

Obsah

Předmluva	5
A. Podklady pro tvorbu školního vzdělávacího programu	6
Co praví zákon a další závazné předpisy	6
Co z toho plyne pro nás	7
Učební osnovy (námět)	8
1 Název vyučovacího předmětu	8
2 Charakteristika vyučovacího předmětu	8
2.1 Organizační a obsahové vymezení vyučovacího předmětu	8
2.2 Výchovné a vzdělávací strategie	8
3 Vzdělávací obsah vyučovacího předmětu	9
3.1 Rozdělení <i>očekávaných výstupů</i> a <i>učiva</i> z Rámcového vzdělávacího programu základního vzdělávání do jednotlivých ročníků	9
4 Rozpracované výstupy, rozpracované učivo a jejich rozdělení do ročníků. Mezipředmětové souvislosti a průřezová témata	12
5 Další poznámky upřesňující realizaci vzdělávacího obsahu	26
B. Řešení zadaných problémů a další poznámky k učebnicím a pracovním sešitům	
Fyzika 6 až 9 pro základní školy a víceletá gymnázia	27
Fyzika 6	27
Fyzika 7	47
Fyzika 8	86
Fyzika 9	110

Ukázka titulu Nakladatelství Prometheus <https://prometheus-nakl.cz>

Předmluva

Vážené kolegyně a vážení kolegové,

příručka, kterou držíte v ruce, vám pomůže při sestavování školního vzdělávacího programu pro vzdělávací obor fyzika a při práci s učebnicemi *Fyzika 6 až 9 pro základní školy a víceletá gymnázia* i s pracovními sešity k nim. Příručka obsahuje především návrh té části školního vzdělávacího programu, která se týká fyziky; z tohoto návrhu můžete vybrat libovolné části podle vlastních podmínek, případně je doplnit o další, které považujete za potřebné, a tak svůj školní vzdělávací program sestavit.

Druhá část této příručky obsahuje řešení úloh z těchto učebnic i pracovních sešitů a některé metodické i odborné poznámky k jednotlivým kapitolám.

Při tvorbě návrhu vzdělávacího programu vycházíme ze stejné „filozofie“, na jaké je založena také zmíněná řada učebnic. Tato filozofie by se dala shrnout do několika bodů:

- naším cílem je, aby žák učivo porozuměl, ne aby ho uměl bez porozumění odříkat nazpaměť;
- žáky hodnotíme podle toho, jak řeší problémy a jak konají praktické činnosti, ne podle toho, jak umějí „recitovat“ učivo;
- žáci se nejvíc naučí vlastní praktickou činností (včetně řešení problémů), ne pouhým poslechem učitelova výkladu;
- žáky co nejvíc motivujeme a snažíme se, aby pro ně byla fyzika zajímavá:
 - ukazujeme jim, jak se jevy a zákony probírané ve fyzice projevují ve světě okolo nich (v přírodě, v technice, v každodenním životě, v lidském těle, při sportu atd.)
 - ukazujeme jim, jak se díky fyzice měnil a stále mění náš život, jak se stává pohodlnější, příjemnější a méně namáhavý
 - provádíme s jejich aktivní účastí zajímavé fyzikální pokusy a projekty
- snažíme se vychovávat tvůrčí a samostatné osobnosti, ne lidi, kteří jen pasivně přijímají, co se jim předloží.

Je dobře, že z těchto principů vychází i *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Například k *cílům základního vzdělávání* v něm patří úsilí „podněcovat žáky k tvořivému myšlení, logickému uvažování a k řešení problémů“, „motivovat je pro celoživotní učení“ nebo „připravovat je k tomu, aby se projevovali jako svébytné, svobodné a zodpovědné osobnosti, uplatňovali svá práva a naplňovali své povinnosti“. Ne že bychom tyto principy nemohli naplňovat „bez úředního schválení“, ale školní vzdělávací program se nám bude lépe psát, když naše vlastní představy o tom, jak učit a k čemu směřovat, budou v souladu se závaznými pedagogickými dokumenty.

Školní vzdělávací program obsahuje řadu formalit, které můžeme (někdy oprávněně) považovat za ztrátu času. Ke zbytečným formalitám však v žádném případě nepatří učební osnovy, v kterých se školy *samy* (poprvé v historii!) mohou do značné míry svobodně rozhodnout, co a jak učit. S touto svobodou je samozřejmě spojena jednak práce na tvorbě osnov, jednak zodpovědnost za výsledek. Ale protože učitelé sami jsou *tvůrčí a samostatné osobnosti*, není pochyb o tom, že svou svobodu využijí i za tuto „cenu“ práce a zodpovědnosti. Budu rád, když jim v tom tato knížka bude prospěšná.

Martin Macháček

A. Podklady pro tvorbu školního vzdělávacího programu

Co praví zákon a další závazné předpisy

Listina základních práv a svobod stanoví, že „státní moc lze uplatňovat jen v případech a v mezích stanovených zákonem, a to způsobem, který zákon stanoví. Každý může činit, co není zákonem zakázáno, a nikdo nesmí být nucen činit, co zákon neukládá.“

Řečeno jinak, zatímco občané mohou činit cokoli, co jim zákon nezakazuje, státní správa smí činit jen to, co jí zákon dovoluje. Toto ustanovení, jedno z nejdůležitějších z celé Listiny, by měli mít na paměti i učitelé, protože platí samozřejmě i pro státní správu na úseku školství. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (dále jen „ministerstvo“) a Česká školní inspekce mohou tedy činit pouze to, k čemu je zákon zmocňuje, ale ne víc; není tedy třeba mít obavy z libovůle úředníků nebo inspektorů. I zde platí Masarykovo známé heslo „nebát se a nekrást“.

Vzdělávání v základních školách je upraveno **školským zákonem** (561/2004Sb.). Ten stanoví, že „vzdělávání v jednotlivé škole . . . se uskutečňuje podle školních vzdělávacích programů“ a „školní vzdělávací program . . . musí být v souladu s rámcovým vzdělávacím programem; obsah vzdělávání může být ve školním vzdělávacím programu uspořádan do předmětů nebo jiných ucelených částí učiva“. Tím je dána povinnost školy vypracovat svůj školní vzdělávací program (ŠVP) i to, že státní správa má právo vyžadovat, aby ŠVP každé základní školy byl v souladu s **rámcovým vzdělávacím programem pro základní vzdělávání** (dále jen RVP ZV). To je tedy další předpis, z kterého musíme vycházet.

RVP ZV stanoví určité *požadavky na ŠVP*. Nejdůležitější jsou požadavky na *vzdělávací obsah*, který musí v ŠVP být zahrnut, který tedy školy musí i dodržet:

„**Vzdělávací obsah vzdělávacích oborů** . . . je tvořen **očekávanými výstupy a učivem** . . . Očekávané výstupy mají činnostní povahu, jsou prakticky zaměřené, využitelné v běžném životě a ověřitelné . . . Vymezují předpokládanou způsobilost využívat osvojené učivo v praktických situacích a v běžném životě. RVP ZV stanovuje očekávané výstupy . . . na konci 9. ročníku jako závazné.

Učivo je v RVP ZV strukturováno do jednotlivých tematických okruhů (témat, činností) a je chápáno jako prostředek k dosažení očekávaných výstupů. Pro svoji informativní a formativní funkci tvoří nezbytnou součást vzdělávacího obsahu. Učivo, vymezené v RVP ZV, je doporučeno školám k distribuci a k dalšímu rozpracování do jednotlivých ročníků nebo delších časových úseků. Na úrovni ŠVP se stává učivo závazné.“

Dále se v RVP ZV mluví o členění výuky:

„Vzdělávací obsah jednotlivých vzdělávacích oborů škola rozčlení do *vyučovacích předmětů* a rozpracuje, případně doplní v *učebních osnovách* . . . tak, aby bylo zaručeno *směřování k rozvoji klíčových kompetencí*.“

„Z jednoho vzdělávacího oboru může být vytvořen jeden vyučovací předmět nebo více vyučovacích předmětů, případně může vyučovací předmět vzniknout integrací vzdělávacího obsahu více vzdělávacích oborů (integrováný vyučovací předmět). RVP ZV umožňuje *propojení (integraci)* vzdělávacího obsahu na úrovni témat, tematických okruhů, případně vzdělávacích oborů . . . Základní podmínkou funkční integrace je kvalifikovaný učitel.

Záměrem je, aby učitelé při tvorbě školních vzdělávacích programů *vzájemně spolupracovali, propojovali* vhodná témata společně jednotlivým vzdělávacím oborům a *posilovali nadpředmětový přístup ke vzdělávání*.“

Nakonec RVP ZV stanoví, že školní vzdělávací program musí mít tyto části:

1. identifikační údaje,
2. charakteristiku školy,
3. charakteristiku ŠVP,
4. učební plán,
5. učební osnovy,
6. hodnocení žáků a autoevaluace školy.

Co z toho plyne pro nás

Za prvé, RVP ZV závazně stanoví jen očekávané výstupy, tj. *činnosti*, které žáci provádějí. Naproti tomu učivo je pouhým *prostředkem* k tomu, aby se žáci naučili tyto činnosti provádět.

Tady vidíme onu „filozofii“, o které jsme psali v předmluvě: smyslem výuky není, aby se žák naučil odříkávat učivo, ale aby se naučil určité *dovednosti, činnosti*. Učivo je prostředkem k provádění určité činnosti; může být nezbytné, aby ho žák znal, není však samo o sobě cílem. Tak například k dovednosti „měřit délku“ je nezbytné učivo „jednotky délky“, ale důležité (a závazné) je, aby žák uměl měřit délku, nikoliv aby uměl odříkávat jednotky délky. Jestliže totiž změřil délku a výsledek měření správně zapsal, nutně při tom použil i vhodnou jednotku délky a tím prokázal, že ji zná; ale jestliže *jen* umí vyjmenovat jednotky délky, neplyne z toho ještě, zda také umí správně měřit.

Za druhé, škola má právo rozvrhnout si očekávané výstupy pro 2. stupeň do ročníků *podle svého uvážení*, důležité je jen to, aby byly na konci 9. ročníku všechny splněny. Samozřejmě je zde řada *praktických* omezení. Ne všechny očekávané výstupy jsou stejně obtížné, některé se hodí pro mladší žáky a jiné pro starší; kromě toho nemáme-li pro to vážný důvod, je lepší neměnit tradiční posloupnost látky už proto, aby se zbytečně nelíšily od školy ke škole a neztěžovaly přechody žáků na jinou školu i porovnávání škol mezi sebou. Ovšem cítíme-li, že jsou důvody k přesunu určité látky do jiného období, můžeme se pro to svobodně rozhodnout.

Za třetí, *učivo* uvedené v RVP ZV je *doporučené*, školy ho mohou, ale nemusí do svého ŠVP zařadit. Naproti tomu *očekávané výstupy* uvedené v RVP ZV jsou *závazné*.

Za čtvrté, kromě očekávaných výstupů obsažených v RVP ZV budou učební osnovy v ŠVP obsahovat i další očekávané *rozpracované výstupy* a *rozpracované učivo*, které stanoví škola. Očekávané výstupy v ŠVP mají – stejně jako i očekávané výstupy v RVP ZV – mít činnostní povahu, být prakticky zaměřené, využitelné v běžném životě a ověřitelné.

Za páté, rozpracované výstupy a rozpracované učivo, které škola zahrne do svého ŠVP, se stávají závaznými. Je tedy vhodné, aby zejména na začátku byly školy při tvorbě ŠVP spíše strážlivé.

Z toho, co RVP ZV praví o členění výuky, plyne, že si škola, pokud jde o fyziku, může zvolit jednu z následujících variant:

- A: vyučovací předmět Fyzika pokrývající prakticky jen vzdělávací obor fyzika;
- B: vyučovací předmět Fyzika, do kterého kromě vlastní fyziky budou začleněny části chemie související s fyzikou (vlastnosti látek, částicové složení látky apod.) a zeměpisu (postavení Země ve vesmíru a její nejbližší okolí, základní astronomické jevy);
- C: integrovaný předmět sdružující několik vzdělávacích oborů, tedy např. fyziku, chemii a část zeměpisu nebo dokonce přírodopisu.

Varianta C by byla pro nadpředmětový přístup ke vzdělávání nejhodnější, pravděpodobně však na většině škol narazí na nedostatek učitelů, kteří by měli kvalifikaci pro několik vzdělávacích oborů současně. Proto za prakticky nejhodnější považujeme variantu B s tím, že o zařazení konkrétního obsahu do jednotlivých předmětů se dohodnou učitelé fyziky, chemie a zeměpisu. Jde hlavně o to, aby byl koordinován obsah i čas výuky některých partií, které jsou svým charakterem hraniční mezi dvěma předměty. Kromě toho je mimořádně důležitá koordinace fyziky s matematikou, protože mnohé fyzikální dovednosti jsou závislé na dovednostech matematických a v několika případech se žák s novými matematickými dovednostmi setkává nejdříve ve fyzice.

Náměty na rozpracované výstupy a rozpracované učivo, které uvádíme dále, lze použít ve všech třech variantách. V první, nejužší variantě, je ovšem třeba z nich *po dohodě s příslušnými učiteli* vyřadit některé části, které se budou probírat v jiných předmětech, ve třetí variantě je naopak třeba doplnit osnovy i o další části týkající se chemie a zeměpisu.

Náměty, které uvádíme, samozřejmě nejsou určeny k doslovnému převzetí do ŠVP – jsou podkladem, z kterého je možné při psaní osnov vycházet. Při vlastní tvorbě ŠVP musíme nutně vzít v úvahu podmínky konkrétní školy, zejména její žáky, učitele a materiální vybavení. Jak už bylo řečeno, učivo a rozpracované výstupy schválené školou jako součást jejího ŠVP se stávají *závaznými*. Není tedy vhodné, aby škola do svého ŠVP zařadila příliš mnoho požadavků, a pravděpodobně bude třeba v navrhovaných výstupech i v učivu škrtnat. Na druhé straně není samozřejmě vhodné ani to, aby výstupy v ŠVP byly zcela minimalistické. Zkušený učitel jistě zvolí pravou míru.

Ze všech částí, které podle RVP ZV má školní vzdělávací program, se v této příručce budeme věnovat jen jedné, ale za to té nejdůležitější: **učebním osnovám**. Dodržíme při tom formální členění osnov, jak ho požaduje RVP ZV.

Rozpracované výstupy pro 6. ročník ZŠ a primu	Učivo pro 6. ročník ZŠ a primu	Přesahy a vazby
Žák		
1 Úvod do fyziky		
1.1 uvede příklady toho, jak fyzika usnadňuje každodenní život	porovnání každodenního života v minulosti a dnes	dějepis; výchova demokratického občana
1.2 odliší jevy, které zkoumá fyzika, od jevů, které zkoumají jiné přírodní vědy	přírodní vědy	člověk a příroda
1.3 určí jednoduché vlastnosti pevných, kapalných i plyných látek 1.4 v jednoduchých případech určí společné a rozdílné vlastnosti různých látek 1.5 podle pokynů učitele provede jednoduché pokusy, které ukazují některé vlastnosti látek	vlastnosti pevných látek (kvalitativní): tvrdost, pružnost, tvárnost, křehkost, barva vlastnosti kapalin: snadno mění tvar, nemění objem vlastnosti plynů: mění tvar i objem	chemie
1.6 používá ve správných souvislostech slova „látka“ a „těleso“	látka a těleso	chemie
1.7 rozezná v jednoduchých případech některé běžné látky (např. železo, olovo, měď, mosaz, polystyren apod.)		
2 Magnetická, elektrická a gravitační síla		
2.1 rozpozná, kdy je těleso přitahováno nebo odpuzováno magnetickou silou 2.2 pomocí železného tělesa najde póly daného magnetu 2.3 zmagnetuje ocelový drát tyčovým magnetem 2.4 odliší stejné a různé póly dvou magnetů 2.5 předpoví, jak na sebe budou působit stejné a různé póly dvou magnetů 2.6 pomocí kompasu určí směr k severu	<i>magnetická síla</i> , trvalý magnet, póly magnetu, <i>magnetické pole</i> severní a jižní pól magnetu kompas, magnetické pole Země	zeměpis
2.7 třením zelektruje těleso a ukáže, jak působí elektrickou silou na některá jiná tělesa 2.8 předpoví, jak na sebe budou působit souhlasné a nesouhlasné náboje 2.9 nabije elektroskop a pak ho dotekem ruky nebo vodiče vybijí	<i>elektrický náboj</i> , <i>elektrická síla</i> , <i>elektrické pole</i> kladný a záporný náboj elektroskop	
2.10 ukáže směr gravitační síly Země 2.11 na obrázku nebo globusu ukáže, jaký směr má gravitační síla v různých místech na Zemi 2.12 správně používá olovnici a vodováhu 2.13 na obrázku nebo modelu ukáže, jakou gravitační silou na sebe působí dvě vesmírná tělesa nebo dvě tělesa na Zemi; vysvětlí, proč tuto sílu mezi dvěma tělesy na Zemi nepocítujeme	<i>gravitační síla</i> , <i>gravitační pole</i> vodorovný a svislý směr olovnice, vodováha	zeměpis člověk a svět práce

Rozpracované výstupy pro 9. ročník ZŠ a kvartu		Učivo pro 9. ročník ZŠ a kvartu	Přesahy a vazby
Žák			
5 Energie			
5.1	rozliší druhy energie a jejich přeměny	energie pohybová, polohová (gravitační, elektrická, magnetická, pružnosti), vnitřní (tepelná, chemická, jaderná), zářivá (sluneční)	ŠVP 8: 2.1–2.16 ŠVP 9: 3.5–3.7
5.2	rozliší, které přeměny energie jsou pro člověka užitečné a které škodlivé, a v konkrétních případech navrhne, jak škodlivým přeměnám předcházet		environmentální výchova, výchova k myšlení
5.3	zhodnotí výhody a nevýhody využívání různých energetických zdrojů z hlediska vlivu na životní prostředí i z dalších hledisek	obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie	v evropských a globálních souvislostech
6 Polovodiče			
6.1	odliší polovodič od vodiče a nevodiče na základě analýzy jejich vlastností	vedení proudu v polovodičích typu N a P	ŠVP 8: 3.1–3.3, 3.5–3.9, člověk a svět práce
6.2	zapojí správně polovodičovou diodu	volný elektron, díra přechod PN, polovodičová dioda	

5 Další poznámky upřesňující realizaci vzdělávacího obsahu

V souladu s poznatky moderní psychologie je vzdělávací obsah předmětu *fyzika* realizován tak, že se žáci k obsahu už dříve probranému vracejí na několika úrovních a v několika etapách, přistupují k němu na vyšší úrovni, zopakují a opět si uvědomí základy, získají určitý náhled, který jim v předchozí etapě mohl scházet, a současně se seznámí a pracují s dalšími praktickými aplikacemi daného tématu.

Na úrovni kapitoly (dvě nebo více vyučovacích hodin):

1. etapa: shrnutí a zopakování toho, co žáci o tématu už vědí a co umějí
2. etapa: výklad nového učiva a nácvik nových dovedností
3. etapa: procvičování těchto dovedností

Například kapitola „Hydrostatický tlak“ (F7, str. 86) začíná shrnutím a opakováním potřebných dovedností a vědomostí na str. 86, pokračuje výkladem nového učiva na str. 87–88 a končí procvičováním na str. 88–89.

Na úrovni tematického celku (dva nebo více týdnů):

1. etapa: výkladové kapitoly tohoto celku
2. etapa: opakovací kapitola

Například tematický celek „Tlak v kapalinách a plynech“ (F7, str. 80–121) začíná šesti výkladovými kapitolami (kap. 14–19) a končí opakovací kapitolou 20.

Na úrovni celého vyučovacího předmětu (čtyři roky):

1. etapa: první, převážně *kvalitativní* seznámení s fyzikou v 6. ročníku
2. etapa: systematické probírání vzdělávacího obsahu předmětu *fyzika* v 7.–9. ročníku
3. etapa: opakování, shrnutí a doplnění nejdůležitějších partií fyziky v závěru 9. ročníku

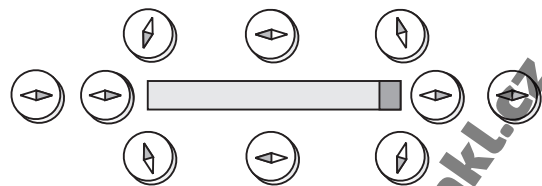
V **6. ročníku** se žáci seznamují s makroskopickými vlastnostmi těles a látek, s vlastnostmi magnetické, elektrické a gravitační síly, s měřením základních fyzikálních veličin, s částicovým složením látek, s elektrickým obvodem a se zvukovými jevy. Základním prostředkem k tomuto seznamování je zde žákovský pokus.

V **7.–9. ročníku** probírají postupně a systematicky všechna témata. Tato etapa trvá nejdéle a tvoří těžiště vzdělávání v tomto předmětu. Žáci v ní už kromě pokusů používají i matematické metody odpovídající jejich vyspělosti a řeší náročnější problémy.

Nakonec v **závěru 9. ročníku** se žáci vracejí ke třem nejvýznamnějším tématům předchozí etapy: mechanika, energie a částicové složení látek. Zopakují si tak to, s čím se seznámili např. v 7. ročníku, a navíc už získávají i náhled.

Cvičení, pracovní sešit str. 10

- 8.1 Přibližně jako na obr. 6.3.
8.2 Nesprávný je poslední obrázek (gravitační síla není nikdy odpudivá).
8.3 Na obrázku je Antarktida vpravo nahoře, proto tam bude jižní zeměpisný pól a severní magnetický pól, vlevo dole bude severní zeměpisný a jižní magnetický pól.



Obr. 6.3

F6-9 Měření délky

Cílem kapitoly je, aby se žáci naučili měřit délku a seznámili se s předponami kilo-, deci-, centi-, mili-. Kromě toho by si měli uvědomit, že každé měření má určitou chybu, a měli by se naučit zapsat výsledek měření správně i s ohledem na odhadovanou chybu.

Žáci by se měli učit také hledat silniční vzdálenosti mezi městy pomocí internetu. Např. na webové stránce <http://www.viamichelin.com> si zadáme počáteční a koncové město nebo vesnici (dokonce i adresu s ulicí a číslem domu) a dostaneme podrobný popis cesty se vzdálenostmi, dobou jízdy i náklady na jízdu. Na internetových mapách (např. <http://www.mapy.cz>) je možno odměřovat vzdálenost mezi dvěma body i celkovou délku lomené čáry.

Cvičení, učebnice str. 51

3. Vzdálenosti měst na km; domy na cm; truhlář a tesař na mm; zedník většinou na cm; zahradník i na dm; soustružník až na setiny mm.
4. 1 mm (pravítkem), 100 m (počítadlem kilometrů v autě), 1 dm (dlouhým pásmem), 0,1 mm (posuvným měřidlem), 1 cm (krejčovským metrem), 0,01 mm (mikrometrickým šroubem).
5. Podle délky částí těla (výhoda: člověk nosí své „měřidlo“ stále s sebou). Jednotky těchto názvů měly v různých dobách a v různých místech různé velikosti, přibližná velikost byla tato: loket 60 cm, stopa 30 cm, sáh 1,8 m, palec 2,5 cm.
6. Obvod Země je přibližně 40 000 km, Amerika je tedy od nás vzdálena zhruba čtvrtinu obvodu, tedy asi 10 000 km, Austrálie je zhruba na opačné straně Země, tedy asi 20 000 km od nás (odhadneme pohledem na glóbus).
7. $1 \text{ kN} = 1\,000 \text{ N}$, $1 \text{ mN} = 0,001 \text{ N}$.
8. „Délka je 10 000 parseků.“
9. Správná je druhá, čtvrtá a šestá věta.
10. Lepší je druhý výsledek, protože při něm se chyba vydělí deseti.
11. Provaz rozdělíme na 16 dílů jednoduše tak, že ho čtyřikrát přeložíme napůl. Na jiný počet dílů se dělí obtížně.

Cvičení, pracovní sešit str. 11

- 9.1 Posuvné měřidlo 59 mm nebo 58,9 mm, mikrometrický šroub 7,35 mm.
9.2 Klatovy–Horažďovice 34 km, Horažďovice–Strakonice 18 km, Horažďovice–Třebohostice 12 km,

Horažďovice–Radomyšl 18 km (přes Třebohostice). Toto cvičení je vhodné dělat se skutečnou automa-pou, kde jsou barevné značky lépe vidět.

F6-10 Měření objemu

Hlavním cílem je naučit se různými způsoby měřit objem, seznámit se s jednotkami objemu a s převody mezi nimi a také získat představu o jejich velikosti. Kromě toho se žáci seznámí s předponou hekto-.

Značka l (malé písmeno el) pro jednotku litr je v tisku prakticky nerozeznatelná od číslice 1. Normy připouštějí i značku L, ta však u nás není moc používaná. Proto v učebnici používáme raději značku ℓ , která odpovídá tomu, co žáci píšou do sešitu.

Cvičení, učebnice str. 56

1. ℓ ; m^3 , m^3 ; ℓ ; m^3 ; ml; m^3 ; ℓ .
2. 2 m^3 ; $0,024 \text{ m}^3$; $0,06 \text{ dm}^3$; $20\,000 \text{ cm}^3$; $3\,600 \text{ dm}^3$; $3\,600 \ell$; $0,5 \text{ m}^3$; 5 hl; 500 dm^3 ; 400ℓ ; 140ℓ ; 3 ℓ ; $0,25 \ell$; $0,02 \ell$; 500 ml; $0,05 \text{ m}^3$.
8. Výšku patra odhadneme na 2,5 m, proto dvoupatrový dům má objem přibližně $10 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} = 500 \text{ m}^3$ a jeho cena bude přibližně 2 miliony Kč. Je ovšem možný i jiný odhad výšky domu, pak vyjde jiný odhad ceny.
9. $7 \text{ m} \cdot 11 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m} = 46 \text{ m}^3$.
10. Míček stlačíme pod hladinu například špejle-mi.

8. Napřed odpojíme pól připojený na kostru, přitom nevadí, když se klíčem dotkneme kostry. Pak odpojíme druhý pól; kdybychom se dotkli klíčem kostry, nejde o zkrat, protože kostra už není spo-

jena s prvním pólem. Kdybychom nejprve odpojovali druhý pól a dotkli se kostry, která je ještě spojena s prvním pólem, zkrat by nastal.

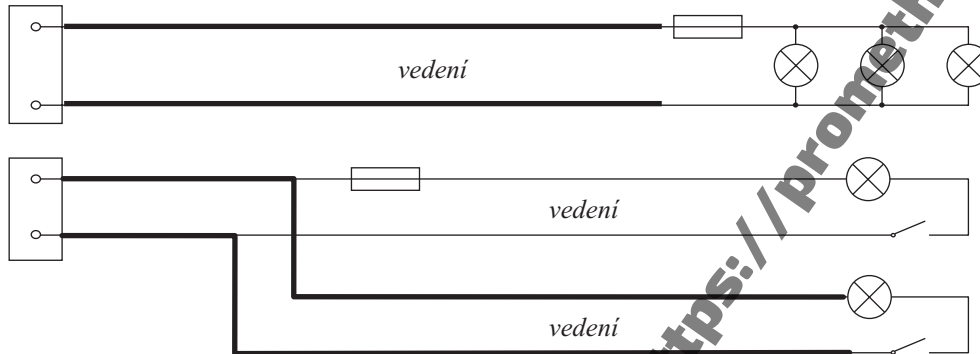
Cvičení, pracovní sešit str. 28

25.1 Tepelné spotřebiče: vařič, vysoušeč, pračka (zde je možná diskuse, ale dnes už skoro všechny pračky mají vlastní topení), bojler, trouba.

25.2 Svítit budou jen žárovky na posledním schématu v první řadě a prvním schématu v druhé řadě. Baterie jsou zkratované v prvních dvou schématech

v první řadě a v posledním schématu v druhé řadě.

25.3 Správná jsou jištění v druhém a třetím schématu. V prvním by silný proud mohl procházet celým vedením od zdroje až po pojistku, ve čtvrtém by mohl procházet celou odbočkou k nejspodnější žárovce (obr. 6.10).



Obr. 6.10

Cvičení, učebnice str. 133

1. To, že obrazovka je nabitá, dokážeme např. tak, že k ní přiblížíme list papíru – obrazovka ho přitáhne elektrickou silou. Znaménko zjistíme např. nabitým pravítkem v houpačce (viz strana 33). Protože je nabitá, přitahuje malá tělíska prachu. (To

vše platí ale jen pro „klasické“ obrazovky s „elektro-
novým dělem“. Moderní obrazovky, např. plazmové, nabitě nejsou.)

3. Přitahují se $e-j$, odpuzují $e-e$, $j-j$, ostatní na sebe nepůsobí silou.

F6-26 Elektromagnet

Žáci se pomocí pokusů seznámí s magnetickými účinky elektrického proudu, zejména s elektromagnetem a jeho použitím.

Cvičení, učebnice str. 139

4. Když cívkou prochází proud, stanou se z hřebíků magnety, které mají souhlasné póly na stejné straně. Tyto póly se odpuzují, proto od sebe hřebíky odskočí.

5. Na dolním obrázku na str. 136 prochází proud tyčkou mezi póly podkovového magnetu jen jednou. Kdybychom vedle sebe položili podobných vodičů např. pět a každým procházel stejný proud, zvětšila by se výsledná síla působící na tyto vodiče na pětina-sobek. Nejjednodušší způsob, jak toho dosáhnout, je udělat z tužšího izolovaného měděného vodiče cívkou přibližně o 5 závitěch tvaru čtverce o rozměrech např. 10 cm × 10 cm. Závitě k sobě na několika místech svá-
žeme nití a nahoře je volně přivážeme k tyčce tak, aby se celá cívka mohla volně houpat.

Jestliže touto cívkou prochází proud, pak její spodní část je z prostoru mezi póly podkovového magnetu vytlačována silou naznačenou na obrázku šipkami. Cívka se tedy bude „snažit“ pootočit stejně jako

houpačka na obrázku, ale působící síla bude tolikrát větší, kolik je závitů (tj. kolikrát větší úhrnný proud prochází mezi póly magnetu). Proud zapínáme a vypínáme v takovém rytmu, aby se houpaní dostalo do rezonance, a bylo tedy dobře vidět.

6. Proud poteče, ale nestačí rozžhavit vlákno.

7. Galvanometr je citlivější (reaguje už na slabý proud), nezmenší proud v obvodu a poznáme jím i velikost proudu a to, kde je připojen kladný pól baterie a kde záporný, to vše žárovkou nepoznáme. Místo galvanometru se ovšem používají modernější měřicí přístroje.

8. Citlivost závisí na počtu závitů cívky, na zmagnetování magnetky i na tření, které brzdí otáčení magnetky.

9. Jedna možnost: ustavíme kompas tak, aby ukazoval na sever, a pak na něj položíme vodič. Pohne-li se při tom magnetka, znamená to, že vodičem prochází proud. (Abychom nekomplikovali si-

podat mu konec šály, kabátu (nebo dvou svázaných), aby se ho mohl chytit, podat konec delší tyče, větve apod. Děti musí dbát na svou bezpečnost, ale při tom se i snažit pomoci, je-li to možné.

24. Osobní auto s jedním člověkem má hmotnost okolo 1 000 kg, nákladní (kamion) až desítky tun. Tlak pod pneumatikou je přibližně roven tlaku vzduchu v pneumatice, ten je u osobních aut okolo

200 kPa, u nákladních může být až okolo 1 MPa. Žebříňák uvedený v zadání působí na zem tlakem 1 MPa, tedy jako kamion, přitom kamion veze náklad o zhruba 100krát větší hmotnosti. Pneumatiky rozkládají tíhu auta na daleko větší plochu než tvrdé kolo se železnou obručí. Při měření kol pozor na bezpečnost: vždy jen za přítomnosti dospělé spolehlivé osoby!

Chci vědět víc. Pokus se dá provést s laserovým ukazovátkem, které upevníme do chemického stojanu; zrcátko upevníme do druhého stojanu. Deska stolu nesmí být moc tlustá. Pohyb „prasátka“ je vidět tím lépe, čím dál dopadá.

Cvičení, pracovní sešit str. 12

8.1 Silou 600 N stlačuje jednu pružinu, silou 300 N každou ze 2 pružin, silou 75 N každou z 8 pružin.

8.2 800 Pa, 1 250 Pa, 40 kPa, 1 MPa, 100 MPa, 25 kN.

8.3 M (matrace), V (má ostrou špičku), V (ostří se), V (má ostré zuby), M (má široký podstavec),

V (hřebík má špičku), M (má hlavičku), M (dům má základy), M (v doskočišti je písek), V (nůž se brousí), V (brusle se brousí), M (v hlubším sněhu se používají sněžnice nebo lyže), M (široké pneumatiky), M (široké popruhy), M (měkký materiál, bota se tvaruje podle nohy, aby se jí dotýkala velkou plochou).

F7-9 Zákon setrvačnosti a zákon síly

Zde je nejdůležitější oprostít se od aristotelovského, naivního pojetí mechaniky (viz níže) a přijmout pojetí newtonovské, méně „samozřejmé“, ale správnější.

Úvod – předpovídání zatmění. Je pravda, že už ve staré Babylónii (ve 2. tisíciletí př. Kr.) dokázali hvězdáři předpovídat zatmění Měsíce i bez znalosti Newtonových zákonů, ale to jen proto, že zatmění se opakují v pravidelných intervalech. Zatmění Slunce předpovídat nedovedli, protože jejich viditelnost je omezena na úzký pruh zemského povrchu (přibližně 200 km široký pro úplné zatmění), přes který přechází měsíční stín. Poloha tohoto pruhu je při každém zatmění jiná, proto při pozorování z jednoho místa nelze ve slunečních zatměních najít žádnou pravidelnost. Zatmění Měsíce mohli vidět vždy, když v tu dobu měli noc, proto jeho pravidelnost mohli vypozorovat.

Naivní aristotelovské představy. Každý člověk má od malička zkušenost, že „přirozený“ stav těles je klid, tj. že těleso, na které nic nepůsobí, se dříve nebo později zastaví. Právě toto pojetí bylo základem Aristotelovy fyziky. Velkým objevem Galilea a Newtona bylo, že si uvědomili, že na tělesa, která se zastavují, ve skutečnosti něco *působí*: totiž vsudy přítomná třecí síla. Žáci by si tedy měli uvědomit, že „přirozený“ je ve skutečnosti rovnoměrný přímočarý pohyb, přesněji: že tělesa, na které nic nepůsobí, konají „sama od sebe“ rovnoměrný a přímočarý pohyb. To je ovšem velký krok od každodenní zkušenosti. Děti se sice snadno naučí říkat, co způsobuje síla působící ve směru pohybu atd., ale když tyto vědomosti mají aplikovat v praxi (třeba v příkladu 9 s raketou), vždy znovu se projeví jejich naivní aristotelovské představy. Kvalitativní pochopení druhého Newtonova zákona je jednou z nejobtížnějších partií mechaniky na ZŠ.

Pohyby Země (učebnice str. 51 nahoře) je dobré demonstrovat pomocí glóbusu.

Jednoduché pokusy na setrvačnost: Rozkutálíme po podlaze nebo po stole těžkou kuličku nebo kouli, hodíme křídou, necháme žáky rozběhnout se a co nejrychleji se zastavit nebo změnit směr (např. na lomené čáře nakreslené křídou na zemi). Pozor na pády a nárazy. Běhání je bezpečnější, když jsou žáci venku nebo v tělocvičně. Odchylky kuličky a křídly od rovnoměrného přímočarého pohybu vysvětlíme působením třecí síly, která brzdí, a gravitační síly, která zakřivuje pohyb hozeného tělesa.

Tvorba a ověřování hypotéz. Jako jednu z hlavních dovedností, které si žáci mají ve vzdělávací oblasti *Člověk a příroda* osvojit, uvádí RVP ZV „soustavně, objektivně a spolehlivě pozorovat, experimentovat a měřit, vytvářet a ověřovat hypotézy o podstatě pozorovaných přírodních jevů, analyzovat výsledky tohoto ověřování a vyvozovat z nich závěry“. To je ovšem ideál, ke kterému má bohužel realita na základní škole daleko. Tvorba a ověřování hypotéz je velice komplexní dovednost a na ZŠ se k ní přibližujeme nejspíš tak, jak je popsáno v námětu na laboratorní práci *Co je v černé skříňce* na str. 37 učebnice. Nicméně je užitečné, když se žáci s pojmem „hypotéza“ a s postupem při vědecké práci seznámí např. tak, jak je uvedeno na str. 51 učebnice.

Cvičení, učebnice str. 55

1. Na kámen neustále působí Země gravitační silou směrem svisle dolů. a) Kámen zrychluje, protože na něj tato síla působí ve směru pohybu. b) Ká-

men zpomaluje, protože na něj tato síla působí proti směru pohybu. c) Kámen mění směr pohybu, protože na něj tato síla působí kolmo ke směru pohybu.

bližně od půlnoci do poledne (úhel Slunce–Země–Měsíc je přibližně pravý). Ukážeme to žákům na modelu.

8. Je to sluneční světlo odražené od Země; v tu dobu je z Měsíce vidět Země „v úplňku“. Tento případ nastává jen několik dní před novem (je vidět před východem Slunce) nebo po novu (je vidět po západu Slunce). Měsíc je v tu dobu úzkým srpkem. Měsíc je takto osvětlen Zemí i při novu, ale tehdy vychází ráno a zapadá večer, proto zaniká na jasné denní obloze.

9. Slunce a Měsíc současně vidět můžeme a často vidíme, ale srpek Měsíce je vždy na straně mířící ke Slunci – situace z obrázku proto není možná.

10. Jako C, jsou totiž proti nám „vzhůru nohama“.

11. Měsíc je asi 400krát menší než Slunce, ale také 400krát blíže.

12. Země bude pro „Měsíčníany“ v úplňku, když je Měsíc mezi Zemí a Sluncem; v novu, když je Země mezi Měsícem a Sluncem. Zatmění Slunce by pro ně nastalo, když se část Měsíce dostane do stínu Země (tehdy ze Země vidíme zatmění Měsíce); „zatmění Země“ by nenastalo, protože stín Měsíce je příliš malý, než aby se do něj Země celá skryla – měsíční stín je jen malé kolečko na velkém zemském kotouči, podobně jako stín Jupiterova měsíce na Jupiteru na str. 128 učebnice.

13. Vzhledem k pozorovateli na zemském povrchu se měsíční stín pohybuje rychlostí $1\,000\text{ m/s} - 400\text{ m/s} = 600\text{ m/s}$, vzdálenost 260 km tedy urazí přibližně za 430 s, tedy asi za 7 minut. Při řešení tohoto příkladu se používá skládání rychlostí a navíc výpočet času podle vztahu $t = s/v$; obojí je nadstandardní dovednost, proto tento příklad můžeme zadávat jen za určitých okolností. Probráme-li optiku dříve než mechaniku, můžeme ho zadat až v mechanice, když procvičujeme skládání rychlostí.

14. Okolo tmavého Měsíce vidí zářící okraj slunečního disku (*prstencové zatmění Slunce*).

15. V úplňku ji vidět nemůžeme, protože tehdy je za Sluncem. V novu ji můžeme vidět, jen když přechází jako malá tečka přes sluneční disk; to je ovšem velmi vzácný úkaz. Nastal v r. 1882, pak až nedávno v r. 2004, následující bude v r. 2012 a pak až v r. 2117. Pro pozorování je třeba mít speciální brýle (podobně jako pro pozorování zatmění Slunce), které pohltní velkou většinu slunečního světla – jinak hrozí poškození zraku.

16. Osvětlená strana Venuše míří k Slunci, večer na severní polokouli tedy míří doprava (srpek má tvar D). Tak ji také vidíme při pozorování triedrem. Při pozorování astronomickým dalekohledem ji však vidíme převrácenou.

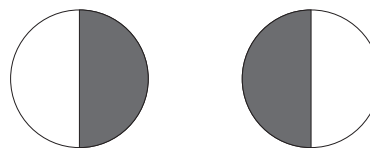
Cvičení, pracovní sešit str. 30

22.1 Na levém obrázku jsou zorničky skoro jen svislé čárky, na pravém (ve tmě) velká kolečka uvnitř očí.

22.2 Horní řádek: 6, 3, 8, 7; dolní řádek: 1, 4, 5, 2.

22.3 Jako na obr. 7.8.

22.4 Shora dolů: B, A, C.



Obr. 7.8

F7-23 Odraz světla

Žáci by měli umět podle zákona odrazu odhadovat i konstruovat paprsky odražené od zrcadel a také správně používat pojmy *ohnisko*, *ohnisková vzdálenost*, *skutečný obraz* a *zdánlivý obraz*.

Cvičení, učebnice str. 136

4. Na jednu stěnu dáme velké zrcadlo.

5. Voda zalije nepovnosti, světlo se pak odrazí trochu podobně jako od zrcadla.

6. Na sebe, protože nás zajímá světlo přicházející od naší postavy nebo obličeje. Toto světlo se odrazí od zrcadla a pak dopadne do našeho oka. Kdybychom posvítili na zrcadlo, světlo od něj by se teprve odrazilo od zrcadla a osvítilo by naši postavu – byl by tam zbytečný jeden odraz navíc.

7. 8. Sahá-li svislé zrcadlo od výšky pasu po výšku hlavy (má tedy polovinu výšky člověka), vidíme v něm celou postavu. Boty vidíme v šikmém zrcadle u podlahy.

9. Úhel mezi dopadajícím a odraženým paprskem je vždy dvojnásobek úhlu dopadu. Oba paprsky jsou na sebe kolmé při úhlu dopadu 45° , jsou rovnoběžné při úhlu dopadu 0° .

10. Úhel dopadu se zvětšil o 20° , úhel mezi oběma paprsky se tedy zvětšil o 40° (viz cvič. 9).

11. Světlo stále „běhá“ mezi zrcadly tam a zpátky, proto uvidíme „nekonečně mnoho“ zrcadel v sobě.

12. $\alpha = \beta$ (zákon odrazu), $\beta = \gamma$ (úhly střídavé), $\gamma = \delta$ (zákon odrazu), $\delta = \varepsilon$ (úhly souhlasné).

13. Pravé, protože je míň zakřivené.

14. Pravým, protože odrazí víc záření.

F9-1 Elektromagnetická indukce

Žáci se seznámí s elektromagnetickou indukcí, s jejím využitím pro výrobu elektrické energie a se střídavým proudem.

Cvičení, učebnice str. 12

5. Alternátor má dva kroužky, dynamo má místo nich komutátor.
6. Znaménko napětí se změní, když se změní směr pohybu magnetu a také když se zamění severní a jižní pól magnetu. Když se změní obojí, znaménko zůstane tedy stejné. Záporné póly jsou proto A, C, F.
7. Alternátor; směr vyráběného proudu se mění.
8. Když se vyráběný proud odvádí ze statoru, lze použít tlusté měděné vodiče, které mají nepatrný odpor. Kdyby se však odváděl z rotoru, musel by procházet přes kartáčky a kroužky, které mají daleko větší odpor. Protože vyráběný proud je až 10 000 A, byly by v tomto místě většího odporu velké ztráty a vznikalo by obrovské teplo. Proud do elektromagnetu je daleko menší než vyráběný proud; když tedy prochází přes kartáčky do rotoru, nejsou ztráty tak velké.
9. Je to vlastně stejný stroj. Když dynamo připojíme ke zdroji stejnosměrného proudu, roztočí se.
10. Když nejsou připojeny spotřebiče, neprochází generátorem žádný proud, cívka netvoří žádné magnetické pole, a proto nemusíme překonávat žádnou sílu (kromě tření). Čím větší proud se odebírá, tím

větší sílu musíme generátor pohánět. (To plyne i ze zákona zachování energie.)

11. Největší 5 ms, 25 ms, 45 ms; nejmenší 15 ms, 35 ms. V čase 30 ms je napětí nulové, v čase 45 ms je rovno +300 V.
12. První graf na pomalém, druhý na rychlém.
13. a) $P = U \cdot I = 3 \text{ V} \cdot 0,2 \text{ A} = 0,6 \text{ W}$;
b) $0,6 \text{ W} \cdot 0,5 \text{ h} = 0,3 \text{ Wh} = 0,000 3 \text{ kWh}$; c) ceny se velmi liší podle značky a typu, vezměme např. 30 Kč za dva monočlánky; d) $30 \text{ Kč} : 0,000 3 \text{ kWh} = 100 000 \text{ Kč/kWh}$; e) dnes zhruba 3,50 Kč/kWh; f) skoro 30 000krát; g) při ceně 100 000 Kč/kWh by to určitě bylo hodně peněz. Navíc baterie většinou obsahují těžké kovy, které jsou škodlivé pro životní prostředí. Dnes se prodávají nabíjecí monočlánky s kapacitou i několika ampérhodin. Např. z článku o napětí 1,2 V a kapacitě 2,7 Ah můžeme získat energii $1,2 \text{ V} \cdot 2,7 \text{ A} \cdot 1 \text{ h} = 3,2 \text{ Wh} = 0,003 2 \text{ kWh}$, přibližně 10krát větší, než s jakou jsme počítali v tomto příkladu. Ovšem i jejich cena je přibližně 10krát vyšší, takže cena jedné kilowatthodiny zůstává v řádu statisíců korun.

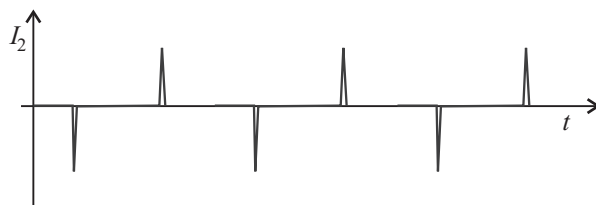
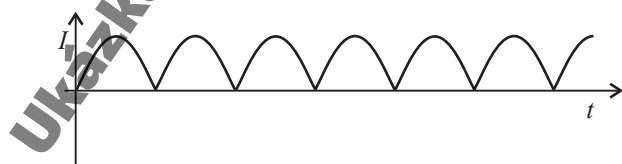
Cvičení, pracovní sešit str. 1

- 1.1 Výchylka se změní na opačnou, když se změní směr pohybu a neobrátil magnet, nebo obrátí magnet a nezmění směr pohybu. Proto budou výchylky: b) doprava, c) doprava, d) doleva.
- 1.2 Jako na obr. 9.1. Jsou různé typy multimetrů, žáci by měli ukázat i připojení ke konkrétnímu multimetru, který používají ve škole.



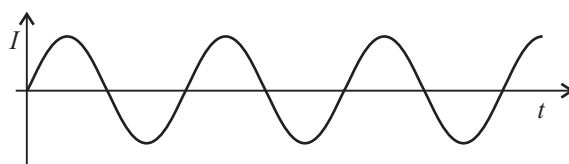
Obr. 9.1

- 1.3 Proud v druhé cívice bude nenulový jen po krátkou dobu během zapínání a vypínání proudu v první cívice (jako na obr. 9.2).



Obr. 9.2

- 1.4 Např. učebnice, str. 9.
- 1.5 Jako na obr. 9.3. V cívice se vždy indukuje střídavý proud. V dynamu (v učebnici na levém obrázku) komutátor směr proudu obrátí vždy tak, aby v měřicím přístroji zůstal směr proudu stále stejný; v alternátoru (na pravém obrázku) komutátor není, proto měřicím přístrojem prochází střídavý proud stejně jako cívka.

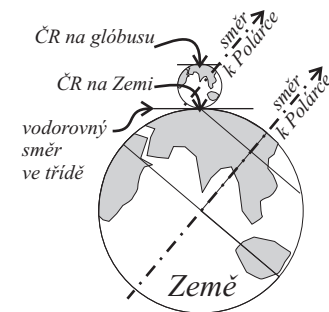


Obr. 9.3

jak se projevuje otáčení Země na zdánlivém pohybu Slunce, Měsíce a dalších nebeských těles po obloze; zopakovat si a pochopit vznik ročních období; seznámit se s využitím umělých družic.

Cvičení, učebnice str. 101

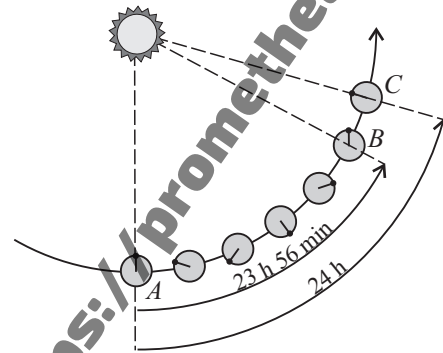
1. Viz učebnice, str. 116.
2. Glóbus natočíme tak, aby jeho osa směřovala šikmo nahoru k severu a aby Česká republika na glóbusu byla na nejvyšším místě, tedy rovnoběžně se skutečnou Českou republikou na Zemi, viz obr. 9.9. Glóbus jsme tím orientovali tak, aby byl natočen stejně jako sama Země v tu chvíli. Tím je osa glóbusu automaticky nasměrována k Polárce; v naší zeměpisné šířce to je přibližně 50° nad severní obzor. (Když je glóbus normálně postavený na stole, míří jeho osa 67° nad vodorovnou rovinu; Polárka je v naší zeměpisné šířce 50° nad vodorovnou rovinu, proto musíme podstavec glóbusu naklonit asi o 17° .) Jak se otáčí skutečná Země, otáčí se s ní i glóbus, takže souhlasná orientace glóbusu a Země zůstává.



Obr. 9.9

4. Viz učebnice, str. 96–97.
6. Podle učebnice by světlo prošlo napříč Zemí za $\frac{1}{20}$ s a vzdálenost Slunce–Země urazí asi za 8 min = 480 s, což je přibližně 10 000krát víc. Napříč Galaxií by prošlo asi za 100 000 let. Protože 1 rok je přibližně 30 milionů sekund, je průměr Galaxie přibližně $20 \cdot 30\,000\,000 \cdot 100\,000 = 60\,000\,000\,000\,000$ (60 bilionů) průměrů Země a 6 000 000 000 (6 miliard) vzdáleností ze Slunce na Zemi. Kdybychom vzdálenost Slunce–Země zmenšili na 1 mm, byl by průměr Galaxie přibližně 6 000 km. (V podobných odhadech stačí jen velmi hrubé zaokrouhlení, protože hranice sluneční soustavy ani hranice Galaxie stejně nejsou přesně „nakresleny“.)
7. Pan Fogg jel na východ, proti zdánlivému pohybu Slunce, „jeho“ den (počítaný od poledne k poledni) byl tedy vždy o něco kratší, než kdyby zůstal v Londýně a „jeho“ 80 dní trvalo stejně jako 79 „londýnských“ dní. Můžeme to ukázat na jednodušším případě: kdyby každý den přejel do sousedního časového pásma, byl by „jeho“ den dlouhý jen 23 hodin, takže 24 „jeho“ dní by trvalo přesně stejně dlouho jako 23 „londýnských“ dní po 24 hodinách. Nejde jen o literární fikci: prakticky totéž se skutečně stalo Magellanově výpravě, která jako první obeplula Zemi; rozdíl byl jen v tom, že ti pluli na západ, a cesta jim proto trvala o den *déle*, než si mysleli.

8. Země se otočí o 360° okolo své osy (vzhledem k hvězdám) za 23 h 56 min a přejde při tom z bodu A do bodu B na schematickém obr. 9.10. Protože tím „popojde“ přibližně o $\frac{1}{365}$ své dráhy okolo Slunce, musí se potočit ještě o $\frac{1}{365}$ své otočky, aby se znovu natočila stejnou stranou ke Slunci – a přitom se dostane do bodu C. Ukážeme na glóbusu.



Obr. 9.10

9. Milion hodin = 41 667 dní = 114 roků (přibližně).
10. Bude se zvětšovat a na severním pólu k nim budou patřit všechna souhvězdí severní hvězdné oblohy. Viděli bychom je však jen od podzimní do jarní rovnodennosti, kdy je na pólu půl roku dlouhá noc; během polárního dne by byly přesvětleny slunečním světlem.
11. Po západu Slunce bychom pozorovali, která souhvězdí jsou v místě, kde Slunce právě zapadlo; nebo naopak před jeho východem bychom pozorovali, která souhvězdí jsou v místě, kde Slunce za chvíli vyjde.
12. Obloha se otáčí okolo Polárky. Tu máme na severním pólu přesně nad hlavou, proto se pro pozorovatele na severním pólu obloha otáčí *okolo svislé osy*. Slunce tedy zdánlivě oběhne dokola celý obzor prakticky ve stále stejné výšce. Při letním slunovratu je to ve výšce 23° nad obzorem. Pak se půl roku tato výška pomalu zmenšuje, Slunce obíhá níž a níž nad obzorem. Okolo podzimní rovnodennosti už obíhá ve výšce obzoru: napřed se dotýká obzoru spodním okrajem kotouče, pak se větší a větší část kotouče skrývá pod obzorem, až se nakonec úplně „zašroubuje“ pod obzor a nastane půl roku dlouhá polární noc. Během ní Slunce stále „krouží“ okolo svislé osy, ale je už pod obzorem. Při zimním slunovratu je nejhluběji pod obzorem (23°), pak začíná zase stoupat k obzoru, při jarní rovnodennosti krouží po obzoru a začíná zase půl roku dlouhý polární den, který vrcholí o letním slunovratu.
13. Na rozdíl od situace přesně na pólu (předchozí úloha) Slunce pozorovatele na polárním kruhu „neobíhá“ okolo svislé osy, ale okolo osy skloněné o malý úhel 23° od svislice. Zdánlivá dráha Slunce