slnko – Zem.

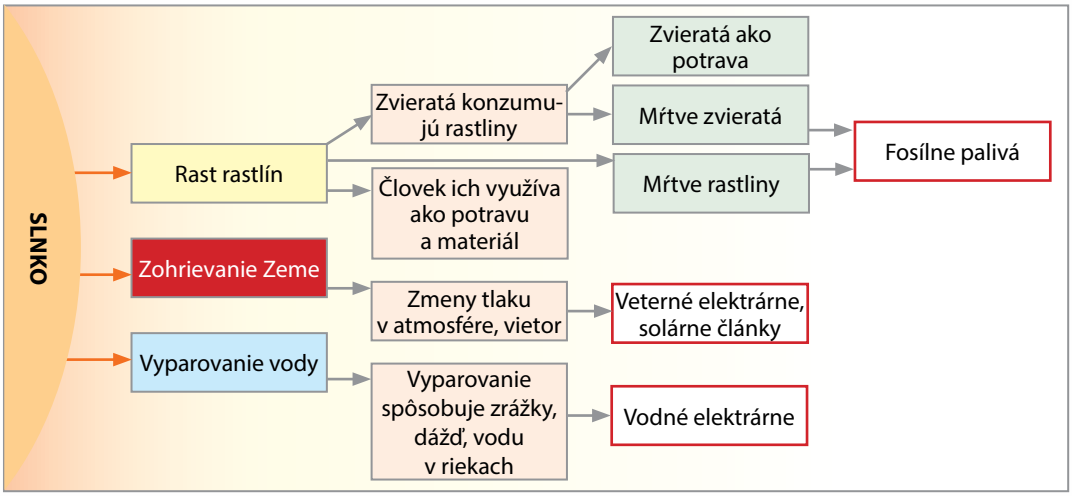
Ako už vieme, táto vzdialenosť sa nazýva astronomická jednotka a má značku AU. Stredná hodnota slnečnej konštanty v jednotkách výkonu je 1 368 $\frac{W}{m^2}$.

2.22 Energia zo Slnka

Energia zo Slnka, dopadajúca na Zem, je podmienkou pre život rastlín a živočíchov, vplýva na počasie a podnebie na Zemi. Diagram na *obr. 132* zobrazuje, ako sa na Zemi premieňa a spotrebúva slnečná energia.

Pri dopade slnečného žiarenia na listy zelených rastlín sa uskutočňuje v ich tele biochemický proces fotosyntéza. Podrobnejšie sme sa s priebehom fotosyntézy z fyzikálneho hľadiska zaoberali v časti 1.5 Absorpcia svetla. Vieme, že na fotosyntézu rastlina využije 1 % absorbovaného žiarenia, ktoré sa nachádza v oranžovo-červenej časti spektra, a tiež to, že sa pri nej premieňa svetelná energia na chemickú. Tomuto procesu vďačíme aj za vznik fosílnych palív, ako sú rašelina a uhlie.

Keď telá rastlín a živočíchov odumrú, pôsobením mikroorganizmov sa rozkladajú, pričom sa uvoľňuje uhlík vo forme oxidu uhličitého. Ak sa organické telá rozkladajú bez prítomnosti kyslíka, nastáva uhoľnatenie, t. j. tvorba rašeliny, uhlia, ropy.

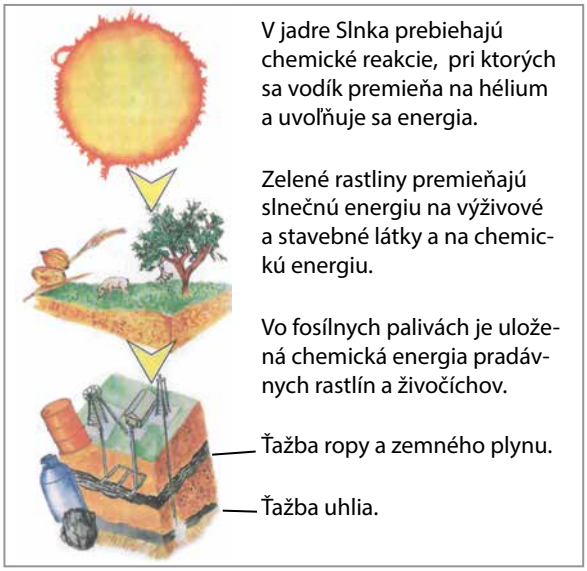


Obr. 132 Premeny slnečnej energie na Zemi a ich využitie

Názov fosílne palivá vyjadruje, že vznikli zo skamenených, fosilizovaných zvyškov rastlín a živočíchov. Fosílne palivá vznikali milióny rokov, keď bola Zem pokrytá močiarmi a lesmi s množstvom zelených rastlín. Odumreté rastliny padali do močiarov a za vhodných podmienok (tlaku a bez prístupu kyslíka) sa v priebehu miliónov rokov premenili na uhlie.

História vzniku ropy a zemného plynu je rovnako stará. Ropa a zemný plyn vznikli z drobných morských organizmov, napr. rias a planktónu, vplyvom tlaku usadenín a činnosti baktérií.

Na *obr. 133* je schematické znázornenie premien slnečnej energie a uloženie fosílnych palív v zemi.



Obr. 133 Slnečná energia a jej premeny

Za ostatných 200 rokov sa ľudstvo stáva stále viac závislé od uhlia, ropy a zemného plynu, ktoré sú najdôležitejšími zdrojmi energie. Súčasný spôsob využívania fosílnych palív je nehospodárny a časovo ohraničený. Ľudstvo spotrebuje za jeden rok približne také množstvo fosílnych palív, aké príroda vyprodukovala za 1 milión rokov. Tieto zdroje sa však podľa odborníkov vyčerpajú za relatívne krátky čas, ropa a zemný plyn za niekoľko desaťročí, zásoby uhlia sú o niečo väčšie.

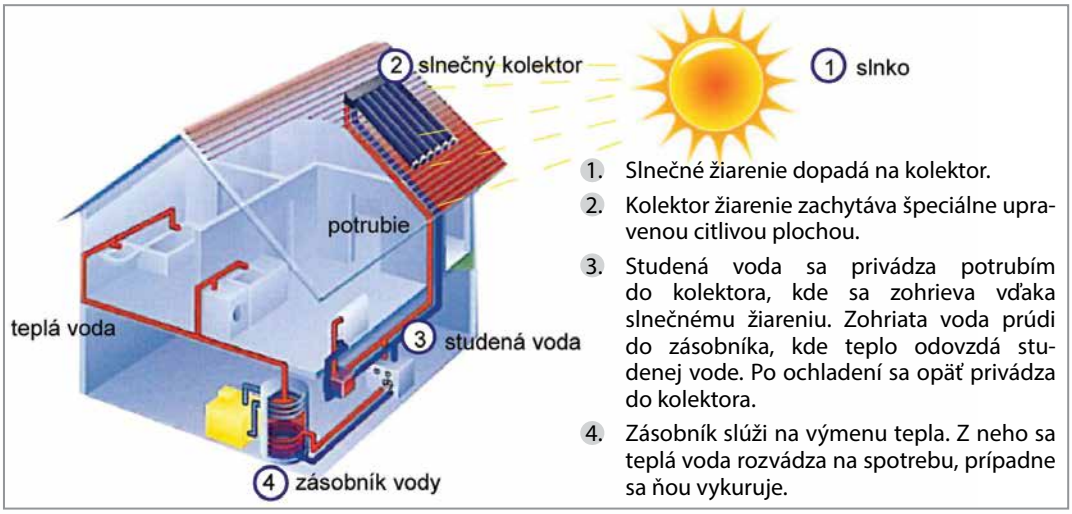
Len málo ľudských činností ovplyvňuje životné prostredie takým závažným spôsobom ako súčasné využívanie energie. Prejavuje sa to narastajúcou hrozbou globálnych klimatických zmien, kyslými dažďami a smogom v našich mestách. Okrem škôd na zdraví ľudí a prírody vedie ovládnutie energetických zdrojov aj k napätiu medzi krajinami a vojnovým konfliktom. Aj to je dôvod, prečo je potrebné hľadať bezpečné a hlavne nevyčerpateľné zdroje

energie. Energia Slnka je základom všetkých obnoviteľných zdrojov na Zemi. Ide o najdostupnejšiu a najčistejšiu formu obnoviteľnej energie.

Obr. 134 Pasívne a aktívne využitie slnečnej energie pri stavbe domov

Využitie slnečného žiarenia môžeme rozdeliť na aktívnu a pasívnu formu. Pasívnou formou sú premyslené stavby budov s prvkami, ako sú presklené časti domu, zimné záhrady. Aktívna forma sú slnečné kolektory na výrobu elektrickej energie a na ohrev vody.

Slnečné kolektory na zohrievanie vody pohlcujú slnečné žiarenie, ktoré premieňajú na teplo.



Obr. 135 Schéma kolektora na ohrev vody

Slnečnými kolektormi sa dá ušetriť v rodinných domoch až 60 – 70 % energie na prípravu teplej vody a 30 – 40 % tepla na vykurovanie, zostatok sa musí doplniť inými, drahšími zdrojmi energie.

Nevýhodou je, že pri využívaní slnečnej energie sme závislí od počasia, a preto potrebujeme aj iný zdroj tepla.

Výhodou slnečnej energia je, že ide o nevyčerpateľný zdroj, možno ju využívať prakticky všade, nie sme odkázaní na napájanie zo vzdialených zdrojov, napr. teplární. Pri jej využívaní nedochádza k produkovaniu emisií škodlivých plynov.

Rieš úlohu

Zostroj model: Slnečný kolektor na získanie teplej vody.

POMÔCKY väčšia škatuľa s rozmermi 30 × 40 cm, alobal, hrubší čierny papier s rozmermi škatule, malý lievik, 2 svorky (kolíky na bielizeň), tenká hadička z plastu s dĺžkou 2 m, lepiaca páska

POSTUP

a) Na bokoch papierovej škatule urob otvory.

b) Na dno škatule polož alobal a naň čierny papier.

c) Na čierny papier ulož hadičku z plastu v tvare vlnovky. Prilep jednotlivé časti lepiacou páskou. Konce hadičky musia prečnievať (15 cm) z otvorov škatule.

d) Priprav si vodu do väčšej nádoby (500 ml) a zmeraj jej teplotu.

e) Pomocou lievika nalej do hadičky vodu a keď začne vytekať na opačnom konci, uzavri hadičku na oboch koncoch svorkami alebo kolíkmi na bielizeň.

f) Prikry škatuľu s hadičkou priesvitnou fóliou a nechaj ju najmenej 30 min na Slnku.

g) Po zohrievaní zmeraj teplotu vody.

ODPOVEDZ

1. Vyhľadaj si informácie o reálnom kolektore na ohrev vody. Porovnaj ho so zhotoveným modelom. V čom sa líši a v čom sa podobá tvoj kolektor a reálny kolektor na ohrev vody?
2. Ako by si vypočítal, koľko tepla prijala voda v hadičke tvojho kolektora?
3. Prezentuj model kolektora pred triedou a do prezentácie zahrň aj odpovede na predchádzajúce otázky.

2.23 Energia, ktorú nevieme využiť a ovládnuť

Prírodné javy, ako napr. sopečná činnosť, zemetrasenia či tornáda, sú sprevádzané obrovskou energiou, ktorú nevieme ovládnuť a využiť.

Sopečná činnosť je jednou z najnápadnejších geologických zmien, ktorá sa prejavuje uvoľňovaním energie na povrch Zeme. Vo veľkých hĺbkach pôsobia vrchné vrstvy horniny na spodné obrovskými tlakmi. So stúpajúcim tlakom rastie aj teplota prostredia. V hĺbke 50 km na rozhraní zemskej kôry a plášťa vzniká roztavená hornina – magma.

Sopečná činnosť alebo vulkanizmus sa prejavuje vystupovaním magmy na povrch prívodnými kanálmi (pozdĺž puklín v zemskej kôre), pričom sa tvoria v hĺbkach do 10 km akési nádrže, magmatické ohniská. Ide o zmes roztavených hornín a plynov. Magma je veľmi pohyblivá. Hoci má väčšiu hustotu ako tuhá zemská kôra, je vytláčaná plynmi na zemský povrch. Magmu, ktorá sa rozlieva po povrchu, nazývame láva.

Aj u nás, v strednej Európe, dochádzalo ku zlomom v zemskej kôre. Na dnešnom území Slovenska sa v treťohorách aktivizovala sopečná činnosť, ktorej pozostatky môžeme pozorovať v niektorých slovenských pohoriach.

Obr. 136 Sopečný kužeľ Putikov vŕšok

Málokto vie, že na strednom Slovensku sa nachádza neďaleko Novej Bane v Tekovskej Breznici jeden z najmladších vulkánov v strednej Európe – Putikov vŕšok.

Slovensko je krajina vyhasnutých sopiek. Vulkanizmus na našom území bol aktívny od obdobia treťohôr až do obdobia štvrtohôr a skončil pred 102 000 rokmi. Približne v tomto období vybuchla sopka Putikov vŕšok pri Novej Bani na strednom Slovensku a sopečná činnosť na Slovensku sa skončila.

Vulkanológovia sa pokúšali približne vypočítať energiu, ktorá je potrebná na vznik sopečného kužeľa. Pravdaže, je to len približná hodnota. Ich postup spočíval v rekonštrukcii fyzikálnych procesov, prebiehajúcich pri výbuchu sopky. Ide o tieto procesy:

1. Zohriatie horniny po teplotu topenia.
2. Premena skupenstva z tuhého na kvapalné.
3. Vyzdvihnutie horniny do výšky.

2.23 Energia, ktorú nevieme využiť a ovládnuť

Uvedené procesy vieme opísať pomocou vzťahov na výpočet tepla Q, skupenského tepla topenia L a práce W. Na to, aby sme mohli urobiť výpočty, potrebujeme hodnoty, ktoré sa dajú zistiť zo vzorky horniny, z mapy sopečného kužeľa a z jeho výšky. Čadič je horninou, z ktorej sa skladá Putikov vŕšok.

1. *Zohriatie horniny po teplotu topenia.*

Na výpočet tepla $Q = c \cdot m \cdot \Delta t$ potrebujeme poznať hmotnostnú tepelnú kapacitu c čadiča.

Jej hodnota je 1 600 $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$.

Hmotnosť sopečného kužeľa možno vypočítať zo vzťahu na určenie hustoty čadiča:

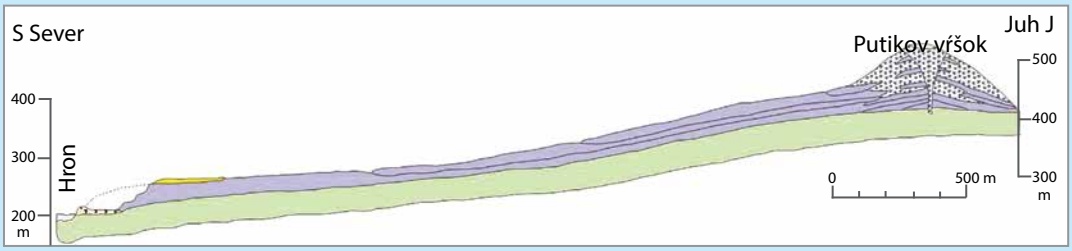
$$\rho = \frac{m}{V}$$

Hustota čadiča z Putikovho vŕška je 2 500 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Obr. 137 Čadič z Putikovho vŕška

Objem sopečného kužeľa a vyliatych lávových polí možno určiť z geologickej mapy. Približná hmotnosť Putikovho vŕška a k nemu patriacich lávových polí je 80 000 000 000 kg, čo možno zapísať aj v tvare $8 \cdot 10^{10}$ kg.

Na výpočet tepla je potrebné poznať Δt, rozdiel výslednej a počiatočnej teploty pri zohrievaní horniny. Výslednou teplotou je teplota topenia čadiča, čo je 1 450 °C. Predpokladajme, že sa čadič zohrieva z teploty 0 °C na teplotu 1 450 °C, teda Δt = 1 450 °C.



Obr. 138 Geologická mapa Putikovho vŕška

2. *Premena skupenstva z tuhého na kvapalné.*

Po zohriatí horniny na teplotu topenia nasleduje premena skupenstva z tuhého na kvapalné. Teplo potrebné na túto premenu (skupenské teplo premeny) sa vypočíta: $L = l_t \cdot m$ (súčin hmotnostného skupenského tepla čadiča a hmotnosti sopečného kužeľa). Hmotnostné skupenské teplo čadiča je 170 000 $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

3. *Vyzdvihnutie horniny do výšky.*

Rozpínajúce sa plyny pri sopečnej činnosti vyzdvihnú horninu nad okolitý povrch, v našom prípade budeme počítať úroveň rieky Hron, čo je približne 440 m. Prácu vypočítame zo vzťahu $W = m \cdot g \cdot h$.

Opäť počítame s hmotnosťou sopečného kužeľa a vyliatych lávových polí a s výškou nad úrovňou Hrona. Keďže sa práca koná proti pôsobeniu gravitačnej sily Zeme, musíme rátať aj s gravitačnou konštantou g.

Energia v prírode

Úloha

Vypočítaj energiu, ktorá bola potrebná na vznik sopky Putikov vŕšok.

POSTUP

a) Celkovú energiu vypočítaj ako súčet – tepla potrebného na zohriatie horniny po teplotu topenia (Q), tepla potrebného na premenu skupenstva z tuhého na kvapalné (L) a práce potrebnej na vyzdvihnutie horniny do výšky (W).

$$E = Q + L + W$$

b) Vyber si všetky potrebné údaje z vyššie uvedeného textu.

ODPOVEDZ

1. Vedel by si vypočítanú hodnotu premeniť na kWh?
2. Ak by sme dokázali využiť energiu, ktorej hodnotu si vypočítal, ako dlho by sa z nej mohla zásobovať krajina, ktorá za rok spotrebuje $0{,}95 \cdot 10^{17}$ J = $26{,}5 \cdot 10^{6}$ MWh?

Výbuch sopky má obrovský ničivý účinok na celé svoje okolie. Energia vzniku sopky Putikov vŕšok dosiahla približne hodnotu $2 \cdot 10^{17}$ J a to je len veľmi približná hodnota. Treba povedať, že na svete existujú a sú činné sopky oveľa väčších rozmerov. Napríklad sopka Vezuv v Taliansku, ktorá vybuchla v roku 79 n. l., pochovala celé mesto Pompeje. Aby si ľudia zachránili život, pri prvých príznakoch sopečnej činnosti musia opustiť svoje domovy.

Medzi najničivejšie prírodné katastrofy patrí zemetrasenie. Zem sa otvára a praská, búrajú sa domy, pretrhávajú priehrady. Veľké záplavové vlny ničia krajinu.

Pri žiadnom inom krátkodobom prírodnom alebo technickom procese sa neuvoľní také veľké množstvo energie ako počas veľmi silného tektonického zemetrasenia. Za tektonické zemetrasenie sa označuje také zemetrasenie, pri ktorom dochádza k premiestňovaniu časti zemskej kôry.

Napríklad pri dosiaľ najsilnejšom, prístrojmi zaznamenanom zemetrasení 22. 5. 1960 v Chile (momentové magnitúdo 9,5 – najdôležitejšia charakteristika veľkosti zemetrasenia) sa uvoľnilo približne 180 000-krát viac energie ako pri výbuchu atómovej bomby, ktorá 6. 8. 1945 zničila japonské mesto Hirošima. Kde sa také množstvo energie berie? Nahromadí sa počas dlhodobej prípravy zemetrasenia. Povrch Zeme je pokrytý asi 100 km hrubými litosférickými platňami, ktoré sú vo vzájomnom pohybe. Najviac zemetrasení vzniká na kontakte platní.

Napríklad v Kalifornii asi 1 300 km dlhý zlom San Andreas oddeľuje Tichooceánsku platňu, ktorá sa pohybuje smerom na severozápad, od Severoamerickej platne, ktorá sa pohybuje smerom na juhovýchod. Dotýkajú sa na zlome San Andreas. Trenie im však bráni, aby na zlome voľne prekĺzavali.

Obr. 139 Letecká fotografia zlomu San Andreas

Keďže sa obrovské platne (kontinentálnych rozmerov) vzhľadom na seba pohybujú, avšak zlom nie, hromadí sa na ňom a v jeho okolí deformácia a napätie. Keď toto napätie dosiahne v nejakom mieste dotyku (hypocentre) hodnotu trecej sily v pokoji (napr. po 100 rokoch), hmotná častica Tichooceánskej platne odskočí doľava, hmotná častica Severoamerickej platne doprava – v tomto mieste vznikne trhlina. Trhlina sa potom šíri z hypocentra po zlomovej ploche a vychyľuje hmotné častice obidvoch platní z ich rovnovážnej polohy. Keďže je medzi hmotnými časticami platní pružná (elastická) väzba, každá častica sa po vychýlení z rovnovážnej polohy rozkmitá. Toto kmitanie sa šíri od zlomovej plochy vnútrom Zeme – hovoríme, že sa v Zemi šíria seizmické vlny. Ak seizmické vlny dosiahnu povrch Zeme, spôsobia jeho kmitavý pohyb. Slabý pohyb zachytia len citlivé seizmometre. Veľmi silný pohyb môže spôsobiť aj deštrukciu budov.

Uvedené javy si môžeme priblížiť veľmi zjednodušenou analógiou: dlho stláčame pomerne tuhú pružinu (hromadíme v nej energiu) a v jednom momente pružinu náhle uvoľníme.

Príprava zemetrasenia, vznik a šírenie trhliny a následný kmitavý pohyb vnútra Zeme sú však veľmi zložité fyzikálne procesy, ktoré ešte nie sú dostatočne preskúmané.

Vráťme sa k zemetraseniu v Chile. Kde sa vzalo toľko energie? Nepriamo nám to naznačuje nie ľahko predstaviteľný fakt, že pri tomto zemetrasení sa trhlina rozšírila na plochu asi $200 \times 800\ \text{km}^2$.

Pomocou analýzy záznamov seizmografov môžeme odhadnúť energiu, ktorú nesú seizmické vlny. Časť celkovej nahromadenej energie sa však spotrebuje aj na vytváranie čela trhliny a prekonávanie trenia na zlome pri jej šírení.

Zaujímavé je pozrieť si tabuľku, ktorá ukazuje dlhodobý priemer počtov zemetrasení rôznej veľkosti za rok.

Tabuľka: Štatistika zemetrasení za rok

Interval magnitúda	Počet zemetrasení za rok	Energia uvoľnená jedným zemetrasením (J)	Celková energia za rok (J)	Podiel z celkovej ročnej energie (%)
≥ 8	1,1	$3{,}0 \cdot 10^{17}$	$3\,300 \cdot 10^{14}$	55,9
7-7,9	18	$1{,}1 \cdot 10^{16}$	$2\,000 \cdot 10^{14}$	33,2
6-6,9	120	$4{,}0 \cdot 10^{14}$	$480 \cdot 10^{14}$	8,0
5-5,9	800	$1{,}5 \cdot 10^{13}$	$120 \cdot 10^{14}$	2,0
4-4,9	6 200	$5{,}3 \cdot 10^{11}$	$33 \cdot 10^{14}$	0,6
3-3,9	49 000	$1{,}9 \cdot 10^{10}$	$9{,}3 \cdot 10^{14}$	0,2
2-2,9	300 000	$6{,}9 \cdot 10^{8}$	$2{,}1 \cdot 10^{14}$	< 0,1

Z tabuľky vidíme hneď jeden zaujímavý fakt: pri jedinom najsilnejšom zemetrasení za rok sa uvoľní viac energie ako pri všetkých ostatných zemetraseniach dohromady.

Projekt 4

Energia

Mechanickú prácu, teplo, polohovú a pohybovú energiu spája spoločná jednotka joule. J. Joule dokázal, že medzi vykonanou prácou a teplom je súvislosť. Jeho historický pokus je znázornený na *obr. 117*. Opakovanými meraniami sa zistilo, že na vzniknuté teplo 1 cal (vyjadrené v staršej jednotke tepla) pripadá práca s hodnotou 4,2 J. Tento vzťah medzi prácou a teplom sa nazýva **Joulova konštanta** alebo **mechanický ekvivalent tepla**. Pokusom s presýpaním oceľových guľôčok, meraním a výpočtami vykonanej práce a vzniknutého tepla bolo možné Joulov experiment modelovať.

V projekte 4 by ste sa mali zamýšľať nad spôsobom premeny tepla na prácu, teda opačným procesom, ako bol realizovaný v Joulovom experimente či pri presýpaní guľôčok. Mnoho inšpirácií bolo uvedených v učebnici fyziky pre 7. ročník.

Druhou možnosťou pre projekt je vymyslieť spôsob využitia slnečnej energie. Váš nápad by sa mal realizovať aj formou zhotovenia modelu. Pretože sme pri využívaní slnečnej energie odkázaní na slnečné dni, môže byť realizácia zdokumentovaná fotoaparátom či kamerou alebo mobilným telefónom a premietnutá v triede pri prezentácii.

TÉMY

a) Navrhnúť a zostrojiť z jednoduchých pomôcok zariadenie, v ktorom by sa teplo premieňalo na prácu.

b) Navrhnúť a zostrojiť z jednoduchých pomôcok zariadenie, v ktorom by sa slnečná energia využívala na praktické účely.

POSTUP A PODMIENKY

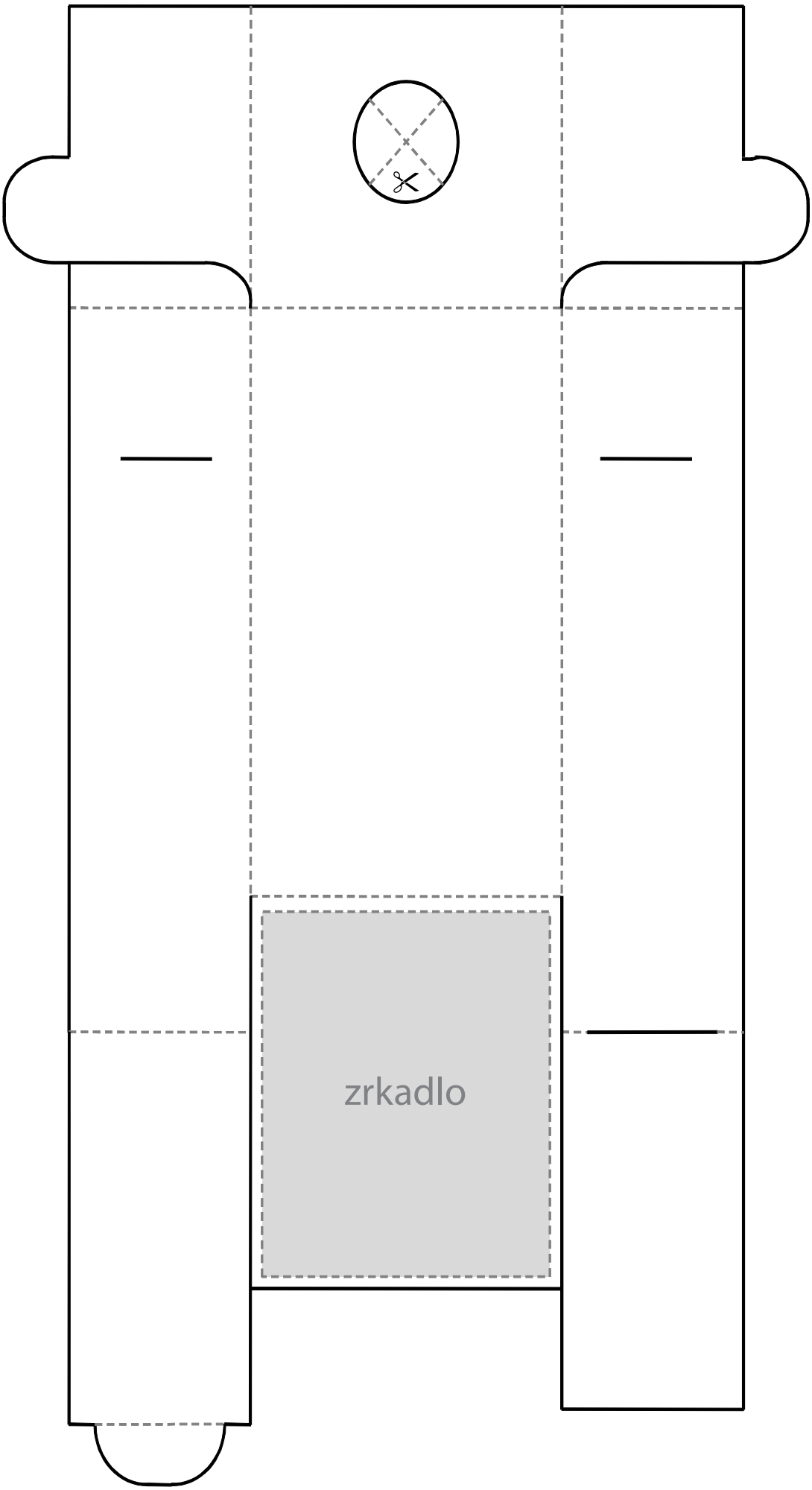
1. Vytvorte si tím dvoch-troch spolupracovníkov zo spolužiakov.
2. Vyberte si jednu z dvoch tém projektu.
3. Urobte si návrh projektu do zošita.
4. Navrhnite model zariadenia, v ktorom sa bude realizovať premena tepla na prácu alebo využitie slnečnej energie. V prvej téme by sa v zariadení malo premiestniť teleso o určitú vzdialenosť vplyvom tepelnej energie.
5. Pri výbere 1. témy musíte dávať pozor na bezpečnosť, konzultujte realizáciu projektu s vyučujúcim.
6. Pripravte si prezentáciu projektu pred triedou.

SPÔSOB VYHODNOTENIA

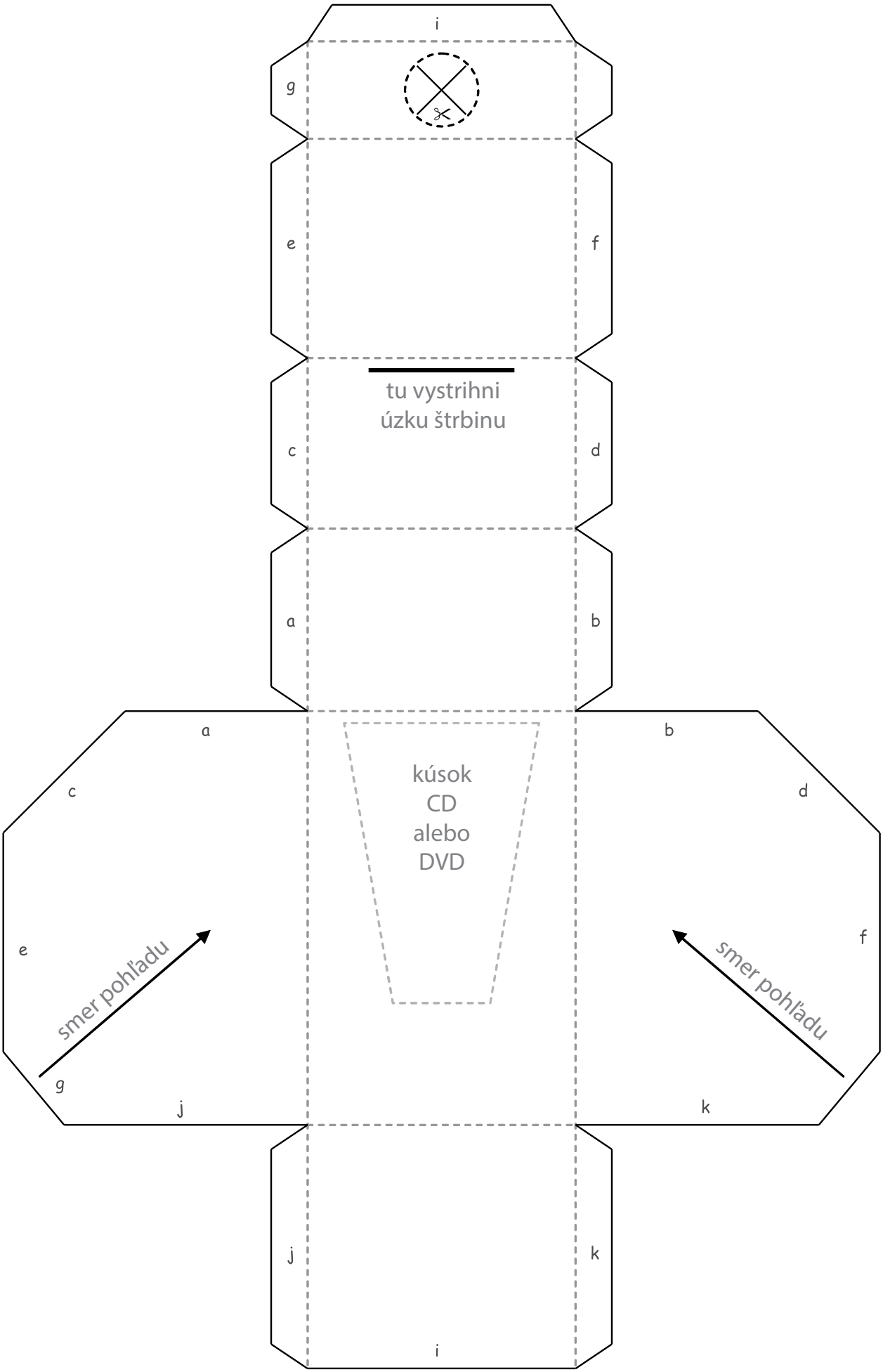
Vyhodnotenie projektov sa môže uskutočniť formou súťaže, prípadne formou, ktorú ste si zaužívali v triede. Pri hodnotení projektov sa odporúča dodržať podmienky, stanovené v navrhnutom postupe.

PRÍLOHY

Šablóna svetelného člna



Šablóna spektroskopu



Záznam o použití učebnice

poradové číslo	meno žiaka	školský rok	stav učebnice (%)	
			na začiatku	na konci
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Publikácia bola hradená
z finančných prostriedkov
Ministerstva školstva,
vedy, výskumu a športu
Slovenskej republiky

ISBN 978-80-8115-045-6

www.vydavatel.sk