

Fyzika pro gymnázia

Mechanika



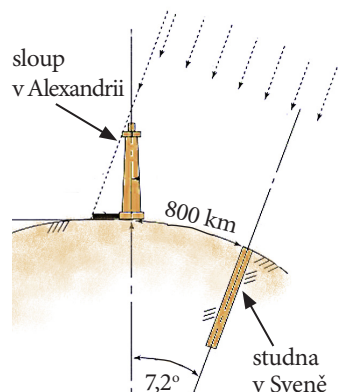
Kapitola 1

Svět fyzikálních veličin

Víte, že...

Prvním člověkem, kterému se podařilo správně odpovědět na otázku, jak velká je Země, byl řecký učenec Eratosthenés. Žil v Alexandrii v letech 276 – 194 př. n. l. Zatímco ostatní filozofové vedli dlouhé debaty o velikosti světa, Eratosthenés neváhal a pustil se do měření.

Předpokládal, že Země je koule a že Slunce je od ní hodně daleko. Pak už si vystačil s jednoduchou geometrií. Změřil, že v době slunovratu, kdy je v Syeně (dnešním Asuánu v Egyptě) Slunce v poledne přesně nad hlavou, je v Alexandrii vzdáleno o $7,2^\circ$ od svislého směru. Vzdálenost mezi oběma městy byla podle tehdejších údajů asi 800 km. Jaký je obvod Země?



Cíle

1. Dozvíte se, co je to vědecká metoda, poznáte jakým „jazykem“ popisuje fyzika svět kolem nás.
2. Naučíte se pracovat s mezinárodní soustavou jednotek SI, převádět jednotky a zapisovat hodnoty veličin v exponenciálním tvaru.
3. Poznáte význam měření ve fyzice, dozvíte se, co je to absolutní a relativní chyba.
4. Naučíte se základní operace s vektorovými veličinami.

1.1. Vědecká metoda

Někdy ve čtvrtém a pátém století před naším letopočtem se řeční filozofové začali zabývat otázkami, z čeho je složen svět a jakými zákony se řídí. Tuto dobu můžeme považovat za **vznik fyziky**, také sám název „fyzika“ pochází z řeckého slova *fysis* – příroda. Tehdejší filozofové věřili, že pozorování přírody a následné úvahy založené na zkušenosti a lidských smyslech je dovedou ke správným teoriím. Provádění experimentů, které by ověřily či vyvrátily jejich teorie, nepatřilo ke stylu jejich práce. Proto bylo běžné, že vedle sebe existovala řada často dost protichůdných teorií či názorů, o jejichž pravdivosti se rozhodovalo v tehdy tolik oblíbených diskusích. „Poslední slovo“ měli největší myslitelé tehdejší doby, jako byl třeba Aristotelés. Jejich názory pak, většinou prostřednictvím arabských překladů, převzala také středověká Evropa.

Trvalo až do 16. století, než došlo ke změně. Prvním evropským vědcem, který přišel s názorem, že poznání musí být založeno na experimentech spíše než na antických knihách, byl Galileo Galilei. Uvědomil si, že věda musí vždy vycházet z pozorování a měření. Dokládají to i jeho slavné výroky „měř, co je měřitelné, a neměřitelné učin měřitelným“ nebo „knih přírody je psána jazykem matematiky“. Galileo tak založil systematickou **vědeckou metodu**, založenou na pozorování, experimentu a měření, která je vlastní nejen fyzice, ale stojí na ní všechny přírodní vědy. Základní princip vědecké metody ukazuje schéma na obrázku 1-2.



Kapitola 2

Přímočarý pohyb

Víte, že...

Galileo Galilei byl jedním z prvních vědců, kteří přivedli fyziku na správnou cestu k rozluštění zákonů pohybu těles. Jeho velkým přínosem bylo poznání, že je třeba zanedbat rušivé vlivy, jako je například odpor vzduchu, abychom odhalili podstatu daného jevu.

Tuto metodu používáme ve fyzice pořád. Chceme-li přírodě porozumět, musíme zanedbat nepodstatné a soustředit se jen na zkoumaný jev.

Obrázek 2-1. Galileo Galilei žil v italském městě Pisa, známém svou šikmou věží.



Cíle

1. Seznámíte se se základními veličinami popisujícími pohyb: polohou, rychlostí a zrychlením.
2. Naučíte se číst a sestavovat grafy popisující přímočarý pohyb v čase.
3. Poznáte rovnoměrný a rovnoměrně zrychlený pohyb.
4. Naučíte se řešit některé praktické úlohy o přímočarém pohybu.

2.1. Pohyb

Všechno kolem nás se pohybuje. Dokonce i věci, které se zdají být v klidu. Třeba dům, kde bydlíte, se právě pohybuje rychlostí zhruba $100\,000\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, obíhá totiž spolu se Zemí okolo Slunce. Ale i Slunce se pohybuje vůči středu naší Galaxie, naše Galaxie vůči jiným Galaxiím a tak dále. Pohyb je zkrátka vlastností veškeré hmoty ve vesmíru. Proto začneme studium fyziky právě studiem pohybu. Oblast fyziky, který se zabývá popisem pohybu, se nazývá **kinematika**.

Abychom později mohli zkoumat, proč se věci pohybují, musíme nejprve umět pohyb jednoduše a výstižně popsat. K tomu se používají tři základní veličiny – poloha, rychlost a zrychlení. Pro začátek si situaci hodně zjednodušíme a přijmeme následující předpoklady:

- 1) Budeme se zatím zabývat pouze **přímočarým pohybem** – pohybem po přímce. Může to být třeba pád kamene z věže nebo jízda vlaku po přímé trati. Někdy také říkáme, že jde o jednorozměrný pohyb (naš svět je ovšem trojrozměrný).
- 2) Pohybující se těleso nahradíme hmotným bodem. **Hmotný bod** je nejjednodušší model, který nahrazuje skutečné těleso. Získáme jej tak, že zanedbáme rozměry tělesa a veškerou jeho hmotnost soustředíme do jednoho bodu (viz obrázek 2-2).



Obrázek 2-2. Nahrazení tělesa hmotným bodem.

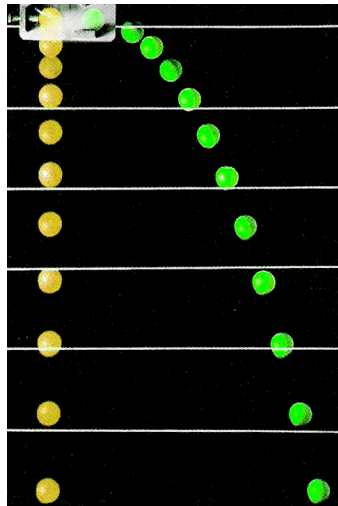
Toto zjednodušení můžeme dobře použít v případě, kdy rozměry a tvar tělesa nejsou v dané situaci podstatné (například při popisu pohybu auta mezi dvěma městy). Neaplikujme je například, kdy se různé části zkoumaného tělesa pohybují

Kapitola 3

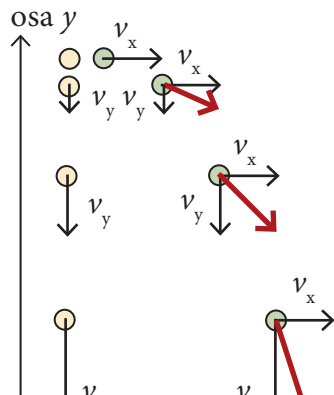
Křivočarý pohyb

Obrázek 3-1.

(a) Stroboskopický snímek souběžného pádu dvou míčků.



(b) Zakreslení složek rychlosti míčků nám umožní pochopit jejich pohyb.



Cíle

1. Dozvíte se, jak s využitím znalostí o vektorech popsat křivočarý pohyb tělesa v gravitačním poli – šikmý vrh.
2. Poznáte význam polohy, rychlosti a zrychlení jako vektorů v rovině či v prostoru. Dozvíte se, jaký je význam tečného a normálového zrychlení při křivočarém pohybu.
3. Seznámíte se s rovnoměrným pohybem po kružnici a veličinami, které jej popisují. Naučíte se počítat dostředivé zrychlení.
4. Naučíte se, jak se skládají rychlosti a jak to souvisí s teorií relativity.

3.1 Šikmý vrh

Každý někdy sledoval pohyb baseballového míčku po odpalu nebo let skokana na lyžích. Tyto pohyby mají hodně společného s volným pádem, o kterém jsme mluvili v druhé kapitole. Připomeňme si, k čemu jsme dospěli v odstavci 2.7: „Těleso volně vypuštěné v blízkosti povrchu Země padá se stálým zrychlením, je-li odpor vzduchu dostatečně malý. Toto **tíhové zrychlení g** je pro všechna tělesa stejné.“

Sledujme nyní stroboskopický záznam pohybu dvou míčků na obrázku 3-1. Žlutý míček byl volně vypuštěn (padá volným pádem), zatímco zelený byl ve stejném okamžiku vystřelen určitou rychlostí ve vodorovném směru. Vidíme, že y -ová souřadnice obou míčků je v každém okamžiku stejná. **Skutečnost, že se jeden míček současně pohybuje i ve vodorovném směru, nijak neovlivňuje jeho pohyb ve svislém směru.** Podobně by to dopadlo i v případě vodorovného výstřelu z pušky. Vypadne-li nábojnice ve stejný okamžik ze stejné výšky jako z ní vodorovně vyletí střela, musí také současně dopadnout na zem, přestože jsou od sebe již desítky metrů daleko. Podobnými pokusy se můžeme přesvědčit, že nejen volně vypuštěná tělesa, ale i tělesa vypuštěná s libovolnou počáteční rychlostí \mathbf{v}_0 , se pohybují v gravitačním poli se stálým zrychlením \mathbf{g} po celou dobu svého pohybu. Takový pohyb nazýváme obecně **šikmým vrhem**. Má-li počáteční rychlost vodorovný směr, jako je tomu na obrázku 3-1, jde o speciální případ – **vodorovný vrh**. Vodorovný vrh se tedy od volného pádu liší pouze tím, že se těleso navíc pohybuje konstantní rychlostí ve vodorovném směru.

Nyní se můžeme pustit do matematického popisu **šikmého vrhu**. Budeme sledovat pohyb baseballového míčku, který byl vystřelen počáteční rychlostí \mathbf{v} o velikosti $18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ pod **elevačním úhlem** 60° (viz obrázek 3-2). Vztažnou

Kapitola 4

Zákony pohybu

Víte, že...

Je známo, že parašutista se po opuštění letadla pohybuje se zrychlením, ale po docela krátké době dosáhne mezní rychlosti asi $250 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a dál se už nezrychluje. Proč parašutista nepadá volným pádem, stále se zrychlením g ? Můžeme vypočítat velikost mezní rychlosti? Na všechny tyto otázky nám dává odpověď dynamika.



Obrázek 4-1. Parašutista při tandemovém seskoku.

Cíle

1. Poznáte tři Newtonovy zákony pohybu a jejich význam ve fyzice.
2. Seznámíte se se základními typy sil.
3. Naučíte se pomocí Newtonových zákonů řešit mnoho praktických úloh.

4.1. Síla a pohyb

V následující kapitole se budeme věnovat **dynamice**. V dynamice se snažíme odpovědět na velmi důležitou otázku: **Proč se těleso či tělesa pohybují právě tak, jak pozorujeme?** Snažíme se objevit zákony jejich pohybu. Uvedme velmi jednoduchý příklad. Sledujete hokejový kotouč, jak klouže po ledě a náhle prudce změni směr pohybu. I když nepozorujete žádnou viditelnou příčinu, usuzujete, že kotouč nezměnil směr sám od sebe – náhodou, ale že tento pohyb měl svou příčinu, kterou může být třeba malá nerovnost na ledové ploše. Obecně řečeno, **každá změna rychlosti tělesa** (ať už směru či velikosti), **má vždy přesně danou příčinu v působení okolních těles.**

Byl to právě **Isaac Newton**, který poprvé objevil tuto spojitost mezi zrychlením tělesa a působením okolních těles. **K přesnému (měřitelnému) vyjádření vzájemného působení mezi tělesy** použil veličinu nazvanou **síla**. Síla vyjadřuje velikost a směr, jakým jedno těleso působí na druhé. Je to vektorová veličina, jejíž jednotkou je 1 newton. Tělesa na sebe působí silami při vzájemném dotyku (tlaková síla, třecí síla,...), ale mohou působit také na dálku (gravitační síla, elektrická síla,...). Vztahy pro vyjádření konkrétních sil při vzájemném působení se nazývají **silové zákony** (například Newtonův gravitační zákon). Podrobněji se jim budeme věnovat později.

Připomeňme ještě jednu velmi důležitou vlastnost. Působí-li na hmotný bod okolní tělesa více silami, můžeme tyto síly jednoduše sečíst jako vektory (viz sčítání vektorů) a určit tak výslednou sílu (budeme ji značit ΣF). Její účinek je stejný jako by působily všechny skládané síly dohromady, bez ohledu na to, jaký je jejich původ. Říkáme, že platí **princip skládání sil**

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n.$$

4.2. První Newtonův zákon

Až do 17. století, kdy Newton formuloval zákony pohybu, převažoval názor,

Kapitola 5

Hybnost, práce, energie

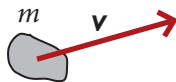
Víte, že...

Právě hybnost patří v oblasti dopravních nehod k nepostradatelným pojmům.

Po přečtení této části budete například umět jednoduše odpovědět na otázky, proč má vlastně automobil deformační zóny a proč se vyplatí se před jízdou připoutat.



Obrázek 5-1. Fotografie „crash testu“ neboli nárazové zkoušky automobilu.



Obrázek 5-2. Hybnost tělesa je vektorová veličina určena součinem hmotnosti tělesa a jeho rychlosti.

Cíle

1. Poznáte novou veličinu popisující pohyb: hybnost. Seznámíte se se zákonem zachování hybnosti a jeho použitím v nejrůznějších situacích.
2. Poznáte další dvě důležité mechanické veličiny: práci a energii. Seznámíte se také s různými formami energie.
3. Poznáte zákon zachování energie a jeho použití při řešení mnoha úloh z mechaniky.
4. Dozvíte se, co je to výkon a účinnost.

5.1. Hybnost

Představte si, že chytáte jednou tenisový míček a podruhé kámen. Přitom obě dvě tělesa se pohybují stejnou rychlostí. Snadno dojdete k závěru, že chytit kámen je mnohem těžší, neboť jeho hmotnost je mnohem větší. Řečeno jazykem fyziky: k zastavení hmotnějšího tělesa během stejné doby je třeba, aby na něj působila větší síla. Nyní uvažme dva tenisové míčky stejné hmotnosti, z nichž jeden se pohybuje větší rychlostí. V tomto případě zjistíme, že větší síly je (v daném časovém intervalu) třeba k zastavení rychlejšího míčku. Jak hmotnost tak rychlost pohybujícího se tělesa určují jeho pohybový stav. Součin okamžité rychlosti a hmotnosti tělesa nazýval Newton „množství pohybu“. Dnes se tato veličina nazývá **hybnost**. Je to vektorová veličina definovaná vztahem

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}.$$

Vidíme, že hybnost má stejný směr jako rychlost. Jednotkou hybnosti je $[\mathbf{p}] = [m] \cdot [\mathbf{v}] = \text{kgms}^{-1}$. Tato jednotka nemá svůj vlastní název.

Připomeňme si nyní druhý Newtonův zákon

$$\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a},$$

který říká, jaké bude zrychlení tělesa, působí-li na ně výsledná síla $\Sigma \mathbf{F}$. Bude-li předpokládat, že výsledná síla je po dobu Δt konstantní, můžeme použít průměrného zrychlení $\mathbf{a} = \Delta \mathbf{v} / \Delta t$ a druhý Newtonův zákon přepsat takto:

$$\Sigma \mathbf{F} = \frac{m\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}.$$

Kapitola 6

Gravitace

Víte, že...

Tycho Brahe sice ještě neznal dalekohled, používal však jiné důmyslné pomůcky. Například velké kovové úhlooměry – tzv. kvadranty. Jeden vidíte na obrázku 6-1. Dokázali byste popsat, jak se s takovým kvadrantem měřilo? Brahemu se podařilo určovat polohu objektů na obloze s přesností kolem jedné obloukové minuty.

Neprávem bychom však Braheho pozorování považovali za nejlepší své doby. Mongolský hvězdář Ulugh-beg, změřil polohy a parametry planet skoro sto let před Brahem s přesností o řád větší. Pozůstatky jeho observatoře můžete navštívit ve městě Samarkand.



Cíle

1. **Poznáte zákony pohybu planet, které na počátku 17. století objevil J. Kepler.**
2. **Seznámíte se s Newtonovým zákonem gravitace a pojmem gravitační pole.**
3. **Naučíte se používat gravitační zákon i Keplerovy zákony k řešení mnoha úloh, například o pohybu planet kolem Slunce či pohybu družic kolem Země.**
4. **Dozvíte se, jak vypadá tíhové pole Země a také jak se gravitace projevuje ve vesmíru.**

6.1. Keplerovy zákony pohybu planet

Říká se, že zákon gravitace objevil Newton když seděl pod jabloní a jablko ze stromu mu spadlo na hlavu. Tento příběh má k pravdě dost daleko. Ve skutečnosti byla cesta k objevení gravitačního zákona mnohem delší, a také zajímavější. Samotné studium pohybu těles na povrchu Země by k odhalení zákona gravitace určitě nestačilo. Bylo to přesné pozorování planet a následný objev zákonů, kterými se pohyb planet řídí, co umožnilo Newtonovi jeho velký objev.

Pohyby planet po obloze pozorovali astronomové již od starověku. Velice přesná pozorování, byť stále ještě bez použití dalekohledu, prováděl na konci 16. století dánský astronom **Tycho Brahe**. Podařilo se mu na nějaký čas získat přízeň Dánského krále, který mu věnoval ostrov Hven a zaplatil zde výstavbu největší astronomické observatoře své doby. Po dvacet let pak mohl Brahe zaznamenávat polohy planet a hvězd. V roce 1600 se Tycho Brahe přesunul do Prahy, kde se stal jeho asistentem **Johannes Kepler**. Kepler si dal za úkol pomocí matematiky a geometrie popsat pohyb planet kolem Slunce. V té době již mohl navázat na díla Galilea Galileiho nebo Mikuláše Koperníka, vyvracející teorii geocentrismu, tedy že Země je v centru Vesmíru a kolem ní obíhá Slunce a ostatní planety. Kepler prováděl podrobnou analýzu Braheho přesných údajů (uvažte, že všechny složité výpočty musel dělat ručně) a výsledkem byly tři zákony pohybu planet. Dnes jsou známy jako **Keplerovy zákony**:

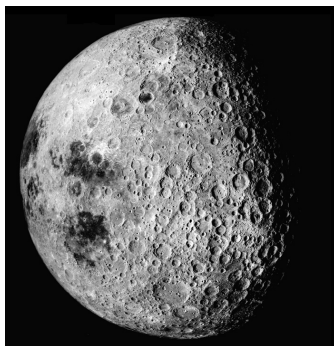
1. Planety se pohybují kolem Slunce po elipsách málo odlišných od kružnic, v jejichž společném ohnisku je Slunce.
2. Obsahy ploch opsaných průvodičem planety za jednotku času jsou konstantní.
3. Poměr druhých mocnin oběžných dob dvou planet je roven poměru třetích

Kapitola 7

Mechanika tuhých těles

Víte, že...

Ze Země není možné nikdy spatřit Měsíc v té podobě jako na obrázku 7-2. Při pozorném prozkoumání si možná všimnete, že je na našem snímku mnohem víc kráterů a méně tmavých měsíčních „moří“. Jak je to možné? Měsíc nám totiž ukazuje stále svoji dobře známou tvář, zatímco odvrácená strana zůstává skryta. K vysvětlení tohoto jevu stačí uvážit otáčení Měsíce kolem jeho osy. S jakou periodou musí Měsíc rotovat, abychom viděli pořád jen jednu jeho polovinu?



Obrázek 7-2. Takto viděli Měsíc astronauté z mise Apollo.

Valení kola po silnici (bez prokluzu).

Cíle

1. Naučíte se, jak popsat otáčivý pohyb tělesa pomocí úhlových veličin.
2. Seznámíte se s pojmem moment síly. Poznáte, jak pomocí skládání momentů sil určit jejich výsledný otáčivý účinek na těleso.
3. Seznámíte se s pojmem těžiště tělesa a naučíte se řešit základní úlohy ze statiky.
4. Dozvíte se, jak se vypočítá kinetická energie otáčejícího se tělesa.

7.1. Posuvný a otáčivý pohyb

Dosud jsme se zabývali pohybem těles, která jsme považovali za **hmotné body**. Zanedbání rozměrů těles bylo užitečné, protože nám umožnilo jednoduše popsat jejich posuvný pohyb a také pochopit základní zákony mechaniky. V této kapitole se zaměříme na situace, kdy rozměry a tvar tělesa hrají podstatnou roli. Budeme se zabývat pouze pohybem **tuhých těles**, tedy těles, jejichž tvar považujeme za neměnný. Vyloučíme proto tělesa pružná, snadno deformovatelná a tekutá. Například vaše tělo není tuhým tělesem, protože při pohybu mění svůj tvar. Ale i pohyby tuhých těles jsou často složité a těžko popsatelné. Představte si například pohyb kola bicyklu jedoucího rovnoměrným přímočarým pohybem po silnici (viz obrázek 7-1). Každý bod kola se pohybuje po jiné trajektorii a také s jinou okamžitou rychlostí (v obrázku je červeně zakreslena trajektorie bodu na obvodu kola a modře trajektorie středu). Složitý pohyb celého kola můžeme lépe pochopit, představíme-li si jej jako složení dvou druhů pohybů. Jednak je to pohyb středu kola, který má mezi ostatními body zvláštní postavení. Pohybuje se po přímce rychlostí \mathbf{v} , což je zároveň rychlost pohybu celého bicyklu. Potom, vzhledem ke středu kola (ve vztažné soustavě s ním spojené a pohybující se rychlostí \mathbf{v}) se všechny ostatní body kola pohybují po kružnicích kolem něj. Výsledný pohyb kola se tak skládá z **posuvného** pohybu středu rychlostí \mathbf{v} a **otáčivého** pohybu všech ostatních bodů kolem pohybujícího se středu.

Kdyby se kolo neotáčelo, ale zůstalo v pohybu (například při brzdění smy

Posuvný pohyb

Otáčivý pohyb



Kapitola 8

Mechanika tekutin

Víte, že...

Tlak vzduchu je jedním z nejdůležitějších meteorologických údajů. Změny tlaku vzduchu totiž souvisí se změnami počasí. Zařízení, které změny tlaku vzduchu registruje, může být velmi jednoduché. Stačí skleněná baňka s jedním uzavřeným a jedním otevřeným koncem naplněná tekutinou (viz obrázek 8-1). Podobná zařízení používali zejména námořníci. Jak z polohy hladiny poznali, že se blíží bouře?



Obrázek 8-1. Historické provedení nejjedno-

Cíle

1. Poznáte dvě důležité charakteristiky tekutin – hustotu a tlak.
2. Seznámíte se se základy hydrostatiky, části fyziky zkoumající tekutiny v klidu. Dozvíte se co je to tlak, jak se vypočítá a měří hydrostatický tlak v kapalině nebo atmosférický tlak. Poznáte Archimédův zákon.
3. Seznámíte se se základy hydrodynamiky, která se zabývá pohybem tekutin. Naučíte se používat rovnici kontinuity a Bernoulliovu rovnici.

8.1. Tekutiny

Tekutiny rozumíme látky, které „tečou“. To znamená, že **nemají stálý tvar**, ale přizpůsobují se tvaru nádob, do kterých je umístíme. Patří sem proto jak **kapaliny**, tak **plyny**. Přestože se jedná o dvě odlišná skupenství hmoty, mají mnoho společných vlastností.

Na dvou nejdůležitějších tekutinách – vodě a vzduchu – závisí život na Zemi. Bez poznání a využití jejich mechanických vlastností by také náš dnešní život vypadal docela jinak. Měření tlaku vzduchu nám umožňuje předpovídat počasí, proudící vzduch pohání plachetnice a větrné elektrárny. Díky podrobnému studiu proudění vzduchu můžeme konstruovat letadla. Základní zákony mechaniky tekutin využívají hydraulická zařízení sloužící k přenosu a zvětšování síly například v brzdách automobilu.

8.2. Hustota

Pro každou oblast studovaných jevů používá fyzika určité veličiny. V případě pohybu tuhých těles jsou základními veličinami hmotnost tělesa a síla na ně působící (pro otáčivý pohyb ještě moment síly). Pro popis chování tekutin nejsou tyto veličiny vhodné. Tekutina totiž tvoří jediné spojitě těleso, jehož vlastnosti se mohou bod od bodu lišit. Pokud nás zajímá, co se děje „uvnitř“ tekutého tělesa a nehledíme přitom až na úroveň atomů a molekul, použijeme **hustotu a tlak**.

Hustotu známe jako charakteristiku stejnorodého tělesa. Definujeme ji jako podíl jeho hmotnosti m a objemu V ,

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Její jednotkou je $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Hustota těles, a tedy i tekutiny, se však může spojitě měnit, například hustota vzduchu v atmosféře se zmenšuje s nadmořskou výškou.

Příklad 8-4

Objemový průtok je nepostradatelnou veličinou v hydrologii. Můžeme pomocí něj například porovnávat mohutnost různých řek. Několik příkladů průměrného ročního průtoku ukazuje tabulka 8-13. Využijte údaje v tabulce k vyřešení následujících úkolů.

(a) Největší přehradní jezero v České republice co do množství zadržované vody je Orlická přehrada s objemem $720 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Vypočítejte, za jak dlouhou dobu by řeka Amazonka naplnila celou Orlickou přehradu.

(b) Na řece Jang-C-Tiang v Číně v místě zvaném Tři soutěsky byla postavena přehrada s nejvýkonnější hydroelektrárnou světa. Vypočítejte průměrný výkon hydroelektrárny, jestliže rozdíl hladin, mezi kterými elektrárna pracuje je 113 m a účinnost přeměny mechanické energie na elektrickou je 90%.

(a) Označíme-li průtok řeky Q_v a objem přehradní nádrže V , pak čas napouštění t dostaneme jednoduše z definice průtoku

$$t = \frac{V}{Q_v} = \frac{720 \cdot 10^6 \text{ m}^3}{220\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}} = 3273 \text{ s} = 55 \text{ min.}$$

(b) Ze známého průtoku $Q_v = 10\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ můžeme spočítat hmotnost m vody, která proteče elektrárnou za čas t . Platí $m = \rho V = \rho Q_v t$, kde $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ je hustota vody. Při poklesu výšky o $h = 113 \text{ m}$ se zmenší gravitační potenciální energie vody o $\Delta E = mgh$. Elektrárna přeměňuje tíhovou potenciální energii vody na elektrickou s účinností 90%. Proto průměrný výkon elektrárny bude

$$P = 0,9 \cdot \frac{\Delta E}{t} = 0,9 \cdot \frac{mgh}{t} = 0,9 \cdot \frac{\rho Q_v t g h}{t} = 0,9 \rho Q_v g h.$$

$$P = 0,9 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 113 \text{ m} = 9970 \text{ MW.}$$

Pro srovnání: výkon jaderné elektrárny Dukovany je 1760 MW.

Tabulka 8-13. Průměrný roční průtok některých řek.

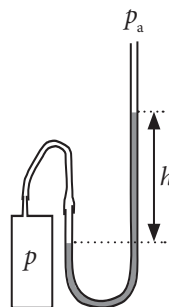
Amazonka (ústí)	$220\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Kongo (ústí)	$42\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Jang-C-Tiang (ústí)	$32\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Jang-C-Tiang (Tři soutěsky)	asi $10\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Dunaj (ústí)	$6\,500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Labe (ústí)	$700 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Labe (Hřensko)	$300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Otázky

1

Obrázek ukazuje princip nejjednoduššího měřiče tlaku plynu – otevřeného kapalinového manometru. Je to trubice ve tvaru písmene U, která je z druhé strany otevřená a z jedné strany se pomocí hadičky připojí k nádobě s plynem, jehož tlak měříme.

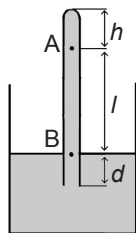
- (a) Vysvětlete princip zařízení.
(b) Jaký je tlak p plynu v nádobě? Vyjádřete jej pomocí veličin h – rozdílu hladin v trubici, ρ – hustoty kapaliny a p_a – atmosférického tlaku.



2

Nádoba s kapalinou o hustotě ρ je umístěna v tíhovém poli Země. Tíhové zrychlení je g . V nádobě je svislá zkumavka naplněná toutéž kapalinou, otočená dnem vzhůru. Atmosférický tlak je p_a .

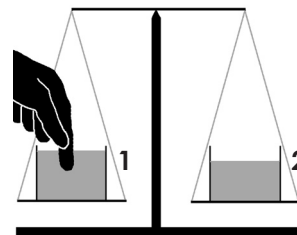
- (a) Jaký je tlak v bodě A?
(b) Jaký je tlak v bodě B?



3

Na rovnoramenných vahách jsou vyváženy dvě stejné nádoby s kapalinou. Experimentátor opatrně ponoří prst do vody v první nádobě tak, aby se ruka nedotýkala nádoby, misky ani závěsu (viz obrázek). Vyberte a zdůvodněte správné tvrzení.

- (a) Miska 2 poklesne.
(b) Miska 1 poklesne.
(c) Váhy zůstanou v rovnováze.
(d) Záleží na hustotě kapaliny, jestli poklesne miska 1 nebo miska 2.
(e) Záleží na hustotě ponořeného tělesa (prstu), jestli poklesne miska 1 nebo miska 2.



4

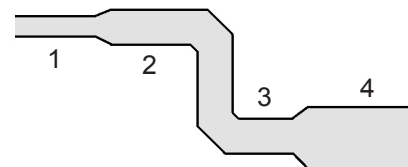
Tři kostky stejné velikosti jsou celé ponořeny do vody. Jedna kostka je ze železa, druhá z mědi a třetí z hliníku. Seřadte je (a) podle velikosti tíhové síly, kterou na ně působí Země, (b) podle velikosti vztlakové síly, kterou na ně působí voda.

5

Na hladině bazénu je loďka, na dně loďky leží kámen. Vyhodíme-li kámen z loďky do bazénu, hladina vody v bazénu stoupne, klesne, nebo zůstane stejná? Svou odpověď správně zdůvodněte!

6

Voda teče potrubím znázorněným na obrázku. Proudění je ustálené. Seřadte úseky 1, 2, 3, 4 podle tlaku v potrubí.



Úlohy

1

Jakému přetlaku (rozdílu tlaků) jsou vystaveny

- (a) tělo potápěče v hloubce 20 m pod mořem,
(b) láhev, která byla naplněna a uzavřena v nulové nadmořské výšce a poté vynesena na Mt. Blanc,
(c) skafandr kosmonauta ve volném vesmíru?
[(a) 202 kPa, (b) 28 kPa, (c) 100 kPa]

2

Ponorka havarovala v hloubce 80 m pod hladinou moře. Jakou silou bude musel působit potápěč na poklop ponorky o ploše $0,7 \text{ m}^2$, aby ho otevřel? [57 kN]

3

Navrhněte parametry hydraulického zařízení, které umožní člověku zvednout automobil o hmotnosti 1,5 t. Předpokládejte,

8

Dřevěný vor o hmotnosti $m_v = 100 \text{ kg}$ a hustotě $\rho_v = 750 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ se nachází na hladině jezera. Určete nejmenší hmotnost kamení m , kterou musíme položit na povrch voru, aby se vor celým svým objemem právě ponořil pod hladinu. [maximální zatížení voru je 33 kg]

9

Průřez říčního koryta má obsah 30 m^2 a voda v něm teče rychlostí o velikosti $1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Předpokládáme pro jednoduchost, že rychlost proudu je stejná ve všech bodech.

- (a) Vypočtete objemový průtok vody řekou.
(b) Za jak dlouho by voda z této řeky naplnila brněnskou přehradu, která zadrží $11 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vody?

[(a) $36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, (b) asi 3,5 dne]

Testování

aneb jak se učí mechanika na gymnáziu



Výuka fyziky na gymnáziu

- 1) požadavky RVP
- 2) požadavky k maturitě (a VŠ studiu)
- 3) hodinová dotace
- 4) volitelné předměty
- 5) návaznost na znalosti základní školy



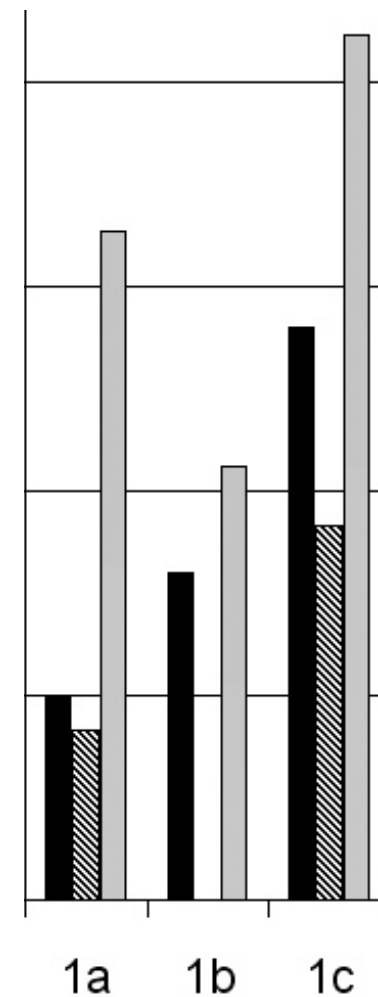
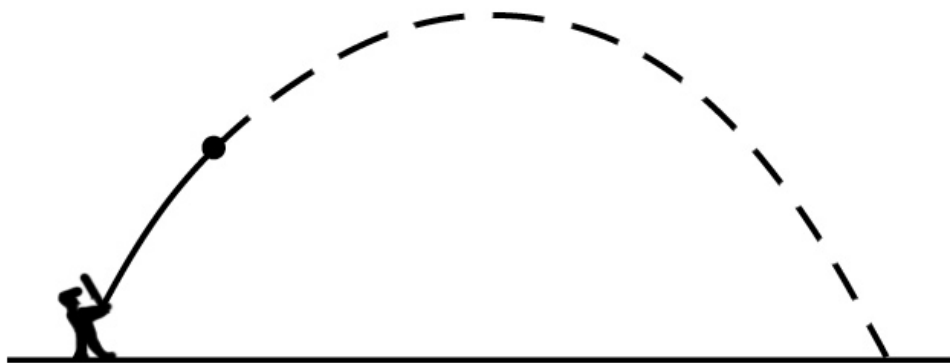
Zákony pohybu

test

úloha 1

Obrázek znázorňuje pohyb baseballového míčku po odpalu hráčem. Odpor vzduchu neuvažujeme, hmotnost míčku je 0,2kg. Zakreslete do obrázku ve vyznačeném bodě

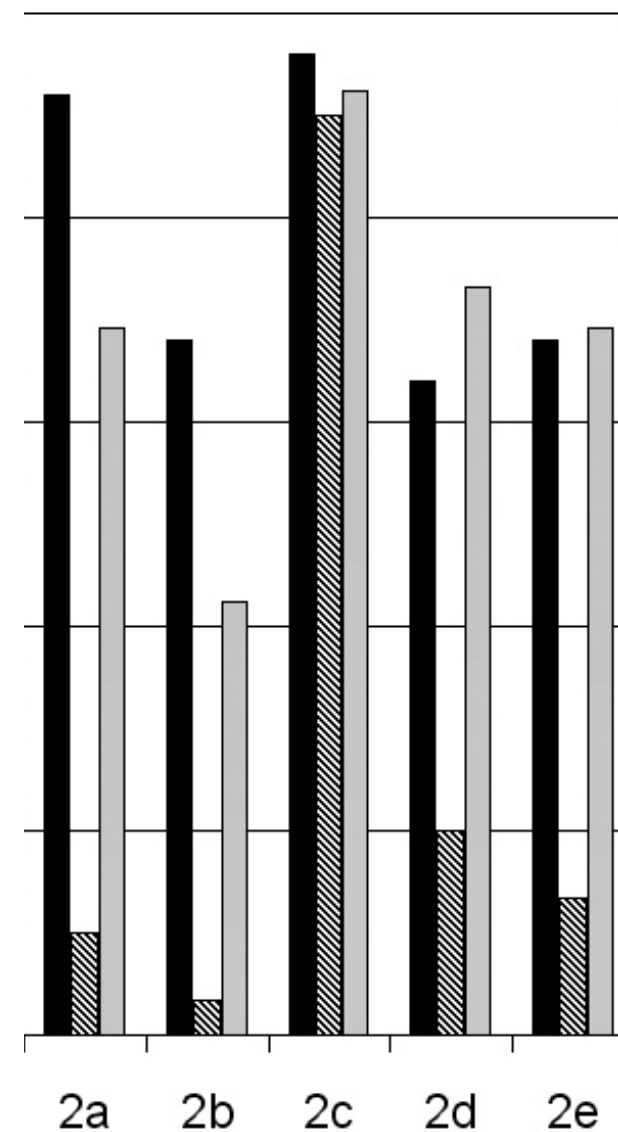
- (a) výslednou sílu působící na míček,
- (b) zrychlení míčku,
- (c) rychlost míčku (jen směr).



úloha 2

Vyznačte výslednou sílu (jen směr), působící na auto v těchto situacích:

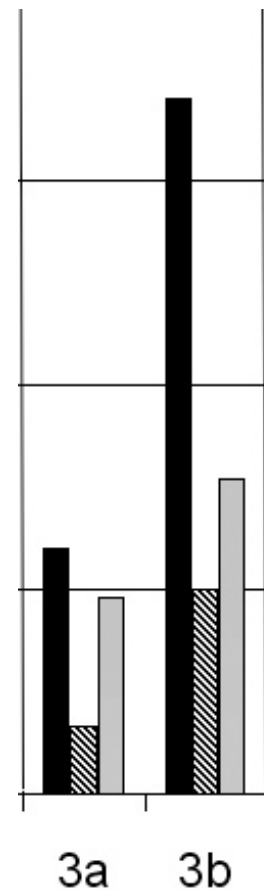
- (a) auto jede stálou rychlostí po přímé vodorovné silnici,
- (b) auto jede stálou rychlostí po přímé silnici do kopce,
- (c) auto zrychluje na přímé vodorovné silnici,
- (d) auto projíždí stálou rychlostí kruhovou zatáčku,
- (e) auto projíždí kruhovou zatáčku a přitom zrychluje.



úloha 3

Ze stromu spadla na zem dvě jablka, těžké a lehké. Zanedbáme-li odpor vzduchu, padala obě jablka volným pádem, tedy se stejným zrychlením g .

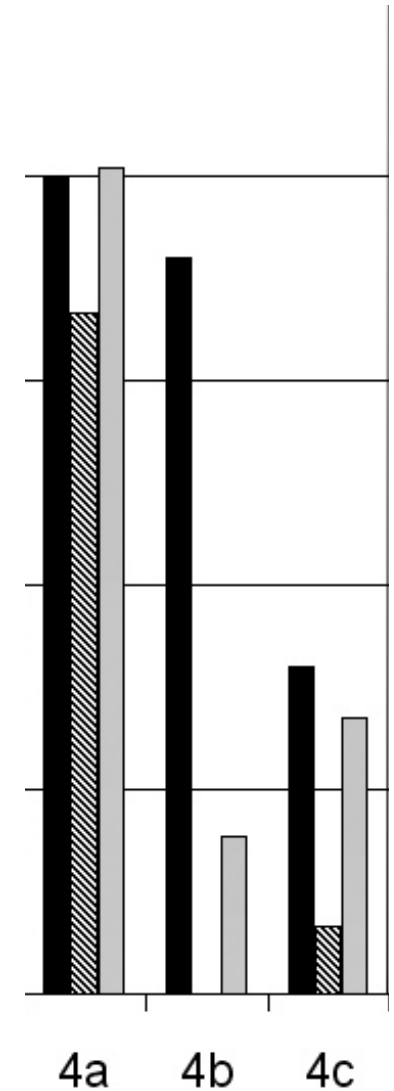
- (a) Proč bylo zrychlení obou jablek stejné, když na těžší působila větší tíhová síla?
- (b) Před pádem visela obě jablka v klidu na stromě. Jaké na ně v této situaci působily síly? Byla mezi nimi nějaká dvojice akce - reakce?



úloha 4

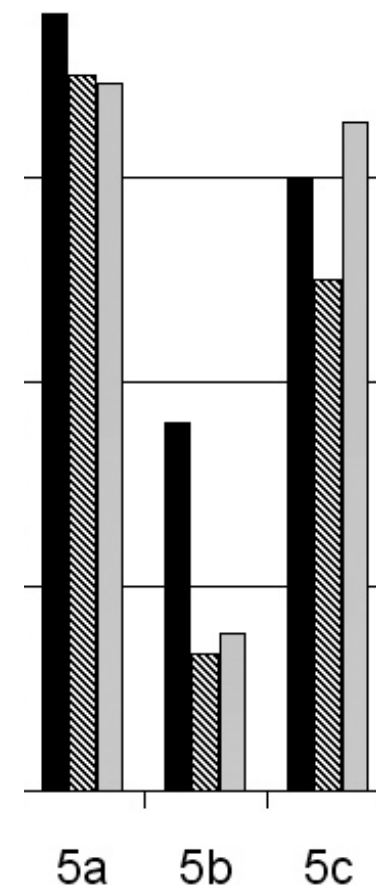
Následující úlohu řešte v inerciální vztažné soustavě spojené se Zemí.

- (a) Jaká tíhová síla působí na astronauta o hmotnosti 75 kg na vesmírné stanici ISS, kde je tíhové zrychlení $g = 9,1 \text{ ms}^{-2}$?
- (b) Proč se posádka ISS nachází ve stavu beztíže?
- (c) Bylo by možné na palubě vesmírné stanice nějakým způsobem změřit hmotnost tělesa? Navrhněte princip takového měření.



úloha 5

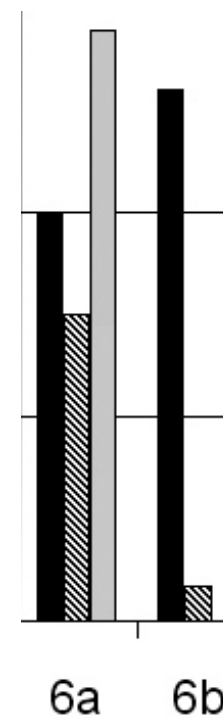
- (a) Ve kterých fázích pohybu výtahu je jeho nosné lano napínáno největší silou?
- (b) Do výtahu si vezmeme osobní váhu a stoupneme si na ni. Ve kterých fázích pohybu bude váha ukazovat hmotnost menší než ve skutečnosti? Jakou veličinu váha vlastně měří?
- (c) Jakou hmotnost bude váha ukazovat, jestliže na ní stojí člověk o hmotnosti 80 kg a výtah se rozjíždí směrem vzhůru se zrychlením 2 ms^{-2} ? (počítejte s $g=10 \text{ ms}^{-2}$)



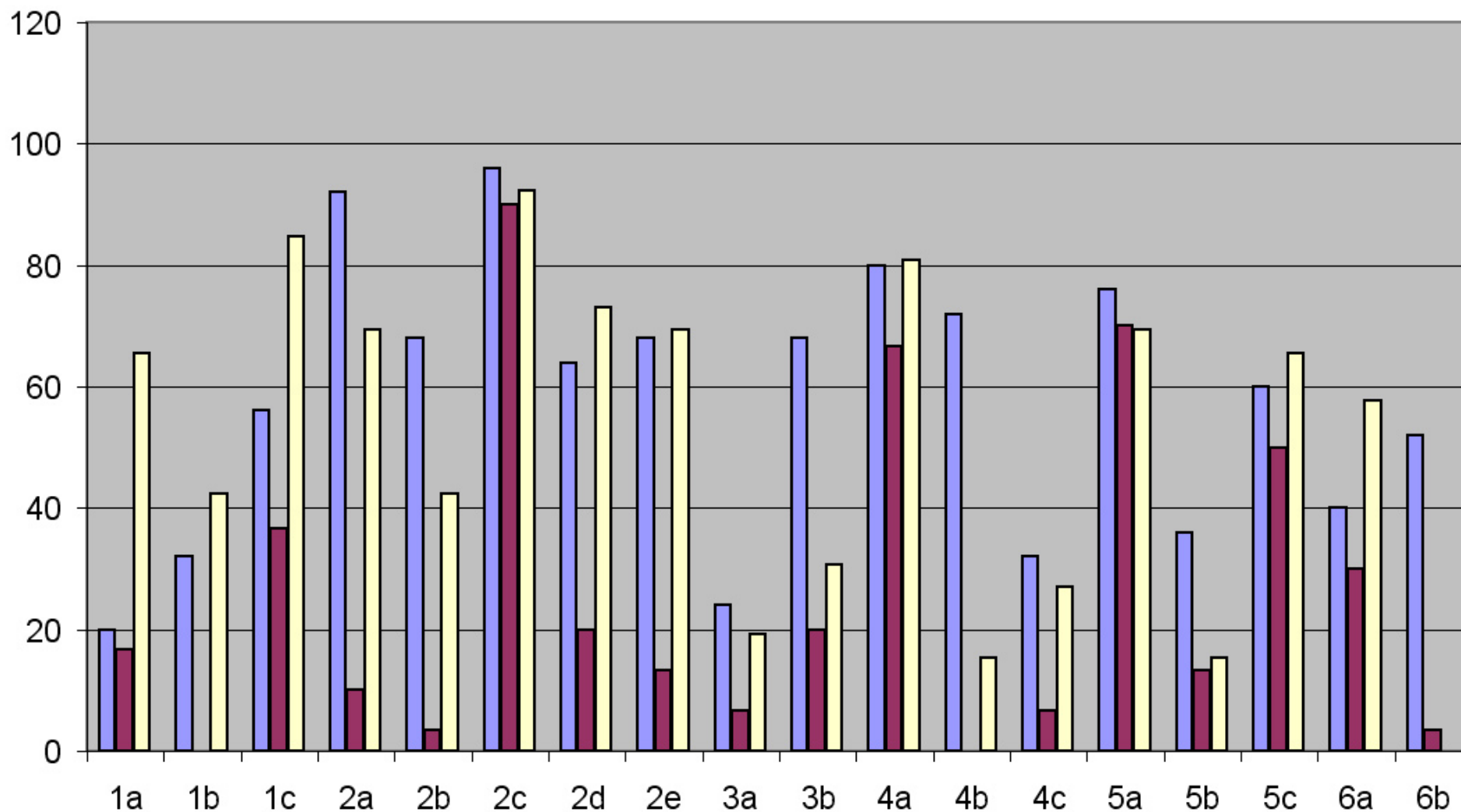
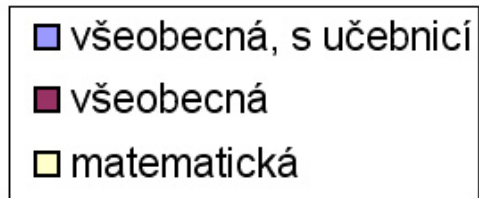
úloha 6

Vůz Formule 1 dokáže zrychlit z 0 na 100 kmh^{-1} za 3,0 s. Hmotnost vozu i s pilotem je 600 kg.

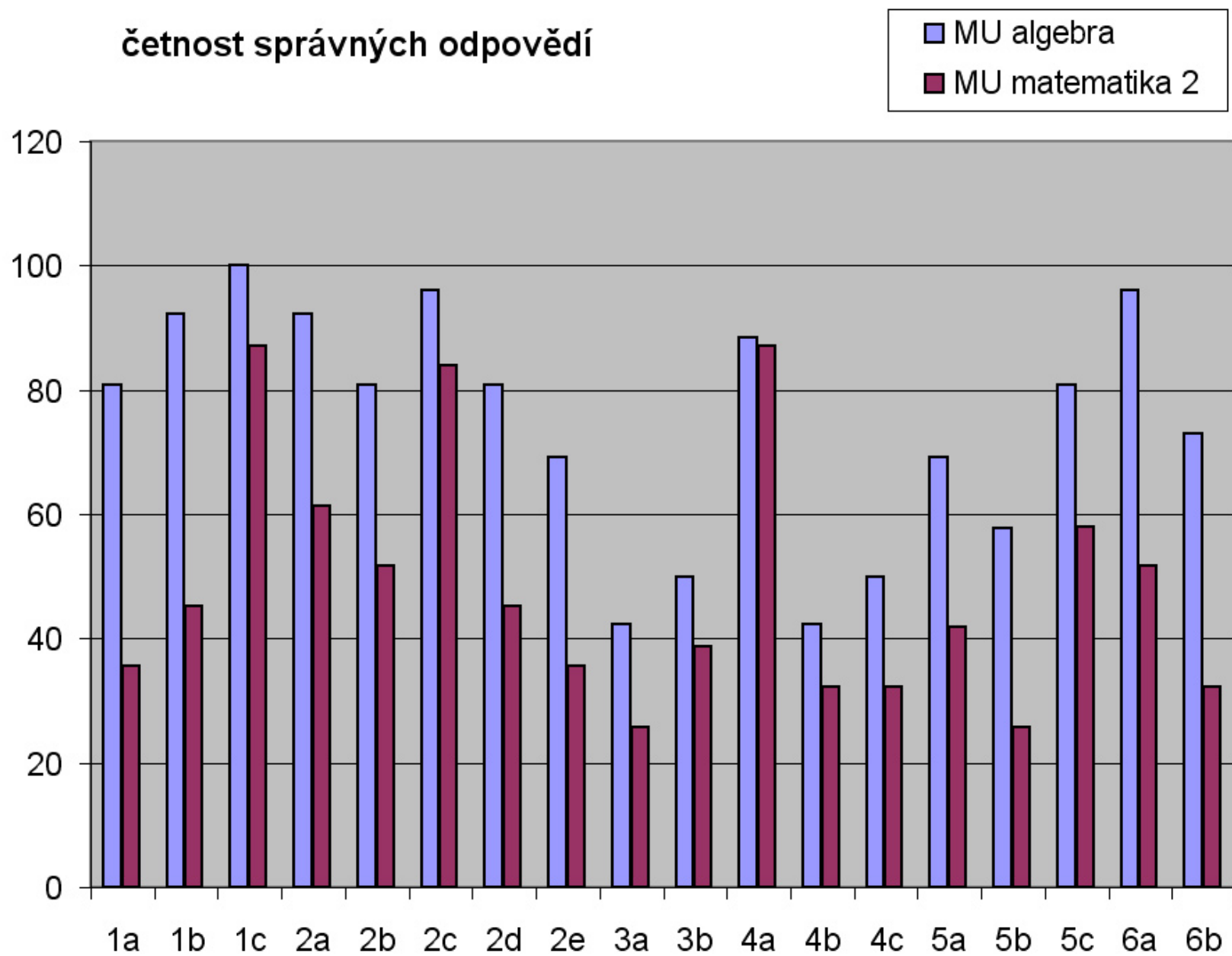
- (a) Jaká průměrná výsledná síla musí na vůz při rozjezdu působit?
- (b) Jaký druh síly uvádí vůz do pohybu?



četnost správných odpovědí



četnost správných odpovědí



Síly kolem nás

domácí projekt

Zadání

„Vymyslete si vlastní příklad nějaké reálné situace, kterou je možné vysvětlit pomocí pohybových zákonů a rozboru působících sil. Váš projekt musí obsahovat

- 1) Popis zvoleného problému či situace, popřípadě komentář, kde se s ní můžeme setkat.
- 2) Rozbor působících sil a použití pohybových zákonů, správné fyzikální vysvětlení.
- 3) Jakýkoliv výpočet založený na parametrech, které si najdete na internetu, v tabulkách, knize nebo je odhadnete.“

Některé z námětů

- 1) Brždění auta. Jak se liší brzdná dráha pro různé povrchy silnice?
- 2) Spotřeba auta. Které síly působí proti pohybu při jízdě a jaký je vliv na spotřebu?
- 3) Superhrdina. Je možné aby po zásahu kulkou člověk odletěl několik metrů?
- 4) Tanker. Největší námořní lodě mají brzdnou dráhu přes 5km, proč?
- 5) Lyžař. Jaké síly působí? Bude těžší lyžař rychlejší?
- 6) Cesta na Měsíc. Podle Juelse Verna měli být lidé vystřeleni v obřím projektilu. Jde to?
- 7) Kapka deště. Jakou rychlostí padají kapky deště? Jak to záleží na jejich velikosti?
- 8) Kaskadérský skok. Jakou rychlostí se musí rozjet kaskadér aby něco přeskočil?
- 9) Raketoplán. Jakou rychlostí obíhá a proč? Proč je v něm stav beztíže?
- 10) F1. Proč může projet zatáčku velkou rychlostí? Jaký má koeficient odporu?