

Václav Koubek – Viera Lapitková – Peter Demkanin

Fyzika

**pre 1. ročník gymnázia
a 5. ročník gymnázia
s osemročným štúdiom**

Úvod

Fyzika sa vyvíja už viac ako dve tisícročia ako vedná disciplína, ktorá sa zaoberá prírodou (starogrécke slovo fyzis znamená prírodu). Postupne sa od nej oddelilo viacero disciplín zameriavajúcich sa na živú prírodu (napr. biológia) alebo na špecifické vlastnosti látok (chémia) a vznikli z nich samostatné vedné disciplíny. Napriek postupnej špecializácii prírodných vied sa fyzika aj naďalej zaoberá skúmaním javov živej aj neživej prírody. Metódy skúmania javov, postupy spracovania informácií a meracie prostriedky, ktoré vznikli vo fyzike sa využívajú takmer vo všetkých prírodných, lekárskejších a technických vedách.

Nezanedbateľný je vklad fyziky do rôznych technických zariadení, ktoré udržiavajú v chode dopravu, zdravotníctvo, komunikačné siete, priemysel, výskum. Konštrukcia týchto zariadení, ale rovnako aj zhotovovanie bežných technických prostriedkov používaných v domácnostiach, by bez fyzikálnych poznatkov nebolo možné.

Fyzika svoje skúmanie sveta zakladá na hľadaní vzájomných súvislostí javov. Pozná napr. spôsob ako predpovedať polohu, ktorú ľubovoľná planéta zaujme v určitom čase na nebeskej sfére, ale vie tiež poradiť pri výbere vhodnej práčky do domácnosti. Javy, ktoré skúma, sú veľmi rozmanité a na ich opis je spravidla potrebná matematika. Preto pre mnohých ľudí – nefyzikov – predstavuje fyzika málo prehľadnú a ťažko pochopiteľnú disciplínu.

Napriek tomuto názoru je pre všeobecne vzdelaného človeka nevyhnutné oboznámiť sa so súborom fyzikálnych poznatkov o prírodných javoch, s ktorými sa v živote často a bežne stretáva. Zároveň je potrebné zvládnuť súbor praktických činností, ktoré podmieňujú každodenné prežitie: Fyzikálny základ má aj naše správanie v automobile, obsluha mikrovlnky alebo bezpečné pripojenie elektrického spotrebiča na napäťový elektrický zdroj.

Pre 1. ročník vyučovania fyziky na štvorročnom gymnáziu autori navrhujú fyzikálne témy rozdelené do piatich kapitol. Prvá z nich sa zaoberá predovšetkým meraním a hodnotením jeho presnosti. Druhá kapitola je zameraná na pohyb telies v závislosti od času a v súvislosti so silovým pôsobením, ktoré pohyb ovplyvňuje. Tretia kapitola dáva do súvislosti pohyb s prácou a energiou. Štvrtá kapitola sa zaoberá elektrickým prúdom a základnými vlastnosťami elektrického obvodu. Návod na vybrané žiacke aktivity k jednotlivým témam prvých štyroch kapitol sa nachádzajú v piatej kapitole.

Obsah učebnice je zostavený v súlade so štátnym vzdelávacím programom tak, aby sa realizoval na vyučovacích hodinách s delenou triedou. Delenie na menšie počty žiakov je potrebné pri väčšine tém, aby sa získal priestor na plánované aktivity a na vyhodnotenie a interpretáciu ich výsledkov. Očakávame, že pri väčšine aktivít sa žiaci rozdelia do troj-štvorčlenných tímov, v ktorých si podelia prácu a budú navzájom diskutovať o jej výsledkoch. Predpokladá sa, že v organizácii vyučovacej hodiny so žiackou aktivitou sa nájde čas na stručné referáty hovorcov skupín o dosiahnutých výsledkoch a na utriedenie poznatkov získaných pri riešení aktivity.

Učebnica na viacerých miestach vyžaduje spracovanie zadaných alebo odmeraných dát na počítači. Niektoré fyzikálne úlohy vyžadujú opakované riešenia so zmenenými parametrami. Na tieto ciele odporúčame využiť programy na spracovanie dát a na simulácie softvérového prostredia Coach 7, Coach 7 Lite, Coach 6 alebo Coach 6 Lite. Informácie o týchto programoch ako aj ďalšie materiály k tejto učebnici sú dostupné na stránke fmph.uniba.sk/pppl.

Program Excel je súčasťou programového balíka Microsoft Office a nachádza sa preto na väčšine počítačov vybavených operačným systémom Windows. Program C6lite je programový systém, ktorý umožňuje zber a grafické spracovanie dát. Je voľne šíriteľný a jeho slovenská verzia je k dispozícii pod názvom Lite SK na www stránke <http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~demkanin/CoachWebII/CoachUvod.htm>. Spracovateľské a simulačné programy uvádzané v učebnici, zostavené v programoch Excel alebo C6lite, je možné stiahnuť z portálu „Popularizácia vedy“ zo servera FMFI UK Bratislava z adresy <http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~koubek/indexESFpop.htm>. Na tejto adrese sa nachádzajú aj ďalšie súbory zo študijného DVD, na ktoré sa učebnica na viacerých miestach odvoláva.

Veľa úspechov pri práci s textom učebnice prajú študentom gymnázia a ich učiteľom

Autori

Bratislava, júl 2012

1.2 Fyzikálne veličiny a ich jednotky

Charakteristickým znakom fyzikálnej práce je kvantitatívny opis skúmaných javov: Vlastnosti objektov, napr. telies, ktoré fyzika skúma, vyjadrujeme ako **fyzikálne veličiny**, ktoré charakterizujú objekt – napr. dĺžka (l), hmotnosť (m), hustota (ρ), tlak, teplota, alebo veličiny vyjadrujúce elektrické alebo magnetické prejavy telies.

Aby sa niektorá vlastnosť objektu stala fyzikálnou veličinou, musíme ju vedieť merať. To je možné len vtedy, keď pre veličinu stanovíme fyzikálnu jednotku.

Sústava fyzikálnych jednotiek SI

Fyzika venuje značnú pozornosť definícii jednotky fyzikálnej veličiny a pokúša sa o jej zavedenie tak, aby ju bolo možné jednoducho realizovať.

Zavedenie jednotky na meranie fyzikálnej veličiny by nemalo byť ťažké. Mohli by sme napr. vyhlásiť, že na meranie dĺžky budeme používať piae – vzdialenosť medzi koncami palca a prostredného prsta ruky, pri ich maximálnom roztvorení. Zrejme by tak ale vznikol problém: piade, ktoré by používali rôzni ľudia, by sa navzájom líšili. Z tohto dôvodu fyzici takmer na celom svete používajú jednotnú sústavu fyzikálnych jednotiek – sústavu SI.

Úsilie o vytvorenie sústavy jednotiek viedlo v minulých storočiach k zavedeniu základných jednotiek pre najčastejšie používané veličiny. Boli to predovšetkým veličiny hmotnosť m , dĺžka l a čas t , ktoré mali praktický význam nielen pre fyziku, ale aj pre každodenný život. Na zavedenie jednotiek sa pôvodne využívali javy, s ktorými sa ľudia stretávali v prírode. Tak napr.

- jednotka času, **sekunda**, sa odvodila ako zlomok času, ktorý uplynie pri jednom otočení Zeme,
- jednotka dĺžky, **meter**, mala zodpovedať jednej desaťmilióntine dĺžky štvrtiny určitého poludníka Zeme,
- jednotka hmotnosti, **kilogram**, je hmotnosť jedného kubického decimetra vody.

Väčšina základných jednotiek sa dnes definuje oveľa presnejším spôsobom – vo väčšine prípadov pomocou fyzikálnych javov, ktoré sú nepremenné. Budete sa s nimi postupne oboznamovať v ďalších častiach fyziky.

V nasledujúcej tabuľke je uvedený prehľad siedmich veličín a ich jednotiek, ktoré sú základnými jednotkami sústavy SI.

Pri skúmaní fyzikálnych javov v budúcnosti zistíte, že na ich opis potrebujete aj iné fyzikálne veličiny. Zoznam fyzikálnych veličín sa bude postupne dopĺňať.

Základné jednotky fyzikálnych veličín

Sústava SI obsahuje **sedem základných jednotiek fyzikálnych veličín**. V tomto kurze fyziky budeme potrebovať len prvé štyri z nich.

Veličina		Jednotka	
názov	značka	názov	značka
hmotnosť	m	kilogram	kg
dĺžka	l	meter	m
čas	t	sekunda	s
elektrický prúd	I	ampér	A
termodynamická teplota	T	kelvin	K
látkové množstvo	a	mól	mol
svietivosť	I	kandela	cd

Uvedená veta je dôsledkom zákona, ktorý v sedemnástom storočí objavil anglický fyzik **ISAAC NEWTON** (1643 – 1727), ktorý je pôvodcom myšlienky, že **sila je výsledok vzájomného pôsobenia telies**.

Newton v tom čase prišiel s tromi pohybovými zákonmi, na ktorých sa dodnes zakladá mechanika – veda o pôsobení síl a o pohyboch. Zákon o vzájomnom pôsobení telies, **tretí Newtonov pohybový zákon**, je dnes väčšine ľudí známy ako *zákon akcie a reakcie*.

Newton objavil tento zákon pred viac ako 300 rokmi a publikoval ho v diele *Matematické základy prírodovedy*. Svoj zákon (a ďalšie dva pohybové zákony) vyjadril ako axiómy (*axióma – tvrdenie, ktoré treba bez dôkazu prijať* - pozri informáciu na študijnom DVD). Nevyplyývajú z iného zákona, možno sa však skúsenosťou, napr. experimentmi, presvedčiť o ich platnosti.

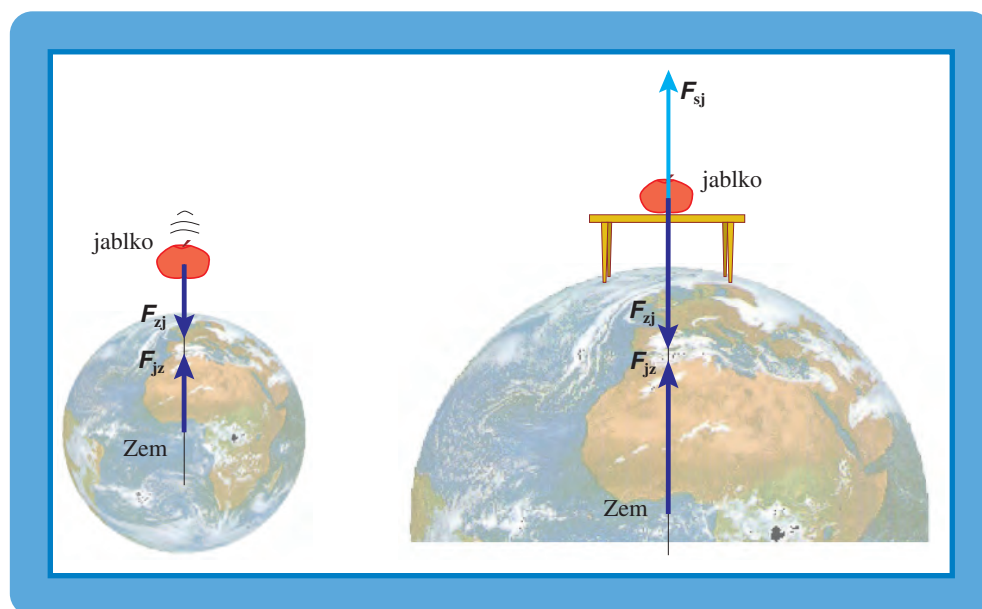
Newton svoj zákon o vzájomnom silovom pôsobení telies objavil pri skúmaní vzájomného gravitačného pôsobenia nebeských telies, Zeme a Mesiaca.

Zem pôsobí na Mesiac gravitačnou silou a naopak, Mesiac pôsobí na Zem silou rovnako veľkou opačného smeru. Hmotnosť Zeme je približne 81-krát väčšia ako hmotnosť Mesiaca. Preto sa môže zdať čudné, že Mesiac pôsobí na Zem rovnako veľkou silou ako je sila, ktorou Zem pôsobí na Mesiac.

Newton bol zrejme prvý, kto pochopil, že rovnako veľké sily pôsobiace na telesá, ktoré sa veľmi odlišujú svojimi hmotnosťami, budú mať veľmi rozdielne účinky. Tak je to napr. pri páde jablka na nasledujúcom obrázku.

Jablko, na ktoré pôsobí Zem gravitačnou silou F_{zj} padá a zmena jeho pohybu, spôsobená touto silou je dobre pozorovateľná.

Gravitačná sila F_{jz} , ktorou jablko pôsobí na Zem má rovnakú veľkosť ako sila F_{zj} . Hmotnosť Zeme je približne $10^{24} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$ -krát väčšia ako hmotnosť jablka. V tomto pomere bude menší aj účinok sily F_{jz} na Zem, a teda bude prakticky nepozorovateľný.



Vľavo: Jablko padá smerom k Zemi. Zem pôsobí na jablko gravitačnou silou F_{zj} . Rovnako veľkou silou F_{jz} , opačného smeru pôsobí jablko na Zem.

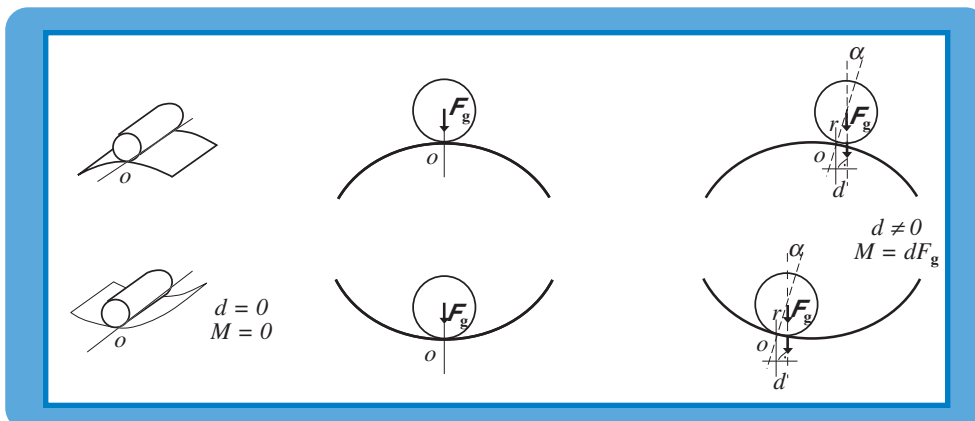
Vpravo: Jablko leží v pokoji na stole. Aby sa udržalo v stave pokoja na doske stola, musí naň smerom nahor tlačiť doska stola silou F_{sj} , rovnako veľkou ako je gravitačná sila F_{zj} , ktorou na jablko pôsobí Zem.

Jablko a Zem na seba navzájom pôsobia gravitačnými silami F_{zj} a F_{jz} .

Sily majú rovnakú veľkosť a navzájom opačný smer. Každá z nich pôsobí na iné teleso.

Na jablko ležiace na doske stola pôsobí Zem smerom nadol gravitačnou silou F_{zj} a smerom nahor naň tlačí doska stola rovnako veľkou silou F_{sj} . Obidve sily pôsobia na to isté teleso – jablko – a skladajú sa.

Valec v rovnovážnej polohe – hore na vypuklej valcovej ploche, dole na dutej ploche. Po malom vychýlení zo stálej (stabilnej) polohy sa valec opäť do tejto polohy vráti. Po malom vychýlení z vratkej (labilnej) polohy sa valec do tejto polohy nevráti.



Ako by ste doplnili náš obrázok znázornením valca vo voľnej (indiferentnej) polohe?

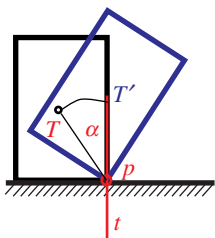
Z obrázkov vyplýva, že po vychýlení valca z rovnovážnej polohy vzniká moment $M = dF_g$ gravitačnej sily F_g . Pôsobením tohto momentu sa valec buď vráti do svojej pôvodnej stálej rovnovážnej polohy (na dutej ploche), alebo svoju pôvodnú vratkú rovnovážnu polohu celkom opustí (na vypuklej ploche).

Úloha

Koľko rovnovážnych stabilných polôh môže zaujať a) kocka, b) hranol, c) kváder, d) stolička s operadlom?

Stálosť polohy – stabilita

Ak ste vyriešili predchádzajúcu úlohu iste ste si všimli, že nie všetky stabilné rovnovážne polohy sú navzájom rovnocenné a že pri ich zmenách na iné stabilné polohy treba napr. pôsobiť väčšou silou. Tak by sme mohli napr. zistiť, že najviac úsilia treba vynaložiť pri zmene stabilnej rovnovážnej polohy kvádra, ktorý leží na svojej stene s najväčšou plochou. Mohli by sme teda vyhlásiť, že kváder má najväčšiu stálosť polohy – stabilitu vtedy, keď leží na svojej stene s najväčšou plochou.



Poznámka

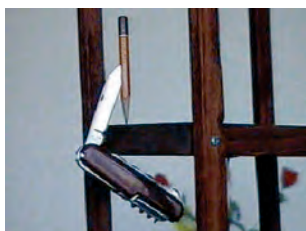
Na obrázku vľavo vidíme, ako sa jedna zo stabilných rovnovážnych polôh kvádra mení na inú rovnovážnu polohu. K zmene rovnovážnej polohy zrejme dôjde vtedy, keď zvislá ťažnica prechádzajúca ťažiskom kvádra pretne stranu p , okolo ktorej ho preklápame.

Kváder sa vráti do pôvodnej stabilnej rovnovážnej polohy ak ho otočíme okolo priamky p o uhol menší ako α .

Z obrázka vidíme, že za **mieru stability** by sme si mohli zvoliť napr. **výšku, do ktorej treba zdvihnúť ťažisko T** kvádra, aby sme ho dostali z polohy stabilnej do stavu s polohou ťažiska T' , pri ktorej sa už preklolí do inej rovnovážnej polohy.

Úlohy

1. Experimentujte s kvádom: Ukážte, že pri jeho preklopení treba ťažisko zdvihnúť najvyššie vtedy, ak sa kváder nachádza v stave s najväčšou stabilitou.
2. Na študijnom DVD ponúkame na troch videozáznamoch („klTaznica“, „klTehly“, „klCer“) príklady stabilných polôh telies. Preskúmajte ich a hľadajte v nich súvislosti s fyzikálnym obsahom článkov 2.4 a 2.5 o *ťažisku, ťažniciach, rovnovážnych polohách a o stabilite telies*.



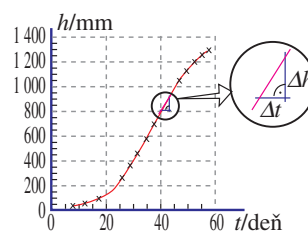
4. V predchádzajúcich častiach ste sa zaoberali aktivitou 5.8 „Ako rastie rastlina“. Vráťte sa ešte raz ku grafu závislosti jej výšky h od času t .

a) V tabuľkovom kalkulátore sú zadané hodnoty dvojíc (t, h) a podľa nich zostrojený graf závislosti $h = h(t)$. Zostrojte nový graf, ktorý zobrazuje

priemernú rýchlosť $v = \frac{\Delta h}{\Delta t}$ v závislosti od času t .

(Návod na postup je v počítačovom súbore „Rastlina01“ na študijnom DVD.)

b) Vysvetlite priebeh grafu rýchlosti $v = v(t)$, v súvislosti s priebehom grafu výšky rastliny $h = h(t)$.



2.13 Rovnomerný pohyb

Úloha

Pripravte a realizujte experiment znázornený na obrázku.

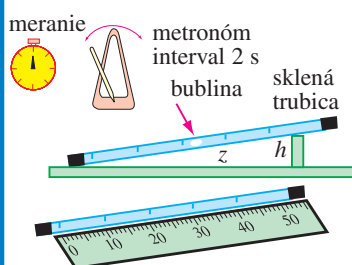
Preskúmajte pohyb vzduchovej bubliny v *rovnej* priehľadnej trubici zo skla alebo z plastu, ktorá má *na celej svojej dĺžke rovnaký priemer*.

Namiesto návodu sme pripravili opis experimentu a merania na obrázku. Preštudujte ho a potom urobte svoj vlastný experiment a svoje vlastné meranie. Sklenenú trubicu môžeme nahradiť aj priehľadnou plastovou hadičkou – musí však byť rovná a musí mať na celej svojej dĺžke rovnaký prierez.

Merajte závislosť dráhy pohybu od času

Problém

Ako sa pohybuje vzduchová bublina v rovnej trubici naplnenej vodou?



tabuľka

i	t s	s cm
1	2	10
2	4	22
3	6	30
4	8	38
5	10	50

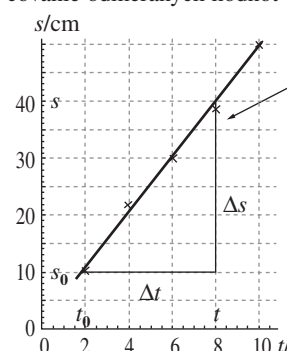
Odmerané zmeny dráhy nie sú navzájom rovnaké, ale ich hodnoty nestúpajú, ani neklesajú. Príčinou rozdielov sú pravdepodobne chyby merania.

Bol pohyb bubliny rovnomerný?

Pokúsme sa z odmeraných hodnôt zostrojiť graf závislosti $s = s(t)$ dráhy s od času t .

Grafické spracovanie odmeraných hodnôt

Meranie rýchlosti na grafe závislosti dráhy od času a spracovanie odmeraných hodnôt



$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$v = \frac{s - s_0}{t - t_0}$$

$$v = \frac{40 \text{ cm} - 10 \text{ cm}}{8,0 \text{ s} - 2,0 \text{ s}}$$

$$v = \frac{30 \text{ cm}}{6,0 \text{ s}} = 5,0 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Na každom ľubovoľne zvolenom úseku dráhy odmeriame rovnakú vzdialenosť

Grafom závislosti $s = s(t)$ je priamka.

Pohyb bubliny v trubici je rovnomerný.

Rýchlosť rovnomerného pohybu

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Ako závisí dráha rovnomerného pohybu od času?

Zo vzťahu pre rýchlosť a z pravouhlého trojuholníka so stranami Δs a Δt

(pozri graf) vyplýva

$$v = \frac{s - s_0}{t - t_0}$$

$$s - s_0 = v(t - t_0)$$

Závislosť dráhy rovnomerného pohybu od času môžeme písať v tvare

$$s = v(t - t_0) + s_0$$

Ako závisí dráha s od času t ?

Pripravte a realizujte experiment a meranie

Ako odmeriame rýchlosť na grafe závislosti dráhy od času?

Rýchlosť v rovnomerného pohybu

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

je určená sklonom grafu dráhy vzhľadom na os času.

gravitačná sila pôsobiaca medzi Zemou a umelou obežnicou Zeme – družicou, zakrivuje trajektóriu družice).

Poznámka k pojmu „vonkajšia sila“

Podľa prvého Newtonovho pohybového zákona **na zachovanie pokoja alebo rovnomerného priamočiareho pohybu telesa treba vytvoriť podmienky, pri ktorých na teleso nepôsobia žiadne sily.**

Stav, pri ktorom „na teleso nepôsobí žiadna vonkajšia sila“ sa prakticky nedá realizovať. Napr. na Zemi sa nedokážeme vyhnúť jej príťažlivosti. Preto nedokážeme ani celkom vylúčiť trenie vznikajúce pri šmýkaní alebo odvalovaní pohybujúceho sa telesa po iných telesách. Pri väčšine pohybov v plyne a kvapaline sa nezbavíme vplyvu odporových síl. Preto obsah prvého Newtonovho pohybového zákona opisuje stav, ktorý sa dá dôsledne realizovať len v myšlienkovom experimente.

V laboratórnej praxi robíme experimenty, ktoré potvrdzujú prvý Newtonov pohybový zákon nepriamo.

Stav, ktorý sme nazvali „na teleso nepôsobia žiadne sily“ vtedy nahrádzame stavom, pri ktorom „sily pôsobiace na teleso v smere pohybu majú nulovú výslednicu“.

Príklad

Na vozíček pohybujúci sa po koľajničkách pôsobí proti smeru jeho pohybu nezanedbateľná sila trenia. Ak ho postrčíme, nekoná rovnomerný pohyb, ale pohybuje sa spomalene. Ak ale dráhu postupne nakláňame v smere pohybu zistíme, že pri určitom sklone sa po miernom postrčení bude vozíček pohybovať rovnomerne.

Poznáte vzduchovú dráhu? Ak ju máte vo vašom fyzikálnom kabinete, použite ju pri experimentoch.

Úlohy

1. Skúste vymyslieť a vykonať experiment, pri ktorom sa teleso pohybuje rovnomerne priamočiaro bez pôsobenia vonkajších síl alebo s pôsobením sily, ktorá vyrovnáva nežiaduci účinok vonkajších síl, napr. trenie.
2. Urobte náčrt naklonenej dráhy vozíčka a zakreslite vektor trecej sily smerujúcej proti smeru pohybu. Potom nakreslite vektor tiažovej sily pôsobiacej na vozík tak, aby jej zložka pôsobiaca v smere pohybu vyrovnala účinok sily trenia.
3. Vlak sa pohybuje rovnomerne po vodorovnej priamočiarej trati. Načo potrebuje rušeň?

Zrýchlenie

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

rovnomerne zrýchleného pohybu má konštantnú veľkosť.

Rýchlosť narastá v navzájom rovnakých časových intervaloch Δt o rovnaké hodnoty Δv . Preto je konštantný aj ich podiel

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = a$$

Konštanta a sa nazýva **zrýchlenie rovnomerne zrýchleného pohybu**.

Podobne ako rýchlosť $\mathbf{v}$ je aj zrýchlenie $\mathbf{a}$ vektorová veličina. Má preto, ako každý vektor, okrem veľkosti aj smer. Pri priamočiariom pohybe – páde mačky – má zrýchlenie rovnaký smer ako rýchlosť.

Jednotka zrýchlenia

$$[a] = \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]} = \frac{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{s}} = \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Vzťah $\frac{\Delta v}{\Delta t} = a$, ktorým sme definovali veľkosť zrýchlenia, použijeme aj pri meraní zrýchlenia na priamkovom grafe závislosti $v = at$. Pre veľkosť zrýchlenia pádu mačky vychádza

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{0,7 \text{ s}} = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Odmeraná hodnota zrýchlenia pádu mačky $a = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, je blízka hodnote normálneho tiažového zrýchlenia $g = 9,80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (pozri článok 2.1).

Pád telesa s konštantným zrýchlením $g \approx 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ nazývame **voľný pád telesa**.

So zrýchlením $g \approx 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ by padalo na povrchu Zeme každé teleso, keby naň nepôsobila odporová sila, ktorá sa prejavuje pri pohybe vo vzduchu.

Odporová sila, ktorá ovplyvňovala aj pohyb mačky, bola zrejme zanedbateľne malá. Preto nám vyšla hodnota zrýchlenia $a = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \approx g$, blízka hodnote zrýchlenia, s ktorým by mala padať vo vákuu.

Voľný pád telesa

So zrýchlením g padajú telesá vo vákuu, ale aj vo vzduchu, ak môžeme zanedbať odporovú silu pôsobiacu proti smeru pohybu.

Poznámka

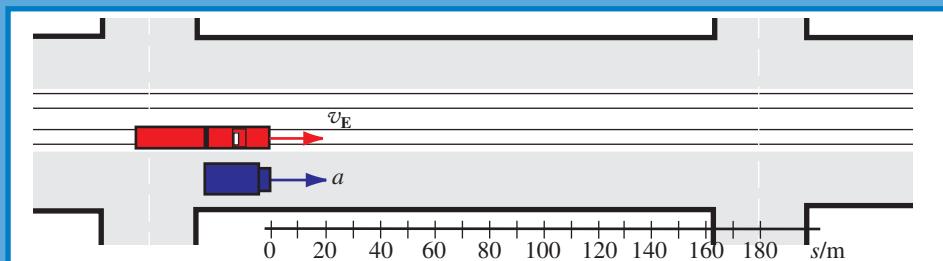
Odporová sila pôsobiaca na telesá, ktoré sa pohybujú vo vzduchu závisí od ich rýchlosti. Na pomerne krátkej dráhe bola zrejme rýchlosť pádu mačky príliš malá, aby odporová sila mohla pohyb ovplyvniť. (V článku 2.23 sa budeme zaoberať pôsobením odporovej sily podrobnejšie.)

Úlohy

1. K šikmej veži v Pise sa viaže meno jedného z talianskych fyzikov, ktorý pred niekoľkými storočiami skúmal pohyb padajúcich telies. Preskúmajte dostupnú literatúru a internet a zistite ako sa fyzik volal, kedy žil a čo pri svojich výskumoch zistil.
2. Akou rýchlosťou dopadla na zem mačka z výšky 2,5 m na obrázku v úvode tohto článku?

3. Určte dráhu, na ktorej zabrzdil bicyklista, ak z pôvodnej rýchlosti $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ zastal v priebehu 10 s ($v_0 = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $s_0 = 0$, $v = at + v_0$),

$$s = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t.$$



4. Na začiatku ulice sú električka a automobil na rovnakej úrovni a pohybujú sa rovnakým smerom. Električka sa pohybuje konštantnou rýchlosťou v_E , automobil s konštantným zrýchlením a . Dokáže automobil na križovatke odbočiť pred električkou? Riešte úlohu pri rôznych hodnotách rýchlostí a zrýchlenia a pri rôznych hodnotách začiatkových rýchlostí oboch vozidiel. Použite simulačný program „TramRZ“, zostavený v tabuľkovom kalkulátore EXCEL.

2.21 Druhý Newtonov pohybový zákon

V článku 2.16 sme na príklade lyžiara ťahaného na lane za motocyklom skúmali súvislosť medzi pôsobením sily a zmenami pohybového stavu. Zistili sme, že:

Teleso sa pohybuje zrýchlene, ak naň pôsobí sila v smere jeho pohybu.
Teleso sa pohybuje spomalene, ak naň pôsobí sila proti smeru jeho pohybu.
Teleso zotrúva v stave pokoja alebo v priamočiarom rovnomernom pohybe, ak naň nepôsobia vonkajšie sily.

Takéto správanie telesa sa zrejme riadi nejakou fyzikálnou zákonitosťou. Môžeme očakávať, že existuje **prírodný zákon, podľa ktorého veličiny zrýchlenie a a sila F navzájom súvisia**. Možno by sa dal vykonať experiment, ktorý by dal odpoveď na otázku:

? $a = a(F)$?

„Ako závisí zrýchlenie pohybu telesa od sily, ktorá naň pôsobí?“

Túto otázku si položil pred viac ako tristo rokmi anglický fyzik Isaac Newton. Spomeňme si na jeho prvý pohybový zákon, podľa ktorého teleso zotrúva v pohybe priamočiarom a rovnomernom, ak naň nepôsobia vonkajšie sily (článok 2.16).

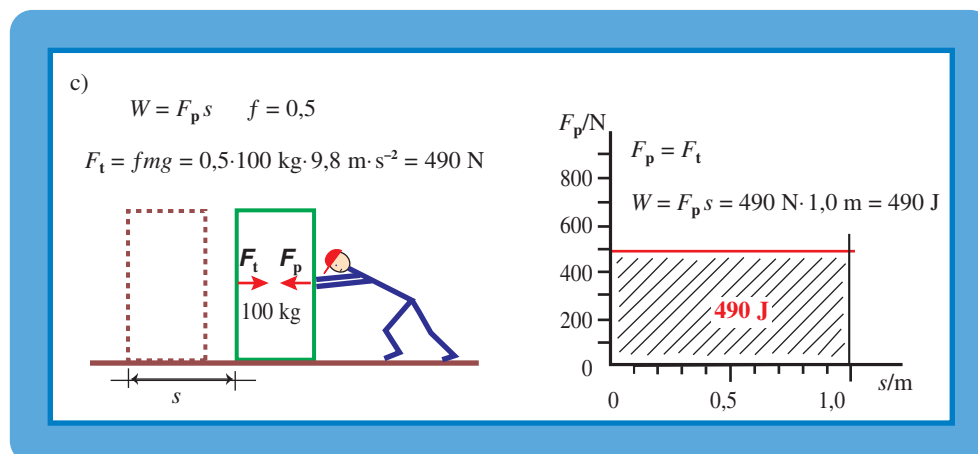
Newton zrejme vychádzal zo skúsenosti a z experimentov. Uvedomil si, že zmena rýchlosti Δv zrýchleného pohybu má ten istý smer ako pôsobiaca sila F a jej veľkosť závisí od veľkosti silového pôsobenia. Tento poznatok vyjadril v jednom z najdôležitejších fyzikálnych zákonov, ktorý sa dnes nazýva podľa autora **druhý Newtonov pohybový zákon**.

Druhý Newtonov pohybový zákon môžeme vysloviť a zapísať rôznymi spôsobmi. Najprv uvedieme matematickú formu.

$$F = ma \text{ alebo } a = \frac{F}{m}$$

Druhý Newtonov pohybový zákon

Pri posúvaní skrine spotrebuje prácu W sila trenia F_t , ktorá pôsobí proti smeru pohybu. Muž na obrázku pôsobí rovnako veľkou silou $F_p = F_t$ v smere pohybu po dráhe dĺžky s .



Na všetkých troch obrázkoch sme pôsobenie sily pozdĺž dráhy znázornili grafom závislosti sily od posunutia. Na obrázkoch a) a c) zobrazenie konštantnej sily (490 N) a konečného posunutia (1 m) predstavuje obdĺžnik. Plocha obdĺžnika, ktorú určíme ako súčin veľkostí jeho strán vyjadrených v jednotkách zobrazených veličín zodpovedá práci (sila $\times$ dráha = práca).

Zobrazenie práce ako plochy uzavretej pod grafom závislosti sily od dráhy je výhodné najmä vtedy, ak sa pozdĺž dráhy mení veľkosť pôsobiacej sily, tak ako to je pri napínaní pružiny na obrázku b).

Poznámka

Strany obdĺžnika, ktorého plocha zodpovedá práci, nemeríme v jednotkách dĺžky ale v jednotkách veličín, ktoré zobrazujeme na osiach. Preto obsah plochy obdĺžnika nevychádza v jednotkách plošného obsahu (m^2), ale v jednotkách newton-meter = $\text{N} \cdot \text{m} = \text{J}$.

Tento poznatok o práci platí celkom všeobecne a môžeme ho použiť aj v iných prípadoch, keď sa nám podarí zobraziť graf závislosti sily, ktorá koná prácu od dráhy, po ktorej sila pôsobí.

Úlohy

1. Na obrázku je pružina, ktorá sa používa pri cvičení. Počas piatich minút cvičenia ju napneme stokrát tak, ako naznačuje obrázok. Akú prácu vykonáme?
2. Možno nájdete medzi starými hračkami z detstva detskú pušku alebo pištoľ s pružinovým mechanizmom. Vymyslite spôsob ako odmerať tuhosť pružiny a potom prácu, ktorú potrebujeme na prípravu pušky na výstrel.
3. Uvážte, ako sa mení mechanická energia pri nabíjaní vzduchovej pušky alebo pištole. Majú aj plyny pružné vlastnosti? Predtým ako odpoviete urobte experiment: Uzavrite prstom otvor injekčnej striekačky (bez ihly) a potom tlačte na piest.
4. Prácu konáme aj vtedy, keď teleso dvíhame – pôsobíme silou proti smeru pôsobenia tiažovej sily. Vypočítajte akú prácu vykoná elektromotor výtahu, keď vás dopraví na piate poschodie. (Samozrejme, že vykoná oveľa väčšiu celkovú prácu – musí spolu s nami dvíhať aj celú kabínu. Pokúste sa aj o odhad hmotnosti kabíny a opakujte výpočet pre prázdny výtah.)

c) Práca vykonaná silou F_p sa zobrazí ako plocha obdĺžnika so stranami

$$F_p = 490 \text{ N}, \quad s = 1 \text{ m}$$

$$W = F_p s = 490 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 490 \text{ J}$$

Práca sa zobrazuje ako plocha uzavretá pod čiarou grafu závislosti sily od posunutia.

