

I. ROČNÍK

FYZIKÁLNÍ

OLYMPIÁDY

PRVNÍ ROČNÍK FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDY

zpráva o řešení úloh ze soutěže konané
ve školním roce 1959/60

STÁTNÍ
PEDAGOGICKÉ NAKLADATELSTVÍ
PRAHA 1962

Zpracovali doc. dr. Miroslav Laitoch a dr. Marta Chytilová
Obrázky navrhl Jaroslav Pospíšil
Recenzovali C.Sc. Evžen Říman a Jan Tesař

© Státní pedagogické nakladatelství, n. p., 1962

O uskutečnění prvního ročníku Fyzikální olympiády se zasloužili všichni, kteří přispěli vhodnými úlohami a fyzikálními tématy k prostudování. Byly to zvláště kolektivy pracovníků v Brně za vedení prof. dr. R. Košťála, v Olomouci za vedení V. Rudolfa a v Praze za vedení J. Tesaře.

Úspěšný průběh soutěže umožnila ředitelství jedenáctiletých, dvanáctiletých a odborných škol a učitelé těchto škol, kteří získali pro soutěž veliký počet řešitelů. Velkou zásluhu mají všichni učitelé, kteří obětavě a bez odměny opravovali úlohy prvního kola soutěže. Opravu druhého kola prováděli i asistenti a odborní asistenti vysokých škol, zejména elektrotechnické fakulty Českého vysokého učení technického v Praze, kteří také dozírali na práci žáků při provádění experimentální úlohy v průběhu celostátního kola soutěže.

Ke zvládnutí organizační stránky soutěže přispěli ÚV JČMF, zvláště s. Miloš Jelínek jako jednatel ÚV JČMF a pracovník MŠK, krajské výbory poboček JČMF a krajské výbory FO. Vedoucí katedry fyziky elektrotechnické fakulty ČVUT v Praze prof. dr. inž. Josef Slavík přispěl umožněním provedení experimen-

tální úlohy ve třetím kole soutěže v laboratořích katedry. S. R. Valouchová a J. Matyášová z kanceláře ÚV JČFM zajistily rozmnožení a rozeslání letáčků s příklady prvního kola soutěže na školy.

Ústřední výbor Fyzikální olympiády děkuje všem spolupracovníkům za obětavou práci, bez níž by nebylo možno soutěže uskutečnit.

Ústřední výbor Fyzikální olympiády

1. PŘÍPRAVA CELOSTÁTNÍ SOUTĚŽE FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDA

Před prvním ročníkem celostátní soutěže FO probíhaly soutěže v několika krajích.

Ve školním roce 1957/58 uspořádala pobočka JČMF v Olomouci za podpory ÚV JČMF v Praze a školského odboru rady KNV v Olomouci Fyzikální olympiádu pro žáky JSS v Olomouckém kraji. Organizaci krajské FO řídila fyzikální komise pobočky JČMF v Olomouci.

Ve školním roce 1958/59 organizovaly krajské soutěže vedle pobočky JČMF v Olomouci také pobočka JČMF v Praze v obvodě ÚNV Praha a pobočka JČMF v Brně pro Brněnský kraj.

Výsledky přípravných krajských soutěží byly zpracovány a uveřejněny v časopise Přírodní vědy ve škole: M. Laitoch, V. Rudolf, Fyzikální olympiáda pro žáky JSS v Olomouckém kraji, PVVŠ, 1958, č. 9; V. Rudolf, Zkušenosti z první Fyzikální olympiády v Olomouckém kraji, PVVŠ 1959, č. 10; J. Tesař, Fyzikální olympiáda, PVVŠ 1960, č. 1; M. Chytilová, Fyzikální olympiáda v Brněnském kraji ve školním roce 1958/59, PVVŠ 1960, č. 6. Jsou shrnuty v tab. 1.

Tabulka 1

Přehled výsledků přípravných krajských soutěží FO

Kraj	Škol. rok	1. kolo						2. kolo								
		kat. A		kat. B		kat. C		kat. A		kat. B		kat. C				
		S	Ú	S	Ú	S	Ú	S	Ú	S	Ú	S	Ú			
Olomouc pobočka JČMF za podpory KNV	57/58	Podmínka soutěže: z 12 úloh vyřešit správně aspoň 7.						Podmínka soutěže: ze 4 úloh vyřešit správně aspoň 2.								
		41	27	27	14	21	—	89	41 (46 %)	20	19	13	10	—	33	29 (88 %)
								Soutěž úspěšně dokončilo 32 % z přihlášených do 1. kola								
Olomouc	58/59	Podmínka soutěže: z 9 úloh vyřešit správně aspoň 5						Podmínka soutěže: ze 4 úloh vyřešit správně aspoň 2.								
		72	39	41	11	24	2	137	52 (37 %)	39	38	11	11	2	2	51 (97 %)
								Soutěž úspěšně dokončilo 37 % z přihlášených do 1. kola								

Praha pobočka JČMF za podpory KPÚ a ÚNV	58/59	Podmínka soutěže: z 12 úloh vyřešit správně aspoň 8						Podmínka soutěže:*) Do 2. kola zařazení žáci s největ- ším průměrem 2,08 ze 4 úloh vyřešit správně aspoň 2.									
		139	43	89	40	—	228	83 (37 %)	24	15	23	3	—	—	47	18 (38 %)	
								Úspěšný řešitel 2. kola musel mít průměr známek aspoň									
								2						3	—	—	
												Soutěž úspěšně dokončilo 8 % z přihlášených do 1. kola					
Brno pobočka JČMF za podpory KNV	58/59	Podmínka soutěže: z 9 úloh vyřešit správně aspoň 6; prostudovat zadané téma						Podmínka soutěže: ze 4 úloh vyřešit správně aspoň 2.									
		47	22	45	24	115	46	207	92 (44 %)	19	19	21	21	43	41	83	81 (97 %)
								Z nich odměněno prvních									
								7						8	15	30 (36 %)	
												Soutěž úspěšně dokončilo 14 % z přihlášených do 1. kola.					

Vysvětlivky: S-počet soutěžících, Ú-počet úspěšných řešitelů. *) Úlohy 1. a 2. kola byly klasifikovány pěti stupni.

Krajské soutěže FO byly jednak zdrojem poznatků o stavu výuky fyziky na školách, jednak zdrojem zkušeností pro organizování celostátní soutěže a její specifické odlišení od jiných školských soutěží.

Krajské soutěže ukázaly, že mezi žáky středních škol je veliký zájem o řešení fyzikálních a technických problémů.

Zprávy z Olomouce a z Prahy upozorňovaly učitele fyziky na některé nedostatky ve vědomostech žáků nebo v postupu při řešení úloh. Zjišťovaly se zejména tyto nedostatky: žáci nedovedou přehledně upravit zápis úlohy; nedodržují jednotnou formu psaní fyzikálních rovnic; jen zřídka řeší úlohy nejprve obecně, přecházejí předčasně k numerickému řešení nebo úlohu řeší jen numericky; prováděním dílčích výpočtů řešení úlohy často komplikují a dopouštějí se zbytečných chyb; užíváním stejného označení pro dvě různé veličiny dochází k záměnám těchto veličin a k chybám; nedodržují se normované značky pro fyzikální veličiny a chybuje se v rozměrech veličin; žáci nemají pohotovost v numerickém počítání a nepoužívají logaritmů; neuvědomují si, v jakých mezích se mohou různé fyzikální veličiny vyskytovat, proto se ani nepozastavují nad výsledky řádově zcela chybnými; často udávají výsledek úlohy mnohaciferným číslem, poněvadž nedovedou určit počet míst, na který má v daném případě ještě smysl vyjádřit výsledek úlohy.

Závěry z Brna byly velmi cenné pro organizaci I. ročníku celostátní soutěže. Bylo zjištěno, že žáci dovedou ve většině případů nastudovat samostatně text, který dostali ve formě skript a prohlubujícího určitý úsek učiva dříve ve škole probraného. Výsledky studia

byly ověřeny kontrolními úlohami ve druhém kole soutěže. Toto kontrolované studium je dobrou přípravou k samostatnému studiu odborné literatury. Zkušeností v Brně bylo také ověřeno, že je možno uložit žákům v soutěži úlohy měřicí. Takto byly ukázány některé možnosti dát Fyzikální olympiádě specifický ráz.

Těchto zkušeností a poznatků bylo využito při organizaci I. ročníku celostátní soutěže FO ve školním roce 1959/60.

2. ORGANIZACE I. ROČNÍKU SOUTĚŽE FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDA

Ministerstvo školství a kultury rozhodlo pořádat pro žáky středních škol a výběrových odborných škol od školního roku 1959/60 kromě soutěže Matematická olympiáda též soutěž Fyzikální olympiáda. Pro organizaci obou soutěží byly vydány nové společné instrukce ministerstva školství a kultury, které byly uveřejněny ve Věstníku MŠK, sešit 29—30 ze dne 31. října 1959 v tomto znění:

Matematická olympiáda a Fyzikální olympiáda

Čj. 38 946/59-I/1

Dne 8. října 1959

Referent: Miloš Jelínek, tel. 416-51, linka 498

Ministerstvo školství a kultury s Jednotou čs. matematiků a fyziků (zkratka JČMF) a Československým svazem mládeže pořádá v každém školním roce Matematickou olympiádu (zkratka MO) a Fyzikální olympiádu (zkratka FO). Spolupořadatelem Matematické olympiády je od jejího vzniku Matematický ústav Československé akademie věd.

Čl. I

Účel soutěží

1. Účelem obou soutěží je vést žáky k samostatné práci, vzbudit u žáků zájem o úspěšné studium matematiky a fyziky a zvýšit úroveň vyučování a vyučovací výsledky v těchto předmětech. Zároveň soutěže přispívají k vyhledávání a k podpoře žáků vynikajících v matematice a fyzice, a tím pomáhají zajišťovat větší příliv matematicky a fyzikálně školených pracovníků pro naši hospodářsko-technickou výstavbu.

2. Účast žáků v soutěžích je dobrovolná a nemá přímý vliv na jejich školní klasifikaci. O tyto soutěže, jež se rozvíjejí jako základní složka mimoškolní činnosti žáků v matematice a fyzice, pečují všichni učitelé matematiky a fyziky, pro něž je tato práce součástí jejich učitelského a výchovně politického úkolu. Práci ve vedení těchto soutěží (např. opravami úloh) se zvyšuje i odborná zdatnost učitelů; proto jim krajské pedagogické ústavy poskytují v této práci účinnou pomoc.

Učitelé také těsně spolupracují s organizacemi ČSM a se skupinovými vedoucími PO, kteří o soutěže pečují zvláště z hlediska jejich propagace, získávání účastníků a organizačního zajištění jejich průběhu.

Čl. II

Podmínky soutěže

1. Matematická olympiáda bude provedena ve čtyřech kategoriích:

a) kategorie A je určena pro žáky 11. ročníků jedenáctiletých středních škol (zkratka JŠŠ), pro žáky 12. ročníků dvanáctiletých středních škol (zkratka DŠŠ) a pro žáky 3. a 4. ročníků odborných škol. Soutěž v kategorii A bude probíhat ve třech kolech: v přípravném, v krajském a celostátním;

b) kategorie B je určena pro žáky 10. ročníků JŠŠ, 11. ročníků DŠŠ a 2. ročníků odborných škol. Soutěž v kategorii B bude probíhat ve dvou kolech, v přípravném a v krajském;

c) kategorie C je určena pro žáky 9. ročníků JŠŠ, 10. ročníků

DSŠ a 1. ročníků odborných škol. Soutěž v kategorii C proběhne ve dvou kolech, v přípravném a v krajském;

d) v kategorii D soutěží žáci 8. ročníků osmileté střední školy a 9. ročníků základního vzdělání. Soutěž proběhne ve dvou kolech, v přípravném a okresním.

2. Fyzikální olympiáda bude provedena za týchž podmínek jako Matematická olympiáda, avšak pouze v kategoriích A, B, C. Ústřední výbor Fyzikální olympiády může stanovit podle potřeby i jiný počet kategorií.

3. Soutěž v kategorii D Matematické olympiády probíhá převážně jako soutěž mezi osmými a devátými třídami jedné nebo více blízkých škol. Účelem této soutěže má být zejména, aby se v žácích vzbudil a rozvíjel zájem o matematiku a aby byli vhodným a zajímavým způsobem vedeni k metodám samostatnější práce. Úlohy, které budou v přípravném kole dány ústředním výborem Matematické olympiády, budou proto pouze částí tohoto kola. Další náplň přípravného kola může být za spolupráce školských organizací ČSM a pionýrských skupin doplněna matematickými besedami nebo večery apod.; sdružení rodičů a přátel školy může na závěr tohoto kola odměnit knihami nebo jinými věcnými dary ty žáky, kteří vynikli v soutěži.

4. Soutěže v kategoriích A, B, C jsou zaměřeny na žáky, kteří mají o studium matematiky, popřípadě fyziky, hlubší zájem a nadání. Proto soutěže v těchto ročnících mají zvláště v II. a III. kole výrazně výběrový charakter a účastní se jich jen menší počet žáků.

5. Úkolem ve všech kolech a ve všech soutěžích bude, aby účastník soutěže rozřešil určitý počet úloh; počet těchto úloh a příslušná témata stanoví ústřední výbory Matematické a Fyzikální olympiády. Tyto výbory stanoví také zásady klasifikace žákovských řešení.

Čl. III

Organizace soutěží

1. Soutěže řídí celostátně ústřední výbory Matematické a Fyzikální olympiády (dále ÚVMO a ÚVFO). Jejich předsedy a členy jmenuje ministerstvo školství a kultury na návrh JČMF. Ústřední výbory se skládají ze zástupců pořádajících institucí a z několika

učitelů matematiky (v ÚVMO) a fyziky (v ÚVFO), a to jak ze středních, tak i vysokých škol. Kromě nich jsou skutečnými členy ústředních výborů i všichni předsedové krajských výborů obou soutěží. Ústřední výbory mají sídlo v Ústředí JČMF v Praze 1, Maltézské náměstí č. 1, tel. 416 51-59, linka 425.

2. Pro řízení soutěže v I. kole a na provedení soutěže v II. kole se zřizují krajské výbory MO (dále jen KVMO) a krajské výbory Fyzikální olympiády (dále jen KVFO); jejich předsedy a členy jmenuje odbor školství a kultury rady KNV na návrh příslušné krajské pobočky JČMF. Skládají se ze zástupce odboru, pobočky JČMF, krajského výboru ČSM a z několika učitelů matematiky (u KVMO) a fyziky (u KVFO). V krajských výborech jsou pokud možno zastoupeni též učitelé z vysokých škol. Složení krajských výborů ohlásí předseda příslušnému ústřednímu výboru.

3. Pro řízení I. kola Matematické olympiády a na provedení soutěže v II. kole kategorie D se zřizuje okresní výbor MO (dále jen OVMO) v sídlech ONV, jehož členy jmenuje odbor školství a kultury rady ONV. OVMO se skládá ze zástupce odboru školství a kultury rady ONV, zástupce okresního výboru ČSM a ze tří až pěti učitelů matematiky. Zřízení okresního výboru MO ohlásí jeho předseda krajskému výboru MO a ústřednímu výboru MO. Okresní výbory MO spolupracují těsně s příslušným krajským výborem MO.

4. Odbory školství a kultury rad KNV a ONV v součinnosti s pobočkami JČMF a orgány odborového svazu zaměstnanců školství, vědy, umění a tisku a s krajskými a okresními výbory ČSM dbají o to, aby soutěž byla propagována a všemožně zajišťují její úspěch.

5. Ředitel školy jmenuje jednoho z učitelů matematiky referentem pro MO, jednoho z učitelů fyziky referentem pro Fyzikální olympiádu. Úkolem referenta je propagace soutěže na škole a pomoc žákům v průběhu I. kola. Na propagaci a získávání účastníků do přípravného kola soutěží se aktivně podílejí školské organizace ČSM, které jsou v pravidelném styku s oběma referenty.

O vedení žáka v průběhu I. kola pečuje jeho učitel matematiky a fyziky za spolupráce s referentem; dodá žáku text úloh zadaných v I. kole, pomáhá mu odbornou radou a upozorní ho na vhodnou pomocnou a doplňkovou literaturu.

Doporučuje se, aby se ze soutěžících ve škole tvořily zájmové kroužky pod vedením učitelů matematiky a fyziky a za součinnosti školských organizací ČSM a pionýrských skupin. Úkolem těchto kroužků však není řešení úloh daných v soutěži.

Čl. IV

První kolo soutěží

1. Soutěž I. kola u všech kategorií obou soutěží probíhá od září do února příslušného školního roku. Úlohy zadané ústředními výbory budou uveřejněny v letáčích a zaslány školám. Kromě toho budou uveřejněny v „Rozhledech matematicko-fyzikálních“.

2. Soutěžící vypracuje ve stanoveném termínu řešení každé úlohy samostatně, přehledně, čitelně a úpravně na samostatném půlarchu formátu A 4, v jehož záhlaví u každého řešení uvede své jméno, třídu, školu a místo školy.

3. Učitel matematiky, popřípadě fyziky, vybere podle termínů stanovených ÚVMO (ÚVFO) od žáků řešení daných úloh, opraví je a spolu s referentem na škole zhodnotí tato řešení z hlediska vhodnosti navrzení řešitele do II. kola soutěží. Zhodnocení provede jedním z těchto stupňů: výborné řešení, dobré řešení, nevyhovující řešení. S výsledky tohoto hodnocení a s vytčením charakteristických chyb seznámí pak učitel žáky (nejlépe na společné besedě).

4. Referent v dohodě s ředitelem školy a předmětovou komisí pro matematiku a fyziku provede výběr žáků, kteří budou navrzeni k účasti do dalšího kola soutěže. Příslušné návrhy s řešeními vybraných žáků zašle referent předsedovi KVMO (KVFO) pro kategorii A, B, C a předsedovi OVMO pro kategorii D. Počet vybraných žáků v jedné soutěži nesmí překročit kvótu 10 % celkového počtu žáků ročníku téže školy. Výjimku může povolit odbor školství a kultury rady KNV, popřípadě ONV.

5. Práce žáků, kteří nebyli vybráni do II. kola soutěže, se uschovají ve škole až do ukončení příslušného ročníku soutěže. Krajské výbory obou soutěží si mohou vyžádat tyto práce buď za účelem kontroly, nebo k vypracování rozboru chyb.

6. KVMO (KVFO) vybere podle vlastního uvážení z přihlášek došlých ze škol nejlepší žáky pro účast v II. kole soutěže. Celkový počet žáků jednotlivých kategorií vybraných pro II. kolo soutěže

stanoví KVMO (KVFO), popřípadě OVMO, po dohodě s odborem školství a kultury rady KNV, popřípadě ONV; přitom přihlédne jednak ke kvalitě žáků, jednak k finančním možnostem.

7. KVMO (KVFO), popřípadě OVMO může podle potřeby svolat v průběhu I. kola soutěžící žáky na schůzku, na níž se provede rozbor nejčastějších charakteristických chyb a kde se vyloží, jak se těchto chyb vystríhat. Podle místních poměrů se mohou schůzky konat v několika různých místech kraje nebo okresu. Jejich svolání se předem dohodne s odborem školství a kultury rady KNV, popřípadě ONV.

Čl. V

Druhé kolo soutěží

1. Druhé kolo soutěží všech čtyř kategorií se provede v dubnu až květnu každého školního roku. Účastní se ho vybraní žáci, které určí KVMO (KVFO) pro kategorie A, B, C a OVMO pro kategorii D.

2. Účastníky II. kola kategorií A, B, C pozve KVMO (KVFO) — pro kategorii D OVMO — prostřednictvím ředitelů škol k vypracování soutěžních úkolů, a to písemnými pozvánkami, v nichž bude uvedeno datum a místo konání soutěže.

3. Témata úloh tohoto kola rozešle ÚVMO (ÚVFO) v zapечатěných obálkách jednotlivým KVMO (KVFO), popřípadě OVMO. Obálky se mohou otevřít až těsně před započatím soutěže v přítomnosti soutěžících. Při vypracování úloh a po dobu pobytu soutěžících v místě soutěže zajistí výbory soutěží pedagogický dozor, při němž popřípadě pomáhají příslušné orgány odborů školství a kultury.

4. Druhé kolo soutěže se koná pro každou kategorii na celém území státu v týž den, který určí ÚVMO (ÚVFO).

5. Po skončení tohoto kola provede KVMO (KVFO), popř. OVMO, opravu všech úloh a sestaví pořadí soutěžících. Výsledky II. kola soutěže zašle OVMO za kategorii D příslušnému krajskému výboru MO a v opise ústřednímu výboru MO. KVMO (KVFO) sestaví pořadí soutěžících za kategorie A, B, C a tyto tabulky zašle ÚVMO (ÚVFO). V kategorii A je nutno zaslat ústředním výborům

i vypracované úlohy žáků, kteří se v II. kole soutěže úspěšně umístili.

6. Nejlepším účastníkům II. kola každé kategorie v kraji, popřípadě v okrese pro kategorii D, budou uděleny knižní a jiné věcné ceny. Počet cen, jejich druh a výši stanoví pro kategorie A, B, C příslušný KVMO (KVFO) po dohodě s odborem školství a kultury rady KNV a pro kategorii D příslušný OVMO s odborem školství a kultury rady ONV.

7. KVMO (KVFO) může v průběhu soutěže podle potřeby svolat referenty nebo předsedy OVMO svého kraje na poradě, na níž by se řešily odborné a organizační otázky soutěže.

Čl. VI

Třetí kolo soutěží

1. Třetí kolo obou soutěží zajišťuje organizačně i vlastním provedením Jednota čs. matematiků a fyziků za pomoci obou ústředních výborů.

2. Třetí kolo soutěží se provede v květnu nebo v červnu příslušného školního roku, a to za vedení ÚVMO (ÚVFO). Účastní se ho úspěšní řešitelé II. kola soutěží kategorie A podle výběru, který provede ÚVMO (ÚVFO) po zhodnocení přihlášených uchazečů. Nejvyšší počet účastníků v III. kole každé soutěže je 80.

3. Účastníci III. kola soutěží budou pozváni prostřednictvím škol.

4. Opravy žákovských řešení III. kola se provádějí pod vedením ÚVMO (ÚVFO). Po provedení oprav žákovských řešení ÚVMO (ÚVFO) stanoví pořadí úspěšných řešitelů. Nejvýše 20 nejlepších řešitelů bude prohlášeno vítězi příslušného ročníku soutěže. Vítězi budou odměněni knižními a jinými věcnými cenami a diplomy. Kromě toho ÚVMO (ÚVFO) může udělit ceny mimo pořadí za zvláště vynikající řešení.

5. K úspěchu v soutěži bude přihlíženo při výběru na vysoké školy pro obory se studiem matematiky a fyziky (přírodovědecké fakulty, vysoké školy technického směru).

Čl. VII

Hmotné zajištění soutěží

1. Účastníkům II. a III. kola soutěží v kategorii A, B, C bude hrazeno jízdné (druhá třída osobního vlaku; při vzdálenostech nad 100 km rychlíkem) z místa bydliště do místa konání soutěže a zpět. Přespolním účastníkům bude poskytnuto bezplatné ubytování a stravování.

2. Pracovníkům v obou soutěžích přísluší náhrada cestovních výloh podle platných předpisů.

3. Odbory školství a kultury rad KNV a ONV pomohou výborům zajistit vhodné místnosti a ostatní potřeby pro konání soutěží, dále ubytování a stravování účastníků, a to pokud možno především ve školních internátech.

4. Opravy úloh a ostatní práce spojené s organizací soutěží konají učitelé jako čestnou funkci, k níž se přihlíží při celkovém hodnocení učitelovy práce. Výbory obou soutěží proto na závěr ročníku soutěže zhodnotí jeho průběh a oznámí příslušným odborům školství a kultury rad národních výborů, jakož i příslušným orgánům odborového svazu zaměstnanců školství, vědy, umění a tisku jména učitelů a pracovníků v soutěžích, kteří se význačným způsobem přičinili o jejich zdar. K záslužné a úspěšné práci učitelů matematiky a fyziky v soutěžích přihlížejí osobní úřady také při poskytování zvláštních odměn.

5. Náklady spojené s prováděním I. a II. kola soutěží se hradí z rozpočtů KNV (pro kategorie A, B, C) a ONV (pro kategorii D). Náklady spojené s činností ÚVMO (ÚVFO) a spojené s prováděním III. kola se hradí z rozpočtu ministerstva školství a kultury.

Čl. VIII

Závěrečná ustanovení

1. Zrušují se směrnice ministerstva školství a kultury ze dne 18. srpna 1958, č. j. 37 132/58-I/1 (Věstník 1958, str. 225).

2. Tyto směrnice nabývají účinnosti ode dne 1. listopadu 1959.

Složení ÚVFO ve školním roce 1959/60

Soutěž řídil ve školním roce 1959/60 celostátně ústřední výbor Fyzikální olympiády, jehož členy jmenovalo ministerstvo školství a kultury na návrh JČMF v tomto složení:

RNDr. et Dr. Sc. Bedřich Havelka, profesor přírodovědecké fakulty Palackého university v Olomouci — předseda;

RNDr. Marta Chytilová, pracovnice Výzkumného ústavu pedagogického v Praze — místopředsedkyně;

RNDr. Miroslav Laitoch, docent přírodovědecké fakulty Palackého university v Olomouci — jednatel;

Vladimír Rudolf, vzorný učitel, odborný asistent přírodovědecké fakulty Palackého university v Olomouci — tiskový referent;

členové: *RNDr. Juraj Daniel-Szabó*, docent Vysokej školy technickej v Košicích;

RNDr. Ján Fischer, docent prírodovedeckej fakulty univerzity Komenského v Bratislavě;

Hana Fischová, instruktorka oddělení studující mládeže ústředního výboru ČSM v Praze;

Miloš Jelinek, ústřední inspektor MŠK v Praze;

RNDr. Emil Kašpar, profesor matematicko-fyzikální fakulty KU v Praze;

RNDr. Rostislav Košťál, profesor Vysokého učení technického v Brně;

RNDr. František Lehar, učitel JŠŠ v Praze;

František Púchovský, učitel DŠŠ v Dolním Kubíně;

C. Sc. Evžen Říman, odborný asistent Českého vysokého učení technického v Praze;

Jan Tesař, učitel DSŠ v Praze, Smíchově;

RNDr. Ladislav Thern, docent Vysoké školy lesnické a dřevárské ve Zvoleni;

RNDr. Bohumil Vlach, odborný asistent přírodovědecké fakulty university v Brně.

Předsedové KVFO ve školním roce 1959/60

V krajích zajišťovaly soutěž *Krajské výbory Fyzikální olympiády*. Jejich předsedy a členy jmenoval odbor školství a kultury rady KNV na návrh příslušné pobočky JČMF. Předsedy KVFO ve školním roce 1959/60 byli jmenováni pro kraje:

Praha KNV: František Fišer, učitel JSŠ v Praze 3, Karlín, Kollárova ulice 5;

Praha ÚNV: Jan Tesař, učitel DSŠ v Praze 16, ulice N. Belojannise 3;

České Budějovice: Konrád Hofman, odborný asistent Pedagogického institutu v Českých Budějovicích;

Plzeň: RNDr. Jaroslav Feifer, docent Vysoké školy strojní a elektrotechnické v Plzni, Nejedlého sady 14;

Karlovy Vary: Jiří Tomandl, zasloužilý školský pracovník, krajský školní inspektor, Karlovy Vary;

Liberec: Josef Mikulecký, učitel průmyslové školy stavební v Liberci IV, Rumunská 14a;

Hradec Králové: Zdeněk Ungermann, promováný pedagog, učitel JSŠ v Hradci Králové, Tylovo nábřeží;

- Ústí nad Labem: Josef Sušanka, učitel JSŠ v Teplicích, ulice Čs. dobrovolců;*
- Pardubice: Josef Louvar, učitel JSŠ ve Vysokém Mýtě;*
- Jihlava: Helena Kuželová-Lhotková, učitelka JSŠ v Jihlavě;*
- Jiří Zahájský, učitel Pedagogické školy v Jihlavě;*
- Brno: RNDr. Rostislav Košťál, profesor Vysokého učení technického v Brně, Barvičova ulice 85;*
- Olomouc: Paed. dr. František Smutný, učitel DSŠ v Olomouci-Hodolanech;*
- Gottwaldov: Lubomír Vašek, vzorný učitel, ředitel 1. DSŠ v Gottwaldově;*
- Ostrava: František Živný, ředitel DSŠ v N. Bohumíně;*
- Bratislava ÚNV a KNV: RNDr. Ján Fischer, docent prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislavě, Šmeralova 2;*
- Nitra: Štefan Šedivý, promovovaný pedagóg, vzorný učitel, učitel JSŠ v Nitře;*
- Banská Bystrica: RNDr. Ladislav Thern, docent Vysokej školy lesníckej a drevárskej ve Zvoleni, Štúrova 2;*
- Žilina: František Púchovský, promovovaný pedagóg, učitel DSŠ, Dolný Kubín 411;*
- Košice: Doc. Juraj Daniel-Szabó, vedúci katedry fyziky Vysokej školy technickej v Košicích, Komenského 26.*

3. PRŮBĚH SOUTĚŽE VE ŠKOLNÍM ROCE 1959/60

První kolo soutěže FO probíhalo na školách ve všech kategoriích od listopadu 1959 do konce února 1960. V průběhu prvního kola měli účastníci soutěže v každé kategorii za úkol vyřešit 9 úloh a prostudovat samostatně jedno fyzikální téma. Úlohy prvního kola byly zaslány na školy ve formě cyklostylovaných letáčků. Jejich rozmnožení a rozeslání provedla kancelář JČMF v Praze. Za úspěšného řešitele byl považován ten žák, který dobře rozřešil alespoň 6 úloh. Řešení prvních tří soutěžních úloh odevzdali žáci svému učiteli fyziky do 15. prosince 1959, dalších tří úloh do 30. ledna 1960 a posledních tří úloh do 29. února 1960.

O propagaci prvního kola FO, o dobrý průběh soutěže a o pomoc žákům na škole pečovali učitelé fyziky, zvláště pak referenti pro FO na škole. Jejich práci řídily KVFO.

Učitelé fyziky vybrali v uvedených termínech od žáků řešení soutěžních úloh a opravili je spolu s referentem pro FO na škole. Referent FO v dohodě s řešitelem školy a předmětovou komisí pro fyziku vy-

brali z úspěšných řešitelů prvního kola žáky, které doporučili k účasti na druhém kole soutěže. Návrhy s řešeními vybraných žáků byly zaslány předsedovi KVFO. Přehled výsledků 1. kola je v tabulce 2.

KVFO z přihlášek došlých ze škol vybraly nejlepší žáky k účasti na druhém kole soutěže. Počty soutěžících v jednotlivých kategoriích v druhém kole stanovily KVFO po dohodě s odbory školství a kultury rad KNV a jsou uvedeny v tabulce 3.

Druhé kolo soutěže bylo organizováno v krajských městech a konalo se v neděli 10. dubna 1960.

Účastníci druhého kola soutěže měli za úkol správně vyřešit alespoň dvě ze čtyř soutěžních úloh. Jedna z úloh kontrolovala, zda žáci prostudovali zadané téma. ÚVFO zaslal znění úloh druhého kola předsedům KVFO v zalepených obálkách, které byly otevřeny až před soutěžícími. Na řešení úloh měli žáci 4 hodiny čistého času.

Žákovská řešení soutěžních úloh byla opravena členy KVFO.

Pro kategorie B a C bylo druhé kolo závěrečné a z úspěšných řešitelů byli vybráni vítězové. Pro kategorii A bylo druhé kolo výběrové. Z úspěšných řešitelů byli vybráni nejlepší žáci k účasti na celostátním třetím kole. Návrhy na účast žáků ve třetím kole spolu s opravenými úlohami 2. kola těchto žáků z jednotlivých krajů byly zaslány ÚVFO.

Při druhém kole soutěže některé KVFO uspořádaly se žáky besedy o významu studia fyziky. Žáci byli rovněž seznámeni s nedostatky, které se objevily v jejich řešeních úloh prvního kola soutěže.

Pedagogický dozor a hostitelské úkoly ve většině případů zajistily KVFO za pomoci odborů pro školství a kulturu rad KNV.

Soutěž třetího kola byla určena pro vybrané úspěšné řešitele druhého kola kategorie A ze všech krajů republiky. Konala se v Praze 30. dubna 1960, a to jednak v budově Matematicko-fyzikální fakulty Karlovy university v Praze II, Ke Karlovu 5, v době od 8,00 hodin do 12,00 hodin, jednak v laboratořích elektrotechnické fakulty Českého vysokého učení technického v Praze v době od 14,00 hodin do 17,00 hodin. Podle organizačního řádu soutěže pozval ÚVFO k soutěži 80 úspěšných řešitelů druhého kola v kategorii A. Z pozvaných účastníků byly jen tři dívky. Všichni pozvaní se dostavili.

Účastníci třetího kola měli za úkol vyřešit tři soutěžní úlohy během dopoledne. K řešení měli tři hodiny čistého času. Odpoledne pak měli za úkol počítat odpor spotřebiče z hodnot, které získali samostatným měřením v laboratořích pod dozorem asistentů elektrotechnické fakulty ČVUT.

Úspěšným řešitelem třetího kola se stal žák, který vyřešil alespoň dobře dvě ze všech soutěžních úloh. Dvacet nejlepších úspěšných řešitelů třetího kola se podle organizačního řádu soutěže stalo vítězi I. ročníku FO.

Před zahájením třetího kola soutěže promluvil ke shromážděným žákům doc. C. Sc. Evžen Říman, člen ÚVFO. Blahopřál jim k účasti a popřál za ÚVFO všem hodně úspěchů v soutěži.

30. dubna 1960 večer všichni účastníci třetího kola FO zhlédli divadelní představení Dalskabáty, hříšná ves od J. Drdy v Divadle čs. armády v Praze 12.

Dne 1. května 1960 se pak všichni žáci účastnili v průvodu pražských škol oslav 1. máje v Praze. †

Hostitelské úkoly i pedagogický dozor převzala JČMF a ÚVFO.

4. VÝSLEDKY JEDNOTLIVÝCH KOL SOUTĚŽE

A. Soutěž 1. kola

Přestože se vyhlášení I. ročníku soutěže FO opozdilo, byl o soutěž mezi žáky mimořádně velký zájem, o čemž svědčí více než 3200 soutěžících v prvním kole.

Přehled o počtu soutěžících v prvním kole soutěže podle krajů v kategoriích A, B, C podává tabulka 2.

Údaje v tabulce doplníme ještě těmito sděleními:

Soutěžící v prvním kole FO byli v kategorii A žáci z 258 škol, v kategorii B žáci ze 188 škol a v kategorii C žáci ze 237 škol.

Z celkového počtu soutěžících v prvním kole bylo dívek: v kategorii A 14 % (174), v kategorii B 20 % (155) a v kategorii C 20 % (241). V průměru se tedy prvního kola soutěže zúčastnilo asi 18 % dívek.

Úspěšných řešitelů v prvním kole bylo v kategorii A 39 %, v kategorii B 32 % a v kategorii C 29 %. Z celkového počtu úspěšných řešitelů v prvním kole bylo asi 18 % dívek.

V průběhu prvního kola bylo učiteli fyziky a referenty pro FO na školách opraveno více než 9500 úloh.

Tabulka 2

Přehled o počtu soutěžících v 1. kole FO podle krajů v kategoriích A, B, C

Kraj	Kat. A		Kat. B		Kat. C		Celkem	
	S	Ú	S	Ú	S	Ú	S	Ú
Praha KNV	39	4	42	8	24	1	105	13
Praha ÚNV	221	61	118	36	146	51	485	148
Čes. Budějovice	36	11	27	8	27	8	90	27
	více než		více než		více než		více než	
Plzeň	33	33	10	10	16	16	59	59
Karlovy Vary	29	23	10	6	25	9	64	38
Liberec	23	12	12	6	50	10	85	28
Hradec Králové	59	40	10	6	41	29	110	75
Ústí n. Labem	57	9	51	20	34	13	142	42
Pardubice	38	18	31	10	14	6	83	34
Jihlava	29	22	22	11	27	11	78	44
Brno	137	66	101	54	202	52	440	172
Olomouc	74	32	30	8	78	14	182	54
Gottwaldov	75	26	41	8	62	18	178	52
Ostrava	44	25	28	9	31	8	103	42
Bratislava KNV	52	7	57	6	94	17	203	30
Bratislava ÚNV	81	29	33	22	69	26	183	77
Nitra	78	16	97	11	118	19	293	46
Banská Bystrica	36	16	17	3	15	5	68	24
	více než		více než		více než		více než	
Žilina	17	17	6	6	15	15	38	38
Košice	8	7	3	2	16	16	27	25
Prešov	47	4	42	5	98	4	187	13
	více než		více než		více než		více než	
Celkem	1213	478	788	255	1202	348	3203	1081

Vysvětlivky: S - počet soutěžících, Ú - počet úspěšných řešitelů

B. Soutěž 2. kola

Přehled o počtu soutěžících v druhém kole FO podle krajů v kategoriích A, B, C podává tabulka 3. Z tabulky je zřejmé, že do druhého kola se dostalo 30 % z celkového počtu soutěžících v prvním kole.

Údaje v tabulce doplníme ještě těmito sděleními:

Úspěšných řešitelů v druhém kole bylo v kategorii A 53 %, v kategorii B 53 % a v kategorii C 56 %. Tato čísla svědčí o tom, že výběr účastníků do druhého kola byl proveden pečlivě ve všech kategoriích. Z celkového počtu úspěšných řešitelů druhého kola soutěže bylo dívek: v kategorii A 9 %, v kategorii B 11 % a v kategorii C 14 %.

KVFO opravily ve druhém kole soutěže celkem 3472 úloh.

Z úspěšných řešitelů druhého kola v kategoriích A, B, C odměnily KVFO nejlepší účastníky knižními i věcnými cenami. Úspěšní řešitelé dostali pochvalná uznání.

Pořadí (prvních deseti) úspěšných řešitelů druhého kola v kategoriích B a C v krajích.

Praha KNV

B: Karel Hrbáček, JŠŠ Nymburk; Vladimír Vojanec, JŠŠ Hořovice; Pavel Novotný, JŠŠ Radotín; Vladimír Smělý, 1. JŠŠ Kladno.

Praha ÚNV

B: Emanuel Šmejkal, JŠŠ Praha 6, Žukovova; Emil Kraemer, JŠŠ Praha 6, Žukovova; Zdeněk Výborný,

Tabulka 3

**Přehled o počtu soutěžících v 2. kole FO podle krajů
v kategoriích A, B, C**

Kraj	Kat. A		Kat. B		Kat. C		Celkem	
	S	Ú	S	Ú	S	Ú	S	Ú
Praha KNV	4	3	8	4	1	—	13	7
Praha ÚNV	42	25	25	11	35	28	102	64
České Budějovice	8	7	8	6	6	1	22	14
Plzeň	23	14	10	6	16	8	49	28
Karlovy Vary	20	7	6	1	8	3	34	11
Liberec	12	6	4	4	9	7	25	17
Hradec Králové	37	35	6	3	29	24	72	62
Ústí nad Labem	6	4	16	11	11	7	33	22
Pardubice	18	8	8	5	6	1	32	14
Jihlava	20	15	10	10	10	5	40	30
Brno	62	25	49	26	45	13	156	64
Olomouc	29	28	7	6	13	11	49	45
Gottwaldov	22	14	6	4	16	10	44	28
Ostrava	23	14	9	7	8	6	40	27
Bratislava KNV	7	2	6	1	17	8	30	11
Bratislava ÚNV	29	3	22	5	26	8	77	16
Nitra	16	12	11	2	17	15	44	29
Banská Bystrica	12	2	3	2	5	4	20	8
Žilina	17	12	6	4	15	6	38	22
Košice	7	4	2	2	16	9	25	15
Prešov	4	1	4	1	3	3	11	5
Celkem	418	241	226	121	312	177	956	53

Vysvětlivky: S - počet soutěžících

Ú - počet úspěšných řešitelů

JSŠ Praha 5, ulice Pionýrů; Vladimír Čepelák, PŠ chemická, Praha 2, Křemencova ulice; Ludvík Bartl, PŠ chemická, Praha 2, Křemencova ulice; Jan Černých, JSŠ Praha 2, Štěpánská ulice; Miroslav Fiala, JSŠ Praha 14, Ohradní; J. Švenka, DSŠ Praha 14, Budějovická; Josef Zikmund, JSŠ Praha 7, Dimitrovovo náměstí; Jar. Vilímek, JSŠ Praha 13, Třída SNB.

C: Václav Slavík, JSŠ Praha 7, Kopeckého náměstí; Zdeněk Lojda, JSŠ Praha 13, Omská ulice; Jiří Durdil, JSŠ Praha 3, Lyčkovo náměstí; Jaroslav Šprongl, JSŠ Praha 8, U libeňského gymnasia; Věra Splavcová, JSŠ Praha 14, Ulice sdružení; Rudolf Kryl, JSŠ Praha 2, Štěpánská ulice; Blanka Karásková, JSŠ Praha 7, Kopeckého náměstí; Josef Hojda, JSŠ Praha 8, Na korábě; Josef Cibulka, JSŠ Praha 10, V Úžlabině; Milan Sova, PŠ chemická, Praha 2, Křemencova ulice.

České Budějovice

B: Jan Žofka, DSŠ Písek; Jiří Kalaš, DSŠ Písek; Jan Lusk, 2. JSŠ České Budějovice; Luboš Němec, 1. JSŠ Tábor; Pray. Hofferová, 1. JSŠ Tábor; Václav Moravec, 2. JSŠ České Budějovice.

C: Karel Filsák, JSŠ Jindřichův Hradec.

Plzeň

B: Jan Hruška, 1. JSŠ Plzeň; Jiří Kotina, 1. JSŠ Plzeň; Karel Walter, JSŠ Plasy; Karel Pilný, 1. JSŠ Plzeň; Stanislav Minařík, 1. JSŠ Plzeň; Josef Voska, JSŠ Klatovy.

C: Jiří Vacek, DSŠ Plzeň-Doubravka; Stanislav Kos, DSŠ Plzeň-Doubravka; Pavel Březina, JSŠ Nepomuk; Vojtěch Mužík, DSŠ Plzeň-Doubravka; Emilie Bed-

nářová, JŠ Klatovy; Jan Vodrážka, 1. JŠ Plzeň, Marie Burdová, JŠ Nepomuk; František Bumba, JŠ Klatovy.

Karlovy Vary

B: Rudolf Čermák, Průmyslová škola Locket.

C: Josef Žáček, DŠ Čeb; Jan Kropáček, DŠ Čeb; Jan Mašek, Průmyslová škola Kadaň.

Liberec

B: Jaroslav Kupka, JŠ Mimoň; Jan Hajíček, JŠ Mimoň; Jan Badalec, JŠ Mnichovo Hradiště; Jitka Školná, JŠ Mimoň.

C: Vladimír Wasserbauer, PŠ strojnická, Česká Lípa; Jan Kunhart, JŠ Rumburk; Otto Horák, JŠ Mimoň; Zdeněk Kopal, PŠ stavební, Liberec; Stanislava Vokrojová, JŠ Mimoň, Miloš Hloušek, JŠ Varnsdorf; Michal Kočan, JŠ Mimoň.

Hradec Králové

B: Vít Benda, JŠ Dvůr Králové; Jan Zikmund, DŠ Jičín; Zd. Kozáková, DŠ Jičín.

C: Jiří Kratochvíl; Olga Schierová; Svatopluk Fučík; Ivan Netuka; Jar. Přidal — všichni JŠ Hradec Králové; Jiří Kajínek, DŠ Jičín; J. Podzimek, JŠ Hradec Králové; Miroslav Izák, JŠ Dobruška; Miloslav Kupec, JŠ Hradec Králové; Pavel Kyrál, JŠ Hradec Králové.

Ústí nad Labem

B: Miroslav Emmer, JŠ Ústí nad Labem; Přemysl Svoboda, JŠ Roudnice; Petr Farda, JŠ Teplice; Jiří Winkler, JŠ Teplice; Ivan Vaníček, JŠ Teplice;

Miloslav Šebek, JŠ Chomutov; Grundová, JŠ Děčín; Josef Jaroš, JŠ Teplice; Vladimír Rytíř, JŠ Chomutov; Jan Kyslík, JŠ Lovosice.

C: Petr Starý, DSŠ Ústí nad Labem; Jiří Rousek, DSŠ Děčín; Jaroslav Svoboda, JŠ Roudnice, Jaroslav Žáček, DSŠ Děčín; Petr Pospíšil, DSŠ Děčín; Antonín Procházka, JŠ Litoměřice; Václav Matuna, DSŠ Děčín.

Pardubice

B: Josef Rychlý, JŠ Chotěboř; Miroslav Severa, JŠ Vysoké Mýto; František Doležal, JŠ Čáslav; Jaroslav Kroupa, JŠ Chrudim; Julius Timar, JŠ Chotěboř.
C: Lenka Zelenková, JŠ Vysoké Mýto.

Jihlava

B: Karel Svoboda, JŠ Třebíč; Eliška Krejčová, JŠ Třebíč; Miloslav Pánek, JŠ Třebíč; Jan Havlík, JŠ Dačice; Jiří Vicena, JŠ Dačice; Petr Čech, JŠ Dačice; Danuše Šmídová, JŠ Pelhřimov; Berta Forejtová, JŠ Pelhřimov; Václav Šmíd, JŠ Pelhřimov; Payel Honč, JŠ Třebíč.

C: Dalibor Peňáz, JŠ Mor. Budějovice; Ivan Mach, JŠ Dačice; Vít Novák, JŠ Pelhřimov; Václav Černý, JŠ Mor. Budějovice; Jiří Zavadil, JŠ Pelhřimov.

Brno

B: Jiří Příkrý, JŠ Vyškov; M. Prudík, JŠ Brno, Tábor; Pavel Stejskal, JŠ Brno, Tábor; Ivan Doležal, JŠ Brno, Mendlovo nám.; Jiří Valentin, JŠ Brno, Tábor; Olga Göpfertová, JŠ Brno, Mendlovo náměstí; Zdeněk Širina, JŠ Brno, Tábor; Jiří Šilhán,

JSŠ Svitavy; N. Stonavský, JSŠ Brno, Tábor; Jaroslav Rous, JSŠ Velká Bíteš.

C: Lubor Košťál, DSŠ Brno, Křenová ulice; J. Diviš, DSŠ Znojmo, Ulice Mládeže; Jiří Běhal, PŠ strojnická, Brno, Sokolská; Zdeněk Horák, JSŠ Brno, Mendlovo náměstí; J. Jičínský, PŠ slévárenská, Brno, Šujanovo náměstí; E. Hamříková, PŠ chemická, Brno, Vranovská; J. Brychta, PŠE Brno, Leninova; Atanas Abadžiev, JSŠ Brno, Antonínská; Jaroslav Fráňa, JSŠ Bučovice; Miroslav Bartušek, JSŠ Brno, Tábor.

Olomouc

B: Antonín Lukš, JSŠ Olomouc, Třída Jiřího z Poděbrad; Ivo Burián, DSŠ Prostějov; Ivan Doskočil, DSŠ Prostějov; Ivan Pur, JSŠ Šumperk; Jaroslav Vingrálek, DSŠ Prostějov; Jiří Sedláček, JSŠ Zábřeh.
C: Ivan Vojtek, JSŠ Šumperk; Jiří Bednář, JSŠ Zábřeh; Jan Kramář, JSŠ Šumperk; Petr Durmon, JSŠ Lipník nad Bečvou; Ivan Šimon, JSŠ Šumperk; P. Petřík, JSŠ Šumperk; Jan Koch, JSŠ Lipník nad Bečvou; Jiří Trávníček, JSŠ Jeseník; Oto Berousek, PŠ stavebních hmot, Hranice; František Chudárek, PŠ stavebních hmot, Hranice.

Gottwaldov

B: Vlastimil Obdržálek, JSŠ Otrokovice; Josef Praks, DSŠ J. Á. Komenského, Uherský Brod; Pavel Rusňák, JSŠ Kroměříž; František Matěj, DSŠ J. Á. Komenského, Uherský Brod.

C: Petr Fajkus, DSŠ Staré Město u Uh. Hradiště; Karel Vyoral, 1. DSŠ Gottwaldov, Nám. RA; František König, DSŠ Staré Město u Uh. Hradiště; Zdena Kadlčíková, DSŠ J. Á. Komenského, Uherský Brod;

Ivan Pelant, DSŠ J. Á. Komenského, Uherský Brod;
Rudolf Bureš; Olga Hrstková; Věra Štefková —
všichni 1. DSŠ Gottwaldov, Náměstí RA; Josef
Zemek; Marie Sedláčková — oba DSŠ J. Á. Komen-
ského, Uherský Brod.

Ostrava

B: Jan Dobeš, Pavel Grossman — oba čs. JSŠ Č.
Těšín; Pavel Mazáč; Arnold Stanovský — oba DSŠ
Opava, Mírová; Otakar Rybski, p. JSŠ Orlová; Jar.
Veselský, JSŠ Stalingrad, Ostrava; Jarmila On-
dračková, čs. JSŠ Č. Těšín.

C: Jar. Josífko, DSŠ Opava, Mírová; Leopold Vrána,
DSŠ N. Jičín; Kristýna Cimalaová, p. JSŠ Orlová;
Libuše Němčíková, JSŠ Opava, Komenského; Otakar
Pachman, JSŠ Opava, Mírová; Petr Pindur, čs. JSŠ
Č. Těšín.

Bratislava KNV

B: Vladimír Šudent, JSŠ Skalica.

C: D. Kalmančok, JSŠ Holič; M. Nebohác, DSŠ
Nové Mesto nad Váhom; J. Vojtko, JSŠ Skalica;
Ježko, DSŠ Nové Mesto nad Váhom; M. Hodrubský,
DSŠ Nové Mesto nad Váhom; B. Kadlčík, JSŠ
Skalica; M. Ficek, JSŠ Šamorín; Csontoš, JSŠ Nové
Mesto nad Váhom.

Bratislava ÚNV

B: Pavol Obložinský, JSŠ Palisády; Ivan Lipták, JSŠ
Palisády; V. Kollárová, Gregorová a B. Král — všichni
JSŠ Novohradská.

C: J. Horný, JSŠ Palisády; M. Farkašová, JSŠ Novo-
hradská; E. Mašlenková, JSŠ Palisády; P. Voda, JSŠ

Palisády; P. Hatala, JSŠ Novohradská; Veselý, DSŠ ČA; P. Lesyk, JSŠ Novohradská.

Nitra

B: Marián Tarin, PŠ Handlová; Pavol Švec, JSŠ Šurany.

C: Štefan Medzanský, DSŠ Topolčany; Julius Iždinský, DSŠ Topolčany; Miroslav Voska, PŠ Komárno; Dušan Jedinák, DSŠ Topolčany; Magda Bozsaky, m. JSŠ Komárno; Ernest Tomášik, 1. JSŠ Nitra; Anton Bunta, DSŠ Topolčany; Peter Baník, JSŠ Partizánske; Anton Chudý, DSŠ Topolčany; Peter Minárik, DSŠ Hlohovec.

Banská Bystrica

B: Dušan Gulíšek, JSŠ Modrý Kameň; Lubomír Tóth, VVŠŠ Banská Bystrica.

C: Vladimír Litvaj, DSŠ Zvolen; Ján Štefánik, JSŠ Hnúšťa; Ján Štekláč, JSŠ Lučenec; Igor Ličko, JSŠ Lučenec.

Žilina

B: Augustin Patorek, JSŠ Čadca; Ján Konček, JSŠ Púchov, Ján Lehotský, JSŠ L. Hrádok; Ondrej Hlaváč, JSŠ Čadca.

C: Lenard Gabriel, DSŠ D. Kubín; Alexandr Turzo, JSŠ Čadca; Dušan Zvalo, PŠS Martin; Robert Važan, DSŠ D. Kubín; Marián Reichvalder, JSŠ Žilina; Igor Čeredějev, JSŠ Žilina.

Košice

B: Vojtech Kusý, 1. DSŠ Košice; Štefan Trencsényi, JSŠ Rožňava.

C: Dušan Leckéši, PŠSZ Košice; Gabriel Hanka, 1. DSS Košice; Žolt Szentirmay, PŠSE Košice; Ladislav Ferencz, 1. DSS Košice; Gabriel Reiss, 1. DSS Košice; Dušan Kozák, PŠSE Košice; Helena Šlampová, JSŠ Poprad; Peter Makovich, PŠSE Košice; Štefan Makara, 1. DSS Košice.

Prešov

B: Vladimír Repčák, 11. JSŠ Prešov.

C: Peter Trenkler, DSS Prešov; Miloš Palkóci, DSS Michalovce; Jozef Lehocký, DSS Vranov.

C. Soutěž 3. kola

Do třetího kola navrhly KVFO celkem 190 žáků. Z nich vybral ÚVFO 80 žáků, které pozval k účasti na třetím kole soutěže. Podle krajů vypadal výběr 80 soutěžících žáků takto: Praha ÚNV — 10; Praha KNV — 1; České Budějovice — 2; Plzeň — 5; Karlovy Vary — 2; Ústí nad Labem — 2; Liberec — 2; Hradec Králové — 7; Pardubice — 5; Jihlava — 4; Brno — 8; Olomouc — 9 (z toho 2 dívky); Gottwaldov — 2; Ostrava — 8; Bratislava ÚNV — 3; Bratislava KNV — 0; Nitra — 2; Banská Bystrica — 0; Žilina — 6 (z toho 1 dívka); Košice — 1; Prešov — 1.

Z pozvaných bylo 29 žáků z DSS, 50 žáků z JSŠ a 1 žák z PŠ.

Úspěšných řešitelů ve třetím kole bylo 27. Prvních 20 bylo podle organizačního řádu prohlášeno vítězi I. ročníku FO.

Vítězové třetího kola v kategorii A:

1. Ivan Korec	JSŠ Partizánske
2. Pavel Nosek	DSŠ Hradec Králové
3. Rostislav Košťál	JSŠ Brno, Antonínská
4. Václav Havlíček	JSŠ České Budějovice, Nová Ulice 7
5. Jindřich Kovář	DSŠ Nová Paka
6. Václav Losík	JSŠ Olomouc, Třída Jiřího z Poděbrad
7. Jiří Soukup	JSŠ Brno, Tábor
8. Jiří Hlavatý	JSŠ Znojmo, Ulice Mládeže
9. Julius Csontó	JSŠ Prešov, Gottwaldova ulice
10. Jiří Zavoral	DSŠ A. Zápotockého, Karlovy Vary
11. Jiří Vrba	JSŠ Praha 1, Sanytrova ulice 10
12. Ondřej Andrlé	JSŠ Domažlice
13. Petr Mikulík	JSŠ Brno, Tábor
14. Bohuslav Balcar	DSŠ Hradec Králové
15. Zdeněk Hůlka	JSŠ Vyškov
16. Vilém Srovnal	DSŠ Ostrava Matiční
17. Pavel Bálek	JSŠ Chrudim
18. Leonard Jagelka	DSŠ Púchov
19. Jan Kyncl	JSŠ Hlinsko v Čechách
20. Pavel Tománek	DSŠ Hodonín

Další úspěšní řešitelé třetího kola v kategorii A (v abecedním pořadí):

Josef Hájek, 1. JŠ Julia Fučíka, Plzeň, Náměstí Odborářů; Jiří Rambousek, DŠ Ostrava, Matiční; Miroslav Svoboda, JŠ Chrudim; Karel Šiman, JŠ Praha 3, Lyčkovo nám. 6; Jiří Vanžura, JŠ Prostějov, Kollárova ulice; Miroslav Vrána, JŠ Šumperk; Jan Žilák, 1. JŠ Julia Fučíka, Plzeň, Náměstí Odborářů.

Všichni vítězové třetího kola soutěže v kategorii A byli odměněni MŠK věcnými cenami, které byly odstupňovány od 250 Kčs do 1000 Kčs. Dále byly všem vítězům uděleny knižní ceny v hodnotě 150 Kčs až 250 Kčs.

ÚVFO doporučil vítězům ke koupi tyto knihy (v rámci udělených cen): Bareš, Zrození atomového věku; Běhounek, Zářící atomy; Blochincev, Základy kvantové mechaniky; Bouška, Klepešta, Hvězdy kolem nás; Böm, Dörge, Gigant atom; Brdička, Mechanika kontinua; Drška, Klimeš, Slavík, Základy atomové fyziky; Faukner, Moderná fyzika; Fuka, Havelka, Elektromagnetické pole; Hajko s kol., Fyzika v příkladech; Havelka, Geometrická optika I. a II. díl; Havelka, Keprt, Hansa, Konstrukce spektrálních přístrojů; Herčík, Záření a život; Horák, Praktická fyzika; Horák, Úvod do molekulové a atomové fyziky; Horák, Krupka, Šindelář, Technická fyzika; Ilkovič, Fyzika; Kolman, Lenin a současná fyzika; Petržílka, Šafrata, Elektrina a magnetismus; Špolskij, Atomová fyzika I. a II. díl; Trkal, Mechanika hmotných bodů a tuhé těleso; Vašíček, Měření a vytváření tenkých vrstev; Vašíček, Optika tenkých vrstev.

D. Stručné závěry k prvnímu ročníku FO

Na závěr zprávy o průběhu I. ročníku FO pokládáme za nutné zmínit se aspoň o některých zásadních poznatcích z průběhu soutěže, které byly obsaženy v závěrečných zprávách KVFO.

Skutečnost, že se prvního ročníku zúčastnilo nejméně 3200 žáků, svědčí o tom, že FO byla na školách u žáků i učitelů kladně přijata.

Ve všech krajích republiky byly ustaveny KVFO a soudíme, že v organizační práci pomohly velmi mnoho krajské pobočky JČMF.

Skoro všechny zprávy KVFO mluví o kladném ohlasu a o velkém zájmu o FO jak mezi žáky a učiteli fyziky, tak i ve veřejnosti. Ojedinelá je v tomto směru zpráva KVFO Praha KNV, která říká, že byl malý zájem škol a žactva.

Ve zprávách se dále mluví o ochotě a o pomoci při organizování FO v krajích, s níž se setkávaly KVFO u pracovníků školských i finančních odborů rad KNV. Kladně je hodnocena práce referentů FO na školách i učitelů fyziky a obětavost členů KVFO při zajišťování krajských kol.

I. ročník FO přinesl cenné poznatky i zkušenosti pro další práci ÚVFO, a to jak po stránce organizační, tak i v otázkách pojetí soutěže, výběru témat k prostudování a jejich použití v průběhu soutěže.

I když se podařilo I. ročník FO zvládnout celkem úspěšně, díky obětavé práci kolektivů pracovníků, je třeba připomenout i některé nedostatky, které práci ztěžovaly, např. chyby v textech úloh, které se musely opravovat, pozdní dodání úloh, nedostatek letáček.

Podle zpráv soutěž vzbudila u žáků hlubší zájem o fyziku. Ukázalo se, že úspěch mají ti žáci, kteří soustavně studují.

Byly i nedostatky u žáků. Někteří žáci, a je jich dosti, věnovali malou péči úpravě. Výpočty a postup při řešení málo zdůvodňovali. Někteří žáci neznají ještě jednotky soustavy MKSA.

Vyskytly se i případy na školách, že žáci neřešili, ba ani se nesnažili řešit všechny soutěžní úlohy, ale řešili jich jen tolik, aby se dostali do dalšího kola. Mezi těmito žáky je dosti těch, kteří to dělali proto, aby se mohli zúčastnit více soutěží pořádaných na škole. Proto se někteří učitelé domnívají, že je na školách soutěží mnoho. Tyto nedostatky bude nutno stále sledovat a hledat cesty k jejich odstranění, zvláště zlepšováním organizace soutěží na školách.

Někteří členové KVFO zhodnotili zpracování úloh žáky, provedli pěkné rozbory a z nich vyvozovali i jisté závěry pro výuku fyziky na škole. Tato hodnocení by bylo možné zpracovat ve formě článků pro Přírodní vědy ve škole, aby jich učitelé fyziky mohli použít při své práci.

5. ÚLOHY PRVNÍHO KOLA SOUTĚŽE A JEJICH ŘEŠENÍ

Kategorie A

1. Ze sovětské meziplanetární stanice byla fotografována odvrácená strana Měsíce objektivy o ohniskových vzdálenostech 200 mm a 500 mm.

a) Z jaké nejmenší vzdálenosti by bylo možno objektivem o kratší ohniskové vzdálenosti zachytit celý měsíční kotouč ($r = 1738$ km) na šířku kinofilmu (24 mm)?

b) Jak velký obraz by dal z téže vzdálenosti druhý objektiv při fotografování Moskevského moře, jež má poloměr asi 300 km?

Řešení: a) Z čočkové rovnice

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

plyne

$$b = \frac{af}{a - f}. \quad (1)$$

Dosadíme-li (1) do výrazu pro zvětšení

$$Z = \frac{y'}{y} = - \frac{b}{a} \quad (2)$$

dostaneme

$$\frac{y'}{y} = - \frac{f}{a - f}$$

a odtud pro hledanou vzdálenost vychází

$$a = f - \frac{fy}{y'}. \quad (3)$$

Velikost předmětu (průměr Měsíce) je

$$y = 2r = 3,476 \cdot 10^6 \text{ m},$$

velikost obrazu je dána šířkou kinofilmu

$$y' = - 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ m},$$

kde znaménko minus vyznačuje, že obraz je převrácený. Dosazením uvedených hodnot a $f = 0,2 \text{ m}$ do (3) vychází

$$\begin{aligned} a = f - \frac{fy}{y'} &= \frac{fy}{-y'} = \frac{0,2 \cdot 3,476 \cdot 10^6}{2,4 \cdot 10^{-2}} \text{ m} = \\ &= 0,289 \cdot 10^8 \text{ m}. \end{aligned}$$

Celý měsíční kotouč lze zachytit na kinofilm (šířky 24 mm) objektivem o ohniskové vzdálenosti $f = 200 \text{ mm}$ z nejmenší vzdálenosti rovné asi 29 000 km.

b) Ze vztahu (2) plyne

$$|y'| = \frac{b}{a} y$$

a použitím vztahu (1) vychází

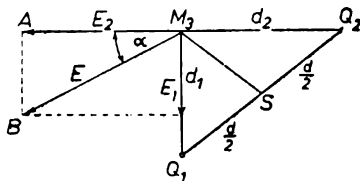
$$|y'| = \frac{y}{a} \cdot \frac{af}{a-f} = \frac{fy}{a}. \quad (4)$$

Dosažením hodnot $y = 600 \text{ km} = 6 \cdot 10^5 \text{ m}$, $a = 29\,000 \text{ km} = 2,9 \cdot 10^7 \text{ m}$, $f = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$ do (4) dostaneme

$$|y'| = \frac{0,5 \cdot 6 \cdot 10^5}{2,9 \cdot 10^7} \text{ m} = \frac{3}{290} \text{ m} \doteq 0,01034 \text{ m}$$

Průměr Moskevského moře by se zobrazil ze vzdálenosti 29 000 km jako úsečka o délce asi 1 cm.

2. Dva bodové náboje $Q_1 = -4\mu\text{C}$ a $Q_2 = 5\frac{1}{3}\mu\text{C}$ jsou od sebe vzdáleny o délku $d = 0,5 \text{ m}$ (obr. 1). Jak velká je intenzita pole v bodě M_3 , jenž je vzdálen od náboje Q_1 o délku $d_1 = 3 \text{ dm}$ a od náboje Q_2 o délku $d_2 = 4 \text{ dm}$? Jak velkou práci vykoná náboj $Q = 4\mu\text{C}$, jestliže se přemístí ze středu S úsečky Q_1Q_2 do bodu M_3 ? Dielektrikem je vzduch ($\epsilon_r = 1$).



Obr. 1

Řešení: Velikost intenzity pole náboje Q_1 v místě M_3 označme E_1 a velikost intenzity pole náboje Q_2

v témž místě označme E_2 . Platí

$$E_1 = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 d_1^2}, \quad E_2 = \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 d_2^2}.$$

Protože platí $d_1^2 + d_2^2 = d^2$, je $\sphericalangle Q_1 M_3 Q_2 = \sphericalangle Q_1 M_3 A = 90^\circ$.

Výsledná intenzita elektrického pole E má velikost

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \sqrt{\frac{Q_1^2}{d_1^4} + \frac{Q_2^2}{d_2^4}}. \quad (1)$$

Je-li V_S potenciál v bodě S a V_{M_3} potenciál v bodě M_3 , pak při přemístění náboje Q ze středu S úsečky $Q_1 Q_2$ do bodu M_3 se vykoná práce

$$A = (V_S - V_{M_3}) Q; \quad (2)$$

platí

$$V_S = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{2Q_1}{d} + \frac{2Q_2}{d} \right),$$

$$V_{M_3} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{Q_1}{d_1} + \frac{Q_2}{d_2} \right)$$

a dosazením do (2) vychází

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{2Q_1}{d} + \frac{2Q_2}{d} - \frac{Q_1}{d_1} - \frac{Q_2}{d_2} \right) = \\ &= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[Q_1 \left(\frac{2}{d} - \frac{1}{d_1} \right) + Q_2 \left(\frac{2}{d} - \frac{1}{d_2} \right) \right]. \end{aligned} \quad (3)$$

Určení rozměrů:

$$\begin{aligned} \text{podle (1)} [E] &= \left[\frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \right] \cdot \left[\frac{\text{C}}{\text{m}^2} \right] = \left[\frac{\text{N}}{\text{C}} \right] = \left[\frac{\text{J}}{\text{As} \cdot \text{m}} \right] = \\ &= \left[\frac{\text{V} \cdot \text{As}}{\text{As} \cdot \text{m}} \right] = \left[\frac{\text{V}}{\text{m}} \right], \end{aligned}$$

$$\text{podle (2)} [A] = [\text{C}] \cdot \left[\frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \right] \cdot \left[\frac{\text{C}}{\text{m}} \right] = [\text{Nm}] = [\text{J}].$$

Dosadíme-li do (1) a (3) hodnoty $Q_1 = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, $Q_2 = \frac{16}{3} \cdot 10^{-6} \text{ C}$, $Q = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$, $d_1 = 0,3 \text{ m}$, $d_2 = 0,4 \text{ m}$, $d = 0,5 \text{ m}$, dostaneme

$$\begin{aligned} E &= 9 \cdot 10^9 \cdot \sqrt{\frac{16 \cdot 10^{-12}}{81 \cdot 10^{-4}} + \frac{16^2 \cdot 10^{-12}}{9 \cdot 16^2 \cdot 10^{-4}}} \frac{\text{V}}{\text{m}} = \\ &= 5 \cdot 10^5 \frac{\text{V}}{\text{m}}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 4 \cdot 10^{-6} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \left[-4 \cdot 10^{-6} \left(\frac{2}{0,5} - \frac{1}{0,3} \right) + \right. \\ &\quad \left. + \frac{16}{3} \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{2}{0,5} - \frac{1}{0,4} \right) \right] \text{ J} = 0,192 \text{ J}. \end{aligned}$$

Velikost intenzity elektrického pole v bodě M_3 je $5 \cdot 10^5 \text{ Vm}^{-1}$ a při přemístění náboje $4\mu\text{C}$ ze středu úsečky Q_1Q_2 do bodu M_3 se vykoná práce $0,192 \text{ J}$.

3. Dvě vodivé kruhové desky o poloměru $r = 1 \text{ m}$ jsou proti sobě umístěny ve vzdálenosti $d = 1 \text{ dm}$

v prostředí relativní permeability $\varepsilon_r = 9$. Desky leží ve vodorovných rovinách. Spodní je nabitá nábojem $Q = 10^{-4}$ C, horní nábojem $Q' = -Q$. Mezi deskami se vznáší nabitá vodivá kulička o hmotě 1 g, jejíž objem je zanedbatelně malý (takže není třeba uvažovat nadlehčení podle Archimédova zákona). Jak velký je náboj kuličky q , jestliže ani nestoupá, ani neklesá? Kdybychom desky od sebe vzdálili, aniž bychom změnili náboje, klesla by kulička nebo by se přitáhla k horní desce? (Gravitační zrychlení $g = 10 \text{ ms}^{-2}$. Rozptýl silokřivky při okrajích desek zanedbejte. Řešte nejprve obecně!)

Řešení: V elektrickém poli o intenzitě E působí na kladný náboj q síla

$$F = Eq,$$

jež je rovna váze kuličky

$$G = mg,$$

a směřuje svisle vzhůru. Platí

$$Eq = mg$$

a odtud

$$q = \frac{mg}{E}. \quad (1)$$

Obě desky tvoří kondenzátor o kapacitě

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r \pi r^2}{d},$$

napětí na deskách kondenzátoru při náboji Q je dáno

vztahem

$$U = \frac{Q}{C}$$

a v homogenním poli tohoto kondenzátoru je

$$U = Ed,$$

takže

$$E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{Q}{\varepsilon_0 \varepsilon_r \pi r^2}$$

a po dosazení do (1) vychází

$$q = \frac{mg \varepsilon_0 \varepsilon_r \pi r^2}{Q}. \quad (2)$$

Určení rozměru:

$$[q] = [N] \cdot \left[\frac{C^2}{Nm^2} \right] \cdot \left[\frac{m^2}{C} \right] = [C].$$

Pro hodnoty $m = 10^{-3} \text{ kg}$, $g = 10 \text{ ms}^{-2}$,

$\varepsilon_0 = \frac{1}{36 \pi 10^9} \frac{C^2}{Nm^2}$, $\varepsilon_r = 9$, $r = 1 \text{ m}$, $Q = 10^{-4} \text{ C}$
dostaneme z (2):

$$q = \frac{10^{-3} \cdot 10 \cdot 9 \cdot \pi}{10^{-4} \cdot 36 \cdot \pi \cdot 10^9} \text{ C} = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ C}.$$

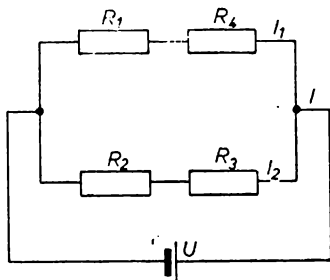
Jestliže se kulička vznáší v poli kondenzátoru, má náboj $2,5 \cdot 10^{-2} \mu\text{C}$. Kdybychom obě desky od sebe vzdálili, kapacita C by se zmenšila (následkem zvět-

šení vzdálenosti d), takže by se napětí kondenzátoru zvětšilo (což plyne z rovnice $U = \frac{Q}{C}$), avšak intenzita pole E zůstane nezměněna, neboť (jak ukazuje shora uvedený vzorec) E na vzdálenosti d nezávisí. Na kuličku tedy působí stejně veliká síla, ať jsou desky kondenzátoru libovolně od sebe vzdáleny (zanedbáme-li rozptýl silokřivek na okrajích desek). Proto se kulička opatřená nábojem $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ vznáší mezi deskami kondenzátoru, ať jsou jeho desky od sebe jakkoli vzdáleny.

4. Proud ze zdroje o napětí U se větví. Jedna větev obsahuje dané odpory R_1 a R_4 a prochází jí daný proud I_1 . Druhá větev obsahuje dané odpory R_2 a R_3 (obr. 2).

a) Určete celkový výkon zdroje. Řešte nejprve obecně a potom pro hodnoty $I_1 = 0,15 \text{ A}$, $R_1 = 20 \text{ } \Omega$, $R_2 = 10 \text{ } \Omega$, $R_3 = 50 \text{ } \Omega$, $R_4 = 60 \text{ } \Omega$.

b) Určete elektromotorické napětí zdroje, je-li vnitřní odpor zdroje $R_i = 0,8 \text{ } \Omega$.



Obr. 2

Řešení: a) Podle Ohmova zákona platí pro první větev

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + R_4},$$

takže svorkové napětí zdroje je

$$U = I_1 \cdot (R_1 + R_4); \quad (1)$$

podobně pro druhou větev máme

$$I_2 = \frac{U}{R_2 + R_3}$$

a po dosazení z (1) vychází

$$I_2 = \frac{R_1 + R_4}{R_2 + R_3} I_1.$$

Celkový proud I je dán součtem obou proudů ve větvích, tedy

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 = I_1 + \frac{R_1 + R_4}{R_2 + R_3} I_1 = \\ &= \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}{R_2 + R_3} I_1. \end{aligned}$$

Výkon zdroje je dán součinem napětí a celkového proudu:

$$P = UI = \frac{(R_1 + R_4)(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)}{R_2 + R_3} I_1^2. \quad (2)$$

Určení rozměru:

$$\text{podle (2)} \quad [P] = \left[\frac{\Omega^2}{\Omega} \right] \cdot [A^2] = [V \cdot A] = [W].$$

Po dosazení hodnot $R_1 = 20\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, $R_3 = 50\Omega$, $R_4 = 60\Omega$, $I_1 = 0,15\text{ A}$ do (2) dostaneme

$$P = \frac{80 \cdot 140}{60} \cdot 0,0225\text{ W} = 4,2\text{ W}.$$

Celkový výkon zdroje je 4,2 W.

b) Elektromotorické napětí E zdroje se rovná součtu svorkového napětí U a napětí na vnitřním odporu, jež má velikost R_i , tedy

$$E = U + IR_i = I_1(R_1 + R_4) + R_i \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}{R_2 + R_3} I_1$$

a po úpravě

$$E = \frac{(R_1 + R_4)(R_2 + R_3) + R_i(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)}{R_2 + R_3} I_1. \quad (3)$$

Určení rozměru:

$$\text{podle (3)} \quad [E] = \left[\frac{\Omega^2}{\Omega} \right] \cdot [A] = [V].$$

Dosazením daných hodnot odporů do (3) dostaneme

$$E = \frac{80 \cdot 60 + 0,8 \cdot 140}{60} \cdot 0,15\text{V} = 12,3\text{ V}.$$

Elektromotorické napětí zdroje je 12,3 V.

5. Elektrickým vařičem pro napětí $U = 220\text{ V}$ a o účinnosti $\eta = 80\%$ byla zahřívána olověná koule o hmotě $m = 880\text{ g}$. (Měrné teplo olova pevného i ka-

palného je asi $c = 0,03 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ deg}^{-1}$, skupenské teplo tání je $l = 6,0 \text{ kcal kg}^{-1}$, počáteční teplota $\vartheta_0 = 20^\circ \text{ C.}$) Veškeré olovo roztálo, když se ohřívalo po dobu $t = 7 \text{ min.}$ Bod tání olova je $\vartheta_1 = 327^\circ \text{ C.}$ Jak veliký byl proud protékající vařičem? Řešte nejdříve obecně! ($1 \text{ cal} \doteq 4,2 \text{ J.}$)

Řešení: Vařič o účinnosti η dodal za dobu t energii

$$W = \eta U I t;$$

na změnu skupenství je třeba energie

$$W_1 = m l$$

a na ohřátí z teploty ϑ_0 na teplotu ϑ_1 energie

$$W_2 = m c (\vartheta_1 - \vartheta_0).$$

Ze zákona zachování energie plyne

$$W = W_1 + W_2$$

a po dosazení

$$\eta U I t = m[l + c(\vartheta_1 - \vartheta_0)];$$

odtud vychází

$$I = \frac{m[l + c(\vartheta_1 - \vartheta_0)]}{U t \eta}. \quad (1)$$

Určení rozměru:

$$\text{podle (1) } [I] = \frac{[\text{kg}] \cdot \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}}\right]}{[\text{Vs}]} = \left[\frac{\text{J}}{\text{Vs}}\right] = \left[\frac{\text{VAs}}{\text{Vs}}\right] = [\text{A}].$$

V soustavě MKSA je $m = 880 \text{ g} = 0,88 \text{ kg}$,
 $t = 7 \text{ min} = 420 \text{ s}$, $c = 0,03 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ deg}^{-1} =$
 $= 0,03 \cdot 10^3 \cdot 4,2 \text{ J kg}^{-1} \text{ deg}^{-1} = 126 \text{ J kg}^{-1} \text{ deg}^{-1}$,

$l = 6,0 \text{ kcal kg}^{-1} = 6 \cdot 10^3 \cdot 4,2 \text{ J kg}^{-1} = 25\,200 \text{ J kg}^{-1}$,
takže po dosazení do (1) dostaneme

$$I = \frac{0,88 \cdot (25200 + 126 \cdot 307)}{220 \cdot 420 \cdot 0,8} \text{ A} \doteq 0,76 \text{ A}.$$

Proud protékající vaříčem byl $I = 0,76 \text{ A}$.

6. Jak velkou vzdálenost d proběhne částice katodového záření v homogenním elektrickém poli intenzity $E = 150 \text{ Vm}^{-1}$ než se zastaví, jestliže vstoupí do tohoto pole s počáteční rychlostí $v_0 = 5 \cdot 10^3 \text{ km s}^{-1}$ ve směru siločar? Je dán náboj částice $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ a její hmotnost $m = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$. Řešte nejprve obecně.

Řešení 1: Částice elektricky nabitá koná pohyb rovnoměrně zpožděný, neboť síla F , kterou působí elektrické pole proti pohybu částice, je konstantní. Pro dráhu s částice tedy platí

$$s = v_0 t - \frac{1}{2} at^2 = v_0 t - \frac{1}{2} \frac{F}{m} t^2 = v_0 t - \frac{1}{2} \frac{E \cdot e}{m} t^2$$

a pro rychlost

$$v = v_0 - at = v_0 - \frac{E \cdot e}{m} t.$$

Částice se zastaví za dobu t_1 , pak platí $v = 0$; položíme tedy

$$v_0 - \frac{E \cdot e}{m} t_1 = 0$$

a odtud dostáváme

$$t_1 = \frac{mv_0}{E \cdot e}.$$

Za tuto dobu vykoná částice dráhu

$$d = v_0 t_1 - \frac{1}{2} \frac{E \cdot e}{m} t_1^2 = v_0 \frac{mv_0}{E \cdot e} - \frac{1}{2} \frac{E \cdot e}{m} \frac{m^2 v_0^2}{E^2 e^2}$$

a po úpravě

$$d = \frac{mv_0^2}{2 E e} . \quad (1)$$

Určení rozměru:

$$\text{podle (1) } [d] = \frac{[\text{kg}] \cdot \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right]}{\left[\frac{\text{V}}{\text{m}} \right] \cdot [\text{C}]} = \frac{[\text{N} \cdot \text{m}]}{\left[\frac{\text{VC}}{\text{m}} \right]} = \frac{[\text{J}]}{\left[\frac{\text{J}}{\text{m}} \right]} = [\text{m}] .$$

Dosadíme-li hodnoty $m = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $v_0 = 5 \cdot 10^6 \text{ ms}^{-1}$, $E = 150 \text{ Vm}^{-1}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, dostaneme

$$d = \frac{9 \cdot 10^{-31} \cdot 25 \cdot 10^{12}}{2 \cdot 150 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ m} = 0,469 \text{ m} .$$

Částice proběhne vzdálenost 46,9 cm.

Řešení 2: Než vstoupila nabitá částice do elektrického pole, měla pohybovou energii

$$W = \frac{1}{2} m v_0^2 .$$

V elektrickém poli, jehož intenzita má velikost E , podléhá částice síle $F = Ee$, která na dráze d vykoná práci $A = Fd = eEd$. Ze zákona zachování energie

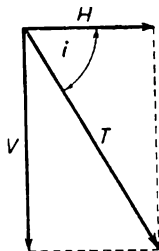
plyne

$$A = W_k \text{ neboli } eEd = \frac{1}{2} m v_0^2$$

a odtud vychází jako dříve

$$d = \frac{mv_0^2}{2Ee}.$$

7. Jak velké indukované napětí vznikne mezi dvěma vodivými, rovnoběžně ve stejné výši nad zemským povrchem napjatými dráty, vzdálenými od sebe o délku $d = 2 \text{ m}$, jestliže se po nich pohybuje rovnoměrným pohybem rychlostí $v = 2 \text{ m s}^{-1}$ vodivá tyč. Je dána horizontální složka intenzity zemského magnetického pole $H = 16 \text{ A m}^{-1}$ a inklinace $i = 63^\circ$. Řešte nejprve obecně.



Obr. 3

Řešení: Tyč protíná kolmo siločáry svislé složky V intenzity zemského magnetického pole, jejíž velikost je (obr. 3)

$$V = H \cdot \operatorname{tg} i.$$

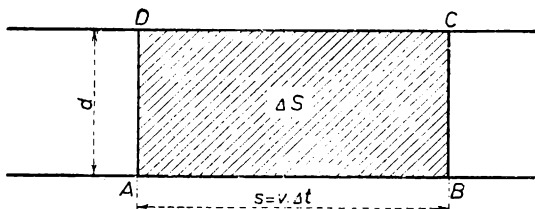
Velikost magnetické indukce ve vzduchu ($\mu_r = 1$) tedy je

$$B = \mu_0 V = \mu_0 \cdot H \cdot \operatorname{tg} i.$$

Tyč vykoná v době Δt dráhu $s = v \cdot \Delta t$, takže se za dobu Δt změní magnetický tok Φ o hodnotu

$$\Delta \Phi = B \cdot \Delta S,$$

kde ΔS značí plošný obsah obdélníku $ABCD$ (obr. 4),
tj. $\Delta S = d \cdot v \cdot \Delta t$.



Obr. 4

Je tedy změna magnetického toku

$$\Delta \Phi = \mu_0 \cdot H \cdot \operatorname{tgi} \cdot d \cdot v \cdot \Delta t$$

a mezi dráty, tj. na koncích tyče, vznikne napětí U ,
jehož absolutní hodnota je

$$|U| = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\mu_0 \cdot H \cdot \operatorname{tgi} \cdot d \cdot v \cdot \Delta t}{\Delta t} = \mu_0 \cdot H \cdot d \cdot v \operatorname{tgi}. \quad (1)$$

Určení rozměru:

$$\begin{aligned} \text{podle (1)} [U] &= \left[\frac{\text{N}}{\text{A}^2} \right] \cdot \left[\frac{\text{A}}{\text{m}} \right] \cdot [\text{m}] \cdot \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] = \left[\frac{\text{J}}{\text{As}} \right] = \\ &= \left[\frac{\text{VAs}}{\text{As}} \right] = [\text{V}]. \end{aligned}$$

Dosazením hodnot $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ NA}^{-2}$, $H = 16 \text{ Am}^{-1}$, $d = 2 \text{ m}$, $v = 2 \text{ ms}^{-1}$, $i = 63^\circ$, dostaneme

$$|U| = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 16 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1,9626 \text{ V} \doteq 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ V}$$

Mezi oběma dráty vznikne napětí 0,16 mV.

8. Elektrolýza vody byla prováděna proudem $I = 0,3$ A po dobu $t = 30$ min. Určete objem vyloučeného vodíku při teplotě $\vartheta = 20^\circ \text{C}$ a tlaku $p = 750$ torr. Dáno: hustota vodíku při teplotě $\vartheta_0 = 0^\circ \text{C}$ a tlaku $p_0 = 760$ torr je $\varrho_0 = 8,96 \cdot 10^{-2} \text{ kg m}^{-3}$; hmota jednoho kilomolu vodíku je $\alpha = 1,008 \text{ kg kmol}^{-1}$; Faradayův náboj pro 1 kilomol jednomocného prvku je $F = 9,65 \cdot 10^7 \text{ C kmol}^{-1}$.

Řešení: Je-li V hledaný objem vyloučeného vodíku při teplotě $\vartheta = 20^\circ \text{C}$ a tlaku $p = 750$ torr, V_0 objem při teplotě $\vartheta_0 = 0^\circ \text{C}$ a tlaku $p_0 = 760$ torr, pak ze stavové rovnice

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p V}{T},$$

kde $T_0 = 273^\circ + \vartheta_0$, $T = 273^\circ + \vartheta$ jsou příslušné absolutní teploty, plyne pro objem V

$$V = \frac{p_0 V_0 T}{p T_0}. \quad (1)$$

Vypočítáme V_0 . Podle Faradayova zákona pro elektrolýzu je hmota m vyloučeného vodíku rovna

$$m = \frac{\alpha}{F} I t$$

a poněvadž

$$m = V_0 \varrho_0,$$

vychází z posledních dvou vztahů

$$V_0 = \frac{\alpha I t}{\varrho_0 F};$$

po dosazení do (1) dostaneme

$$V = \frac{\alpha I t p_0 T}{\rho_0 F p T_0} \quad (2)$$

Určení rozměru:

$$\begin{aligned} \text{podle (2) [V]} &= \frac{\left[\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right] \cdot [\text{A}] \cdot [\text{s}] \cdot [\text{torr}] \cdot [\text{deg}]}{\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot \left[\frac{\text{C}}{\text{kmol}} \right] \cdot [\text{torr}] \cdot [\text{deg}]} = \\ &= \frac{[\text{As}] \cdot [\text{m}^3]}{[\text{C}]} = [\text{m}^3] . \end{aligned}$$

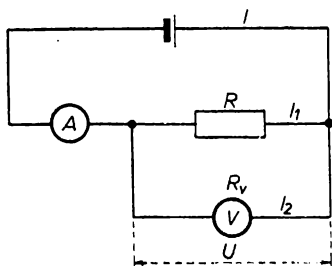
Dosadíme-li do (2) hodnoty $\alpha = 1,008 \text{ kg} \cdot \text{kmol}^{-1}$, $I = 0,3 \text{ A}$, $t = 1800 \text{ s}$, $p_0 = 760 \text{ torr}$, $\rho_0 = 8,96 \cdot 10^{-2} \text{ kg m}^{-3}$, $F = 9,65 \cdot 10^7 \text{ C kmol}^{-1}$, $p = 750 \text{ torr}$, $T_0 = 273^\circ \text{ K}$, $T = 293^\circ \text{ K}$, vyjde

$$\begin{aligned} V &= \frac{1,008 \cdot 0,3 \cdot 1800 \cdot 760 \cdot 293}{8,96 \cdot 10^{-2} \cdot 9,65 \cdot 10^7 \cdot 750 \cdot 273} \text{ m}^3 \doteq \\ &\doteq 6,85 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 . \end{aligned}$$

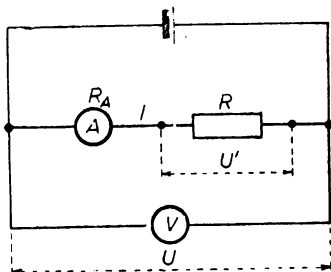
Objem vyloučeného vodíku je $68,5 \text{ cm}^3$.

9. Odpor R spotřebiče se často počítá z hodnot napětí U a proudu I , naměřených voltmetrem a ampérmetrem zařazenými do obvodu. Při trvale zapojeném ampérmetru lze připojit voltmetr a) přímo ke svorkám spotřebiče, b) přímo ke svorkám zdroje. V obou případech je hodnota R vypočítaná z naměřených hodnot nesprávná. V případě a) je menší, v případě b) je větší než skutečná. Přesvědčte se měřením. Vysvětlete. Výsledky obou měření zaznamenejte. Vyžádejte si od

svého učitele fyziky údaje vnitřního odporu voltmetru R_V a ampérmetru R_A . Pomocí těchto hodnot a z hodnot naměřených v případě a) a b) vypočítejte správnou hodnotu odporu spotřebiče.



Obr. 5



Obr. 6

Řešení: a) Spotřebičem prochází proud I_1 , menší než naměřený I , $I_1 < I$ (obr. 5). Skutečná hodnota odporu je $X = \frac{U}{I_1}$, vypočtená z naměřených hodnot je

$R = \frac{U}{I}$, kde U značí napětí, jež ukazuje voltmetr.

Protože $I_1 < I$, je $X > R$. Hodnota odporu R , vypočítaná z naměřených hodnot je menší než skutečná.

Správnou hodnotu určíme takto:

$$X = \frac{U}{I_1} = \frac{U}{I - I_2} = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}} = \frac{UR_V}{IR_V - U}.$$

b) Na svorkách spotřebiče je napětí U' , menší než naměřené U , tedy $U' < U$ (obr. 6). Skutečná hod-

nota X hledaného odporu je $X = \frac{U'}{I}$, vypočítaná z naměřených hodnot $R = \frac{U}{I}$. Protože $U' < U$, je $X < R$. Hodnota odporu R vypočítaná z naměřených hodnot je větší než skutečná. Výpočet skutečné hodnoty odporu:

$$X = \frac{U'}{I} = \frac{U - R_A I}{I} = R - R_A.$$

Kategorie B

1. Pozorovatel prováděl pokus ve zdviži. Na přesný perový siloměr zavěsil kouli o hmotě 1 kg.

a) V okamžiku, kdy se zdviž začala pohybovat, pozoroval, že siloměr ukázal 1,1 kp; jak velkým zrychlením se dala zdviž do pohybu a kterým směrem to bylo, nahoru nebo dolů?

b) Kolik by ukázal siloměr, kdyby se zdviž začala pohybovat stejným zrychlením, ale opačným směrem, než vyjde v a)?

c) Jak velkým zrychlením a kterým směrem by se začala pohybovat zdviž, kdyby siloměr ukázal 0?

Řešení: Na kouli, zavěšenou na siloměru, působí dvě síly: síla pružnosti F , která ji táhne směrem nahoru a váha koule G . Podle principu akce a reakce bude siloměr ukazovat sílu stejné velikosti jako F . Výslednice obou sil uděluje kouli zrychlení a . Zvolíme-li směr svislý dolů jako kladný, bude podle 2. Newtonova zákona

platit

$$G - F = m \cdot a, \quad (1)$$

kde $G = m \cdot g$ a odtud

$$a = g - \frac{F}{m}.$$

Poněvadž $F = 1,1 \text{ kp} = 10,78 \text{ N} \doteq 11 \text{ N}$, $G = mg = 1 \cdot 9,81 \text{ N} \doteq 10 \text{ N}$, $g = 9,81 \text{ m s}^{-2} \doteq 10 \text{ m s}^{-2}$, $m = 1 \text{ kg}$, dostáváme po dosazení

$$a = (9,81 - 10,78) \text{ m s}^{-2} = -0,97 \text{ m s}^{-2} \doteq -1 \text{ m s}^{-2}.$$

a) Výtah se pohybuje se zrychlením 1 m s^{-2} (přesněji $0,97 \text{ m s}^{-2}$), které má záporné znaménko, tedy směřuje na opačnou stranu, než zrychlení tíhové. Výtah se tedy pohybuje směrem nahoru.

b) Kdyby se výtah pohyboval se stejně velkým zrychlením jako v a), ale směrem dolů, pak do rovnice (1) dosadíme za zrychlení a hodnotu 1 m s^{-2} (nebo přesněji $0,97 \text{ m s}^{-2}$). Pro sílu F , kterou ukazuje siloměr, vychází

$$F = G - m \cdot a = mg - ma = m(g - a)$$

a po dosazení dostáváme

$$F = 1 \cdot (9,81 - 0,97) \text{ N} = 8,84 \text{ N} \doteq 0,9 \text{ kp}.$$

Kdyby se výtah pohyboval se stejně velkým zrychlením, jako vyjde v a), ale opačným směrem, tedy dolů, pak by siloměr ukazoval $0,9 \text{ kp}$.

c) Abychom vypočetli zrychlení, při kterém by siloměr ukazoval 0 , dosadíme do rovnice (1) za $F = 0$;

odtud pak dostaneme

$$G = ma$$

neboli

$$mg = ma,$$

tj.

$$g = a.$$

Kdyby siloměr ukázal 0, zrychlení výtahu by muselo být rovno tíhovému zrychlení a téhož směru; výtah by padal volným pádem.

2. Rybář, jehož hmota je 70 kg, je na loďce stojící klidně na jezeře. Rybář jde po loďce směrem k její přídi 4 m a zastaví se. Do jaké vzdálenosti od výchozího místa na hladině se při tom posune, jestliže hmota loďky i s rybářem se rovná 200 kg? Tření loďky o vodu zanedbejte.

Řešení: Hmota rybáře $m_1 = 70$ kg, hmota rybáře s loďkou $m_1 + m_2 = 200$ kg a dráha rybáře vzhledem k loďce je $s_1 = 4$ m.

Rybář jde po loďce rychlostí v_1 . Protože celková počáteční hybnost soustavy je rovna nule, je podle zákona zachování hybnosti i při pohybu rybáře rovna nule, proto se loďka pohybuje zároveň opačným směrem než rybář rychlostí v_2 a unáší s sebou i rybáře. Opačným směrem se tedy bude pohybovat loďka i rybář. Výsledný pohyb rybáře vzhledem k hladině jezera dostaneme složením obou pohybů.

Podle zákona zachování hybnosti platí

$$m_1 \cdot v_1 = (m_1 + m_2) \cdot v_2;$$

násobíme časem t a dostáváme

$$m_1 v_1 t = (m_1 + m_2) v_2 t$$

neboli

$$m_1 s_1 = (m_1 + m_2) s_2,$$

kde $s_1 = v_1 t$; $s_2 = v_2 t$.

Odtud vypočteme dráhu s_2 , kterou urazila loďka s rybářem opačným směrem, než jakým se pohybuje rybář v loďce:

$$s_2 = \frac{m_1 s_1}{(m_1 + m_2)}.$$

Výsledná dráha s , kterou urazil rybář vzhledem k hladině jezera, je $s = s_1 - s_2$.

Po dosazení dostaneme

$$s = \left(4 - \frac{70 \cdot 4}{200}\right) \text{ m} = (4 - 1,4) \text{ m} = 2,6 \text{ m}.$$

Rybář se posune o 2,6 m od výchozího místa na hladině ve směru chůze.

3. Z trámů o výšce 12 cm se má zhotovit prám, určený k převozu nákladu o váze $G = 1200$ kp. Použije se borového dřeva o měrné váze $\gamma = 0,4$ p/cm³. Určete a) nejmenší objem trámů, který by uvedený náklad unesl; b) objem trámů, ponoří-li se prám do dvou třetin své výšky.

Řešení: Označíme výšku trámů $h = 12$ cm = 0,12 m, dále je $\gamma = 0,4$ p/cm³ = 400 kp/m³, měrná váha vody $\gamma_v = 1$ p/cm³ = 1000 kp/m³, $G = 1200$ kp.

Na prám s nákladem působí tři síly: váha nákladu G , váha prámu G' a vztlaková síla F . Všechny tři síly

musí být v rovnováze. Předpokládáme, že všechny síly působí ve svislé těžnici prámu, G a G' směřují dolů a F nahoru. Platí tedy rovnice

$$G + G' - F = 0. \quad (1)$$

Váha nákladu G je dána; váhu prámu vyjádříme pomocí objemu a měrné váhy dřeva: $G' = V \cdot \gamma$. Vztlková síla se rovná váze vody, vytlačené prámem. Jestliže má prám unést náklad a přitom mít nejmenší objem, musí se celý ponořit do vody. Pak na něj působí vztlková síla

$$F = \gamma_v \cdot V.$$

Dosadíme do rovnice (1)

$$G + \gamma \cdot V = \gamma_v \cdot V,$$

neboli po úpravě

$$V \cdot (\gamma_v - \gamma) = G;$$

odtud vypočítáme objem

$$V = \frac{G}{\gamma_v - \gamma}.$$

Po dosazení číselných hodnot dostaneme:

$$V = \frac{1200}{1000 - 400} \text{ m}^3 = 2 \text{ m}^3.$$

Nejmenší objem trámů je 2 m^3 .

Můžeme také určit plošný obsah prámu, neboť známe výšku trámů. Objem $V = S \cdot h$, odtud $S =$

$$= \frac{V}{h}. \text{ Po dosazení číselných hodnot dostaneme } S =$$

$$= \frac{2}{0,12} \text{ m}^2 = 16,6 \text{ m}^2.$$

Plošný obsah prámu je $16,6 \text{ m}^2$.

b) Má-li se prám ponořit jen do dvou třetin své výšky, pak platí obdobná rovnice jako v předešlém případě, ale objem prámu musí být větší. Veličiny

$$G' = V \cdot \gamma; F = \frac{2}{3} V \cdot \gamma_v$$

dosadíme do rovnice (1). Dostaneme

$$G + V \cdot \gamma = \frac{2}{3} V \cdot \gamma_v,$$

$$V = \frac{G}{\frac{2}{3} \gamma_v - \gamma} = \frac{3 G}{2 \gamma_v - 3 \gamma}.$$

Po dosazení číselných hodnot dostaneme

$$V = \frac{3 \cdot 1200}{2 \cdot 1000 - 3 \cdot 400} \text{ m}^3 = \frac{36}{8} \text{ m}^3 = 4,5 \text{ m}^3.$$

Objem prámu je $4,5 \text{ m}^3$.

Pro plošný obsah prámu vyjde v tomto případě

$$S = \frac{4,5}{0,12} \text{ m}^2 = 37,5 \text{ m}^2.$$

Plošný obsah prámu je $37,5 \text{ m}^2$.

4. V trubici o délce $l = 70 \text{ cm}$, postavené zataveným koncem dolů, je sloupec vzduchu uzavřen shora sloupcem rtuti o výšce $h = 20 \text{ cm}$. Rtuť obsahuje až k hornímu okraji trubice. Trubicí opatrně obrátíme; část rtuti vyteče.

a) Jak vysoký sloupec rtuti zůstane v trubici, je-li barometrický tlak 750 torr?

b) Za jaké podmínky vyteče rtuť z trubice úplně?

Řešení: Délka trubice $l = 70$ cm, délka sloupce rtuti $h = 20$ cm, jeho hydrostatický tlak je h cm sloupce rtuti, barometrický tlak $b = 750$ torr = 75 cm sloupce rtuti.

a) V trubici je vzduch pod tlakem, který se rovná součtu tlaku barometrického a hydrostatického tlaku sloupce rtuti $p_1 = (b + h)$ cm sloupce rtuti. Obrátíme-li trubici, část rtuti vyteče. Zbude sloupec rtuti o výšce x . Tlak vzduchu v trubici p_2 se nyní rovná rozdílu barometrického tlaku a hydrostatického tlaku sloupce rtuti:

$$p_2 = (b - x) \text{ cm sloupce rtuti.}$$

Je-li průřez trubice S , pak v prvním případě je objem vzduchu v trubici $V_1 = S \cdot (l - h)$, v druhém případě $V_2 = S(l - x)$.

Předpokládáme, že se teplota během pokusu nemění. Pak platí podle Boyleova zákona:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2.$$

Do této rovnice dosadíme z předešlých vzorců výrazy pro tlaky a objemy:

$$(b + h) \cdot S \cdot (l - h) = (b - x) \cdot S \cdot (l - x),$$

$$bl + hl - bh - h^2 = bl - lx - bx + x^2,$$

$$x^2 - (l + b) \cdot x + (h^2 + bh - hl) = 0.$$

Odtud

$$x_{1,2} = \frac{l + b \pm \sqrt{(l + b)^2 - 4(h^2 + bh - hl)}}{2}$$

Ze vzorce pro x je zřejmé, že rozměr této veličiny je délka; její jednotkou je cm. Po dosazení číselných hodnot dostaneme

$$\begin{aligned} x_{1,2} &= \left[\frac{145}{2} \pm \sqrt{\frac{21\,025}{4} - (400 + 1500 - 1400)} \right] \text{cm} = \\ &= \left(\frac{145}{2} \pm \frac{138}{2} \right) \text{cm} , \end{aligned}$$

$$x_1 = 141,5 \text{ cm}; \quad x_2 = 3,5 \text{ cm}.$$

Pro x_1 není řešení úlohy možné, neboť l je menší než x_1 . Pro $x_2 = 3,5 \text{ cm}$ řešení existuje, takže dostáváme tento výsledek:

Je-li barometrický tlak 750 torr, pak v trubici zůstane sloupec rtuti o výšce 3,5 cm.

b) Chceme-li zjistit, za jaké podmínky vyteče rtuť z trubice úplně, musíme položit $x \leq 0$. Potom platí

$$l + b - \sqrt{(l + b)^2 - 4(h^2 + bh - hl)} \leq 0.$$

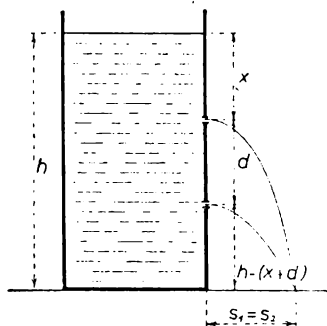
Odtud můžeme určit podmínku

$$l - h \geq b.$$

Po dosazení číselných hodnot dostaneme

$$b \leq 50 \text{ cm}.$$

Rtuť z trubice vyteče úplně, je-li $b \leq 500$ torr.



Obr. 7

5. Na vodorovné desce stolu (obr. 7) stojí nádoba naplněná vodou do výše $h = 160$ cm. Ve stěně jsou svisle pod sebou dva otvory, vzdálené od sebe o délku $d = 40$ cm. Vodní paprsky, vytryskující z těchto otvorů, dopadají na totéž místo stolu. Jak hluboko pod povrchem vody je horní otvor?

Řešení: Výška vody v nádobě $h = 160$ cm, vzdálenost obou otvorů $d = 40$ cm.

Označíme hloubku horního otvoru pod hladinou x . Objemová jednotka kapaliny v této hloubce má potenciální tlakovou energii $W_p = x \cdot \rho \cdot g$, kde ρ je hustota kapaliny a g tíhové zrychlení. V místě otvoru, zanedbáme-li tření, se tato potenciální energie tlaková celá mění v energii kinetickou:

$$W_k = \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2,$$

kde v_1 je výtoková rychlost kapaliny, tryskající z prvního otvoru. Ze zákona zachování mechanické energie dostaneme

$$W_p = W_k, \text{ tedy } x \cdot g \cdot \rho = \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2.$$

Odtud můžeme vyjádřit rychlost v_1 :

$$v_1 = \sqrt{2gx}. \quad (1)$$

Pro druhý otvor, který je v hloubce $(x + d)$ pod hladinou, dostaneme obdobně

$$v_2 = \sqrt{2g(x + d)}. \quad (2)$$

Kapalina z obou otvorů vytéká vodorovným směrem a současně volně padá. Z horního otvoru dopadne na stůl z výšky $h - x$ volným pádem. Jde tedy vlastně o vodorovný vrh z výšky $h - x$. Platí

$$h - x = \frac{1}{2}gt_1^2,$$

kde t_1 je doba, po kterou kapalina padá. Z této rovnice určíme t_1 :

$$t_1 = \sqrt{\frac{2(h - x)}{g}}. \quad (3)$$

Ve vodorovném směru urazí za tuto dobu částice kapaliny dráhu

$$s_1 = v_1 \cdot t_1$$

(ve vodorovném směru jde o rovnoměrný pohyb).

Dosadíme za v_1 a t_1 z rovnic (1) a (3)

$$s_1 = \sqrt{2gx} \cdot \sqrt{\frac{2(h - x)}{g}} = 2\sqrt{x(h - x)}. \quad (4)$$

Pro druhý otvor dostaneme obdobný výraz:

$$s_2 = v_2 \cdot t_2.$$

Čas t_2 vypočteme z podmínky, že kapalina z tohoto otvoru padá z výšky $h - x - d$. Tedy po dosazení v_2

z rovnice (2) a $t_2 = \sqrt{\frac{2(h-x-d)}{g}}$ dostaneme

$$s_2 = 2 \sqrt{(x+d) \cdot (h-x-d)}. \quad (5)$$

Víme, že kapalina dopadá z obou otvorů na stejné místo stolu, čili

$$s_1 = s_2.$$

Po dosazení z rovnic (4) a (5) dostaneme:

$$2 \sqrt{x(h-x)} = 2 \sqrt{(x+d) \cdot (h-x-d)},$$

$$x(h-x) = (x+d) \cdot (h-x-d),$$

$$hx - x^2 = hx + dh - x^2 - xd - xd - d^2;$$

$$\text{odtud } x = \frac{dh - d^2}{2d} = \frac{h-d}{2}.$$

Po dosazení číselných hodnot dostaneme

$$x = \frac{160 - 40}{2} \text{ cm} = 60 \text{ cm}.$$

Horní otvor je v hloubce 60 cm pod hladinou vody.

6. Určete hustotu směsi, která obsahuje $m_1 = 4$ g vodíku, $m_2 = 32$ g kyslíku při teplotě $t = 7^\circ \text{C}$ a při tlaku 700 mm Hg. Potřebné údaje vyhledejte v tabulkách.

Řešení: Hmota vodíku $m_1 = 4$ g, hmota kyslíku $m_2 = 32$ g, hmota směsi $m = 36$ g.

1. Tlak $p = 700$ torr, absolutní teplota $T = 280^\circ \text{K}$, hustota směsi ρ , objem směsi $V = \frac{m}{\rho}$.

2. Tlak $p_0 = 760$ torr, teplota $T_0 = 273^\circ \text{K}$; podle

tabulek: hustota vodíku $\varrho_1 = 0,08987 \cdot 10^{-3} \text{ g cm}^{-3}$,

objem vodíku $V_1 = \frac{m_1}{\varrho_1}$;

podle tabulek: hustota kyslíku $\varrho_2 = 1,429 \cdot 10^{-3} \text{ g cm}^{-3}$,

objem kyslíku $V_2 = \frac{m_2}{\varrho_2}$.

$$\begin{aligned}\text{Objem směsi } V_0 &= V_1 + V_2 = \frac{m_1}{\varrho_1} + \frac{m_2}{\varrho_2} = \\ &= \frac{m_1 \varrho_2 + m_2 \varrho_1}{\varrho_1 \cdot \varrho_2} .\end{aligned}$$

Podle stavové rovnice platí

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_0 V_0}{T_0} ,$$

$$\frac{pm}{T \cdot \varrho} = \frac{p_0}{T_0} \cdot \frac{m_1 \varrho_2 + m_2 \varrho_1}{\varrho_1 \cdot \varrho_2} ,$$

$$\varrho = \frac{p m T_0 \varrho_1 \varrho_2}{T p_0 (m_1 \varrho_2 + m_2 \varrho_1)} .$$

Po dosazení číselných hodnot je

$$\begin{aligned}\varrho &= \frac{700 \cdot 36 \cdot 273 \cdot 0,08987 \cdot 1,429 \cdot 10^{-6}}{760 \cdot 280 \cdot (4 \cdot 1,429 + 32 \cdot 0,08987) \cdot 10^{-3}} \text{ g cm}^{-3} \doteq \\ &\doteq 0,48 \cdot 10^{-3} \text{ g cm}^{-3} .\end{aligned}$$

Výsledná hustota směsi je $0,48 \cdot 10^{-3} \text{ g cm}^{-3}$.

7. Kovové proužky, zinkový a železný, o tloušťce 2 mm mají při teplotě 0° C délku $l_0 = 50 \text{ cm}$. a) Při které teplotě se délky obou proužků liší o 1 mm?

b). Jsou-li proužky položeny na sobě a na obou koncích snýtovány, jak velký je vnitřní poloměr kruhového oblouku, vytvořeného při této teplotě snýtovaným proužkem? (Délku každého proužku vztahujte na jeho podélnou osu).

Řešení: $l_0 = 50 \text{ cm}$, $l_1 - l_2 = 0,1 \text{ cm}$, $d = 0,2 \text{ cm}$. Součinitel délkové roztažnosti zinku podle tabulek je

$$\alpha_1 = 30 \cdot 10^{-6} \text{ deg}^{-1}.$$

Součinitel délkové roztažnosti železa podle tabulek je

$$\alpha_2 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ deg}^{-1}.$$

a) Vycházíme ze vztahu pro délkovou roztažnost $l = l_0(1 + \alpha t)$, kde l_0 je délka při teplotě 0° C , l délka při teplotě t . Při určité teplotě t bude mít zinkový proužek délku $l_1 = l_0(1 + \alpha_1 t)$ a železný délku $l_2 = l_0(1 + \alpha_2 t)$.

Odečtením druhé rovnice od první dostaneme pro rozdíl délek $l_1 - l_2 = l_0(\alpha_1 - \alpha_2)t$. Odtud určíme teplotu:

$$t = \frac{l_1 - l_2}{l_0(\alpha_1 - \alpha_2)}.$$

Po dosazení číselných hodnot dostaneme:

$$t = \frac{0,1}{50 \cdot 18 \cdot 10^{-6}} ^\circ \text{C} \doteq 111^\circ \text{C}.$$

Délky obou proužků se liší o 1 mm při teplotě 111°C .

b) Jsou-li proužky na obou koncích snýtovány, pak se po zahřátí ohnou do kruhového oblouku tak, že proužek s větší roztažností bude na vnější straně, proužek s menší roztažností na straně vnitřní. Podélná

osa každého proužku má takovou délku, jako kdyby oba proužky byly volné. Podélné osy obou proužků jsou od sebe vzdáleny o tloušťku jednoho proužku, tj. o d .

Označíme-li r poloměr vnitřního oblouku a φ úhel sevřený krajními poloměry a měřený v radiánech platí:

$$\begin{aligned}l_2 &= r \cdot \varphi, \\l_1 &= (r + d) \cdot \varphi.\end{aligned}$$

Dělením první rovnice rovnicí druhou vyloučíme φ , a dostáváme:

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{r}{r + d}.$$

Upravíme:

$$l_2 \cdot r + l_2 \cdot d = l_1 \cdot r.$$

Z toho

$$r = \frac{l_2 \cdot d}{l_1 - l_2}.$$

Protože $l_2 \doteq l_0$, můžeme psát

$$r \doteq \frac{l_0 \cdot d}{l_1 - l_2}.$$

Po dosazení číselných hodnot dostaneme:

$$r = \frac{50 \cdot 0,2}{0,1} \text{ cm} = 100 \text{ cm}.$$

Poloměr vnitřního oblouku bude přibližně 100 cm.

8. Ve vysokotlakém parním kotli se spotřebuje za

hodinu 30 m^3 vody. Do kotle se přivádí pod tlakem voda, zahřátá na 130° C ; v kotli voda vře při 200° C . (Skupenské teplo varu vody při 200° C je 465 kcal/kg). Kolik se spálí pod kotlem uhlí, vydá-li 1 kg uhlí při spálení 4500 kcal a je-li účinnost spalování 60% ?

Řešení: Za hodinu se spotřebuje $m = 30\,000 \text{ kg/h}$ vody; v kotli se voda zahřeje o $\Delta t = 70^\circ \text{ C}$; měrné teplo vody $c = 1 \text{ kcal/kg} \cdot \text{deg}$; skupenské teplo vody $l = 465 \text{ kcal/kg}$; 1 kg uhlí vydá při spálení teplo $H = 4500 \text{ kcal/kg}$; účinnost spalování je $\eta = 60 \%$.

Dodaným množstvím tepla se voda zahřeje ze 130° C na 200° C a při této teplotě se přemění v páru. K zahřátí $m \text{ kg}$ vody o $\Delta t^\circ \text{ C}$ je potřeba množství tepla $Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta t$.

K přeměně $m \text{ kg/h}$ vody v páru se spotřebuje teplo $Q_2 = m \cdot l$.

Celkové potřebné množství tepla $Q = Q_1 + Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta t + m \cdot l$,

$$Q = m \cdot (c \cdot \Delta t + l).$$

Spálením 1 kg uhlí se získá množství tepla H a z toho se zužitkuje pouze

$$H' = \eta \cdot H.$$

Celkem se spálí za hodinu $M \text{ kg}$ uhlí, a tím se dodá vodě teplo Q , čili

$$M = \frac{Q}{H'}.$$

Dosazením za Q a H' dostaneme

$$M = \frac{m(c \cdot \Delta t + l)}{\eta \cdot H} . \quad (1)$$

Určení rozměru:

$$\text{podle (1) } [M] = \frac{\left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \cdot \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right]}{\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right]} = \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] .$$

Po dosazení číselných hodnot dostaneme

$$\begin{aligned} M &= \frac{30\,000 \cdot (70 + 465) \cdot 100}{4500 \cdot 60} \text{ kg/h} = \\ &= 5,96 \cdot 10^3 \text{ kg/h} \doteq 6 \cdot 10^3 \text{ kg/h} . \end{aligned}$$

Pod kotlem se spálí přibližně 6 tun uhlí za hodinu.

9. Určete hustotu benzenu užitím Archimédova zákona pomocí ponorného tělíska. Popište a vysvětlete postup měření.

Kategorie C

1. Míč je vržen od okraje balkónu vysoké budovy svisle vzhůru tak, že při cestě zpět mine okraj balkónu za 2 sekundy od okamžiku vyhození.

a) Vypočítejte maximální výšku míče nad okrajem balkónu a počáteční rychlost, s jakou byl vržen.

b) Jak velkou rychlostí mine padající míč okraj balkónu? c) Jaká je poloha a rychlost míče na konci 3. sekundy po počátku pohybu?

Řešení: Rychlost, s jakou je míč vržen, označme v_0 .

a) Poněvadž doba pohybu od okraje balkónu do výše a zpět k okraji trvá 2 sekundy, je doba výstupu 1 sekunda. Nejvyššího bodu dosáhne, když

$$v_0 - gt = 0,$$

kde

$$t = 1 \text{ s}, \quad g = 9,81 \text{ m s}^{-2},$$

a tedy

$$v_0 = 9,81 \text{ m/s}.$$

Míč je vržen rychlostí 9,81 m/s.

Maximální výška míče nad okrajem balkónu je

$$s_1 = v_0 t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2; \quad t_1 = 1 \text{ s}.$$

Po dosazení číselných hodnot dostaneme:

$$s_1 = \left(9,81 - \frac{1}{2} \cdot 9,81 \right) \text{ m} = 4,90 \text{ m}.$$

Maximální výška míče nad okrajem balkónu je 4,90 m.

b) Rychlost míče padajícího kolem okraje balkónu se rovná počáteční rychlosti, tedy $v = 9,81 \text{ m/s}$.

c) Míč 1 s stoupal, 2 s padal a je tedy za 3 s po počátku pohybu pod balkónem ve vzdálenosti

$$s = \frac{1}{2} g t^2 - s_1,$$

kde $s_1 = 4,90 \text{ m}$ je maximální výška míče nad bal-

kónem, $t = 2$ s, tedy

$$s = \left(\frac{1}{2} 9,81 \cdot 2^2 - 4,90 \right) \text{ m} = 14,72 \text{ m}.$$

Rychlost míče v tomto okamžiku je

$$v = gt = 9,81 \cdot 2 \text{ m/s} = 19,62 \text{ m/s}.$$

Na konci 3. sekundy od počátku pohybu je míč 14,72 m pod balkónem a má rychlost 19,62 m s⁻¹.

2. Těleso padá volným pádem. Po t_1 sekundách je za ním z téže výše svisle dolů vrženo druhé těleso rychlostí v_0 . Druhé těleso mine těleso první za dobu t_2 od počátku vrhu.

Odpor vzduchu zanedbáváme, tíhové zrychlení $g = 10 \text{ m/s}^2$.

a) Jak velkou rychlostí v_0 bylo druhé těleso vrženo?

b) V jak veliké vzdálenosti od výchozího bodu se tělesa minula?

c) Za jakou dobu od počátku vrhu budou tělesa od sebe vzdálena o délku s_0 m?

Řešte obecně a pak pro zvláštní případy $t_1 = 2$ s, $t_2 = 4$ s; 1. $s_0 = 20$ m, 2. $s_0 = 200$ m.

Řešení: a) Při vrhu svislém dolů druhé těleso vykoná za dobu t_2 dráhu

$$s = v_0 \cdot t_2 + \frac{g}{2} \cdot t_2^2. \quad (1)$$

Při volném pádu vykoná prvé těleso za dobu $t_1 + t_2$ stejně dlouhou dráhu

$$s = \frac{g}{2} \cdot (t_1 + t_2)^2. \quad (2)$$

Z rovnosti pravých stran vypočteme

$$v_0 = \frac{g \cdot (t_1^2 + 2t_1 \cdot t_2)}{2t_2}$$

a po dosazení číselných hodnot dostaneme $v_0 = 25 \text{ m/s}$.

b) Proběhnutá dráha podle (1) nebo (2) $s = 180 \text{ m}$.

c) Předpokládáme, že za dobu t se budou proběhnuté dráhy s_1 a s_2 lišit o s_0 :

$$s_1 = \frac{g}{2} \cdot (t_1 + t)^2 \quad (3)$$

$$s_2 = v_0 t + \frac{g}{2} \cdot t^2 \quad (4)$$

a má platit $|s_1 - s_2| = s_0$.

Je-li $s_1 > s_2$, pak $s_0 = s_1 - s_2$. Je-li $s_1 < s_2$, pak $s_0 = s_2 - s_1$. Z rovnic (3) a (4) dostaneme

$$t = \frac{s_0 - \frac{g}{2} t_1^2}{gt_1 - v_0} \quad \text{pro } s_1 > s_2;$$

$$t = \frac{s_0 + \frac{g}{2} t_1^2}{v_0 + (-gt_1)} \quad \text{pro } s_1 < s_2.$$

Po dosazení číselných hodnot obdržíme

1. pro $s_0 = 20 \text{ m}$, $t_1 = 2 \text{ s}$, $v_0 = 25 \text{ m/s}$ buď $t = 0 \text{ s}$,
nebo $t = 8 \text{ s}$,
2. pro $s_0 = 200 \text{ m}$, $t_1 = 2 \text{ s}$, $v_0 = 25 \text{ m/s}$ buď $t =$
 $= -36 \text{ s}$, nebo $t = 44 \text{ s}$.

Poněvadž čas t počítáme od okamžiku vrhu druhého tělesa, není záporný kořen řešením dané úlohy.

Do okamžiku vrhu druhého tělesa, $t = 0$ s, proběhlo již první těleso dráhu 20 m. Za 8 s od okamžiku vrhu druhého tělesa by vykonalo toto těleso dráhu 520 m, zatímco první těleso by vykonalo za 10 s dráhu 500 m.

Za 44 s od okamžiku vrhu druhého tělesa by vykonalo toto těleso dráhu 10 780 m, zatímco první těleso by vykonalo za 46 s dráhu 10 580 m.

3. Rybář, sedící v loďce na rybníku, přitahuje k sobě dlouhým lanem druhou loďku s nákladem stálou silou 5 kp. Loďka s rybářem má hmotu 250 kg, loďka s nákladem má hmotu 500 kg.

a) Jak velká bude rychlost první a druhé loďky vzhledem k břehům rybníka po pěti sekundách od okamžiku, kdy rybář začal táhnout lano?

b) Jak velkou rychlostí se přibližují loďky k sobě v tomto okamžiku? Odpor vody a vzduchu zanedbáme.

Řešení: Označíme-li sílu, kterou působí rybář na druhou loďku $F_1 = 5 \text{ kp} = 5 \cdot 9,81 \text{ N}$, je síla, kterou působí druhá loďka na prvou $F_2 = -5 \text{ kp} = -5 \cdot 9,81 \text{ N}$. Hmotu první loďky s rybářem označme $m_1 = 250 \text{ kg}$, hmotu druhé loďky $m_2 = 500 \text{ kg}$.

1. způsob:

Tažná síla rybáře udělí druhé loďce zrychlení

$$a_2 = \frac{F_1}{m_2} = \frac{5 \cdot 9,81}{500} \text{ m/s}^2 = 0,0981 \text{ m/s}^2;$$

reakce na tažnou sílu rybáře udílí první loďce zrychlení

$$a_1 = \frac{F_2}{m_1} = - \frac{5 \cdot 9,81}{250} \text{ m/s}^2 = - 0,1962 \text{ m/s}^2 .$$

a) Síla je stálá, proto pro $t = 5$ s vychází rychlost první loďky vzhledem ke břehům

$$v_1 = a_1 t = - 0,1962 \cdot 5 \text{ m/s} = - 0,981 \text{ m/s}$$

a rychlost druhé loďky vzhledem ke břehům

$$v_2 = a_2 t = 0,0981 \cdot 5 \text{ m/s} = 0,490 \text{ m/s} .$$

b) Druhá loďka se blíží v okamžiku $t = 5$ s k loďce první rychlostí $v = 1,47 \text{ m/s}$, neboť $v = v_2 - v_1 = (0,490 + 0,981) \text{ m/s} = 1,47 \text{ m/s}$.

2. způsob:

a) Na druhou loďku působí po dobu t stálá síla F_1 , která uvede loďku z klidu do pohybu rovnoměrně zrychleného; za dobu t nabude loďka hybnosti $m_2 v_2$; pro impuls síly $F_1 t$ platí

$$F_1 t = m_2 v_2 ,$$

tedy

$$v_2 = \frac{F_1 t}{m_2} = \frac{5 \cdot 9,81 \cdot 5}{500} \text{ m/s} = 0,490 \text{ m/s}$$

a na první loďku působí síla F_2 , která uvede loďku z klidu do rovnoměrně zrychleného pohybu; pro impuls síly $F_2 t$ za dobu $t = 5$ s platí

$$F_2 t = m_1 v_1 ,$$

a tedy

$$v_1 = \frac{F_2 t}{m_1} = \frac{5 \cdot 9,81 \cdot 5}{250} \text{ m/s} = -0,981 \text{ m/s}.$$

Zkouška rozměru (v obou případech):

$$[v] = \frac{[\text{N}] \cdot [\text{s}]}{[\text{kg}]} = \frac{\left[\frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \right] \cdot [\text{s}]}{[\text{kg}]} = \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right].$$

b) Totéž jako v 1.

4. a) Jak velkou stálou silou by působil raketový motor, který by uvedl raketu hmoty 12 tun za půl minuty z klidu do pohybu o rychlosti 3,8 km/s?

b) Jak vysoko by za tuto dobu vyletěla raketa při svislém letu? (Nepřihlížíme-li k úbytku hmoty spalováním pohonných látek, k odporu prostředí a ke změně tíhového zrychlení s rostoucí výškou.)

Řešení: a) Motor působí na raketu o hmotě m po dobu t tažnou silou F , která způsobí změnu hybnosti z nulové hodnoty na hodnotu mv ; platí tedy $F \cdot t = mv$ a odtud

$$F = \frac{mv}{t}.$$

Určení rozměru:

$$[F] = \frac{[\text{kg}] \cdot \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]}{[\text{s}]} = \left[\frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \right] = [\text{N}].$$

Po dosazení $m = 12\,000 \text{ kg}$, $t = 30 \text{ s}$, $v = 3800 \text{ m/s}$

dostaneme

$$F = \frac{mv}{t} = \frac{12\,000 \cdot 3800}{30} \text{ N} = 1,52 \cdot 10^6 \text{ N}.$$

b) Zrychlení, které udělí raketě raketový motor, je

$$a = \frac{v}{t}. \quad (1)$$

Raketa se pohybuje rovnoměrně zrychleně se zrychlením a svisle vzhůru a zároveň rovnoměrně zrychleně se zrychlením g padá, tedy vykoná za dobu t dráhu

$$s = \frac{1}{2} \cdot (a - g) \cdot t^2. \quad (2)$$

Po dosazení číselných hodnot do rovnice (1) dostaneme

$$a = \frac{3,8 \cdot 10^3}{30} \text{ m/s}^2 = 127 \text{ m/s}^2$$

a do rovnice (2)

$$s = \frac{1}{2} (127 - 10) \cdot 30^2 \text{ m} = 52\,700 \text{ m}.$$

Při svislém letu vzhůru vyletí raketa za 30 s do výše 52,7 km.

5. Automobil o hmotě 1500 kg se blíží křižovatce rovnoměrným pohybem rychlostí 45 km/h.

a) Na křižovatce zasvítí červená. Na jaké nejkratší dráze zastaví řidič auto maximální brzdící silou 1000 kp?

b) Na křižovatce zasvítí zelená. Kolik sekund před křižovatkou musí začít řidič brzdit maximální brzdící

silou 1000 kp, aby projel křižovatkou rychlostí 10 km/h?

Řešení: Dané veličiny jsou $m = 1500 \text{ kg}$, $v_0 = 45 \text{ km/h} = \frac{25}{2} \text{ m/s}$, $F = 1000 \text{ kp} = 9810 \text{ N}$, $v = 10 \text{ km/h} = \frac{25}{9} \text{ m/s}$.

a) Auto se zastaví, když práce vykonaná brzdící silou se rovná jeho počáteční kinetické energii. Tedy z podmínky

$$Fs = \frac{1}{2} mv_0^2$$

dostaneme

$$s = \frac{mv_0^2}{2F}.$$

$$\text{Určení rozměru: } [s] = \frac{[\text{kg}] \cdot \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right]}{\left[\frac{\text{kg m}}{\text{s}^2}\right]} = [\text{m}].$$

Po dosazení číselných hodnot dostaneme

$$s = \frac{1500 \cdot 12,5^2}{2 \cdot 9810} \text{ m} = 11,9 \text{ m}.$$

Nejkratší dráha, na které řidič zabrzdí auto, je 11,9 m.

b) Změna hybnosti automobilu se rovná impulsu brzdící síly, působící na automobil po dobu t . Tedy z podmínky

$$m(v_0 - v) = Ft$$

dostaneme

$$t = \frac{m(v_0 - v)}{F}.$$

$$\text{Určení rozměru: } [t] = \frac{[\text{kg}] \cdot \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]}{\left[\frac{\text{kg m}}{\text{s}^2}\right]} = [\text{s}].$$

Po dosazení do (1) dostaneme

$$t = \frac{1500 \cdot \left(\frac{25}{2} - \frac{25}{9}\right)}{9810} \text{ s} = 1,48 \text{ s}.$$

Řidič musí začít brzdit 1,5 s před křižovatkou.

6. Startovací rychlost letadla je 108 km/h. Této rychlosti dosáhne za 12 s od počátku pohybu letadla. Jak velký je průměrný výkon motoru letadla při rozletu, je-li hmota letadla 1960 kg a součinitel tření 0,05?

Řešení: Při startu působí proti směru pohybu síla tření

$$F_1 = fmg,$$

kde f je součinitel tření, m hmota letadla a g tíhové zrychlení. Sílu F_2 , která uvede letadlo do pohybu

o rychlosti v , vypočteme ze vztahu

$$F_2 t = mv, \text{ tedy } F_2 = \frac{mv}{t},$$

kde v je konečná rychlost. Pak tažná síla motoru je

$$F = F_1 + F_2 = m \cdot \left(fg + \frac{v}{t} \right).$$

Práce motoru vykonaná při rozletu po dráze s , po níž se letadlo pohybuje rovnoměrně zrychleně po dobu t , je

$$A = Fs = F \cdot \frac{1}{2} at^2,$$

a tedy průměrný výkon motoru je

$$P = \frac{A}{t} = \frac{1}{2} Fv = \frac{mv}{2} \left(fg + \frac{v}{t} \right). \quad (1)$$

Určení rozměru:
podle rovnice (1)

$$\begin{aligned} [P] &= [\text{kg}] \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] = \left[\frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \right] \cdot \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] = \\ &= [\text{N}] \cdot \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] = \frac{[\text{J}]}{[\text{s}]} = [\text{W}]. \end{aligned}$$

Po dosazení $f = 0,05$, $m = 1960 \text{ kg}$, $v = 108 \text{ km/h} = 30 \text{ m/s}$ dostáváme

$$P = \frac{1960 \cdot 30}{2} \left(0,05 \cdot 9,81 + \frac{30}{12} \right) \text{ W} = 88\,200 \text{ W}.$$

Průměrný výkon motoru letadla je 88,2 kW.

7. Železná a hliníková koule mají stejný objem 1 dm^3 .

a) Jak velká je potenciální energie každé z nich, jsou-li ve výši 5 m nad zemí? Jak velkou kinetickou energii a rychlost má každá z nich při dopadu na zem volným pádem z této výšky?

b) V jaké výši nad zemí musí být železná koule, aby měla stejnou potenciální energii jako hliníková koule ve výši 10 m nad zemí? Jak velkou rychlost a jak velkou kinetickou energii mají koule při dopadu z těchto výšek volným pádem na zemi?

c) Obě koule jsou ve výši 10 m nad zemí. Železná koule volně padá. Jak velkou rychlostí musíme vrhnout hliníkovou kouli svisle dolů, aby obě tělesa měla při dopadu stejnou kinetickou energii? Ve všech případech zanedbáváme odpor prostředí. Hustota železa je $7,78 \text{ kg/dm}^3$, hliníku $2,58 \text{ kg/dm}^3$.

Řešení: Hmota železné koule $m_1 = 7,78 \text{ kg}$, hmota hliníkové koule $m_2 = 2,58 \text{ kg}$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

a) Užijeme vztah pro potenciální energii $W_p = mgh$, $h = 5 \text{ m}$; $W_{p_1} = 381,6 \text{ J}$, $W_{p_2} = 126,5 \text{ J}$.

Rychlost dopadu volným pádem na zem z výšky h je pro obě koule stejná $v = \sqrt{2gh} = 9,90 \text{ m/s}$.

Kinetická energie koule při dopadu je $W_k = \frac{1}{2}mv^2$; odtud po dosazení

$$W_{k_1} = 381,6 \text{ J}, W_{k_2} = 126,5 \text{ J}.$$

Výpočet potvrzuje zákon zachování mechanické energie, poněvadž kinetická energie tělesa při dopadu na zem vznikla přeměnou jeho počáteční potenciální energie.

b) Železná koule ve výšce h_1 má stejnou potenciální energii, jako hliníková koule ve výšce $h_2 = 10$ m, platí tedy

$$m_1 g h_1 = m_2 g h_2; \text{ odtud } h_1 = \frac{m_2 h_2}{m_1}.$$

Po dosazení číselných hodnot dostaneme $h_1 = 3,32$ m.

Další veličiny počítáme stejně jako v a):

$$v_1 = 8,06 \text{ m/s}, \quad v_2 = 14,00 \text{ m/s},$$

$$W_{k_1} = 253,1 \text{ J}, \quad W_{k_2} = 253,1 \text{ J}.$$

Početní výsledek opět potvrzuje zákon zachování mechanické energie. Poněvadž tělesa měla stejnou počáteční potenciální energii, mají také stejnou kinetickou energii při dopadu volným pádem na zem.

c) Rychlost volného pádu z výšky h je $v = \sqrt{2hg}$, rychlost, kterou vrhneme hliníkovou kouli, označíme v_0 . Vyjádříme rovnost kinetických energií obou těles při dopadu na zem:

$$\frac{1}{2} m_1 (\sqrt{2hg})^2 = \frac{1}{2} m_2 \cdot (\sqrt{2hg} + v_0)^2.$$

Úpravou dostaneme kvadratickou rovnici:

$$m_2 v_0^2 + 2m_2 \sqrt{2hg} \cdot v_0 + 2hg(m_2 - m_1) = 0;$$

odtud vypočteme:

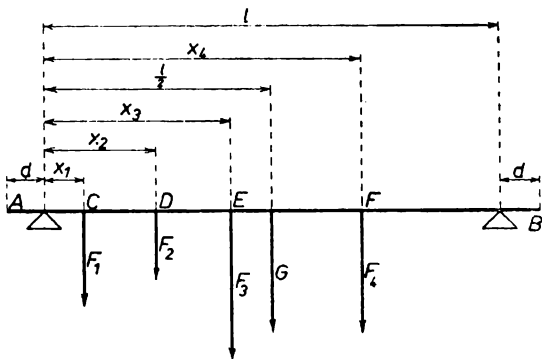
$$v_{01,2} = \sqrt{2hg} \left(\pm \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} - 1 \right).$$

Kořen $v_{01} = \sqrt{2hg} \left(-\sqrt{\frac{m_1}{m_2}} - 1 \right)$ nevyhovuje, neboť vychází záporný. Úloze vyhovuje kořen

$$v_{02} = \sqrt{2hg} \left(\sqrt{\frac{m_1}{m_2}} - 1 \right). \quad (1)$$

Po dosazení číselných hodnot vypočítáme $v_0 = 10,22$ m/s. Vrhne-li hliníkovou kouli rychlostí 10,22 m/s svisle dolů, dopadnou obě tělesa z výšky 10 m na zem se stejnou kinetickou energií.

8. Trámec 140 cm dlouhý, vážící 16 kp, je 10 cm od konců A, B podepřen ve vodorovné poloze na dvou hranách vzájemně rovnoběžných a kolmých k délce trámu (obr. 8). V bodech C, D, E, F ($AC = 20$ cm;



Obr. 8

$AD = 40$ cm, $AE = 60$ cm, $AF = 90$ cm) působí na něj svislé síly $F_1 = 14$ kp, $F_2 = 10$ kp, $F_3 = 20$ kp, $F_4 = 15$ kp. Vypočítejte, jak velké síly působí v opěrných bodech.

Řešení: Předpokládáme, že trámec je homogenní a všude stejného průřezu. Působíště váhy G trámce je tedy v jeho geometrickém středu a v každém z opěrných bodů působí váha trámce silou $\frac{G}{2}$. Každou svislou sílu působící na trámec rozložíme na dvě složky, působící svisle v opěrných bodech na opory. Síly působící na levou oporu, označme F'_z na pravou oporu F''_k ($k = 1, 2, 3, 4$). Pro rozklad platí

$$\begin{aligned} F'_1 x_1 &= F''_1 (l - x_1), \\ F'_2 x_2 &= F''_2 (l - x_2), \\ F'_3 x_3 &= F''_3 (l - x_3), \\ F'_4 x_4 &= F''_4 (l - x_4), \end{aligned}$$

a tedy

$$F'_1 = F_1 \frac{l - x_1}{l}, \quad F''_1 = F_1 \frac{x_1}{l},$$

$$F'_2 = F_2 \frac{l - x_2}{l}, \quad F''_2 = F_2 \frac{x_2}{l},$$

$$F'_3 = F_3 \frac{l - x_3}{l}, \quad F''_3 = F_3 \frac{x_3}{l}$$

$$F'_4 = F_4 \frac{l - x_4}{l}, \quad F''_4 = F_4 \frac{x_4}{l},$$

pro výsledné tlakové síly v opěrných bodech platí

$$R'' = \frac{G}{2} + \frac{1}{l} (F_1 x_1 + F_2 x_2 + F_3 x_3 + F_4 x_4),$$

$$R' = G + F_1 + F_2 + F_3 + F_4 - R''.$$

Dosadíme číselné hodnoty $F_1 = 14 \text{ kp}$, $F_2 = 10 \text{ kp}$, $F_3 = 20 \text{ kp}$, $F_4 = 15 \text{ kp}$, $G = 16 \text{ kp}$; $x_1 = (20-10) \text{ cm} = 10 \text{ cm}$, $x_2 = (40-10) \text{ cm} = 30 \text{ cm}$, $x_3 = (60-10) \text{ cm} = 50 \text{ cm}$, $x_4 = (90-10) \text{ cm} = 80 \text{ cm}$; $l = 120 \text{ cm}$.

Pro výsledné tlakové síly v opěrných bodech dostaneme

$$R'' = 8 \text{ kp} + \frac{1}{120} \cdot (14 \cdot 10 + 10 \cdot 30 + 20 \cdot 50 + 15 \cdot 80) \text{ kp} = 30 \text{ kp};$$

$$R' = (75 - 30) \text{ kp} = 45 \text{ kp}.$$

V pravém opěrném bodě působí síla 45 kp a v levém síla 30 kp.

9. Podle jedné fantastické domněnky, uveřejněné před časem v novinách, jsou Marsovy měsíce *Fobos* a *Deimos* umělými družicemi. *Deimos* má průměr 8 km. Kdyby byl umělou družicí z aluminia a měl tloušťku stěn 10 m, měl by hmotu $5,4 \cdot 10^9 \text{ tun}$.

a) Jakou rychlostí obíhá *Deimos*, urazí-li kruhovou dráhu o poloměru 24 000 km za $5/4$ našeho dne?

b) Jakou stálou silou by musel být *Deimos* uváděn z klidu v pohyb po dobu našich 365 dní, aby dosáhl uvedené rychlosti?

c) Kolik raketových motorů s tahem 1 000 000 kp by se k tomu muselo použít?

Řešení:

Poloměr dráhy *Deima* $R = 24\,000 \text{ km} = 24 \cdot 10^6 \text{ m}$,
jeho hmota $m = 5,4 \cdot 10^9 \text{ tun} = 5,4 \cdot 10^{12} \text{ kg}$,

doba jeho oběhu $T = 5/4 \text{ dne} = \frac{5}{4} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s}$,
 doba působení síly $t = 365 \text{ dní} = 365 \cdot 86\,400 \text{ s}$.

a) Za dobu T proběhne *Deimos* rychlostí v dráhu $2\pi R$. Tedy

$$2\pi R = v \cdot T.$$

Odtud vypočteme po dosazení $v = \frac{2\pi R}{T} = 1396 \text{ m/s}$.

b) Impuls síly, kterou je těleso uvedeno z klidu do pohybu o rychlosti v , je roven změně hybnosti; hybnost na počátku pohybu je 0, tedy

$$F \cdot t = m \cdot v.$$

Odtud po dosazení $F = \frac{m \cdot v}{t} = 23,9 \cdot 10^7 \text{ N}$.

K dosažení rychlosti 1396 m/s musela by na družici působit síla $23,9 \cdot 10^7 \text{ N}$, tj. $24,4 \cdot 10^6 \text{ kp}$.

c) K tomu, aby byl *Deimos* uveden stálou silou z klidu do pohybu a aby působením této síly po dobu 365 dní dosáhl rychlosti 1396 m/s , muselo by být použito 25 motorů o tahu $1\,000\,000 \text{ kp}$.

6. Fyzikální témata

K prostudování fyzikálních témat v 1. kole soutěže byly žákům doporučeny články prof. dr. Rostislava Košťála z Brna, dr. Marty Chytilové z Prahy a dr. Bohumila Vlacha z Brna, které byly otištěny v Matematicko-fyzikálních rozhledech, ročník 38 (1959/60), číslo 5, str. 214—227.

Kategorie A

Postupné a stojaté vlnění

I

V tomto článku navazujeme na základní pojmy vlnění postupného i stojatého, které jsou vyloženy v učebnici fyziky pro 10. ročník JŠŠ. Budeme se podrobněji zabývat postupným a stojatým vlněním v řadě bodové.

Řadu bodovou si představujeme jako přímku složenou z hmotných bodů, z nichž sousední působí na sebe navzájem pružnými silami. Postupná rychlost vlnění je číselně rovna vzdálenosti, do které vlnění postoupí za 1 sekundu; označme ji c . Pak za dobu T jednoho kmitu postoupí vlnění do vzdálenosti délky

vlny λ . Pro ni platí

$$\lambda = c \cdot T, \text{ nebo } \lambda = \frac{c}{f}, \quad (1)$$

kde f je frekvence vlnění. Při postupném vlnění, ať příčném nebo podélném, kmitají všechny body se stejnou frekvencí, stejnou amplitudou, ale obecně s různou fází. Body, které mají vzdálenost $k \cdot \lambda$ (k je přirozené číslo), kmitají vždy v téže fázi. Je tedy λ nejkratší vzdálenost dvou bodů kmitajících ve stejné fázi. Např. vzdálenost dvou sousedních vrchů (nebo dvou sousedních dolů) u příčného vlnění je rovna λ , vzdálenost dvou sousedních zhuštění (nebo dvou sousedních zředění) u podélného vlnění je rovna λ .

Jestliže rozkmitávaný bod vykonává pohyb s výchylkou $y = A \cdot \sin \omega t$, postoupí tato výchylka v řadě bodové do vzdálenosti x od rozkmitávaného bodu za dobu $t_1 = \frac{x}{c}$. Stav v tomto bodě je vždy týž, jaký byl v bodě rozkmitávaném před dobou t_1 , a tedy pro výchylku y_1 v tomto bodě platí

$$\begin{aligned} y_1 &= A \sin \omega(t - t_1) = A \sin \omega \left(t - \frac{x}{c} \right) = \\ &= A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{cT} \right) = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right). \end{aligned}$$

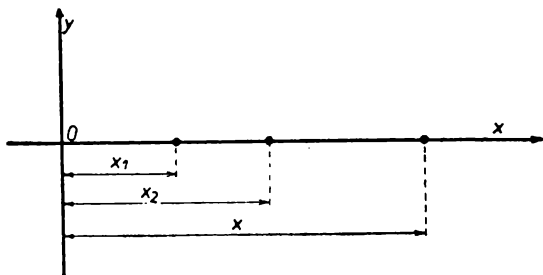
Přitom bereme x vždy kladně ve směru šíření vlnění.

Vlnění je charakterizováno třemi konstantami: amplitudou A , dobou kmitu T a délkou vlny λ ; rychlost vlnění jest pak určena rovnicí (1).

Jestliže jsou v bodové řadě dva zdroje vlnění, z nichž se šíří vlnění oběma směry, pak v části bodové řady mezi oběma zdroji se šíří vlnění proti sobě, vně pak stejným směrem. V každém bodě se obě vlnění skládají — interferují — a vznikne vlnění s výchylkou rovnou vektorovému součtu výchylek obou vlnění.

II

Nyní vyšetříme matematicky skládání dvou vlnění v bodě ve vzdálenosti x od počátku. Prvé vlnění vychází z bodu ve vzdálenosti x_1 a druhé z bodu ve vzdálenosti x_2 od počátku. Pro jednoduchost budeme před-



Obr. 9

pokládat, že obě vlnění mají stejnou amplitudu A , stejnou dobu kmitu T , stejnou délku vlny λ a že začínají se stejnou (nulovou) fází; u příčného vlnění předpokládáme ještě, že výchylky obou vlnění jsou v téže rovině. Pak v bodě o souřadnici x , která splňuje podmínku $x > x_2 > x_1$ (obr. 9), jsou výchylky jednotli-

vých vlnění

$$y_1 = A \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x - x_1}{\lambda} \right),$$

$$y_2 = A \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x - x_2}{\lambda} \right).$$

Za daných předpokladů je výchylka výsledného vlnění vyjádřena algebraickým součtem obou výchylek

$$y = y_1 + y_2 =$$

$$= 2A \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x - \frac{x_1 + x_2}{2}}{\lambda} \right) \cdot \cos \pi \frac{x_2 - x_1}{\lambda} \quad (2)$$

(při výpočtu výchylky y jsme použili vzorce: $\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$).

Činitel $\cos \pi \frac{x_2 - x_1}{\lambda}$ je stálý, a proto jej zahrneme do amplitudy. Je tedy amplituda výsledného vlnění $2A \cdot \cos \pi \frac{x_2 - x_1}{\lambda}$ a nezávisí na souřadnici x , nýbrž vzájemné vzdálenosti obou zdrojů. Amplituda dosáhne maximální hodnoty $2A$, když platí

$$\left| \cos \pi \frac{x_2 - x_1}{\lambda} \right| = 1,$$

to je

$$\pi \frac{x_2 - x_1}{\lambda} = k\pi,$$

čili

$$x_2 - x_1 = k\lambda = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}.$$

Výsledná amplituda bude nulová (vlnění se zruší), když bude platit

$$\left| \cos \pi \frac{x_2 - x_1}{\lambda} \right| = 0,$$

to je

$$\pi \frac{x_2 - x_1}{\lambda} = (2k + 1) \frac{\pi}{2}$$

čili

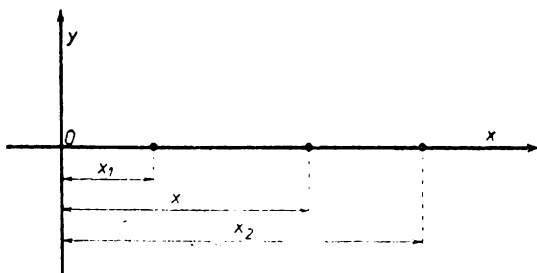
$$x_2 - x_1 = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}.$$

Výsledné vlnění je podle rovnice (2) opět vlnění postupné o téže době kmitu T , téže délce vlny λ a o amplitudě $2A \cdot \cos \pi \frac{x_2 - x_1}{\lambda}$; jeho zdánlivý zdroj je uprostřed mezi oběma zdroji. Amplituda vlnění bude mít maximální hodnotu $2A$, když vzájemná vzdálenost obou zdrojů bude rovna sudému násobku poloviny délky vlny; amplituda bude nulová (vlnění se zruší), když vzájemná vzdálenost obou zdrojů bude rovna lichému násobku poloviny délky vlny.

III

Nyní vyšetříme skládání obou uvedených vlnění v bodě o souřadnici x , která splňuje podmínku

$x_1 < x < x_2$ (obr. 10). Pak pro výchylky jednotlivých vlnění platí



Obr. 10

$$y_1 = A \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x - x_1}{\lambda} \right),$$

$$y_2 = A \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_2 - x}{\lambda} \right).$$

Za daných předpokladů je výchylka výsledného vlnění vyjádřena opět algebraickým součtem obou výchylek

$$y = y_1 + y_2 =$$

$$= 2A \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_2 - x_1}{2\lambda} \right) \cdot \cos 2\pi \frac{x - \frac{x_1 + x_2}{2}}{\lambda}. \quad (3)$$

Poněvadž $x_2 - x_1$ jest konstantní, je činitel

$\sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_2 - x_1}{2\lambda} \right)$ na souřadnici x zvoleného bodu

nezávislý a je jen funkcí času. Činitel $\cos 2\pi \frac{x - \frac{x_1 + x_2}{2}}{\lambda}$

je na čase nezávislý a mění se se souřadnicí x , proto jej zahrneme do amplitudy. Výsledný pohyb můžeme považovat za vlnění s amplitudou

$2A \cdot \cos 2\pi \frac{x - \frac{x_1 + x_2}{2}}{\lambda}$, závislou na souřadnici x .

Amplituda dosáhne maximální hodnoty $2A$ v těch bodech, pro jejichž souřadnice x je splněna podmínka

$$\left| \cos 2\pi \frac{x - \frac{x_1 + x_2}{2}}{\lambda} \right| = 1,$$

to je

$$2\pi \frac{x - \frac{x_1 + x_2}{2}}{\lambda} = k\pi,$$

čili

$$x - \frac{x_1 + x_2}{2} = k \frac{\lambda}{2} = 2k \frac{\lambda}{4}. \quad (4)$$

Tyto body kmitají s maximální amplitudou a nazýváme je kmitny. Poloha jedné kmitny x' je určena vztahem (4); polohu nejbližší další kmitny x'' dosta-

neme, když do výrazu (4) dosadíme $k + 1$ místo k :

$$x'' - \frac{x_1 + x_2}{2} = (k + 1) \frac{\lambda}{2},$$

$$x' - \frac{x_1 + x_2}{2} = k \frac{\lambda}{2},$$

$$x'' - x' = \frac{\lambda}{2}.$$

Je tedy vzdálenost dvou sousedních kmiten $\frac{\lambda}{2}$.

Vlnění se zruší v těch bodech, pro jejichž souřadnice x je splněna podmínka

$$\cos 2\pi \frac{x - \frac{x_1 + x_2}{2}}{\lambda} = 0,$$

to je

$$2\pi \frac{x - \frac{x_1 + x_2}{2}}{\lambda} = (2k + 1) \cdot \frac{\pi}{2},$$

čili

$$x - \frac{x_1 + x_2}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda}{4}. \quad (5)$$

Z rovnice (5) se stejným způsobem jako z rovnice (4) vypočte, že vzdálenost dvou sousedních uzlů je $\frac{\lambda}{2}$.

Z rovnic (4) a (5) je vidět, že vzdálenost uzlu a sousední kmitny je $\frac{\lambda}{4}$.

Ze vztahu (3) je vidět, že všechny body mají amplitudy v mezích od 0 do $2A$.

Poněvadž znaménko výrazu $\cos 2\pi \frac{x - \frac{x_1 - x_2}{2}}{\lambda}$

se mění, když souřadnice x projde uzlem, je znaménko tohoto výrazu v úseku mezi dvěma uzly stálé. Proto všechny body mezi dvěma sousedními uzly kmitají se stejnou fází; body ve dvou sousedních polovinách vlny, vymezených uzly, kmitají s opačnou fází.

Vlnění, u něhož vznikají uzly a kmitny, nazýváme vlnění stojaté. Vlnění stojaté tedy vzniká, když proti sobě postupují v bodové řadě dvě vlnění o stejné amplitudě a stejné frekvenci.

Kategorie B

Jednoduchý pohyb kmitavý

1. Úvod

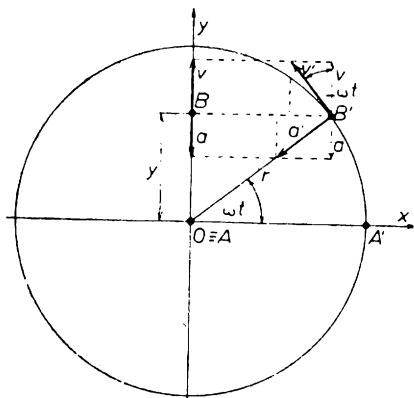
Promítáním rovnoměrného pohybu po kružnici do libovolného jejího průměru dostaneme *jednoduchý pohyb kmitavý* neboli pohyb *harmonický*.

Připomeňme si proto nejdříve základní vztahy pro rovnoměrný pohyb po kružnici. Poloměr kružnice označme r , postupnou rychlost v' , úhlovou rychlost ω ,

dostředivé zrychlení a' , oběžnou dobu T a frekvenci f . Pak platí

$$f = \frac{1}{T}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}, \quad v' = r\omega, \quad a' = r\omega^2 = \frac{v'^2}{r}.$$

Nechť kružnice se středem v počátku pravouhlé souřadnicové soustavy je dráhou rovnoměrného kruhového pohybu (obr. 11). Promítněme nyní tento



Obr. 11

rovnoměrný kruhový pohyb na osu y . Střed kružnice nazýváme rovnovážnou polohou jednoduchého kmitavého pohybu. Počáteční polohu bodu obíhajícího po kružnici zvolme na ose x v bodě A' . Průmět bodu A' na osu y je v bodě O . Za dobu t opíše průvodič r úhel ωt a pohybující se bod se dostane z polohy A' do polohy B' . Průmět bodu B' do osy y je bod B . Vzdálenost $OB = y$ nazýváme výchylkou kmi-

tavého pohybu; pro ni platí podle obr. 11

$$y = r \sin \omega t . \quad (1)$$

Největší výchylka je tedy r ; nazývá se *rozkmít* neboli *amplituda* kmitavého pohybu.

Průmět vektoru rychlosti v' pohybu po kružnici do osy y je vektor rychlosti kmitavého pohybu v . Z obr. 11 je vidět, že

$$v = v' \cos \omega t = r \omega \cos \omega t .$$

Průmět vektoru zrychlení a' do osy y dává vektor zrychlení a kmitavého pohybu. Z obr. 11 je vidět, že vektor zrychlení kmitavého pohybu má velikost $a = a' \sin \omega t$; poněvadž má opačný směr než výchylka, píšeme

$$a = -a' \sin \omega t = -r \omega^2 \sin \omega t .$$

Poněvadž $r \sin \omega t = y$, jest

$$a = -\omega^2 y . \quad (2)$$

Dostali jsme tak rovnici pro zrychlení kmitavého pohybu, kterou vyjádříme slovy: Při jednoduchém kmitavém pohybu je zrychlení přímo úměrné výchylce z rovnovážné polohy a je opačného směru než výchylka. Není tedy u harmonického pohybu zrychlení stálé, nýbrž se zvětšuje s výchylkou od rovnovážné polohy a směřuje stále k rovnovážné poloze. Význam konstanty úměrnosti $-\omega^2$ vysvětlíme později.

Pohyb z rovnovážné polohy do maximální výchylky, odtud zpět do rovnovážné polohy, pak do maximální výchylky na opačné straně a zpět do rovnovážné polohy nazýváme *kmit*. Doba potřebná k vykonání jed-

noho kmitu se nazývá *doba kmitu* T . Z obrázku a z matematického odvození je vidět, že doba kmitu T je rovna oběžné době příslušného pohybu po kružnici.

Proto kmitočet neboli frekvence $f = \frac{1}{T}$ kmitavého pohybu se rovná frekvenci příslušného pohybu po kružnici.

Poněvadž se kmitavý pohyb opakuje za dobu T a poněvadž funkce sinus se opakuje s periodou 2π , musí platit

$$y = r \sin \omega (t + T) = r \sin (\omega t + 2\pi);$$

z toho plyne, že

$$\omega T = 2\pi,$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f.$$

Tato veličina se nazývá *kruhová frekvence* kmitavého pohybu a její číselná hodnota se rovná úhlové rychlosti příslušného pohybu po kružnici. Je tedy konstanta úměrnosti v rovnici (2) druhou mocninou kruhové frekvence se záporným znaménkem.

Zjistíme-li při nějakém pohybu, že jeho zrychlení je přímo úměrné výchylce a je opačného směru než výchylka, tj. $a = -ky$, pak jde o pohyb kmitavý a konstanta úměrnosti k je rovna druhé mocnině kruhové frekvence

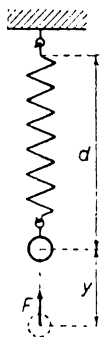
$$k = \omega^2 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2. \quad (3)$$

Z tohoto vztahu lze určit dobu kmitu kmitavého pohybu

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{k}}. \quad (4)$$

Dále si všimneme dvou důležitých jednoduchých kmitavých pohybů.

2. Pohyb tělesa zavěšeného na pružině



Obr. 12

Na pružinu délky d_0 zavěšujeme tělesa o různé hmotě m ; přitom předpokládáme, že hmota pružiny je zanedbatelná vzhledem k hmotám m . Kdyby těleso nebylo zavěšeno, padalo by volným pádem se zrychlením g , protože na ně působí jeho váha $F = mg$. Délku pružiny zatížené tělesem o hmotě m označme d (obr. 12). Shledáme, že prodloužení pružiny $d - d_0$ je přímo úměrné váze zavěšeného tělesa, a proto platí vztah

$$F = K(d - d_0).$$

Konstanta úměrnosti K se nazývá *tuhost pružiny*. Tuhost pružiny

$$K = \frac{F}{d - d_0}$$

se rovná číselně síle, která způsobuje jednotkové prodloužení pružiny. Poněvadž je při prodloužení pru-

žiny těleso v klidu (v rovnovážné poloze), působí na ně směrem dolů jeho váha a směrem vzhůru stejně velká síla pružnosti. Proto platí rovnice

$$mg = K(d - d_0).$$

Vychýlíme-li těleso z rovnovážné polohy o délku y směrem dolů (obr. 12), působí na ně směrem vzhůru, tj. opačným směrem než je směr výchylky, síla pružnosti

$$F = -Ky.$$

Tato síla udělí hmotě tělesa m podle 2. pohybového zákona zrychlení $a = \frac{F}{m}$, a proto $a = -\frac{K}{m}y$.

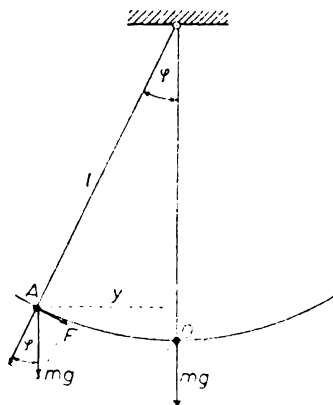
Poněvadž veličiny K i m jsou při pohybu konstantní, je zrychlení pohybu přímo úměrné výchylce a má opačný směr než výchylka. Koná tedy těleso zavěšené na pružině jednoduchý pohyb kmitavý a podle vztahu (3) platí

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{K}{m}, \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}.$$

Doba kmitu tělesa zavěšeného na pružině je tedy přímo úměrná druhé odmocnině jeho hmoty a nepřímo úměrná druhé odmocnině tuhosti pružiny.

3. Matematické kyvadlo

Matematické kyvadlo je hmotný bod zavěšený na vlákně neproměnné délky, jehož hmota je zanedbatelně malá vzhledem k hmotě bodu. V rovnovážné poloze se váha hmotného bodu ruší pevností závěsu.



Obr. 13

Vychýlíme-li kyvadlo z rovnovážné polohy o úhel φ , působí na ně svisle dolů váha mg . Váhu mg rozložíme na dvě složky, z nichž jedna má směr vlákna a druhá je k němu kolmá (obr. 13). Složka ve směru vlákna se ruší pevností závěsu a pohyb způsobuje jen druhá složka

$$F = -mg \cdot \sin \varphi ,$$

která má opačný směr než výchylka. Podle

obr. 13 je

$$\sin \varphi = \frac{y}{l} ,$$

kde y je vzdálenost vychýleného hmotného bodu od rovnovážné polohy vlákna. Síla F uděluje hmotě m zrychlení

$$a = \frac{F}{m} = -g \sin \varphi = -\frac{g}{l} y .$$

Poněvadž veličiny g a l jsou konstantní, je zrychlení přímo úměrné výchylce y a má opačný směr než výchylka. Působením této síly koná hmotný bod pohyb

kmitavý, a proto musí podle (3) platit

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{g}{l},$$
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (5)$$

Doba kmitu matematického kyvadla nezávisí na jeho hmotě.

Poněvadž zrychlení má směr síly F , tj. směr tečny kružnice, a poněvadž výchylku y měříme vzdáleností pohybujícího se bodu od vlákna v rovnovážné poloze, je pohyb matematického kyvadla jednoduchý kmitavý pohyb jen tehdy, pokud kruhový oblouk OA můžeme zaměnit polotětivou y . Volíme-li úhel φ menší než 5° , je skutečná doba kmitu nanejvýš o 0,1 % větší než doba kmitu vypočtená podle vzorce (5).

Kategorie C

Určování chyb měření fyzikálních veličin

Fyzikální veličiny měříme buď přímo nebo je určujeme výpočtem u jiných naměřených veličin. Probereme přímé měření. Naměřená hodnota veličiny se vždy o něco liší od hodnoty skutečné. Rozdíl obou hodnot nazýváme chybou měřené veličiny. Tuto chybu nemůžeme nikdy určit; naším úkolem je určit její pravděpodobnou velikost.

Chyby měření rozdělujeme na soustavné a nahodilé.

1. Chyby soustavné

Chyby soustavné vznikají buď z nedokonalosti měřicí metody nebo z chyby užitého přístroje nebo z nedokonalosti práce pozorovatelovy.

Když určujeme např. rychlost zvuku ve vzduchu měřením v trubici, dopouštíme se chyby, poněvadž předpokládáme, že rychlost zvuku uvnitř trubice je táž jako na volném prostranství; to však nesouhlasí zcela se skutečností. V tom případě jde o chybu metody. Na chyby metody usuzujeme z naměření téže veličiny různými metodami.

Chyby přístroje jsou způsobeny jeho technickou nedokonalostí. Např. teploměrná stupnice, nanesená na sklo brzy po zhotovení, se smrští a teploměr udává hodnoty vyšší. Chyby přístrojů odstraňujeme srovnáním s přístroji dokonalejšími; z tohoto srovnání si pořizujeme pro přístroj korekční tabulku, případně graf.

Osobní chyba pozorovatele se projevuje např. tím, že od sluchového nebo zrakového vjemu uplyne určitá doba do vykonání příslušného úkonu. Na osobní chyby usuzujeme z výsledků měření provedených několika pozorovateli.

Soustavné chyby bývají poměrně stálé.

2. Chyby nahodilé

Chyby nahodilé se projevují tím, že opakovaná měření se vždy od sebe poněkud liší; příčiny jejich vzniku

neznáme. Při čtení na měřítku mohou nahodilé chyby souviset např. s tím, že se nedíváme kolmo na stupnici, nebo že se během měření změnila teplota měřeného předmětu nebo měřítka. Při měření mikrometrem může vzniknout chyba tím, že šroub při jednotlivých měřeních nestejně dotáhneme. Z naměřených hodnot určujeme pravděpodobnou hodnotu měřené veličiny.

3. Určení pravděpodobné hodnoty měřené veličiny

Určení pravděpodobné hodnoty měřené veličiny vyložíme na měření mikrometrem.

Při měření délky mikrometrem sevřeme měřený předmět čelistmi mikrometru a přečteme hodnotu (na tisícinu milimetru). Měření opakujeme n -krát (např. desetkrát); přitom zjistíme, že naměřené hodnoty $x_1, x_2, \dots, x_n$ nejsou stejné. Správná hodnota x bude pravděpodobně mezi krajními naměřenými hodnotami. Správnou hodnotu x neznáme a z měření určíme nejvyšší hodnotu pravděpodobnou $\bar{x}$. Rozdíl $\bar{x} - x_k$ se nazývá odchylka měření. Předpokládáme, že kladné odchylky jsou stejně pravděpodobné jako odchylky záporné. Proto součet kladných odchylek musí být co do velikosti roven součtu záporných odchylek. Tedy součet všech odchylek musí být roven nule

$$(\bar{x} - x_1) + (\bar{x} - x_2) + \dots + (\bar{x} - x_n) = 0. \quad (1)$$

Z tohoto vypočteme pravděpodobnou hodnotu $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}.$$

Tato hodnota $\bar{x}$ je tedy *aritmetickým středem* naměřených hodnot.

Abychom nemuseli v čitateli vypisovat všechny členy, napíšeme jen jeden, který označíme x_k . Součet členů vyznačíme tím, že před x_k napíšeme velké řecké písmeno Σ (sigma). Abychom vyznačili, že index k probíhá všechna přirozená čísla od 1 do n , připišeme pod znak k = 1 a nad znak n , tedy

$$\bar{x} = \frac{\sum_{k=1}^n x_k}{n}.$$

Označme sčítance v rovnici (1) obecně $\bar{x} - x_k = \Delta_k$.

Střední odchylku jednotlivého měření nemůžeme počítat jako aritmetický střed jednotlivých odchylek, poněvadž jejich součet je nulový. Proto vypočteme součet druhých mocnin odchylek

$$\sum_{k=1}^n \Delta_k^2 = (\bar{x} - x_1)^2 + (\bar{x} - x_2)^2 + \dots + (\bar{x} - x_n)^2,$$

který budeme značit prostě $\Sigma \Delta^2$.

Každé měření je zatíženo nějakou chybou. Pro nás je důležité, jakou chybou je zatížen aritmetický střed naměřených hodnot. Počtem pravděpodobnosti se odvodí, že tato chyba — říkáme jí *střední chyba arit-*

metického středu — je dána vztahem

$$\bar{\delta} = \pm \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{n(n-1)}}.$$

Odvození $\bar{\delta}$ pro obtížnost neprovádíme.

Poněvadž hledaná veličina může být až o $\bar{\delta}$ větší nebo menší než aritmetický střed $\bar{x}$, připisujeme k $\bar{\delta}$ znaménko $\pm$; hledaná veličina $x = \bar{x} \pm \bar{\delta}$ je tedy v mezích

$$\bar{x} - \bar{\delta} \leq x \leq \bar{x} + \bar{\delta}.$$

Střední chybu aritmetického středu $\bar{\delta}$ počítáme jen na jedno místo. Aritmetický střed, k němuž tato chyba přísluší, píšeme jen po to místo, které je postiženo chybou; další místa vynecháme. Když např. $\bar{x} = 3,854\ 27\text{ cm}$, $\bar{\delta} = \pm 0,002\text{ cm}$, píšeme $x = 3,854\text{ cm} \pm 0,002\text{ cm}$. Naopak, vypočteme-li $\bar{\delta} = \pm 0,01\text{ cm}$ a má-li aritmetický střed $\bar{x}$ měřené délky přesně 20 cm , musíme psát $x = 20,00\text{ cm} \pm \pm 0,01\text{ cm}$.

Při zpracování naměřených hodnot postupujeme takto:

1. Určíme aritmetický střed $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k$.
2. Určíme všechny odchylky $\Delta_k = \bar{x} - x_k$.
3. Pro kontrolu výpočtů v bodě 1 a 2 odchylky sečteme (při správném výpočtu musí platit $\sum_{k=1}^n \Delta_k = 0$).

4. Určíme příslušná Δ_k^2 .
5. Určíme $\Sigma \Delta^2$.
6. Vypočteme střední chybu aritmetického středu podle vzorce

$$\bar{\delta} = \pm \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{n(n-1)}}.$$

7. Výsledek napíšeme ve tvaru $x = \bar{x} \pm \bar{\delta}$.

4. Stanovení chyby měření z kladných odchylek

Uvedený způsob výpočtu chyb lze nahradit jednodušším způsobem, u něhož použijeme jen součtu kladných odchylek $\Sigma \Delta_+$. Pak dostáváme pro střední chybu aritmetického středu (uvádíme bez odvození)

$$\bar{\delta} = \pm \frac{5 \Sigma \Delta_+}{2 n \sqrt{n-1}}.$$

Výsledky obou způsobů výpočtu se liší od sebe jen nepatrně.

Při tomto způsobu zpracování naměřených hodnot postupujeme takto:

1. Určíme aritmetický střed $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k$.
2. Určíme všechny kladné odchylky $\Delta_{k+} = \bar{x} - x_k$.
3. Sečteme tyto kladné odchylky $\Sigma \Delta_+$.
4. Vypočteme střední chybu aritmetického středu podle uvedeného vzorce.

5. Výsledek napíšeme ve tvaru $x = \bar{x} \pm \bar{\delta}$.

5. Příklad na výpočet chyby měřené veličiny

Dotykovým měřítkem byla měřena délka válečku d desetkrát. Měření a výpočet výsledku napíšeme takto:

d_k cm	Δ_k cm	Δ_k^2 cm ²
5,39	− 0,003	0,000 009
5,37	+ 0,017	0,000 289
5,41	− 0,023	0,000 529
5,40	− 0,013	0,000 169
5,39	− 0,003	0,000 009
5,38	+ 0,007	0,000 049
5,39	− 0,003	0,000 009
5,38	+ 0,007	0,000 049
5,37	+ 0,017	0,000 289
5,39	− 0,003	0,000 009
$\bar{d} = 5,387$	$+ 0,048$ $- 0,048$ $\Sigma \Delta_k = 0$	$\Sigma \Delta_k^2 = 0,001 410$

$$\begin{aligned}
 \bar{\delta} &= \pm \sqrt{\frac{0,001 410}{90}} \text{ cm} = \pm \sqrt{0,000 016} \text{ cm} = \\
 &= \pm 0,004 \text{ cm}, \\
 d &= 5,387 \text{ cm} \pm 0,004 \text{ cm} .
 \end{aligned}$$

Je tedy d v mezích

$$5,383 \text{ cm} \leq d \leq 5,391 \text{ cm}.$$

Použijeme-li pro výpočet jen kladných odchylek, dostáváme

$$\bar{\delta} = \pm \frac{1}{12} 0,048 \text{ cm} = \pm 0,004 \text{ cm}.$$

6. Chyba absolutní a relativní

Chybu vypočtenou v předcházejícím odstavci nazýváme *chybou absolutní*. K posouzení měření má větší význam *chyba relativní*, tj. poměr absolutní chyby $\bar{\delta}$ a veličiny $\bar{x}$. Relativní chybu r vyjadřujeme obvykle v procentech, $r = \frac{\bar{\delta} \cdot 100}{\bar{x}}$. Např. pro

$a = 58,2 \text{ m} \pm 0,4 \text{ m}$ je relativní chyba $r = \frac{0,4 \cdot 100}{58,2} = 0,7 \%$ (menší než 1 %); pro $b = 0,019 \text{ mm} \pm \pm 0,002 \text{ mm}$ je relativní chyba

$$r = \frac{0,002 \cdot 100}{0,019} = 10,5 \% \text{ (větší než } 10 \%).$$

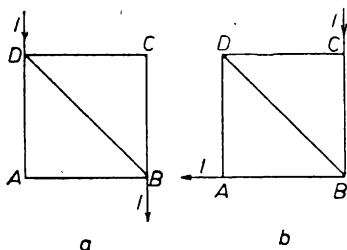
Relativní chyby ukazují, že první měření bylo přesnější než druhé, ačkoliv v prvním případě je absolutní chyba 40 cm a v druhém jen 0,002 mm. Snažíme se vždy měřit tak, aby relativní chyba byla menší než 1 %. U přesných měření žádáme, aby klesla pod 0,1 %, případně na hodnotu menší.

7. ÚLOHY DRUHÉHO KOLA SOUTĚŽE A JEJICH ŘEŠENÍ

Kategorie A

1. Jak veliký odpor R klade stejnosměrnému proudu drátěná čtvercová síť s jednou úhlopříčkou, jestliže proud prochází

- a) od vrcholu D k B (viz. obr. 14a),
- b) od vrcholu C k A (viz. obr. 14b).



Obr. 14

Jak velké proudy tekou v druhém případě ve větvích CDA , CBA , DB , jestliže celkový proud, vtékající v bodě C , má hodnotu $I = 1\text{ A}$? Dána strana čtverce

$a = 1,5 \text{ m}$, průřez drátu je $S = 0,5 \text{ mm}^2$, jeho měrný odpor je $\rho = 1,0 \Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1}$. Řešte nejprve obecně!

Řešení: Každá strana čtverce klade proudy ohmický odpor $r_1 = \frac{a\rho}{S}$, úhlopříčka má odpor

$$r_2 = \frac{a\rho\sqrt{2}}{S} = r_1 \sqrt{2}.$$

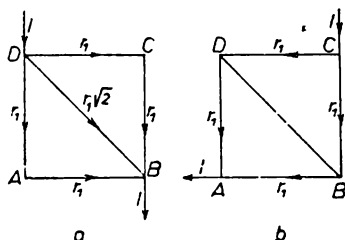
Ve všech větvích DCB , DAB , CDA , CBA je stejný odpor r_3 , který má velikost $r_3 = 2 r_1$.

a) Pro celkový odpor R_1 sítě platí (obr. 15a)

$$\frac{1}{R_1} = \frac{2}{r_3} + \frac{1}{r_2} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_1\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2} + 1}{r_1\sqrt{2}}$$

a odtud

$$R_1 = r_1(2 - \sqrt{2}).$$



Obr. 15

Po dosazení číselných hodnot dostaneme $r_1 = 3\Omega$, $R_1 = 1,76\Omega$.

b) Strany CD a CB sítě kladou proudy stejný ohmický odpor. Proto je na straně CD stejný úbytek napětí jako na straně CB . Vrcholy D , B mají tedy stejný potenciál. Větvi DB neteče žádný proud. Pro celkový ohmický odpor R_2 sítě v tomto případě platí (obr. 15b)

$$\frac{1}{R_2} = \frac{2}{r_3} = \frac{1}{r_1}, \text{ tj. } R_2 = r_1 = 3\Omega.$$

Větvi DB proud neprotéká, větvemi CDA a CBA protékají stejně velké proudy I' , neboť ohmický odpor obou větví je stejný. Z Kirchhoffova zákona je

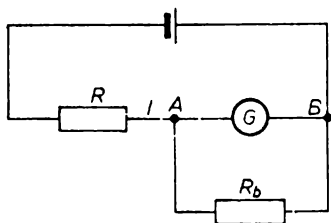
$$I' = \frac{I}{2} = 0,5 \text{ A}.$$

2. Demonstrační galvanometr má na stupnici nulu uprostřed a stupnice má vpravo a vlevo od nuly po dvaceti dílcích. U dvacátého dílku jsou připsány hodnoty 2 mA; 150 mV.

a) Jaký je odpor přístroje? b) Jak velikého odporu použijete a jak jej zařadíte, aby se měřicí rozsah stupnice zvýšil na $I = 1 \text{ A}$; $U = 10 \text{ V}$? Zobrazte zapojení přístroje do obvodu, použijete-li ho jako ampérmetru v rozsahu 2 mA a 1 A a použijete-li ho jako voltmetru v rozsahu 150 mV a 10 V. c) Jakým hodnotám proudu nebo napětí odpovídá 1 dílek stupnice ve všech čtyřech případech použití?

Řešení: Galvanometr má bez předřazeného odporu rozsah $U_0 = 150 \text{ mV} = 1,5 \cdot 10^{-1} \text{ V}$, užíváme-li ho jako voltmetru, bez bočníku má rozsah $I_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ A}$, jestliže ho užíváme jako ampérmetru.

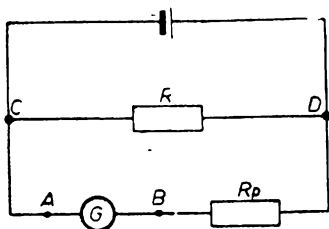
a) Odpor galvanometru je $R_G = \frac{U_0}{I_0} = 75 \Omega$.



Obr. 16a

veliký, aby galvanometrem procházel proud $I_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ A}$, jestliže obvodem protéká proud $I = 1 \text{ A}$. Bočником potom protéká proud $I' = I - I_0$. Na svorkách A, B galvanometru i bočniku je stejné napětí $U = R_G I_0 = R_b I'$. Je tedy

$$R_b = \frac{R_G I_0}{I - I_0} = \frac{U_0}{I - I_0} = \frac{1,5 \cdot 10^{-1}}{1 - 0,002} \Omega \doteq 0,15 \Omega.$$



Obr. 16b

b) Má-li se zvýšit rozsah stupnice na $I = 1 \text{ A}$, použijeme bočniku o odporu R_b , který zařadíme paralelně ke svorkám galvanometru podle obrázku 16a. Odpor bočniku musí být vzhledem k odporu R_G tak

Má-li se zvýšit rozsah stupnice na $U = 10 \text{ V}$, připojíme ke spotřebiči R do paralelní větve galvanometr se sériově zařazeným odporem R_p podle obrázku 16b. Odpor R_p musí být tak veliký, aby na svorkách A, B galvanomet-

ru bylo napětí $U_0 = 1,5 \cdot 10^{-1} \text{ V}$, je-li na svorkách CD spotřebiče napětí $U = 10 \text{ V}$. Na svorkách B, D odporu R_p musí být tedy napětí $U' = U - U_0$. Pak platí

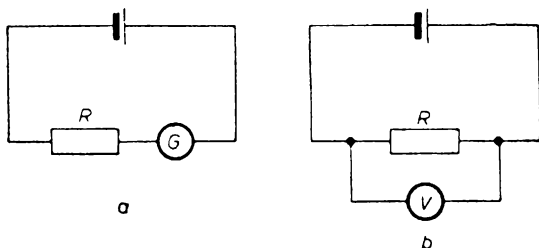
$$\frac{R_p}{R_G} = \frac{U - U_0}{U_0} = \frac{U}{U_0} - 1.$$

Odtud

$$R_p = R_G \left(\frac{U}{U_0} - 1 \right) = 75 \left(\frac{10}{1,5 \cdot 10^{-1}} - 1 \right) = 4925 \, \Omega$$

$$R_p = 4925 \, \Omega.$$

Zapojení přístroje do obvodu při měření proudu v rozsahu do $I = 1 \text{ A}$ a napětí v rozsahu $U = 10 \text{ V}$ je znázorněno na obrázcích 16a, b. Použití přístroje jako ampérmetru v rozsahu $I_0 = 2 \text{ mA}$ a jako voltmetru v rozsahu $U_0 = 150 \text{ mV}$ je znázorněno na obrázcích 17a, b.



Obr. 17

c) Jeden dílek stupnice odpovídá při měření proudu v rozsahu $I_0 = 2 \text{ mA}$ hodnotě $\frac{I_0}{20} = 0,1 \text{ mA}$; v roz-

sahu $I = 1 \text{ A}$ hodnotě $\frac{I}{20} = 50 \text{ mA}$. Při použití přístroje jako voltmetru v rozsahu $U_0 = 150 \text{ mA}$ odpovídá jeden dílek stupnice hodnotě $\frac{U_0}{20} = 7,5 \text{ mV}$; v rozsahu $U = 10 \text{ V}$ hodnotě $\frac{U}{20} = 0,5 \text{ V}$.

3. Jeden kondenzátor kapacity $C_1 = 100 \cdot 10^{-12} \text{ F}$ je nabit nábojem $Q_1 = 30 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, druhý o kapacitě $C_2 = 50 \cdot 10^{-12} \text{ F}$ má náboj $Q_2 = 80 \cdot 10^{-8} \text{ C}$.

a) Jak veliké je napětí na každém z nich? b) Spojíme-li záporně nabitě polepy obou kondenzátorů vodivě, stav se nezmění. Proč? c) Spojíme-li vodivě ještě také kladné polepy, vznikne nový kondenzátor. Určete jeho kapacitu, napětí mezi polepy a náboj na každém dílčím kondenzátoru!

Řešení: a) Napětí na prvním kondenzátoru označme U_1 , na druhém U_2 . Pak je

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{30 \cdot 10^{-8}}{100 \cdot 10^{-12}} \text{ V} = 3 \cdot 10^3 \text{ V};$$

$$U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{80 \cdot 10^{-8}}{50 \cdot 10^{-12}} \text{ V} = 1,6 \cdot 10^4 \text{ V};$$

b) Náboje na kondenzátorech se nezmění, protože náboje na záporně nabitých polepech jsou vázány náboji na polepech kladně nabitých.

c) Vodivým spojením kladných polepů kondenzátorů se potenciály obou polepů vyrovnají, podobně i potenciály záporných polepů se vyrovnají, napětí

obou kondenzátorů jsou proto stejná. Na kondenzátoru o kapacitě C_1 bude náboj Q'_1 , na kondenzátoru o kapacitě C_2 náboj Q'_2 .

Platí $U_1 = U_2$, tj. $\frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2}$. Tedy

$$Q'_1 = Q'_2 \frac{C_1}{C_2} \quad (1)$$

a zároveň

$$Q'_1 + Q'_2 = Q_1 + Q_2. \quad (2)$$

Dosadíme-li z rovnice (1) do rovnice (2), dostaneme

$$Q'_2 \frac{C_1}{C_2} + Q'_2 = Q_1 + Q_2; Q'_2 \frac{C_1 + C_2}{C_2} = Q_1 + Q_2$$

a odtud

$$Q'_2 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} (Q_1 + Q_2).$$

Dosadíme-li za Q'_2 do rovnice (1), dostaneme po úpravě

$$Q'_1 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} (Q_1 + Q_2).$$

Číselný výpočet:

$$Q'_1 = \frac{100 \cdot 10^{-12}}{150 \cdot 10^{-12}} \cdot 110 \cdot 10^{-8} \text{ C} \doteq 73,3 \cdot 10^{-8} \text{ C},$$

$$Q'_2 = \frac{50 \cdot 10^{-12}}{150 \cdot 10^{-12}} \cdot 110 \cdot 10^{-8} \text{ C} \doteq 36,7 \cdot 10^{-8} \text{ C}.$$

Kapacita C baterie bude mít hodnotu $C = C_1 + C_2 =$

$= 150 \cdot 10^{-12} = 150 \text{ pF}$. Napětí U baterie bude stejné jako napětí jednoho kondenzátoru $U = \frac{Q'_1}{C_1}$. Číselně

$$U = \frac{73,3 \cdot 10^{-8}}{100 \cdot 10^{-12}} \text{ V} = 73,3 \cdot 10^2 \text{ V} = 7,33 \text{ kV}.$$

4. Ze dvou bodů řady bodové ve vzdálenostech x_1 a x_2 od počátku řady (měřeno v metrech; $x_2 > x_1$) se šíří vlnění o době kmitu $T = 0,04 \text{ s}$ s amplitudou $r = 5 \text{ cm}$ rychlostí $v = 300 \text{ m/s}$.

a) Vyjádřete rovnice obou vlnění pro body x , pro něž platí:

$$\alpha) x_1 < x < x_2; \quad \beta) x > x_2.$$

b) Určete rovnici výsledného vlnění, které vznikne složením obou vlnění v případě α) a v případě β) a charakterizujte je!

c) Pro $x_1 = 10 \text{ m}$, $x = 28 \text{ m}$ určete polohu uzlů a kmiten pro výsledné vlnění v případě α). Určete velikost amplitudy v kmitnách a v bodě $x = 21 \text{ m}$. Jaká je amplituda výsledného vlnění v případě β)?

Řešení: $T = 0,04 \text{ s}$, $A = 5 \text{ cm}$, $v = 300 \text{ m/s}$,
 $\lambda = vT = 300 \cdot 0,04 \text{ m} = 12 \text{ m}$.

a/ $\alpha) x_1 < x < x_2$:

$$y_1 = 5 \sin 2\pi \left(25 t - \frac{x - x_1}{12} \right) \text{ cm},$$

$$y_2 = 5 \sin 2\pi \left(25 t - \frac{x_2 - x}{12} \right) \text{ cm},$$

$\beta) x > x_2:$

$$y_1 = 5 \sin 2\pi \left(25 t - \frac{x - x_1}{12} \right) \text{ cm} ,$$

$$y_2 = 5 \sin 2\pi \left(25 t - \frac{x - x_2}{12} \right) \text{ cm} ;$$

b/ α)

$$y = |y_1 + y_2| = 10 \sin 2\pi \left(25 t - \frac{x - x_1}{24} \right) \cdot \cos \frac{\pi}{6} \left(\frac{x_1 + x_2}{2} - x \right) \text{ cm} .$$

Výsledný pohyb je vlnění stojaté o amplitudě

$$A = 10 \cos \frac{\pi}{6} \left(x - \frac{x_1 + x_2}{2} \right) \text{ cm}$$

závislé na souřadnici x . Amplituda dosáhne maximální hodnoty $A_{\max} = 10 \text{ cm}$ (kmitny) v bodech o souřadnicích x , pro něž platí

$$\left| \cos \frac{\pi}{6} \left(x - \frac{x_1 + x_2}{2} \right) \right| = 1 ,$$

$$\frac{\pi}{6} \left(x - \frac{x_1 + x_2}{2} \right) = k\pi , \quad x = 6k + \frac{x_1 + x_2}{2} .$$

Amplituda je nulová (uzly) v bodech o souřadnicích x , pro které platí

$$\cos \frac{\pi}{6} \left(x - \frac{x_1 + x_2}{2} \right) = 0 ,$$

$$\frac{\pi}{6} \left(x - \frac{x_1 + x_2}{2} \right) = (2k + 1) \frac{\pi}{2}$$

$$x = 3(2k + 1) + \frac{x_1 + x_2}{2}, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\begin{aligned} \beta) \quad y = y_1 + y_2 = 10 \sin 2\pi \left(25t - \frac{x - \frac{x_1 + x_2}{2}}{12} \right) \\ \cdot \cos \pi \frac{x_2 - x_1}{12}. \end{aligned}$$

Výsledný pohyb je vlnění postupné o stálé amplitudě

$$A = 10 \cos \pi \frac{x_2 - x_1}{12} \text{ cm}$$

nezávislé na poloze bodu.

V případě α) i β) je stejná doba kmitu $T = 0,04$ s a stejná délka vlny.

c/ α) $x_1 = 10$ m, $x_2 = 28$ m; pro $10 < x < 28$ jsou možné tyto polohy

kmiten:

uzlů:

pro $k = 0$ je

$$x = \frac{x_1 + x_2}{2} = 19 \text{ m}, \quad x = (3 + 19) \text{ m} = 22 \text{ m},$$

pro $k = 1$ je

$$x = (6 + 19) \text{ m} = 25 \text{ m} \quad x = (-3 + 19) \text{ m} = 16 \text{ m}$$

pro $k = -1$ je

$$x = (-6 + 19) \text{ m} = 13 \text{ m}$$

Velikost amplitudy v kmitnách $A_{\max} = 10 \text{ cm}$.

Velikost amplitudy v bodě o souřadnici $x = 21 \text{ m}$ je

$$A = 10 \cos \frac{\pi}{6} (21 - 19) [\text{cm}] = 10 \cos \frac{\pi}{3} [\text{cm}] = 5 \text{ cm}.$$

β) Amplituda výsledného vlnění v tomto případě je

$$A = 10 \cos \frac{3\pi}{2} = 0.$$

Pro $x_1 = 10 \text{ m}$ a $x_2 = 28 \text{ m}$ se obě vlnění navzájem ruší.

Kategorie B

1. Na pružinu z ocelového drátu zavěsíme závaží o hmotě 1 kg ; pružina se prodlouží o 6 cm a ustálí se v rovnovážné poloze. Protáhneme-li ji z rovnovážné polohy o 2 cm a uvolníme, začne závaží kmitat kolem rovnovážné polohy. Určete rozkmit r , dobu kmitu T , kmitočet f a rychlost v , s kterou závaží prochází rovnovážnou polohou. Napište rovnici výchylky v závislosti na čase, začneme-li měřit čas od okamžiku, kdy závaží prochází rovnovážnou polohou. Narýsujte na milimetrový papír časový průběh výchylky pohybu aspoň pro jednu periodu. (Na časové ose zvolte pro dobu kmitu T délku 160 mm ; pro sestrojení okamžitých

výchylek použijte rovnoměrného pohybu kruhového, který promítněte do svislého průměru. Hmotu pružiny je zanedbatelná vzhledem k hmotě závaží.)

Řešení: $r = 2 \text{ cm}$; $d = 6 \text{ cm} = 0,06 \text{ m}$; $m = 1 \text{ kg}$,

$$K = \frac{F}{d} = \frac{mg}{d} = \frac{9,81 \text{ N}}{0,06 \text{ m}} ;$$

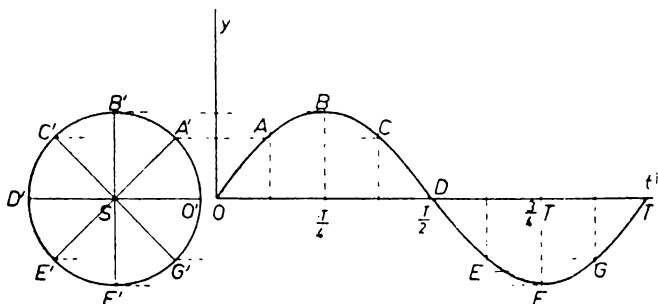
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} = 2\pi \sqrt{\frac{0,06}{9,81}} \text{ s} \doteq 0,5 \text{ s}; f = \frac{1}{T} \doteq 2 \text{ s}^{-1};$$

$$v = 2\pi r f = 2\pi \cdot 0,02 \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{9,81}{0,06}} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

$$y = r \sin \omega t = r \sin 2\pi f t .$$

Po dosazení $y = 2 \sin 4\pi t [\text{cm}]$.

Pohyb závaží je harmonický. Časový průběh výchylky pohybu pro jednu periodu sestojíme tak, že promítáme bod, konající rovnoměrný pohyb po kružnici do (svislého) průměru kružnice (obr. 18).



Obr. 18

2. Do nádoby nalijeme rtuť (hustota $\rho_1 = 13600 \text{ kg/m}^3$) a vodu (hustota $\rho_2 = 1000 \text{ kg/m}^3$). Kvádr z stejnorodého materiálu o rozměrech a, b, c , ($a > b > c$) plove na rtuti tak, že jeho největší stěna je vodorovná a kvádr je ponořen do rtuti $\frac{1}{n}$ své výšky. Zbytek jeho objemu je ponořen ve vodě.

a) Kvádr v kapalinách je v klidu, to znamená, že síly, které na něj působí, jsou v rovnováze. Vyjádřete tuto rovnováhu sil.

b) Určete hustotu kvádrů. Řešte obecně a pro $n = \frac{37}{20}$.

Řešení: Označme S největší stěnu kvádrů, $S = ab$; pak výška kvádrů je c . Spodní podstava je ponořena v hloubce $\frac{c}{n}$ ve rtuti, horní podstava v hloubce h_1 ve vodě.

a) Na kvádr v kapalinách působí tyto síly: v těžišti tělesa působí jeho váha $G = Sc\rho g$ ve směru dolů, na spodní podstavu ponořenou do rtuti celková tlaková síla

$$F_1 = S \left[\frac{c}{n} \rho_1 + \left(h_1 + \frac{c(n-1)}{n} \right) \rho_2 \right] g \text{ ve směru}$$

vzhůru, na horní podstavu ponořenou ve vodě působí celková tlaková síla

$$F_2 = Sh_1 \rho_2 g \text{ ve směru dolů.}$$

Poněvadž těleso i kapaliny jsou stejnorodé, působí

všechny tři síly v téže přímce. Tlakové síly, kterými působí kapaliny na svislé stěny kvádru, se navzájem ruší. Rovnováha sil je vyjádřena rovnicí:

$$G = F_1 - F_2;$$

po úpravě dostaneme

$$Sc\rho g = S \frac{c}{n} \rho_1 g + S \frac{c(n-1)}{n} \rho_2 g,$$

$$n\rho = \rho_1 + (n-1)\rho_2.$$

b) Úpravou z předešlé rovnice dostaneme

$$\rho = \frac{\rho_1 + (n-1)\rho_2}{n}.$$

$$\text{Po dosazení } \rho = \frac{13\,600 + \frac{17}{20} \cdot 1000}{\frac{37}{20}} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 7810 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Kvádr je ze železa hustoty 7810 kg/m^3 .

3. Ocelový výkovek o hmotě 100 kg , zahřátý na teplotu 680°C , je ponořen do nádrže se 70 litry vody o teplotě 25°C . Kolik vody se přemění v páru, když dosáhla voda teploty varu? Měrné teplo oceli je $c = 0,11 \text{ kcal/kg deg}$; skupenské teplo varu vody $l = 540 \text{ kcal/kg}$. Tepelnou kapacitu nádoby a ztráty tepla do okolí zanedbejte!

Řešení: Počáteční hmota vody $m_1 = 70 \text{ kg}$, počáteční teplota vody $t_1 = 25^\circ \text{C}$, $c_1 = 1 \text{ kcal/kg deg}$, hmota výkovku $m_2 = 100 \text{ kg}$, počáteční teplota vý-

kovku $t_2 = 680^\circ \text{C}$, $c_2 = 0,11 \text{ kcal/kg deg}$, hmota vypařené vody je m , výsledná teplota $t = 100^\circ \text{C}$.

Podle kalorimetrické rovnice platí

$$m_1 c_1 (t - t_1) + ml = m_2 c_2 (t_2 - t);$$

$$m = \frac{m_2 c_2 (t_2 - t) - m_1 c_1 (t - t_1)}{l},$$

$$m = \frac{100 \cdot 0,11 \cdot 580 - 70 \cdot 1 \cdot 75}{540} \text{ kg} = 2,1 \text{ kg}.$$

Když voda dosáhla teploty varu, přemění se v páru 2,1 kg vody.

4. Kolik litrů benzínu se spotřebuje v motoru osobního automobilu při středním výkonu $P = 30 \text{ k}$ a střední rychlosti $v = 60 \text{ km/h}$ na dráze $s = 380 \text{ km}$? Účinnost motoru je $\eta = 30 \%$, výhřevnost benzínu $H = 10\,200 \text{ kcal/kg}$, hustota benzínu je $\rho = 770 \text{ kg/m}^3$ ($1 \text{ kcal} = 4187 \text{ J}$).

Řešení:

$$P = 30 \text{ k} = 30 \cdot 75 \cdot 9,81 \text{ W} \doteq 2,20 \cdot 10^4 \text{ W},$$

$$v = 60 \text{ km/h} \doteq 16,7 \text{ m/s},$$

$$s = 380 \text{ km} = 3,8 \cdot 10^5 \text{ m},$$

$$H = 1,02 \cdot 10^4 \text{ kcal/kg} = 1,02 \cdot 10^4 \cdot 4187 \text{ J/kg} \doteq 4,27 \cdot 10^7 \text{ J/kg}.$$

Na dráze s vykoná tažná síla motoru práci

$$A = P \cdot \frac{s}{v}$$

a motor spotřebuje energii

$$W = \frac{A}{\eta} = \frac{P \cdot s}{v \cdot \eta}.$$

K tomu se spotřebuje m kg benzínu

$$m = \frac{W}{H} = \frac{P \cdot s}{v \cdot \eta \cdot H}$$

$$\begin{aligned} \text{Určení rozměru: } [m] &= \frac{[W] \cdot [m]}{\left[\frac{m}{s}\right] \cdot \left[\frac{J}{kg}\right]} = \frac{\left[\frac{J}{s}\right] \cdot [kg]}{\left[\frac{J}{s}\right]} = \\ &= [kg] \end{aligned}$$

$$m = \frac{2,20 \cdot 10^4 \cdot 3,8 \cdot 10^5}{16,7 \cdot 0,3 \cdot 4,27 \cdot 10^7} \text{ kg} \doteq 39 \text{ kg}$$

Objem benzínu je

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{39}{770} \text{ m}^3 = 0,051 \text{ m}^3 = 51 \text{ litrů}$$

Motor automobilu spotřebuje 51 litrů benzínu na dráze 380 km.

Kategorie C

1. Určete pravděpodobnou velikost výšky válečku z deseti měření mikrometrem. Vypočítejte absolutní a relativní chybu měření.

2. Na automobil o hmotě 1 t působí při jízdě síla tření rovná 0,1 jeho váhy. Jaká je tažná síla motoru:

a) při rovnoměrném pohybu automobilu po vodorovné dráze;

b) při rovnoměrně zrychleném pohybu se zrychlením 2 m/s^2 po vodorovné dráze;

c) při rovnoměrném pohybu do kopce se stoupáním 1 m na 25 m dráhy;

d) při rovnoměrném pohybu s téhož kopce?

Předpokládáme, že ve všech případech je síla tření stejná.

Řešení: Ve všech případech síla tření $T = 0,1 \cdot 1000 \text{ kp} = 100 \text{ kp} = 981 \text{ N}$.

a) Tažná síla motoru F přemáhá jen tření; $F = T = 100 \text{ kp} = 981 \text{ N}$.

b) Tažná síla motoru přemáhá tření T a uděluje automobilu zrychlení a , $F = T + m a$, při čemž $m = 1000 \text{ kg}$, $a = 2 \text{ m/s}^2$; $F = (981 + 2000) \text{ N} = 2981 \text{ N}$.

c) Tažná síla motoru přemáhá tření T a složku F' váhy automobilu rovnoběžnou s dráhou; $F = T + F' = \left(981 + 1000 \cdot 9,81 \cdot \frac{1}{25} \right) \text{ N} = 1373,40 \text{ N}$.

d) Síla F' je v tomto případě souhlasného směru s tažnou silou F ; $F = T - F' = (981 - 392,4) \text{ N} = 588,6 \text{ N}$.

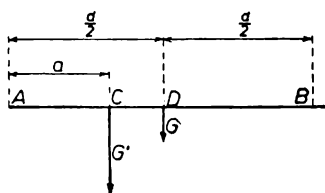
3. Nosník o váze 400 kp a délce $d = 3,8 \text{ m}$ je podepřen ve vodorovné poloze na dvou oporách. Ve

vzdálenosti $a = 1,2 \text{ m}$ od jednoho konce je nosník zatížen břemenem 1000 kp (obr. 19).

¶ a) Jak veliké síly působí na opory na koncích nosníku?

b) Jak veliké síly působí na opory vzdálené o $b = 0,5 \text{ m}$ od konců nosníku?

c) Ve kterých bodech musí být nosník podepřen, aby na obě opory působily stejné síly?



Obr. 19

Řešení: Váha nosníku $G = 400 \text{ kp}$ působí v bodě D , břemeno $G' = 1000 \text{ kp}$ působí v bodě C .

a) Jsou-li opory v koncových bodech A, B (obr. 19), rozloží se váha G na dvě stejné složky

$\frac{G}{2}$; břemeno G' se rozloží na dvě složky F_1 a F_2 ,

pro něž platí

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d - a}{a},$$

$$F_1 + F_2 = G'.$$

Řešením této soustavy rovnic dostaneme

$$F_1 = G' \frac{d - a}{d}, \quad F_2 = G' \frac{a}{d}.$$

Po dosazení číselných hodnot vychází

$$F_1 = 1000 \cdot \frac{3,8 - 1,2}{3,8} \text{ kp} \doteq 684 \text{ kp} ,$$

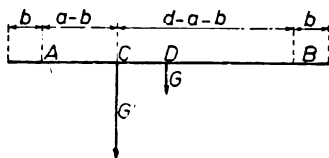
$$F_2 = 1000 \cdot \frac{1,2}{3,8} \text{ kp} \doteq 316 \text{ kp} .$$

V bodě A působí síla $F_A = F_1 + \frac{G}{2} =$
 $= (684 + 200) \text{ kp} = 884 \text{ kp} .$

V bodě B působí síla $F_B = F_2 + \frac{G}{2} =$
 $= (316 + 200) \text{ kp} = 516 \text{ kp} .$

b) Jsou-li opory v bodech A, B ve vzdálenosti $b = 0,5 \text{ m}$ od konců nosníků (obr. 20), rozloží se síla G' na dvě složky F_1, F_2 , pro něž platí

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d - a - b}{a - b} ,$$



Obr. 20

$$F_1 + F_2 = G' .$$

Řešením této soustavy rovnic dostaneme

$$F_1 = G' \frac{d - a - b}{d - 2b} ,$$

$$F_2 = G' \frac{a - b}{d - 2b} .$$

Po dosazení číselných hodnot vychází

$$F_1 = 1000 \cdot \frac{3,8 - 1,2 - 0,5}{3,8 - 1} \text{ kp} = 750 \text{ kp} ,$$

$$F_2 = 1000 \cdot \frac{1,2 - 0,5}{3,8 - 1} \text{ kp} = 250 \text{ kp} .$$

V bodě A působí síla $F_A = F_1 + \frac{G}{2} =$
 $= (750 + 200) \text{ kp} = 950 \text{ kp} .$

V bodě B působí síla $F_B = F_2 + \frac{G}{2} =$
 $(250 + 200) \text{ kp} = 450 \text{ kp} .$

c) V bodě C působí na nosník síla G' , v bodě D síla G . Jejich výslednice působí v bodě X (obr. 21). Vzdálenost bodů C a X označme x , vzdálenost bodů D a X označme y . Pak platí vztahy

$$\frac{x}{y} = \frac{G}{G'} ,$$

$$x + y = \frac{d}{2} - a .$$

Řešením této soustavy rovnic dostaneme

$$x = \frac{G}{G + G'} \cdot \frac{d - 2a}{2} ,$$

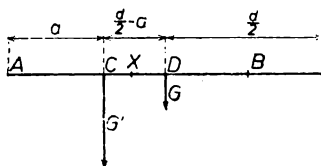
$$y = \frac{G'}{G + G'} \cdot \frac{d - 2a}{2} .$$

Po dosazení číselných hodnot vychází

$$x = \frac{400}{1400} \cdot \frac{3,8 - 2,4}{2} \text{ m} = 0,2 \text{ m} ,$$

$$y = \frac{1000}{1400} \cdot \frac{3,8 - 2,4}{2} \text{ m} = 0,5 \text{ m} .$$

V bodě X působí výsledná síla 1400 kp; umístíme-li opory nosníku ve dvou různých bodech A, B stejně vzdálených od bodu X (obr. 21), budou na ně působit zřejmě stejné síly.



Obr. 21

4. V řece proudící v celé šíři rychlostí v byly vytyčeny pevné body A, B, C ; $AB = AC = d$. Dráha AB je ve směru proudu, dráha AC je kolmá na směr proudu. Určete doby, které potřebuje motorový člun, pohybující se stálou vlastní rychlostí c , aby

- vykonal dráhu z bodu A do bodu B a zpět do A ;
- vykonal dráhu z bodu A do C a zpět do A .

Kdyby byly dráhy AB a AC stanoveny jako závodní dráhy pro dva kanoisty se startem a cílem v bodě A , byly by podmínky závodu spravedlivé?

Řešení: Aby úloha byla reálná, musíme předpokládat, že platí $c > v$.

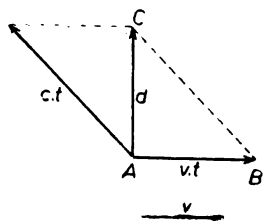
- Nechť je t_1 čas potřebný pro vykonání dráhy z A

do B po proudu a t_2 čas potřebný pro vykonání dráhy z B do A proti proudu.

$$t_1 = \frac{d}{c + v}, \quad t_2 = \frac{d}{c - v}.$$

Celkový čas pro vykonání dráhy z A do B a zpět do A je

$$t_1 + t_2 = d \left(\frac{1}{c + v} + \frac{1}{c - v} \right) = \frac{2cd}{c^2 - v^2}.$$



Obr. 22

b) Pro vykonání dráhy z A do C je třeba stejný čas, jako pro vykonání dráhy z C do A ; označme celkový čas $2t$. Podle obr. 22 platí

$$d = t \sqrt{c^2 - v^2},$$

$$2t = \frac{2d}{\sqrt{c^2 - v^2}};$$

abychom posoudili, zda jsou podmínky závodu spravedlivé, musíme porovnat doby $t_1 + t_2$ a $2t$, tj. výrazy

$$\frac{2cd}{c^2 - v^2} \text{ a } \frac{2d}{\sqrt{c^2 - v^2}}.$$

Poněvadž platí $c > v$, platí také $\frac{c}{\sqrt{c^2 - v^2}} > 1$,

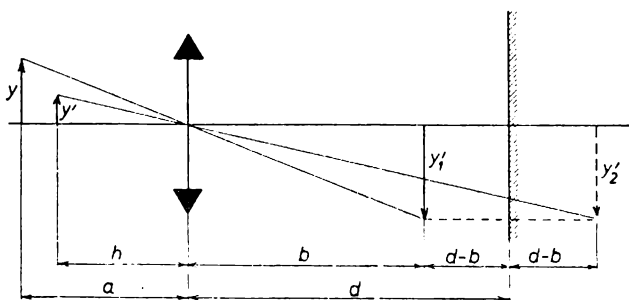
a proto také

$$\frac{2cd}{c^2 - v^2} > \frac{2d}{\sqrt{c^2 - v^2}}.$$

To znamená, že závodník na dráze AB by byl v nevýhodě vzhledem k závodníkovi na dráze AC .

8. ÚLOHY TŘETÍHO KOLA SOUTĚŽE V KATEGORII A A JEJICH ŘEŠENÍ

1. Umístíme-li předmět velikosti y do vzdálenosti $a = 10$ cm před spojnou čočku a za čočkou postavíme do vzdálenosti $d = 20$ cm od ní rovinné zrcadlo kolmo k optické ose čočky, vytvoří se na té straně čočky, na které se nachází předmět, skutečný obraz předmětu ve vzdálenosti $h = 6$ cm od čočky. Vypočítejte a) ohniskovou vzdálenost čočky, b) zvětšení obrazu!



Obr. 23

Řešení: $a = 10$ cm, $d = 20$ cm, $h = 6$ cm (obr. 23).
Pro první zobrazení čočkou platí

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

odtud

$$b = \frac{a \cdot f}{a - f}.$$

Pro druhé zobrazení čočkou po odrazu paprsků na zrcadle platí

$$\frac{1}{2d - b} + \frac{1}{h} = \frac{1}{f}. \quad (2)$$

$$2d - b = 2d - \frac{a \cdot f}{a - f} = \frac{2ad - 2df - af}{a - f}.$$

Po dosazení do (2) dostaneme

$$\frac{a - f}{2ad - 2df - af} + \frac{1}{h} = \frac{1}{f}.$$

Po úpravě platí

$$f^2(2d + a + h) - 2f(dh + ad + ah) + 2adh = 0$$

$$f_{1,2} = \frac{dh + ad + ah \pm \sqrt{d^2(a - h)^2 + a^2h^2}}{2d + a + h}.$$

Po dosazení číselných hodnot vypočítáme $f_1 = \frac{60}{7}$ cm; $f_2 = 5$ cm.

a) Pro $f_1 = \frac{60}{7}$ cm, je $b_1 = 60$ cm. Čočkou by

se vytvořil skutečný obraz ve vzdálenosti 60 cm od čočky; avšak ve vzdálenosti 20 cm od čočky dopadnou paprsky na rovinné zrcadlo; skutečný obraz, který by vytvořila čočka, je zdánlivým předmětem pro zrcadlo; po odrazu paprsků na zrcadle vytvořil by se skutečný obraz ve vzdálenosti 40 cm od zrcadla; avšak ve vzdálenosti 20 cm od zrcadla procházejí paprsky znovu čočkou; skutečný obraz, který by vytvořilo zrcadlo, je zdánlivým předmětem pro čočku; pro něj platí $a' = -20$ cm, a tedy

$$\frac{1}{b'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a'} = \frac{1}{6}, \quad b' = h = 6 \text{ cm}.$$

Ve vzdálenosti 6 cm od čočky, na téže straně jako je předmět, vznikne skutečný obraz. Jeho zvětšení je

$$\begin{aligned} Z = \frac{y''}{y} &= \frac{y''}{y'} \cdot \frac{y'}{y} = \left(-\frac{b'}{a'}\right) \cdot \left(-\frac{b_1}{a}\right) = \\ &= \frac{6}{20} \cdot \left(-\frac{60}{10}\right) = -\frac{9}{5}. \end{aligned}$$

Obraz je vzhledem k předmětu obrácený a zvětšený.

b) Pro $f_2 = 5$ cm je $b_2 = 10$ cm. Čočkou se vytvoří skutečný obraz ve vzdálenosti 10 cm, který dává za zrcadlem zdánlivý obraz ve vzdálenosti 10 cm za zrcadlem, tj. 30 cm od čočky; paprsky po odrazu na zrcadle procházejí znovu čočkou a vytvoří obraz, pro který platí $a' = 30$ cm, a tedy

$$\frac{1}{b'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a'} = \frac{1}{6}, \quad b' = h = 6 \text{ cm}.$$

Ve vzdálenosti 6 cm od čočky, na téže straně jako je předmět, vznikne skutečný obraz. Jeho zvětšení je

$$Z = \left(-\frac{b'}{a'}\right) \cdot \left(-\frac{b_2}{a}\right) = \left(-\frac{6}{30}\right) \cdot \left(-\frac{10}{10}\right) = \frac{1}{5}.$$

Obraz je vzhledem k předmětu vzpřímený a zmenšený.

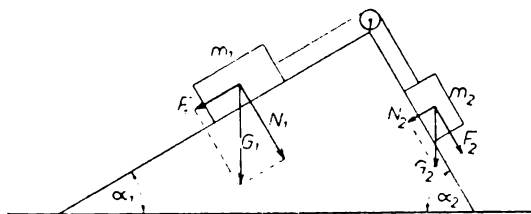
2. Dvě tělesa hmot m_1 a m_2 jsou přivázána k niti a položena na dvě šikmé roviny k sobě kolmé, které svírají s vodorovnou rovinou úhly $\alpha_1 = 30^\circ$ a $\alpha_2 = 60^\circ$. Těleso hmoty m_1 leží na nakloněné rovině s úhlem α_1 , druhé je umístěno na nakloněné rovině s úhlem α_2 . Nit je vedena přes kladku (jejíž osa je rovnoběžná s průsečnicí obou rovin) tak, že obě její části jsou rovnoběžné s příslušnými nakloněnými rovinami. Koeficient f tření na obou rovinách je stejný a má hodnotu $f = 0,1$.

a) Určete směr a zrychlení pohybu soustavy obou těles, jestliže $m_1 = m_2$.

b) Vyšetřete, jak velký musí být poměr $\frac{m_1}{m_2}$, aby se soustava obou těles pohybovala směrem dolů po nakloněné rovině a) s úhlem $\alpha_1 = 30^\circ$, b) s úhlem $\alpha_2 = 60^\circ$. Uvažujte i síly tření. Hmotu kladky i niti zanedbejte. Tíhové zrychlení $g = 10 \text{ m s}^{-2}$!

Řešení: Předpokládáme, že těleso o hmotě m_1 , které má váhu $G_1 = m_1 g$, leží na nakloněné rovině s úhlem α_1 , druhé těleso váhy $G_2 = m_2 g$ na nakloněné rovině

s úhlem α_2 (obr. 24). Sílu tření na nakloněné rovině se sklonem α_1 označme T_1 a pohybovou složku váhy označme F_1 . Podobně na nakloněné rovině se sklonem α_2 označme tření písmenem T_2 a pohybovou složku váhy písmenem F_2 .



Obr. 24

Platí $F_1 = m_1 g \sin \alpha_1$, $F_2 = m_2 g \sin \alpha_2$, $T_1 = f m_1 g \cos \alpha_1$, $T_2 = f m_2 g \cos \alpha_2$.

a) Jestliže $m_1 = m_2 = m$, pohybuje se soustava těles směrem síly F_2 . Podle 2. pohybového zákona Newtonova platí

$$F_2 - F_1 - T_1 - T_2 = 2ma.$$

Z toho obdržíme

$$\begin{aligned} a &= \frac{F_2 - F_1 - T_1 - T_2}{2m} = \\ &= \frac{mg}{2m} [\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1 - f(\cos \alpha_2 + \cos \alpha_1)] = \\ &= \frac{10}{2} \left[\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} - 0,1 \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \right] \text{ m/s}^2 = \end{aligned}$$

$$\doteq 1,15 \text{ m/s}^2 .$$

b) 1. Aby se soustava pohybovala směrem síly F_1 , musí platit

$$F_1 - F_2 - T_1 - T_2 > 0 ,$$

čili

$$m_1 g (\sin \alpha_1 - f \cos \alpha_1) - m_2 g (\sin \alpha_2 + f \cos \alpha_2) > 0 ,$$

z čehož plyne, že

$$\begin{aligned} \frac{m_1}{m_2} &> \frac{\sin \alpha_2 + f \cos \alpha_2}{\sin \alpha_1 - f \cos \alpha_1} = \frac{\sqrt{3} + 0,1}{1 - 0,1 \sqrt{3}} = \\ &= \frac{1,832}{0,8268} = 2,216 . \end{aligned}$$

Aby se soustava těles pohybovala směrem dolů po nakloněné rovině se sklonem α_1 , musí být m_1 větší než $2,216 m_2$.

b) 2. Aby se soustava těles pohybovala směrem síly F_2 , musí platit

$$F_2 - F_1 - T_1 - T_2 > 0 ,$$

čili

$$m_2 g (\sin \alpha_2 - f \cos \alpha_2) - m_1 g (\sin \alpha_1 + f \cos \alpha_1) > 0 .$$

Z toho

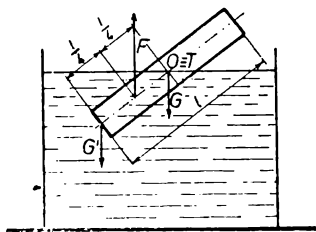
$$\begin{aligned} \frac{m_1}{m_2} &< \frac{\sin \alpha_2 - f \cos \alpha_2}{\sin \alpha_1 + f \cos \alpha_1} = \frac{\sqrt{3} - 0,1}{1 + 0,1 \cdot \sqrt{3}} = \\ &= \frac{1,632}{1,1732} \doteq 1,391 . \end{aligned}$$

Aby se soustava pohybovala směrem dolů po nakloněné rovině se sklonem α_2 , musí být m_1 menší než $1,391 m_2$.

3. Stejnorodá tyč všude stejného průřezu je na jednom konci zatížena závažím váhy G' tak, že plove v šikmé poloze ve vodě hustoty $\rho_0 = 1 \text{ g cm}^{-3}$ a je ponořena právě polovinou své délky.

a) Jaký je poměr váhy G tyče a váhy G' závaží?

b) Jaká je hustota ρ materiálu, z něhož je tyč zhotovena? Objem závaží G' je tak malý, že jeho vztlak ve vodě můžeme zanedbat.



Obr. 25

Řešení: Jde o jednozvratnou páku, jejíž osa je v těžišti tyče (obráz. 25). Vektorová přímka váhy G tyče prochází osou, a proto váha G tyče má ořáčivý moment vzhledem k ose roven nule. Na páku dále působí vztlaková síla F a váha závaží G' ; jejich

fyzikální ramena jsou $\frac{l}{4}$ a $\frac{l}{2}$, kde l značí délku tyče.

Podle momentové věty rovnováha nastane, platí-li

$$-F \frac{l}{4} + G' \frac{l}{2} = 0, \text{ z čehož } F = 2G'. \quad (1)$$

Poněvadž plovoucí těleso je nadlehčeno silou, která

se rovná jeho váze, platí zároveň

$$F = G + G' . \quad (2)$$

Z rovnic (1) a (2) vychází

$$G = G' = \frac{F}{2} .$$

a) $\frac{G}{G'} = 1$. Poměr váhy tyče a váhy závaží je roven jedné.

b) Plovoucí těleso je nadlehčeno silou, která se rovná váze kapaliny vytlačené ponořenou částí tělesa; proto platí $F = S \frac{l}{2} \varrho_0 g$ a $G = S l \varrho g$, kde S značí průřez tyče.

Protože $F = 2G$, platí

$$S \frac{l}{2} \varrho_0 g = 2 S l \varrho g ,$$

z čehož

$$\varrho = \frac{\varrho_0}{4} = 0,25 \text{ g cm}^{-3} .$$

Hustota materiálu tyče je $0,25 \text{ g cm}^{-3}$.

4. Měření odporu. Odpor spotřebiče se často počítá užitím Ohmova zákona z naměřených hodnot U a I tak, že se napětí zjišťuje voltmetrem připojeným buď a) přímo na svorky spotřebiče, b) na svorky zdroje.

A. Proveďte měření a vypočítejte odpor daného spotřebiče přímo z hodnot naměřených způsobem a) i b). Vyjdou vám dvě různé hodnoty R_1 a R_2 . Žádná z nich není správná. Vysvětlete.

Návod k provedení měření:

1. Načrtněte zapojení obvodu pro oba uvedené způsoby měření.

2. Zapojte obvod nejprve podle jednoho z těchto náčrtků. Zdroj však k obvodu nepřipojujte, dokud vám přidělený asistent zapojení nekontroluje.

3. Připojte zdroj a změřte U a I . Naměřené hodnoty si zaznamenejte.

4. Obdobným způsobem jako je v 2. a 3. odst. návodu proveďte druhý způsob měření odporu.

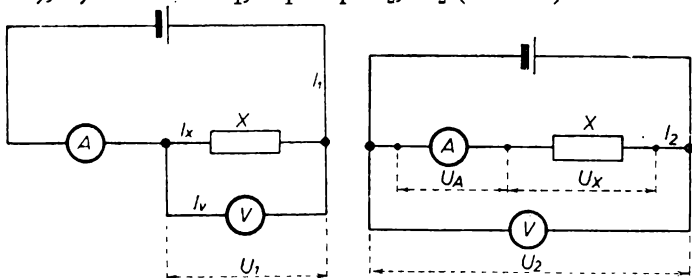
5. Vypočítejte R_1 a R_2 .

B. Velikost X odporu daného spotřebiče se dá vypočítat přesněji, přihlídneme-li k velikostem odporů ampérmetru a voltmetru, které vám pro použité rozsahy sdělí dozírající asistent. Proveďte výpočet.

C. Která z hodnot R_1 a R_2 vypočítaných v úloze odst. A je bližší hodnotě X , určené v odst. B? Proč?

Řešení:

Naměřené hodnoty proudu a napětí v případech a), b) označíme I_1 , U_1 resp. I_2 , U_2 (obr. 26).



Obr. 26ab

A. Hodnoty R_1 a R_2 vypočtené z naměřených hodnot, jsou v případě a) $R_1 = \frac{U_1}{I_1}$, v případě b) $R_2 = \frac{U_2}{I_2}$.

Správné hodnoty odporů jsou v případě a) $X = \frac{U_1}{I_x}$, v případě b) $X = \frac{U_x}{I_2}$.

Protože $I_x < I_1$, jest $R_1 < X$; protože $U_x < U_2$, jest $X < R_2$. Platí tedy $R_1 < X < R_2$.

B. V případě a) je

$$\begin{aligned} X &= \frac{U_1}{I_x} = \frac{U_1}{I_1 - I_v} = \frac{U_1}{I_1 - \frac{U_1}{R_v}} = \\ &= \frac{U_1 R_v}{I_1 R_v - U_1}. \end{aligned}$$

V případě b) bude

$$X = \frac{U_x}{I_2} = \frac{U_2 - U_A}{I_2} = \frac{U_2}{I_2} - \frac{U_A}{I_2} = R_2 - R_A.$$

C. Jestliže odpor voltmetru R_v je mnohem větší než měřený odpor X , pak je proud I_v podle Kirchhoffova zákona zanedbatelně malý vůči I_x , a proto je I_x téměř rovno I_1 . Potom je R_1 bližší k X než R_2 . Způsob a) tedy lépe vyhovuje pro měření malých odporů X vzhledem k odporu voltmetru.

Jestliže napětí na ampérmetru U_A je zanedbatelně malé vůči U_x , je U_x téměř rovno U_2 . Pak je R_2 bližší

k X než R_1 . Způsob b) tedy lépe vyhovuje při měření velkých odporů X vzhledem k odporu ampérmetru R_A . Je-li totiž X mnohem větší než R_A , je také U_x mnohem větší než U_A .

OBSAH :

1. Příprava celostátní soutěže Fyzikální olympiáda	5
2. Organizace I. ročníku soutěže Fyzikální olympiáda	10
3. Průběh soutěže ve školním roce 1959/60	21
4. Výsledky jednotlivých kol soutěže	25
A. Soutěž 1. kola	25
B. Soutěž 2. kola	27
C. Soutěž 3. kola	35
D. Stručné závěry k I. ročníku Fyzikální olympiády	37
5. Úlohy prvního kola soutěže a jejich řešení	40
Kategorie A	40
Kategorie B	58
Kategorie C	73
6. Fyzikální témata	90
Postupné a stojaté vlnění	90
Jednoduchý pohyb kmitavý	98
Určování chyb měření fyzikálních veličin	105
7. Úlohy druhého kola soutěže a jejich řešení	113
Kategorie A	113
Kategorie B	123
Kategorie C	128
8. Úlohy třetího kola soutěže v kategorii A a jejich řešení	136

Doc. dr. Miroslav Laitoch, dr. Marta Chytilová

PRVNÍ ROČNÍK FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDY

Obálku navrhl Jiří Ledvina

Obrázky narýsoval Josef Kubík

Vydalo Státní pedagogické nakladatelství
n. p., v Praze jako svou publikaci č. 26-0-

Odpovědná redaktorka: Božena Malá

Výtvarný redaktor: Ctirad Bezděk

Technická redaktorka: Jana Týlová

Z nové sazby písmem Plantin vytiskl
Svoboda, grafické závody, n. p., závod
Ostrovní 30, Praha 1 — Formát papíru
70 × 100 cm — AA 3,24 — VA 3,54 —
D-11*10477

Náklad 1500 výtisků. Tematická skupina
a podskupina 02/57. Vydání 1.

Cena brožovaného výtisku Kčs 2,25
63/II-13

[14-900-62 Kčs 2,25]