OBSAH

Verze ZŠ obsahuje strany 1–64; verze SŠ strany 1–32 a 65–100

číslo 2

VII. ročník

2001

ŠKOLSKÁ FYZIKA

Ročník VII. **2001**

Praktický časopis pro výuku fyziky a práci s talentovanými žáky na základních a středních školách

Vydává: Katedra obecné fyziky Pedagogické fakulty Západočeské univerzity v Plzni ve spolupráci s ústředním výborem FO, katedrou obecné fyziky Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně, katedrou didaktiky fyziky Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze, katedrou fyziky Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, dalšími fakultami připravujícími učitele fyziky a Českou nukleární společností pod patronací Jednoty českých matematiků a fyziků

Šéfredaktor: Václav Havel (email: havelv@kof.zcu.cz)

Výkonný redaktor: Miroslav Randa (email: randam@kof.zcu.cz)

Sekretářka redakce: Jitka Štychová

Adresa redakce: Školská fyzika, KOF PeF ZČU, Klatovská 51, 313 00 Plzeň,
☎ 019/7423776, linky 351 nebo 314

Vychází: čtyřikrát ročně ve verzi pro ZŠ, verzi pro SŠ a společné verzi pro ZŠ+SŠ

Předplatné:		
	verze ZŠ	200 Kč ročně (4 čísla po 50,00 Kč)
	verze SŠ	200 Kč ročně (4 čísla po 50,00 Kč)
	verze ZŠ+SŠ	250 Kč ročně (4 čísla po 62,50 Kč)
	studentská sleva verze ZŠ+SŠ	150 Kč ročně (4 čísla po 37,50 Kč)

Objednávky přijímá: Jitka Štychová, katedra obecné fyziky FPE ZČU, Klatovská 51, 313 00 Plzeň

URL (Internet): http://www.pef.zcu.cz/pef/kof/sk_fy/

ISSN 1211-1511

Toto číslo vzniklo 14. 9. 2001

Pět tisíc sekund v baloně

Karel Rauner, Pedagogická fakulta ZČU, Plzeň*

„Tak jsem, pánové, onehdy četl zajímavý článek v českém časopisu *Školská fyzika*."[1]

„Snad nechceš říci, Same," smál se Dick, „že ses kvůli nějakému časopisu naučil česky?"

„A proč bych se nenaučil? Ty, a dokonce i Joe, byste se měli také nějakou tu cizí řeč naučit a nespoléhat, že dnes umí anglicky všichni na světě."

„I já? K čemu by mi to bylo, doktore?" zabručel Joseph Wilson – pro oba své přátele krátce Joe – nad deskou s plošnými spoji.

„I kdyby to bylo jen kvůli tomu," pravil Sam, listuje v růžovém sešitku, „abys mohl číst články ve *Školské fyzice*, stálo by to za to."

„Nic mi neříkej, vsadím se s tebou o jednu libru, že to byl zase nějaký článek o balonech. Už bys také mohl jednou zapomenout na to, že dědeček tvého pradědečka přeletěl v roce 1862 Afriku," řekl Dick a vytahoval z kapsy librovou bankovku.

„A to ani ne celou Afriku," zavrčel Joe s páječkou v ruce.

„Že se nestydíte. Samozřejmě, že to byl článek o balonech. A nevím, proč bych měl zapomenout na dědečka svého pradědečka a zároveň svého jmenovce doktora Samuela Fergussona. Vždyť si pořád ještě někteří čtenáři rádi počtou ve vylíčení jeho cesty, které jako román zpracoval Jules Verne. Ani vy byste neměli na své předky zapomínat, zvlášť, když jste podědili i jejich jména."

„Nezapomeň, že můj předek, Richard Kennedy," protestoval Dick, „byl k tomu letu takřka donucen, do poslední chvíle nechtěl letět a do balonu vstoupil jen z přátelství k doktorovi. Ten se ale na zneužití přítelovy věrnosti už připravoval dlouho, jen si přečti – když už umíš česky – co mu Fergusson říká měsíc před startem: ‚Nedosvědčuj ničeho, příteli Dicku; jsi změřen a zvážen, ty, tvůj prach, ručnice i koule; nemluvme tedy již o tom.'[2]"

„Mně taky tu knížku od Vernea moc nepřipomínej," odložil konečně svou práci Joe, „můj prapradědeček tam byl vylíčen jako přitroublý, leč věrný sluha a aby se čtenář dozvěděl, že nebyl jen Joe, ale také měl nějaké příjmení, musí číst knihu opravdu pozorně."

„No tak už toho nechte," pronesl smířlivě Sam, „raději se mne zeptejte, o čem ten článek byl."

„Nejspíš o Breitling Orbiteru 3 a jeho letu kolem světa," hádal Dick.

„Ale ne, to přece už znám do všech podrobností," řekl Sam a se sešitkem přistoupil k přátelům, „jsou tu uvedeny zajímavé příklady, nejvíc mne zaujala úloha 3. Ta ukazuje, jak vypočítat výšku letu stratosférického balonu. A jestli si pamatuješ, Joe, tvůj prapradědeček prorokoval, že taková cesta bude příští jejich výpravou."

„Á, to myslíš tohle: ‚Víte, přátelé, okusil-li člověk jednou tento druh cestování, nemůže již být bez něho; při příští výpravě nepoletíme ale stranou, nýbrž přímo pořád vzhůru.'[3]"

„No, vidíš, Joe, jak si taky na tu knihu pamatuješ."

„Pamatuji si jenom tohle, protože to je snad jediné místo, kde cituje Verne mého předka doslovně, už o několik řádek dále mu vkládá do úst bláboly o tom, jak poletí balonem k Saturnu, Jupiteru i k Neptunu."

„Tak nám to ukaž a překládej" smířlivě řekl Dick a uvolnil Samovi místo u společného stolu.

---

* rauner@kof.zcu.cz

[1] Mazanec P.: *Let balónu (B5)*. Školská fyzika **VI**, č. 2 (2000) 72.

[2] Verne J.: *Pět neděl v baloně.* str. 19, B. Kočí, Praha 1907.

[3] Verne J.: *Pět neděl v baloně.* str. 20, B. Kočí, Praha 1907.

„No, dobře," řekl Joe po chvíli výkladu, „máme tu vzoreček, který nám umožní vypočítat výšku, do které se balon dostane. Ale jak dlouho se tam letí? Kdyby tam někdo letěl, má vzít s sebou jako naši předkové pemikan, suchary, čaj, kávu a kořalku? Chápu, že by asi nepotřeboval pušku a stan, ale pokrývky[4], ty bych si asi vzal, v minus šedesáti stupních Celsia to není nic příjemného."

„Čas výstupu ani průběh rychlosti během letu se nedá tak snadno vypočítat," odpověděl Sam, „ale můžeme si sestavit pohybovou rovnici, z té pak můžeme zjistit všechno."

„Tak co koukáš, sestavuj," radí Dick a strká Samovi do ruky papír a tužku, „ode mne toho moc nečekej, víš, že jsem vzdělán spíše v humanitních vědách."

„Není to zase tak složité, na levou stranu si napíšeme součin hmotnosti celého balonu a vertikálního zrychlení, které je druhou časovou derivací výšky nad zemským povrchem," říká Sam a píše: $m \cdot \ddot{h}$, „na pravou pak dáme součet všech sil, které na balon působí."

„Ha, ty vidím v tom tvém časopisu na obrázku v předchozí úloze," ukazuje radostně Joe na stranu 74, „a nemusím ani umět česky, abych pochopil, že $\vec{F}_G$ je tíhová síla, $\vec{F}_V$ je vztlaková síla a $\vec{F}_o$ je síla odporu vzduchu. Teď už stačí všechny síly vyjádřit pomocí výšky nebo její derivace a máme vlastně hotovo. Řešit diferenciální rovnici není už dnes žádný problém."

„Je to tak, Joe, vztlakovou sílu si můžeme podle Archimédova zákona napsat jako $F_V = V \cdot \rho_1 \cdot g$, kde V je objem balonu, ρ_1 je hustota vzduchu a g je tíhové zrychlení."

„Tak to je výborné," jásá Dick, tady žádné h není, „to se nám to bude řešit."

„Neraduj se předčasně, Dicku, přísně vzato na výšce závisí všichni součinitelé v tomto výrazu. My ale budeme závislost tíhového zrychlení pro malé výšky (do 30 km) zanedbávat a objem balonu budeme předpokládat konstantní, jak to ostatně tady píše i autor úlohy. Hustota vzduchu však na výšce závisí velmi výrazně. Kombinací stavové rovnice a barometrické rovnice dostaneme

$$\rho_1 = \frac{p_0 \cdot e^{-\frac{h}{H}} \cdot M_m}{R_m \cdot T}, \qquad (1)$$

kde p_0 je atmosférický tlak v nulové výšce ($p_0 = 1020\ \text{hPa}$), $H = 7{,}2\ \text{km}$, molární hmotnost vzduchu $M_m = 29\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, molární plynová konstanta $R_m = 8{,}31\ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ a T je termodynamická teplota."

„Tak tady máš to h, Dicku," ťuká prstem do papíru Joe, „a dokonce v exponenciální funkci, to se při řešení bez mého počítače neobejdete. No a ještě tuhle vidím tu třetí sílu," a ukazuje opět na stranu 74, kde je napsáno:

$$F_o = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \rho_1 \cdot S \cdot v^2. \qquad (2)$$

„Tady ale skutečně žádné h není."

„Dicku, prosím tě, mlč," naoko se rozčiluje Joe, „jednak tu máš zase tu hustotu vzduchu ze vztahu (1), jednak musíš uvážit, že v je rychlost stoupání, pro kterou platí: $v = \dot{h}$. A abych předešel dalším tvým dotazům, tak S je plošný obsah průřezu balonu ve směru pohybu a C je součinitel odporu vzduchu, který je pro kouli roven 0,48."

„Dobře, já už mlčím, ale nemohli byste mi říci ten tlak v librách na čtvereční palec?"

„Dicku, opravdu, mlč už a počkej si na výsledky; když už to nedokážeš sledovat jako Joe, čti si zatím třeba tuhle knihu o Tibetu."

Když se Dick usadil s knihou pod lampu v rohu pokoje, napsal Sam výslednou diferenciální rovnici:

[4] zde naráží Joe na seznam, který je uveden na str. 33 (Verne J.: *Pět neděl v baloně*. Mladá fronta, Praha 1958.).

$$m\cdot\ddot{h}=V\cdot\frac{p_0\cdot e^{-\frac{h}{H}}\cdot M_m}{R_m\cdot T}\cdot g-m\cdot g-\frac{C\cdot S}{2}\cdot\frac{p_0\cdot e^{-\frac{h}{H}}\cdot M_m}{R_m\cdot T}\cdot\left(\dot{h}\right)^2. \tag{3}$$

„Tak, teď dosadíme ze zadání příkladu: $m = 5$ kg, $V = 50\ \mathrm{m}^3$, $T = 213$ K, za tíhové zrychlení $g = 9{,}81\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$ a plošný obsah si vypočítáme z objemu za předpokladu, že balon má tvar koule: $S = \sqrt[3]{\left(\frac{3\cdot V}{4}\right)^2}\cdot\pi$. No a teď se pokusíme tu diferenciální rovnici řešit… Měl jsi pravdu Joe, tady se o analytické řešení nebudu snažit. Vraž to do toho počítače.“

Samuel Fergusson rezignoval na analytické řešení. K numerickému řešení mohl použít některý z univerzálních matematických programů, zvolil však pracnější metodu sestavení programu v Pascalu s využitím numerických metod řešení diferenciálních rovnic. Dalo mu to sice více práce, odměnou mu však byl grafický výstup, který mohl být optimalizován pro řešení této úlohy.

Joe byl šikovný programátor a Sam s Dickem odehráli sotva čtyři šachové partie, když Joe hlásil: „Hotovo, pojďte se na to podívat.“

„Tak, nejdříve vám ukážu číselný výstup. Uvidíte hodnoty výšky, rychlosti a zrychlení balonu nejprve po každé desetině sekundy, pak po deseti sekundách. Pozor, start.“

„Proklatě,“ zvolal Dick, „o fyzice toho sice moc nevím, ale z hodnoty zrychlení v čase 0,1 s vidím, že bych do toho balonu nevlezl; zrychlení je $89{,}7\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$, to je skoro devítinásobné přetížení.“

„Uklidni se Dicku.“ smál se Sam, „skutečné zrychlení v gondole by bylo menší, protože start se jednak zmírní protažením závěsných lan, navíc toto zrychlení velmi rychle klesá. Podívej se, už v čase 0,5 s je zanedbatelné a v čase 0,6 s je dokonce již velmi malé a záporné. Tak krátké přetížení bys pocítil nejvýše jako cuknutí. A všimni si, to, že zrychlení přechází do záporných hodnot znamená, že jsme už překonali maximální rychlost: v čase 0,5 s byla $10{,}17\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$, teď již bude jen klesat. Této maximální rychlosti dosáhl balon již ve výšce málo nad 4 metry.“

„Tak, pánové,“ ukazuje Sam na zastavené řešení, „letíme 60 s, jsme 609 metrů vysoko a rychlost klesla jen nepatrně: na $10{,}15\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.“

„Čas 1 030 s, překonáváme výšku 10 km rychlostí $9{,}13\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$, zrychlení – nebo lépe zpomalení – je stále zanedbatelné: $-0{,}0019\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$,“ hlásí Joe, „a už tu máme maximální výšku: 20,278 km v čase 2 860 s. Rychlost klesla na nulu.“

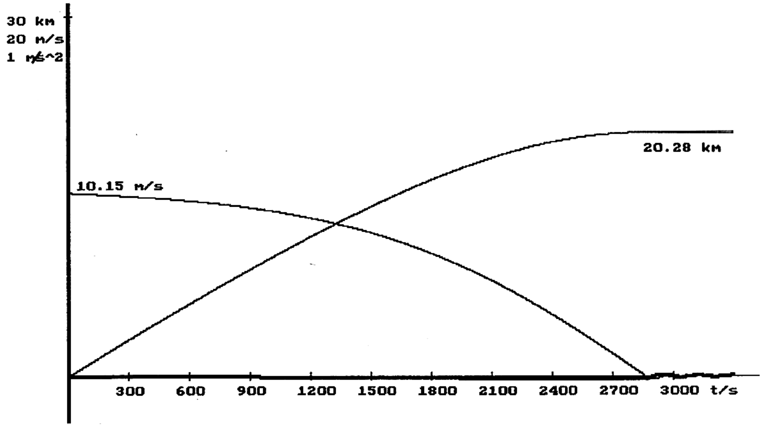
„Ale co je to, vždyť zase padáme,“ volá Dick a ukazuje na klesající výšku.

„Nepadáme, houpáme se,“ odpovídá Sam, „pouze jsme setrvačností při letu vzhůru přeletěli rovnovážnou polohu.“

A skutečně, po 90 sekundách se klesající výška zastavila na 20,268 km a balon začal zase stoupat. Všichni přátelé sledovali, jak se balon ještě houpe se snižující se amplitudou. Ještě v čase 7 000 s od startu kolísala výška balonu v rozmezí 35 cm kolem výšky 20,272 2 km.

„Mohl bys nám to ukázat na grafu, Joe,“ napadá Sama.

„Ale jistě, s tím jsem počítal už při sestavování programu, podívejte se, ale moc se tím nekochejte, protože to je stejně špatně.“



„Jak to, špatně, Joe?“

„Ani ne tak špatně, jako je to nereálné. My jsme počítali s konstantní teplotou $-60\,°C$, to by nebylo správně ani na jižním pólu. Skutečnosti se přiblížíme, když do řešení vmontujeme proměnnou teplotu tak, jak to odpovídá naší zeměpisné šířce. To znamená při hladině moře například $20\,°C$, do výšky 12 km klesá rovnoměrně až na $-60\,°C$. Tato teplota je pak konstantní až do 23 km, pak teplota opět stoupá s každým kilometrem o $3\,°C$. Vložím to do programu a uvidíme, co to udělá.“

„No, nic moc, je to skoro stejné, jen stoupáme trochu pomaleji: 10 km jsme dosáhli o 10 sekund později a stejně jsme se zpozdili na maximální výšce,“ komentuje průběžně se zobrazující řešení Joe, „to ani nebudu vynášet do grafu; a navíc je to stejně špatně.“

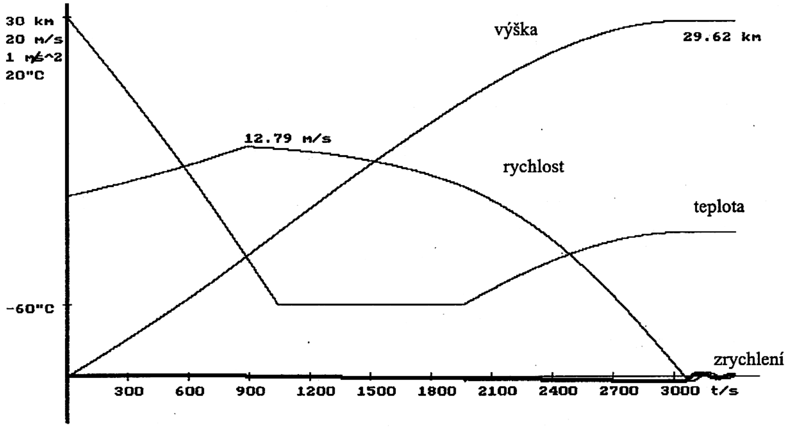
„Co zase máš, mně se to líbí,“ diví se Dick.

„Já vím, co je špatně,“ říká Sam, „už jsi někdy viděl startující stratosférické balony? Jsou poloprázdné, protože počítají se zvětšováním objemu při poklesu tlaku ve větších výškách. Vztlaková síla pak roste a balon se dostane výš. Koneckonců i *Viktorie* startovala před téměř 140 lety poloprázdná, i když tam byl důvod jiný, tam se balon zvětšoval zahříváním vodíku.“

„To mi ani nepřipomínej,“ rozčiluje se Joe, „zahřívat vodíkový balon, to je jako jezdit na bombě a ještě si pod ní topit. Navíc se ten vodík ohříval třaskavou směsí vodíku a kyslíku. Je zázrak, že tady vůbec jsme.“

„Hlavně už nevytahuj tu účinnost, se kterou můj prapradědeček ohříval vodík,“ ohradil se Sam, „dneska už ví každý školák, že topit spalováním vodíku a kyslíku vyrobených elektrolýzou vody je nehospodárné, že by bylo mnohem výhodnější zahřívat vodík přímo elektrickým proudem. Raději zamontuj do programu proměnný objem a spusť to. Navrhuji plášť balonu s objemem čtyřnásobným, tj. 200 m^3 a na startu ho naplnit původně zadanými 50 m^3.“

„No, začátek je skoro stejný," komentuje průběh čísel Dick, „ale už vidím první změnu: rychlost stále stoupá, podívejte, až teď, po 890 sekundách dosáhla maxima: 12,8 $m \cdot s^{-1}$ a zároveň jsme právě překonali výšku 10 km. A teď v čase 1 700 sekund po startu překonáváme 20 km a ještě máme rychlost 11,5 $m \cdot s^{-1}$. Asi se dostaneme o dost výše. No, už je to tady, po 3 050 sekundách od startu dosáhl balon výšky 29,617 km. A zase to houpání. Ustálená výška je 29,608 km. Dej nám to zase do grafu, Joe, a přidej tam i teplotu."



„Tak, tady to máte," říká Joe a mačká tlačítko, „je tam dobře vidět zlom na průběhu rychlosti v okamžiku, kdy se balon plně nafoukl."

Sam se zahleděl do daleka a zeptal se: „A jak by letěla Viktorie? Pokud si dobře vzpomínám, startovní objem měla 1 250 m^3, maximální byl dvojnásobný. Ovšem se startovní hmotností 2 000 kg nemůžeme počítat, pokud nechceme užít ohřívání vodíku. Nemusíme si ovšem brát zbraně, potraviny, přístroj na ohřívání vodíku ani stan a přítěž. Gondola by ovšem měla být uzavřená a měli bychom vzít sebou nějaký ten kyslík. Dejme tomu, že startovní hmotnost snížíme na 1 500 kg. Jak to pak bude vypadat?"

Joe vložil údaje a spustil řešení.

„Vidíte, to je start podle mého gusta," radoval se Dick, když viděl, že zrychlení při startu bylo zanedbatelné.

Joe ovšem jeho radost potlačil: „Moc se neraduj. Takový start znamená, že moc vysoko nedoletíme."

A skutečně: po 1 180 sekundách dosáhl balon výšky 5 057 metrů, dosáhl maximálního objemu a jeho rychlost začala z maximální hodnoty necelých 7 $m \cdot s^{-1}$ klesat. Po 1 500 sekundách dosáhl balon maximální výšky 6 184 m.

„Tak to není žádná sláva. Je to sice lepší, než kolik dosáhli naši předkové: 8 000 stop[5], to je asi 2 440 m, ale spokojen nejsem. Co kdybych letěl sám v odlehčené kabině a jen s nezbytnostmi?" zeptal se Sam. „Dejme tomu, že bych tím snížil startovní hmotnost na 1 000 kg."

„To jsi celý ty, nás bys nechal doma," bručí Joe a vkládá údaje do programu. „Tak se podívej, moc slávy by ti to nepřineslo: po 1 120 sekundách se dostaneš do výšky 9 835 metrů a dost. Marná sláva, v dnešní době se s balonem, který je zhotoven z lyonského křížového taftu,

[5] str. 149 (Verne J.: Pět neděl v balonĕ, Mladá fronta, Praha 1958)

napuštěného gutaperčou, nic moc nedosáhne. Teď budeme startovat všichni, ale vyměníme balon, který bude inspirován tou úlohou v českém časopisu: vzhledem k tomu, že chceme užitečnou hmotnost asi 1 500 kg, navrhuji počáteční objem 20 000 m^3 a možnost jeho zvýšení až na pětinásobek. S vodíkem bude celková hmotnost asi 3 200 kg"

„Není to moc velký objem, Joe?" pochybuje Sam.

„Není, *Breitling Orbiter 3* neletěl do tak velkých výšek a měl objem 18 000 m^3," odpověděl Joe. „A ukážu vám to graficky."

„Tak tohle je tedy jízda," pochvaloval si Sam. „po 390 sekundách máme výšku 12 km, balon se nám zakulatil a naše maximální rychlost je 35 m$\cdot$s^{-1}. A ta výška: 28 km po 1 060 sekundách letu. To bych si dal líbit. Ví někdo, kolik je vlastně rekord výšky letu balonů s lidskou posádkou?"

„Já bych si to líbit nedal," protestuje Dick. „Vždyť jste jako ti blázni z jiné verneovky, kteří se nechali dělem vystřelit na Měsíc a vůbec nepřemýšleli, jak se dostanou zpátky."

„Vypustíme něco plynu, tak se vždycky dělá," odpověděl Joe.

„A kolik je ‚něco'?"

Sam chvíli počítal a pak řekl: „Podle mého bychom měli nahoře vypustit tolik plynu, aby v nulové výšce byl balon v rovnováze, to znamená nulovou hodnotu pravé strany rovnice (3) při nulové rychlosti. Z toho vyplývá, že bychom měli v té maximální výšce snížit objem vodíku na 5 639 m^3, vypustíme proto téměř celý balon – přes 94 % jeho objemu."

„Tak do toho už bych vůbec nevlezl," protestuje Dick. „To se dole rozbijeme na padrť, dej to do toho programu, Joe."

„Tak se pojďte podívat, už to spouštím," lákal Joe od šachů oba kamarády.

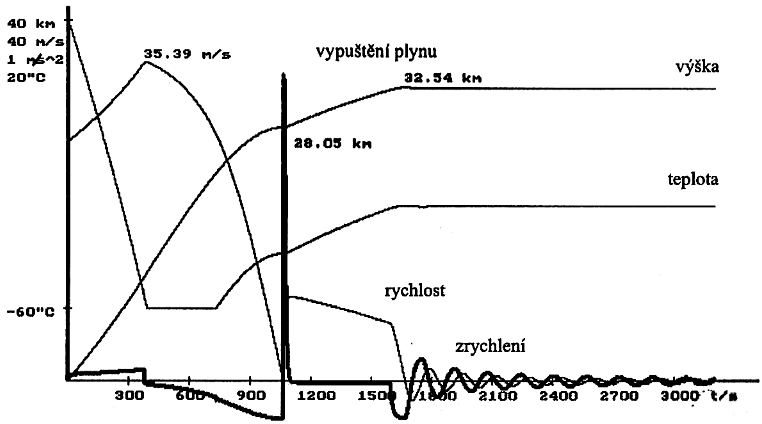
„Padáme?" ptá se Sam.

„Naopak, stoupáme," ukazuje Joe na běžící čísla.

„Ale jak je to možné, tolik vodíku jsme vypustili," diví se Sam.

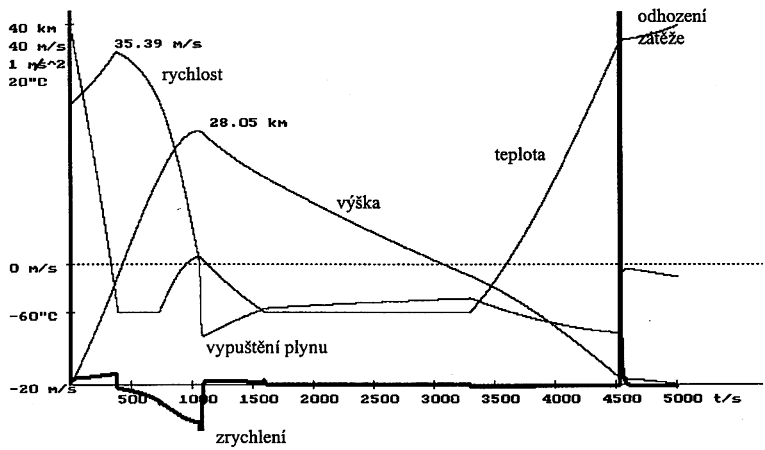
„Že mi to nedošlo hned, vždyť jsme vlastně odhodili zátěž, kterou pro nás tvoří v plně nafouknutém obalu vodík se zbytečně velkým tlakem. Celková hmotnost balonu klesla na..." Sam chvíli počítá, „na 1 619 kg."

„Tady to máte i v grafu, maximální výška je 32 543 metrů po 1 670 sekundách," ukazuje Joe.



„A jak se tedy dostaneme dolů?"

„Nedá se nic dělat, Dicku, vypustíme toho trochu víc."
„Tak kolik myslíš, Same, že mám do programu vložit?
„Zkusíme snížit objem na 5 000 m^3 místo 5 639 m^3. Zbude nám tak jen 94 kg vodíku."
Joe spustil řešení s novým návrhem. Balon sice začal klesat, rychlost poklesu se však z hodnoty 57 $m \cdot s^{-1}$ snižovala a balon se zastavil ve výšce 25,6 km.
„Vidíte, vidíte, není to tak jednoduché, dostat se dolů," ukazuje Dick, „já jsem vám to říkal."
„Nedá se nic dělat, Joe, zkus tam dát objem snížený na 4 500 m^3, zbude nám tedy už jen 75 kg vodíku a celková hmotnost balonu poklesne na 1 575 kg."
„Tak to vidíš, Dicku, už klesáme vytrvale. A rychlost poklesu se z počáteční hodnoty 12 $m \cdot s^{-1}$ dokonce snižuje, podívej, teď ve výšce 12 km je už jen 5 $m \cdot s^{-1}$."
„Jen mě neutěšuj, Joe, podívej, rychlost už zase roste a na zem se sice dostáváme v čase 4 590 sekund po startu, ale rychlostí 11,5 $m \cdot s^{-1}$. Nemůžu si pomoci, já bych do takového balonu nevlezl."
„Nedá se nic dělat, Joe," říká Sam, „budeme muset v určité výšce balonu odlehčit."
„Tak to ne," protestuje Joe, „už zase by se po mě chtělo, abych zachraňoval výpravu tím, že vyskočím jako můj předek do Čadského jezera. Možná, že byste mi dokonce dali padák, co?"
„Nikdo to po tobě nechce, a kdoví, zda by to stačilo. Zkus vložit do programu odhození zátěže v nějaké malé výšce, tam se už můžeme zbavit vzduchotěsného obalu gondoly. No a my s Dickem zatím dohrajeme tu partii."
Po chvíli oznamuje Joe: „Tak pánové, mám to, je třeba odhodit 500 kg ve výšce 700 metrů. Pak přistaneme rychlostí 2 $m \cdot s^{-1}$ po 5 000 sekundách od startu. Tady to máte v grafu. Je třeba dodat, že jsem mohl zařídit ještě hladší přistání, ale trošku mne motivoval ten čas přistání. Třeba by někdo mohl napsat o tom našem letu článek, který by se mohl jmenovat ‚5 000 sekund v baloně'."



Poznámka: Zmiňovaný program bude v inovované verzi k dispozici na webové stránce http://www.pef.zcu.cz/pef/kof/w_prog.htm.

Galileiho studium volného pádu

Jana Rybníčková, Přírodovědecká fakulta MU Brno*

Osobnost Galilea Galileiho (1564–1642) je dodnes pro širokou veřejnost přizdobena alespoň dvěma legendami. Ta známější praví, že nepokořený Galilei, odcházeje ze síně, v níž si vyslechl rozsudek Svatého oficia, zakazující mu nadále mluvit a přemýšlet o učení o pohybu Země, zamumlal si do vousů italskou větu *„Eppur si muove!“ (A přece se točí!).* Ta méně známá popisuje Galileiho jako muže, jenž prý konal pokusy, při nichž shazoval ze šikmé věže v Pise různé předměty, aby důkladně prozkoumal zákonitosti volného pádu a vyvrátil tak základy Aristotelova učení o pohybu padajících těles.

Obě tyto „historické skutečnosti“ jsou však zřejmě pouze legendami, i když mají jakési racionální jádro. Inkviziční proces proti Galileimu je velmi podrobně popsán například v knize [1], která na základě dobových dokumentů rekonstruuje celý jeho průběh.[1] Galilei dožil svůj život v domácím vězení pod dozorem Svatého oficia a jakýmkoliv prohlášením o pohybu Země by vyvolal znovuobnovení procesu, který by tentokráte již musel skončit jako hrdelní. Navíc přibližně od roku 1634, tj. rok po vyhlášení rozsudku, byl Galilei rozhodnut dokončit ještě jedno velké dílo, týkající se pozemské mechaniky; pro takovou práci ovšem potřeboval čas a klid. Tím dílem byla kniha *Discorsi e dimonstrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla mecanica & i movimenti locali (Rozpravy a matematické důkazy o dvou nových vědách, o mechanice a místních pohybech)* [4]. Galilei v ní shrnuje většinu vědomostí o mechanice, které během svého života načerpal na základě výpočtů, pozorování a experimentů. Jedna z kapitol této knihy se zabývá volným pádem těles, a tak se dostáváme i k zmiňované legendě o házení předmětů ze šikmé věže.

Galileo Galilei opravdu pobýval v Pise; jednak se v tomto městě roku 1564 narodil, jednak zde v letech 1589–1592 působil jako profesor na katedře matematiky. Matematika tou dobou neobsahovala pouze algebru a geometrii, ale její součástí bylo i to, co bychom dnes nazvali technickými aplikacemi: fyzika, obzvláště mechanika a balistika, a stavitelství. O programu Galileiho přednášek v Pise víme poměrně málo; pro své studenty sepsal traktát *Le Mecanice (Mechanika)* (1593), který se však zabývá spíše konstrukcí jednoduchých strojů a jako první formuluje „zlaté pravidlo mechaniky“ (totiž že přírodu nemůžeme podvést, protože při použití jednoduchých strojů si práci pouze usnadníme, ale nezmenšíme množství práce, které je potřeba vykonat). Kromě toho se Galilei už tehdy zabýval problémy šikmého vrhu a volného pádu. Šikmá věž v Pise má výšku 58,36 m a její odklon od svislice je asi 2,3 m (v Galileiho době to mohlo být přibližně o 25 cm méně); byla by tedy ideálním místem pro experimenty s volným pádem. Galilei však pravděpodobně této příležitosti nevyužil; neexistují žádné důkazy, že by na této věži prováděl jakékoliv pokusy. V *Rozpravách* udává jako běžnou výšku, při níž prováděl měření dráhy volně padajících těles, čtyři až šest sáhů[2]; největší udávané výšky jsou sto a dvě stě sáhů (i když tyto hodnoty slouží spíše jako konkrétní příklady pro ilustraci argumentace a výpočtů), ale nikde není uveden údaj dvacet sáhů, což je výška šikmé věže.

O Galileim se často hovoří jako o zakladateli moderní přírodovědy. Toto čestné označení je projevem uznání především za vytvoření a důsledné uplatňovaní postupu, který dnes nazýváme experimentální metodou: experiment má být podle něj podkladem k vytvoření hypotézy, jejíž pravdivost je pak třeba ověřit další sadou experimentů. Tento postup se dá názorně

* janar@physics.muni.cz

[1] Stručnější Galileiho životopis přináší též kniha [2]. Velmi zajímavý je také článek [3], který popisuje i vybrané Galileiho astronomické objevy a jejich přínos k vyvrácení Ptolemaiova modelu sluneční soustavy.

[2] 1 toskánský sáh = 2,915 m [8]

demonstrovat na ukázkách z *Rozprav*, které pojednávají o volném pádu. Galileo zde napadá názory peripatetické školy[3]; proto nebude na škodu si nejprve připomenout závěr, který o pádu těles vyslovil sám Aristoteles (384–322 př. n. l.) ve svém díle *Fyzika* [5]:

> *„... Vidíme totiž, že to, co má větší sílu, ať už tíže, nebo lehkosti, pakliže všechno ostatní se chová stejně, pohybuje se skrze stejný prostor rychleji, a to podle poměru, v němž jsou k sobě velikosti věcí. A tak by tomu muselo být i v prázdnu.*
>
> *Ale to je nemožné. Neboť z které příčiny by se pohybovalo rychleji? Musí však tomu tak býti v plnu, neboť co je větší, svou silou je rychleji rozdělí; buď je rozdělí svým tvarem, nebo svojí tíží, kterou má to, co je v pohybu, nebo to, co je vrženo. Tedy v prázdnu bude všechno stejně rychlé. Ale to je nemožné... “*

Proti celkovému vyznění této ukázky nemůžeme v podstatě nic namítnout; dnešního čtenáře sice zaráží především velmi volné zacházení s fyzikálními pojmy, ale závěr plynoucí z této ukázky, totiž že tělesa pohybující se ve vakuu by padala stejně, je správný, a ve shodě jak s našimi názory, tak i s názory Galileiho. Co tedy Galilei vytýká aristotelovské fyzice?

Galileiho odpor není namířen proti uvedenému původnímu Aristotelovu textu, ale proti „aristotelovským“ (čili peripatetickým) argumentům; Aristotelovo učení bylo za těch téměř dva tisíce let, které Galileiho od Aristotela dělily, pozměněno nebo zcela zkresleno řadou peripatetiků. Galilei v důsledku toho zřejmě znal pouze první odstavec uvedené citace, v němž slovo velikosti bylo nahrazeno slovem hmotnosti. Proto Salviati, který v *Rozpravách* vystupuje jako hlasatel Galileiho názorů, se snaží tvrzení, že tělesa se v prázdném prostoru pohybují rychlostmi, které jsou v poměru jejich hmotností, vyvrátit. Protože nemůže provést přímý experimentální důkaz, argumentuje nejprve výsledky pozorování (všechny následující ukázky jsou z *Rozprav* [4], ale jejich český překlad je uveden i v [1] na stranách 158–163):

> *„... Viděli jsme, že rozdíly v rychlosti těles o rozličné váze se stávají mnohem větší, úměrně k růstu odporu kladeného jejich pohybu. Vyjádřeme to lépe: zlato klesá ve rtuti ke dnu nejenom mnohem rychleji než olovo, ale dokonce jen ono klesá, zatímco ostatní kovy a všechny kameny zůstávají na hladině a plavou. Naopak ve vzduchu bude rozdíl v rychlostech mezi koulemi zlata, olova, mědi, porfyru a ostatních těžkých látek takřka neměřitelný, protože koule ze zlata, která bude padat sto sáhů, předstihne měděnou kouli stěží o čtyři prsty... “*

a formuluje novou hypotézu:

> *„Když jsem to všechno viděl, dospívám k tomu názoru, že kdyby byl úplně vyloučen odpor prostředí, všechna tělesa by padala stejnou rychlostí... “*

Platnost této hypotézy bude v dalším textu ověřovat:

> *„... Klademe si za úkol zkoumat, co by se přihodilo pohybujícím se tělesům o velmi rozdílné váze v prostředí, jehož odpor by byl nulový, takže rozdíly rychlostí, které*

[3] Slovem peripatetik (*περιπαθε'σ* = vášnivě diskutovat, hovořit se zanícením) byli původně označováni Aristotelovi žáci; později se používalo k označení jakéhokoliv vykladače Aristotelova díla; v Galileiho době již téměř významově splynulo se slovem scholastik, což byl zastánce filosofie, která doporučovala při zkoumání jevů raději citovat uznávané autority (např. Aristotela či Písmo svaté) než používat k vysvětlení jevů vlastního rozumu a logiky. Galilei se scholastickým přístupem nesouhlasil: *„Je zpozdilostí chodit hledat smysl věcí přírody do papírů toho nebo onoho, místo do díla přírody... “* [6].

by byly mezi těmito pohybujícími se tělesy naměřeny, by se mohly odvozovat pouze od rozdílů jejich váhy.

Pouze prostor, který je zcela vzduchoprázdný a který je prost jakéhokoliv jiného tělesa, byť i velmi řídkého a prostupného, by nám umožňoval pozorovat to, co hledáme; protože však nemáme takový prostor k dispozici, budeme pozorovat, co se stane v prostředích, která jsou řidší a kladou menší odpor ve srovnání s prostředími, jež jsou méně řídká a kladou odpor větší.... "

Galileiho argumentace je opravdu podmíněna neexistencí funkční vývěvy, s jejíž pomocí by mohl (jako dnes téměř každý středoškolský učitel) prokázat, že ve vyčerpané trubici padají všechna tělesa se stejným zrychlením. První funkční vývěvu sestrojil totiž Otto von Guericke (1602–1686) [7] pravděpodobně v letech 1650–1654, čili až po Galileiho smrti (1642). Proto zkoumá Galilei pohyb lehkého měchýře naplněného vzduchem a olověné koule stejné velikosti ve vzduchu a ukazuje, že na dráze čtyř až šesti sáhů nebude předstih olova před měchýřem v poměru hmotností, čili 1:1000, ale v poměru menším.

Simplicio, který hraje v *Rozpravách* úlohu stoupence peripatetické školy, argumentuje proti uvedeným výsledkům odkazem na první odstavec citované ukázky z Aristotelova díla:

„Znamenitě. Ale jestliže rozdíl vah u pohybujících se těles o různé váze nemůže podle vaší úvahy určit variace [způsobit změnu] poměru rychlostí za předpokladu, že se váha nemění, pak prostředí, o němž předpokládáme, že je vždycky stejné, také nebude moci způsobit žádnou změnu v tomto poměru. "

Salviati, působící jako hlasatel Galileiho názorů, odpovídá na uvedenou Simpliciovu protiargumentaci téměř dnešními metodami: vyjmenovává totiž síly, které na těleso působí, a komentuje vliv těchto sil na rovnoměrnost či nerovnoměrnost pohybu tělesa. Je velmi zajímavé porovnat tyto Galileiho závěry s druhým odstavcem Aristotelova textu, který Galilei pravděpodobně neznal, a samozřejmě i s tím, co už ví dnešní čtenář:

„...těžké těleso v sobě od přírody obsahuje hybný princip, který ho nese k společnému středu těžkých těles, to znamená ke středu našeho zemského glóbu, a to stále a vždy rovnoměrně se zrychlujícím pohybem, takže ve stejných časových údobích dochází ke stejnému přidávání nových impulsů a nových stupňů rychlosti. Ale toto, rozumějme tomu dobře, se uskutečňuje pouze za podmínky, že jsou vyloučeny všechny náhodné a vnější překážky; je však jedna, kterou vyloučit nemůžeme, totiž odpor prostředí, které musí těleso při svém pádu před sebou otevírat a podél sebe odsouvat. Prostředí, i kdyby bylo kapalné, snadno prostupné a v klidu, klade pohybujícímu se tělesu, které jím prochází, větší nebo menší odpor, podle toho, musí-li se stát průchodným pro pomaleji nebo rychleji se pohybující těleso. Pohybující se těleso, které, jak jsme již řekli, se od přírody pohybuje tak, že stále zrychluje svůj pohyb, se střetá se stále rostoucím odporem a tedy se pohyb zpomalí; nová rychlost, které dosáhne v každém dalším okamžiku svého pádu, se zmenší natolik, že na konci dráhy klesne jeho rychlost za současného růstu odporu prostředí tak, že se obojí navzájem vyrovná, zrychlení se vyloučí a pohyb tělesa se zredukuje na rovnoměrný pohyb, který se nadále bude stále zachovávat. Důvodem růstu odporu prostředí není tedy změna v jeho podstatě, nýbrž zvýšení rychlosti, s jakou se musí rozevřít a rozestoupit, aby poskytlo místo pro průchod těžkého tělesa, jehož pád se postupně zrychluje. Když na druhé straně vidím, jak velký je odpor vzduchu vůči slabému úsilí měchýře a jak malý je proti značné váze olova, nabývám jistoty, že kdyby byl tento odpor úplně odstraněn – což by znamenalo po-

skytnout měchýři mnohem větší a olovu mnohem menší výhodu – pak by obě tělesa padala stejně rychle.“

Tímto Galilei dokazuje platnost své hypotézy o stejném pohybu těles ve vakuu; chce však ještě zjistit, jaké vztahy platí mezi rychlostmi těles, která se pohybují v různých prostředích. Galilei zapojuje nyní do své argumentace i matematický výpočet, který je (narozdíl od původní Aristotelovy dedukce uvedené v [5]) dnešnímu fyzikovi velmi blízký:

„Nuže, je-li stanoveno jako princip, že v prostředí, které by nekladlo žádný odpor rychlosti pohybu, protože by bylo úplně prázdné, nebo z nějakého jiného důvodu, by rychlosti všech pohybujících se těles byly stejné, pak můžeme oprávněně stanovit vztahy mezi rychlostmi sobě navzájem podobných i nepodobných pohybujících se těles v témž prostředí nebo v různých prostředích, která nejsou prázdná a tedy kladou odpor; a dospějeme k tomu tím, když prozkoumáme, kolik tíže prostředí odejme na tíži pohybujícího se tělesa, přičemž toto bude nástrojem, kterým si pohybující se těleso razí cestu, odsouvajíc podél svých boků částice prostředí, což je operace, k níž ve vzduchoprázdnu nedochází, takže tady nevyplývá žádný rozdíl z rozdílu tíže; a protože je zjevné, že prostředí nadlehčuje tělesa, která se v něm nacházejí, o váhu objemu, která se rovná jeho hmotě, dosáhneme hledaného výsledku zmenšením – ve stejném poměru – rychlostí pohybujících se těles, které by byly stejné v prostředí bez odporu, jež uvažujeme jako předpoklad. Uvažujme jako příklad, že olovo je desettisíckrát těžší než vzduch a eben jenom tisíckrát [4] a že rychlost těchto dvou těles, uvažovaná absolutně, to znamená bez ohledu na jakýkoliv odpor, by byla stejná, pak odpor vzduchu ubere desetitisícinu rychlosti u olova a tisícinu u ebenu; když tedy budou olovo a eben padat z nějaké výšky vzduchem, pak na této dráze, kterou by urazily oba předměty ve stejné době, kdyby nebylo zpoždění, způsobeného odporem vzduchu, odpor vzduchu sníží o jednu desetitisícinu rychlost olova a o deset desetitisícin rychlost ebenu. Což je totéž, jako bychom řekli, že je-li dráha pádu rozdělena na deset tisíc částí, pak eben, když olovo dopadne na zem, se bude nacházet pozadu o deset, či spíše o devět z těchto deseti tisíc částí dráhy. A co jiného to znamená, než že olověná koule padající z věže o výšce dvou set sáhů předstihne přinejmenším o čtyři prsty ebenovou kouli padající z téže výše? ...“

Galilei dokončuje argumentaci řadou obdobných příkladů, popisujících rychlosti pohybů různých těles ve vzduchu a ve vodě. Sadu experimentů a výpočtů provedených podle pravidla, uvedeného v předchozí ukázce, komentuje větou:

„Budeme-li se řídit tímto pravidlem, myslím, že zkušenost se bude shodovat s naším výpočtem mnohem přesněji nežli s Aristotelovým.“[5]

Převeďme Galileiho výpočet do jazyka současné fyziky a matematiky. Galilei uvažuje o tom, že na každé padající těleso působí gravitační síla $\vec{F}_g$, která směřuje do středu Země. Tuto sílu nahraďme pro upřesnění silou tíhovou, jež směřuje svisle dolů a lze ji vyjádřit jako

[4] Ve skutečnosti je hustota vzduchu $\rho_{vzduch} = 1{,}2932\ \mathrm{kg\cdot m^{-3}}$, hustota olova $\rho_{olovo} = 11341\ \mathrm{kg\cdot m^{-3}}$ a hustota ebenového dřeva $\rho_{eben} = 1200\ \mathrm{kg\cdot m^{-3}}$ [9], a tedy jsou tyto poměry uvedeny téměř přesně (na základě těchto číselných hodnot získáme 8 770:1 a 928:1).

[5] Galilei se opět odkazuje na citovanou ukázku z Aristotelovy *Fyziky* [5], konkrétně na to, že by poměr rychlostí padajících těles měl být stejný jako poměr jejich hmotností.

$\vec{F}_G = m \cdot \vec{g}$, kde m je hmotnost tělesa a $\vec{g}$ je vektor tíhového zrychlení. Dále na těleso padající v odporujícím prostředí působí síla vztlaková, jejíž velikost je dána Archimedovým zákonem: $\vec{F}_{vz} = -V \cdot \rho_p \cdot \vec{g}$, kde V je objem tělesa a ρ_p je hustota prostředí, ve kterém se těleso pohybuje; v tomto vztahu můžeme nahradit objem V tělesa výrazem $V = \dfrac{m}{\rho_t}$, kde ρ_t je hustota tělesa. Použijeme-li druhý Newtonův zákon

$$m \cdot \vec{a} = \vec{F}_G + \vec{F}_{vz},$$

získáme pro vektor zrychlení vztah

$$\vec{a} = \vec{g} \cdot \left(1 - \frac{\rho_p}{\rho_t}\right);$$

směr zrychlení bude svislý a dolů za předpokladu, že $\rho_p < \rho_t$. Pro velikost rychlosti a dráhu takovéhoto pohybu pak platí vzhledem k nulovosti počáteční rychlosti

$$v = a \cdot t \qquad s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2.$$

Pro poměr velikostí rychlostí a drah padajícího ebenu a olova ve vzduchu pak získáme

$$\frac{v_{eben}}{v_{olovo}} = \frac{s_{eben}}{s_{olovo}} = \frac{a_{eben}}{a_{olovo}} = \frac{g \cdot \left(1 - \dfrac{\rho_{vzduch}}{\rho_{eben}}\right)}{g \cdot \left(1 - \dfrac{\rho_{vzduch}}{\rho_{olovo}}\right)}.$$

Dosazením Galileiho hodnot je tento číselný poměr roven $\frac{999}{1000} : \frac{9999}{10000}$, což se dá interpretovat přesně tak, jak to provedl Galilei.

Celá argumentace má bohužel jednu vadu: zrychlení vypočtené touto metodou je sice pro každé padající těleso rozdílné, ale zůstává stále konstantní v čase; těleso se tedy bude pohybovat po celou dobu rovnoměrně zrychleně, a tedy nedojde k *„vyloučení zrychlení"* a *„redukci pohybu tělesa na rovnoměrný pohyb"*. Byl si Galilei tohoto nedostatku vědom? Možná že ano, protože tvrdí, že *„...zkušenost* se *bude s naším výpočtem shodovat mnohem přesněji..."*, nikoliv, že dojde k přesné shodě. Mohl však Galilei tuto nepřesnost ve výpočtu odstranit? Z ukázky je zřejmé, že Galilei na základě pozorování správně usuzoval na existenci síly dynamického odporu $\vec{F}_{odp}$, která má opačný směr, nežli je směr rychlosti tělesa, a je velikosti této rychlosti úměrná. Galilei však tuto sílu při výpočtu nepoužil. Mohl se tak rozhodnout proto, že vliv této síly na pád koulí z malých výšek se mu zdál zanedbatelný; anebo proto, že nebyl schopen (a ani my dodnes nejsme) zapsat přesný tvar této síly a poté určit zrychlení padajícího tělesa za předpokladu, že síla dynamického odporu působí. Vysokoškolsky vzdělaný fyzik ví, že jsme schopni odporovou sílu analyticky vyjádřit jen v určité aproximaci; protože chceme popisovat pád tělesa z malé výšky, stačí použít lineární aproximaci $\vec{F}_{odp} = -const \cdot \vec{v}$, a tak získáme z druhého Newtonova zákona diferenciální rovnici, která popisuje pád tělesa ve svislém směru (daném kladným směrem osy x, platí $a = \dfrac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}$ a $v = \dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$):

$$\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + \frac{const}{m} \cdot \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} - g \cdot \left(1 - \frac{\rho_p}{\rho_t}\right) = 0.$$

Řešením takovéto rovnice (s přihlédnutím k počáteční podmínce $v_{(t=0)} = 0\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$) získáme vyjádření pro rychlost, které je závislé na hmotnosti m a tvaru (obsažen v koeficientu *const*) padajícího tělesa

$$v = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = g\cdot\left(1-\frac{\rho_p}{\rho_t}\right)\cdot\frac{m}{const}\cdot\left(1-e^{-\frac{const}{m}\cdot t}\right);$$

tento výsledek je slovně popsán jak v Galileiho *Rozpravách*, tak i v druhém odstavci citátu z Aristotelovy *Fyziky* („*těleso rozdělí prostředí svým tvarem nebo svojí tíží*"). Provedeme-li však rozvoj exponenciální funkce $e^{-\frac{const}{m}\cdot t} = 1-\frac{const}{m}\cdot t+\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{const}{m}\cdot t\right)^2-\frac{1}{3!}\cdot\left(\frac{const}{m}\cdot t\right)^3+\ldots$ a omezíme se pouze na první dva členy, získáme přibližné řešení $v = g\cdot\left(1-\frac{\rho_p}{\rho_t}\right)\cdot t$, které odpovídá výpočtu provedenému Galileim. Pokud navíc uvažujeme, že prostředí má nulovou hustotu ($\rho_p = 0$) a neklade odpor ($const \to 0$), přechází uvedené řešení diferenciální rovnice limitně na vztah

$$v = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = \lim_{const\to 0} g\cdot\frac{m}{const}\cdot\left(1-e^{-\frac{const}{m}\cdot t}\right) = g\cdot t\,,$$

čili $v = g\cdot t$, který užívá pro popis volného pádu ve vakuu každá středoškolská učebnice.

Co tedy říci závěrem? Tvrzení, že Galilei programově vyvracel Aristotelovy závěry, je silně zjednodušené, alespoň co se pozemské mechaniky týká; například na pád tělesa v odporujícím prostředí měli Aristoteles i Galilei velmi podobné názory, které se shodovaly i s názory našimi. Zásadní rozdíl v úvahách o volném pádu spočívá v tom, že Aristoteles [5] považoval pohyb ve vakuu za jev nemožný[6], zatímco Galilei pouze za jev nedosažitelný jemu dostupnými prostředky. Proto bývá chybou označovat Galileiho za Aristotelova odpůrce; Galilei nenapadal Aristotelovy názory, ale interpretace jeho učení, které neodpovídaly pozorování a experimentu.[7] Myslím, že nejlépe to osvětlují následující řádky z Galileiho dopisu Fortuniovi Licettimu [1], které jsou aktuální i pro dnešního fyzika:

> „*...Soudím (a věřím, že se připojíte k mému názoru), že být skutečně peripatetikem spočívá především ve filozofování podle Aristotelova učení; nuže, jeho metoda, pravdivé předpoklady a principy, o něž se opírá, mají vědecký charakter.*
>
> *Mezi předpoklady, které nás Aristoteles učí ve své Dialektice, jsou takové, jimiž nás varuje před klamnými řečmi: vede nás ke správnému uvažování, abychom mohli z daných premis dedukovat nevyhnutelný závěr. Domnívám se, že jsem použitím této metody dosáhl nesčetných pokroků v čisté matematice a nikdy jsem nedospěl k žádnému klamnému závěru. Přímočarost v důkazu mě uchránila před upadnutím do dvojsmyslnosti. Takže až dosud jsem peripatetikem vlastně já.*
>
> *Mezi jisté prostředky, jak dosáhnout pravdy, náleží opírat každé uvažování o přísnou zkušenost (...), protože není možné, aby byla smyslová zkušenost protichůdná pravdě. A toto je rovněž Aristotelův recept, o němž se již dlouho soudí, že má víc*

[6] Tento závěr lze získat rozborem několika stran Aristotelovy *Fyziky* [5], které předcházejí citované ukázce. Galilei se však na tento Aristotelův text nikde v *Rozpravách* neodvolává.

[7] Na další aspekty Galileiho studia volného pádu, především na jeho důležitost pro další vývoj fyziky, upozorňují i [10] a [11].

platnosti a síly než „autorita" všech velkých tohoto světa; víte sám, že nejenom nemáme trpět autoritu jiných, ale že musíme nedůvěřovat naší vlastní autoritě vždycky, když zkušenost oponuje úvaze...“

Literatura

[1] Namer É.: *Případ Galilei.* Mladá fronta, edice Prameny č. 43, Praha 1982.

[2] Smolka J.: *Galileo Galilei: Legenda moderní doby.* Prométheus, edice Velké postavy vědeckého nebe, sv. 7, Praha 2000.

[3] Macháček M.: *Život, odsouzení a rehabilitace Galilea Galileiho.* Čs. čas. fyz. **43** (1993) 117.

[4] Galilei G.: *Unterredungen und mathematishe Demonstrationen über zwei neue Wissenzweige, die Mechanik und die Fallgesetze (1638), Erster und zweiter Tag.* Akademische Verlagsgeselschaft, edice Ostwald's Klassiker, Leipzig 1917.

[5] Aristoteles: *Fyzika.* P. Rezek, Praha 1996.

[6] Galilei G.: *Il Saggiatore (Prubíř).* Citovaná věta je uvedena ve sborníku Mudry A.: *Galileo Galilei, Schrifte, Briefe und Dokumente.*, Rütten & Loening, Berlin 1987.

[7] von Guericke O.: *Neue Magdeburische Versuche über den leeren Raum (1672).* Akademische Verlagsgesellschaft, edice Ostwald's Klassiker, Leipzig 1894.

[8] Chvojka M., Skála J.: *Malý slovník jednotek měření.* Mladá fronta, Praha 1982.

[9] Brož J., Roskovec V., Valouch M.: *Matematické a fyzikální tabulky.* SNTL, Praha 1980.

[10] Arons A. B.: *Cesta k přírodovědné vzdělanosti I.* Čs. čas. fyz. A 35 (1985) 58.

[11] Arons A. B.: *Teaching Introductory Physics.* John Wiley & Sons, New York 1997.

Ilya Prigogine – představitel moderní termodynamiky

Jitka Prokšová, Pedagogická fakulta ZČU, Plzeň*

*Jan Obdržálek**, Matematicko-fyzikální fakulta UK, Praha*

Zalistujete-li v seznamu nositelů Nobelovy ceny za chemii, najdete pod zápisem z roku 1977 jeho jméno. Toto prestižní mezinárodní ocenění je ale i vyjádřením uznání, které si Prigogine bezpochyby zaslouží za svůj obrovský přínos v oblasti nerovnovážné termodynamiky a statistické fyziky a v teorii disipativních struktur. Vývoj těchto oblastí fyziky prodělal za posledních padesát let díky němu takový skok kupředu, že si jde jen stěží představit, jakým směrem by se ubíral bez Prigoginových skvělých myšlenek a jeho vědecké intuice. Zkusme si nyní tohoto pozoruhodného muže a výsledky jeho celoživotní vědecké činnosti trochu přiblížit.

Ilya Prigogine se narodil 25. ledna 1917 v Moskvě, ale již ve svých čtyřech letech se spolu s rodiči stěhuje nejprve do Německa a pak do Belgie. Usadili se v Bruselu, kde později Prigogine získal univerzitní vzdělání. Vystudoval obor chemie na Université Libre de Bruxelles. Nejvíce ho ovlivnili dva z jeho učitelů: **T. De Donder** (1873–1957) a **J. Timmermans** (1882 až 1971). První z nich se zabýval chemickou kinetikou a aplikacemi klasické termodynamiky na chemické reakce v kapalných roztocích. Jak Prigogine sám uvedl ve své přednášce při udělení Nobelovy ceny [1], byly to právě práce De Dondera, které ho přivedly poprvé na myšlenku produkce entropie, jež ho později tak proslavila.

Velkou část své vědecké práce věnoval Prigogine objasnění jak makroskopických, tak i mikroskopických aspektů druhého termodynamického zákona. Vliv jeho druhého učitele se projevil při konfrontaci Prigoginových úvah s přesnými termodynamickými metodami v oblasti fyzikální chemie. J. Timmermans byl význačným experimentátorem a vedl svého žáka k poznání, že jen experimentem lze ověřit správnost intuice teoretika.

Ve čtyřicátých letech 20. století se Prigogine začíná zabývat studiem ***transportních jevů*** (tepelné vodivosti, termodifúze apod.), v nichž hraje klíčovou úlohu fenomén ***nevratnosti***, který se do té doby ztotožňoval s degradací a ztrátou užitečné práce. Zároveň studuje jednoduché dynamické modely z hlediska statistické mechaniky a řadu zkušeností z této oblasti uplatňuje právě při popisu transportních jevů.

V té době však byla termodynamika zpravidla vnímána jen jako termostatika rovnovážných procesů, a proto se i leckdo z předních fyziků pozastavoval nad Prigoginovou snahou studovat nevratné děje termodynamickými metodami. Přesto se v termodynamice tento nový směr, popisující chování systémů v blízkosti termodynamické rovnováhy, začal rychle rozvíjet, a to nejen zásluhou mladého Ilyi Prigogina. Svůj podíl na jeho vzniku totiž měl i americký fyzikální chemik (norského původu) **Lars Onsager**[1]. Byly vytvořeny základy lineární nerovnovážné termodynamiky.

Připomeňme, že klasická termodynamika rovnovážných stavů podává přesný popis izolovaných systémů, kde neprobíhá výměna energie ani hmoty s okolím. Transportní jevy ovšem přímo souvisejí s ***otevřenými systémy***, u nichž probíhá výměna energie i různých komponent systému s jeho okolím. V takových systémech tedy existují toky. Zatímco izolované systémy vždy směřují do ***rovnovážného*** stavu, otevřené systémy mohou (ale nemusejí) přejít do jistého ***stacionárního*** (na čase nezávislého) stavu, ve kterém dochází k průběžné výměně komponent mezi systémem a jeho okolím. Tyto nevratné děje potřebují neustálý přítok energie k tomu, aby mohl systém konat práci. (Vedle stacionárního stavu existují i jiné alternativy, kdy

---

* proksovj@kof.zcu.cz

** jobdr@otokar.troja.mff.cuni.cz

[1] V roce 1968 byl Lars Onsager za přínos při řešení problematiky nevratných termodynamických procesů oceněn Nobelovou cenou.

při výměně energie s okolím koná systém například relaxační kmity, při výměně hmoty s okolím periodicky probíhají různé chemické reakce nebo dokonce může vývoj systému vést až k deterministickému chaosu.)

Ale vraťme se zpět k Prigoginově práci. Velmi brzy jeho úsilí přineslo první výsledky. Dospěl k vytvoření základních předpokladů umožňujících v lineární nerovnovážné termodynamice popsat libovolný systém v blízkosti termodynamické rovnováhy.

V klasické termodynamice definujeme entropii S na základě Clausiova ***principu vzrůstu entropie***. V případě nevratných (ireversibilních) dějů platí

$$\delta Q_{ir} < T \cdot \mathrm{d}S, \qquad (1)$$

kde δQ_{ir} je infinitesimální přírůstek tepla a T termodynamická teplota. Je třeba zdůraznit, že se jedná o popis nevratných dějů mezi rovnovážnými stavy. V nerovnovážné termodynamice nás zajímá především časová změna entropie uvažovaného podsystému. Tu je možné určit ze vztahu

$$\frac{\mathrm{d}S}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}S_{\mathrm{ext}}}{\mathrm{d}t} + \frac{\mathrm{d}S_{\mathrm{int}}}{\mathrm{d}t}, \qquad (2)$$

kde první člen na pravé straně rovnice představuje změnu entropie danou tokem entropie mezi sousedními podsystémy; tento člen může být proto kladný i záporný. Druhý člen odpovídá přímo produkci entropie v daném podsystému. Platí, že

$$\frac{\mathrm{d}S_{\mathrm{int}}}{\mathrm{d}t} \geq 0. \qquad (3)$$

Na základě těchto úvah pak kolem roku 1945 zformuloval Prigogine pro lineární oblast nevratných dějů variační ***princip minima produkce entropie***: produkce entropie v systému se zpomaluje až na nejnižší možnou rychlost, pokud chování systému splňuje základní předpoklady lineární termodynamiky.

Výraz na levé straně (3) můžeme obecně vyjádřit jako součet členů typu $J_i \cdot X_i$, kde J_i popisují toky (časové změny extenzivních veličin) a X_i termodynamické síly, dané nehomogenitou systému (gradienty intenzivních veličin). V lineárním přiblížení předpokládáme jednak, že J_i a X_j jsou spjaty lineárními vztahy, jednak, že příslušné vzniklé kvadratické formy musí být pozitivně definitní. Dále z Onsagerova rozboru vyplývá předpoklad recipročních relací, tedy je-li

$$J_i = A_{ij} \cdot X_j \ (\text{resp. } X_j = B_{ji} \cdot J_i), \qquad (4)$$

pak $A_{ij} = A_{ji}$ (resp. $B_{ji} = B_{ij}$).

Odůvodnění platnosti Onsagerových relací vychází ze symetrie zákonů mechaniky, především z jejich invariance při inverzi času. Důraz je přitom kladen na to, aby Onsagerovy koeficienty A_{ij}, B_{ij} souhlasily, i když nepřímo, s experimentálně zjištěnými hodnotami.

Je zřejmé, že oba zmíněné předpoklady značně zjednodušují problematiku nerovnovážných dějů. Avšak řada experimentálně studovaných jevů (termoosmóza, vedení tepla v plynech, ...)

potvrzuje použitelnost tohoto teoretického přístupu pro procesy probíhající v blízkém okolí termodynamické rovnováhy.

V padesátých letech 20. století vznikl pod Prigoginovým vedením Bruselský institut nerovnovážné termodynamiky, jehož cílem bylo najít zobecněné vztahy pro živé systémy. Jednalo se o problematiku stacionárních stavů daleko od rovnováhy, které lze makroskopicky popsat, ale pro které neplatí Onsagerovy relace. Zpočátku se Prigogine snažil vytvořit koncepci systémů daleko od rovnováhy z pojetí lineární termodynamiky. Uvažoval, že i pro tyto systémy by mělo platit, že se obecně vyvíjejí do stavu, kdy rychlost produkce entropie dosáhne své minimální hodnoty. Brzy se však ukázalo, že jejich chování nelze popsat vztahy lineární termodynamiky. Lineární relace, které byly velmi dobrou aproximací v případě transportních jevů, přestávaly platit v podmínkách chemické kinetiky.

Nenadálý obrat přinesla Prigoginova spolupráce s **Paulem Glansdorffem**. Společně se snažili o hlubší pohled na vývoj otevřených systémů v čase. Definovali tzv. **obecné evoluční kritérium (OEK)**, podle něhož je produkce nadbytečné entropie v systému vždy větší než nula. Toto kritérium představuje obecné tvrzení o stabilitě stacionárních stavů termodynamických systémů, které jsou pod nějakým vlivem nuceny opustit termodynamickou rovnováhu. V krátké době se však OEK setkalo s řadou námitek. Nejenže byla Prigoginovi vytýkána použitá symbolika a jazyk, ale předmětem diskusí a sporů se stala především přílišná generalizace celého problému. Zdá se, že OEK není zcela univerzální i proto, že pokud se systém nachází daleko od rovnovážného stavu, roste prudce počet možných stavů, které může zaujmout.

Ukázalo se, že systémy existující daleko od termodynamické rovnováhy účinně disipují teplo a jsou schopné měnit své uspořádání (původně uspořádaný systém prochází stádiem neuspořádanosti do nové uspořádanosti). Jejich růst není neomezený, ale je limitován právě množstvím tepla, které systémy do okolí rozptýlí. Díky náhodným fluktuacím, které v systémech vzniknou na několika místech současně, se vytvoří takzvané **disipativní struktury**[1]. Kladnou zpětnou vazbou mohou fluktuace způsobit až destabilizaci systémů, což vede ke zničení jejich původního uspořádání.

Disipativní struktury se projevují např. pravidelným střídáním barev nebo vedou ke vzniku pravidelných spirálních útvarů atd. Jednoduchým modelem disipativní struktury může být i živý organismus, uvnitř kterého se dodaná energie (např. chemickou reakcí) disipuje na teplo. Hrají důležitou roli i při studiu chemické kinetiky systémů, ve kterých probíhají např. katalytické reakce (čím více nějakého prvku vstupuje do reakce, tím více je podpořena) nebo fázové přeměny.

Existence disipativních struktur Prigogina velmi zaujala. Jeho nadšení brzy vzbudilo i u jeho dalších spolupracovníků zájem vybudovat vhodnou teorii z hlediska nerovnovážné statistické mechaniky. V roce 1967 proto Prigogine založil Centrum pro statistickou mechaniku, později po něm přejmenované na Centrum I. Prigogina pro studium statistické mechaniky a komplexních systémů. Během dalších let se pak stal uznávaným odborníkem v nerovnovážné termodynamice i statistické fyzice. Je nositelem 52 čestných akademických hodností a je členem 63 národních i mezinárodních organizací.

Přestože řada problémů z teorie disipativních struktur a chaosu zůstává stále otevřená, Prigoginovy práce daly podnět mnoha fyzikům, biologům i chemikům k hledání dalších souvislostí na cestě k pochopení podstaty živých systémů.

Literatura:

[1] <http://nobel.sdsc.edu/laureates/chemistry-1977-1-autobio.html> *Ilya Prigogine – Autobiography* (anglicky).

[2] Prigogine I., Kondepudi D.: *Modern thermodynamics: From heat engines to dissipative structures.* John Wiley & Sons, Chichester 1998.

[3] <http://order.ph.utexas.edu/people/Prigogine.htm> *Prof. Ilya Prigogine* (anglicky).

[1] lat. dissipare = rozptylovat (např. energii)

Tiažové zrýchlenie a tvorivosť

Klára Velmovská, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Bratislava*

1. ÚVOD

Na konci školského roka majú už žiaci dostatočné skúsenosti s laboratórnymi prácami. Obyčajne však majú v učebnici uvedený presný návod, ako pri meraní postupovať. Je naozaj nutné, aby dostávali striktný návod, podľa ktorého majú pracovať? Z hľadiska rozvoja tvorivosti je vhodné tento návod žiakom nepredpísať, ale nechať ich, nech si spôsob a postup merania navrhnú sami.

Učivo 1. ročníka gymnázia je zamerané na mechaniku a žiaci sa často stretávajú s pojmom tiažové zrýchlenie. Žiakom môžeme preto na laboratórnom cvičení zadať úlohu nasledovného znenia:

Navrhnite metódu na meranie veľkosti tiažového zrýchlenia a meranie uskutočnite.

Táto úloha od žiakov vyžaduje, aby si sami vymysleli metódu merania, navrhli postup, pomôcky, s ktorými budú merať a namerané údaje spracovali.

Cieľom laboratórneho cvičenia je obyčajne vyšetriť daný fyzikálny jav alebo namerať nejakú fyzikálnu veličinu. Pričom sa kladie dôraz na presnosť merania, tj. aby sa hodnota fyzikálnej veličiny čo najviac približovala k hodnote tabuľkovej. Znamená to ale, že na meranie budeme používať iba tie metódy, ktoré nám danú presnosť zabezpečia? Pre žiakov gymnázia sú tieto metódy niekedy náročné. Súhlasím s tým, že cieľom učiteľa fyziky by malo byť žiakov k týmto metódam priviesť a predstaviť im ich, či už sú to merania známe z histórie alebo merania využívajúce elektronické meracie prístroje. Pre tento prípad je to meranie Galileovo a meranie veľkosti tiažového zrýchlenia pomocou reverzného kyvadla. Ale predtým by sme žiakom mali dať šancu vymyslieť metódu vhodnú na meranie, aby si uvedomili problémy s ňou späté. Takto prispejeme k rozvoju tvorivosti žiakov a pripravíme si pôdu pre predstavenie presnejších metód.

2. INŠTRUKCIE

Laboratórne cvičenia obyčajne predstavujú dve vyučovacie hodiny. Pri riešení tejto úlohy je dobré rozčleniť si hodiny na teoretickú a experimentálnu. Teoretická hodina by mala byť zameraná na návrh a rozpracovanie metódy, experimentálna na meranie, zaznamenávanie a spracovávanie hodnôt.

Na úvod teoretickej časti učiteľ žiakov informuje o tom, čo je cieľom laboratórneho cvičenia. Úlohou žiakov je pri práci v skupinách vymyslieť čo najoriginálnejšiu metódu merania veľkosti tiažového zrýchlenia. Podľa možnosti takú, ktorá by nikoho iného nenapadla. Treba žiakom zdôrazniť, že použitie pomôcok je obmedzené vybavením kabinetu fyziku, tj. radar na meranie rýchlosti k dispozícii nie je. Učiteľ by mal žiakov požiadať, aby mu na konci teoretickej hodiny odovzdali zoznam pomôcok, ktoré budú pri meraní potrebovať. Voľbu pomôcok a presný postup merania si žiaci majú premyslieť tak, aby sa pri meraní dopúšťali čo najmenších nepresností. Ich úlohou je dostať sa ku vzťahu pre veľkosť tiažového zrýchlenia, do ktorého budú namerané hodnoty dosadzovať.

Výstupom prvej hodiny by mal byť pripravený záznam z laboratórneho cvičenia. Jeho štruktúra by mala byť zhodná so záznamami, ktoré už žiaci vyhotovovali. Je dobré žiakov upozorniť na to, že na meranie budú mať pomerne málo času (1 vyučovaciu hodinu), preto by si mali meranie detailne rozpracovať – premyslieť si, koľko meraní urobia a pripraviť si vopred tabuľku, do ktorej budú namerané hodnoty zaznamenávať. Na záver teoretickej hodiny

* velmovska@center.fmph.uniba.sk

(cca 5 min pred koncom) učiteľ vyzve žiakov, aby každá skupina prezentovala svoju metódu merania.

3. SKÚSENOSTI

Veľkosť tiažového zrýchlenia sme určovali so žiakmi dvoch prvých tried na Gymnáziu J. Papánka v Bratislave. Rozdelenie do skupín prebehlo náhodne a to tak, že si žiaci ťahali z vopred pripravených očíslovaných papierikov. Žiaci s rovnakými číslami patrili do jednej skupiny, pričom ich počet v skupine nepresahoval štyri.

Myslím, že môžem skonštatovať, že navrhovanie metód merania sa žiakom páčilo. Boli ako vedci, ktorí sa pokúšajú odmerať niečo, čo dosiaľ ešte nemerali. Tento ich pocit by sa stratil, keby mali merať podľa presne určeného návodu. Pri navrhovaní mali povolené používať zošity, prípadne sa mohli inšpirovať učebnicou.

Je dôležité spomenúť, že na tomto gymnáziu majú žiaci každý týždeň na laboratórne cvičenia určenú 1 delenú hodinu. Takto sme mali jeden týždeň hodinu teoretickú, kde navrhovali metódy merania a druhý týždeň meranie vykonávali. Výhodou bolo to, že na prípravu pomôcok som mala čas 1 týždeň. Ako sa však ukázalo, žiaci na svoje merania nepožadovali pomôcky, príprava ktorých by si vyžadovala takýto čas. Myslím, že učiteľ vystačí zo sadou pomôcok na mechaniku. Nemôže zabudnúť na guľôčky[1] s háčkom aj bez neho, na pevnejšiu niť, na silomery, váhy, stopky, odmerné valce, pravítko, dĺžkové[2] meradlo, stojan z laboratórneho cvičenia o premenách energie. Ak bude mať tieto pomôcky vopred pripravené (samozrejme v dostatočnom množstve), bude mať dostatok času na pohľadanie ostatných pomôcok.

Je zaujímavé, že žiaci sa prísne držali pomôcok, ktoré sú súčasťou vybavenia fyzikálneho kabinetu, hoci[3] ich mohli nahradiť vecami zo svojho okolia. Na meranie pomocou Archimedovho zákona mohli žiaci použiť akékoľvek teleso (pero, gumu na gumovanie...). Oni sa však rozhodli pre závažie. Rovnako pri točení telesa na nitke mohli na koniec nitky priviazať čokoľvek[4]. Žiaci však použili guľôčku zo súpravy na mechaniku.

Niektoré skupiny navrhli vychádzať pri meraní z tiažovej sily. Asi po 10 minútach práce v skupinách každá skupina prišla s návrhom využiť na meranie voľný pád. V tomto prípade zohráva dôležitú úlohu učiteľ, ktorý musí žiakov „donútiť" vymyslieť aj iné riešenie. V triede pomohol argument o originalite metódy: „Vidíte, toto riešenie napadlo každú skupinu. Vašou úlohou však je vymyslieť niečo, čo by iného nenapadlo, niečo originálne." A skupiny vymýšľali ďalej... Jedna skupina ostala síce pri meraní času voľného pádu, ale využila na to vodorovný vrh.

Učiteľ by mal vystupovať ako konzultant, na ktorého sa žiaci môžu kedykoľvek obrátiť. Zároveň by mal sledovať prácu skupín. Ako príklad uvediem skupinu, ktorá na meranie navrhla využiť zákon zachovania energie a naklonenú rovinu. Svoju metódu dopodrobna rozpracovali, avšak si neuvedomili, že gulička koná aj otáčavý pohyb – pri kinetickej energii neuvažovali o člene $\frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2$. Neuvažovali o ňom aj napriek tomu, že pri preberaní otáčavého pohybu tuhého telesa prepočítali niekoľko príkladov, kde tento člen vystupoval. Pri tejto laboratórnej práci sa ukázalo, že s pojmom kinetická energia otáčavého pohybu nie sú žiaci celkom „zžití". Žiaci si pri meraní uvedomili, že niečo nie je v poriadku, keď pre veľkosť tiažového zrýchlenia dostali hodnotu veľmi odlišnú od skutočnej, hoci[5] očakávali hodnotu blížiacu sa ku nej. I pri opakovanom meraní sa ich podozrenie potvrdilo. Teda ďalším prínosom tejto

[1] kuličky
[2] délkové
[3] ačkoliv
[4] cokoliv
[5] ačkoliv

úlohy je skutočnosť, že žiaci si skutočne uvedomili význam člena $\frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$ a utvrdili si svoje poznatky nadobudnuté počas 1. ročníka.

Na prvej hodine si žiaci mali premyslieť postup merania a zachytiť ho v záznamoch. Avšak pri meraní sa ukázalo, že meranie uskutočniť nie je až také jednoduché. Na ilustráciu uvediem prípad skupiny, ktorá navrhla naozaj originálnu metódu využívajúcu poznatky z dynamiky. Pri točení guličky na špagáte chceli polomer otáčania guličky merať pomocou pravítka. Pri samotnom meraní prišli na to, že točiť guličku tak, aby opisovala stále rovnako veľkú kružnicu, nie je také jednoduché. Preto to vyriešili tak, že na stôl položili pravítko, určili si polomer otáčania, ktorý potom vedeli lepšie dodržať. Podobne to bolo s určovaním uhla, ktorý pri otáčaní zviera niť so zvislým smerom. Na teoretickej hodine na otázku, ako určia tento uhol, odpovedali, že pomocou uhlomera. Pri meraní však prišli na to, že keď si „dobre" zvolia dĺžku špagátu, uhol bude rovný 45° a vo výslednom vzťahu pre g nemusia počítať $\mathrm{tg}\,\alpha$, lebo bude rovný 1. Preto guľôčku podržali nad určeným polomerom, kolmo na stôl postavili ešte jedno pravítko a špagát natiahli tak, aby guľôčku spojil s hodnotou polomeru na zvislom pravítku. Pri tejto hodnote určili dĺžku špagátu. Takto vlastne vytvorili rovnoramenný pravouhlý trojuholník. Pri tomto meraní im vyšla hodnota pre veľkosť tiažového zrýchlenia $24{,}8\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$. Tento pomerne veľký rozdiel sa dá vysvetliť, ak si uvedomíme, aká nepresnosť vznikne pri zväčšení polomeru otáčania 20 cm (hodnota zvolená žiakmi) o 1 cm.

4. RIEŠENIA

Uvádzam iba niektoré riešenia, ktoré navrhli žiaci. Meranie veľkosti tiažového zrýchlenia pomocou silomera, páky a pomocou poznatkov o voľnom páde neuvádzam. Na meranie možno využiť i vodorovný vrh, pri ktorom zostavíme zariadenie podobné ako pri laboratórnej úlohe o premenách energie, a meriame čas dopadu guľôčky zo stola. Meriame vlastne čas dopadu ako pri voľnom páde. Tieto metódy sú pomerne jednoduché. Návod na meranie veľkosti tiažového zrýchlenia pomocou voľného pádu možno nájsť napr. v [1]. Rovnako neuvádzam ani metódu určenia veľkosti tiažového zrýchlenia pomocou doby kmitu kyvadla. Predpokladám, že na túto metódu nemajú žiaci 1. ročníka potrebné poznatky.

Pri opise metód merania navrhnutých žiakmi som vychádzala zo záznamov, ktoré mi žiaci odovzdali. Uvádzam aj konkrétne hodnoty, ktoré získali meraním.

- **meranie využitím Archimedovho zákona**

Pomôcky: odmerný valec, silomer, guľôčka, nitka, rovnoramenné váhy

Na silomer si zavesíme guľôčku. Odmeriame F_g guľôčky. Potom ju ponoríme do vody. Silomer nám ukáže hodnotu výslednej sily F_V. Podľa vzorca $F_{vz} = F_g - F_V$, vypočítame veľkosť vztlakovej sily. Ak vieme, z akého materiálu je zhotovená guľôčka, odvážime ju a pomocou vzorca $V = \frac{m}{\rho}$, vypočítame jej objem. Podľa vzorca $g = \frac{F_{vz}}{\rho \cdot V}$ vypočítame g. Objem guľôčky môžeme zistiť aj tak, že ju ponoríme zavesenú na nitke do vody v odmernom valci. Objem guľôčky je daný hodnotou, o koľko stúpne hladina vody.

Meranie:
$m = 42{,}25$ g

$\rho = 1000\ \mathrm{kg\cdot m^{-3}}$

$\frac{F_g}{\mathrm{N}}$	$\frac{F_v}{\mathrm{N}}$	$\frac{V}{10^{-6}\ \mathrm{m^3}}$	$\frac{F_{vz}}{\mathrm{N}}$	$\frac{g}{\mathrm{m\cdot s^{-2}}}$
0,45	0,3	16	0,15	9,375
0,45	0,3	16	0,15	9,375
0,45	0,29	17	0,16	9,412

Tab. 1 Tabuľka hodnôt získaná pri určovaní tiažového zrýchlenia pomocou Archimedovho zákona

$\bar{g} = 9{,}39\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

- ## meranie pomocou zvislého vrhu nahor

Pomôcky: guľôčka, meter, stopky

Pomocou vzorca pre čas t, za ktorý z výšky H teleso dopadne: $t = \sqrt{\frac{2\cdot H}{g}}$, vypočítame hodnotu g takto: guľôčku vyhodíme do výšky a odmeriame, do akej výšky vyletela. Zároveň odmeriame i čas, za ktorý sa vráti. Pri počítaní g použijeme iba polovičný čas, lebo telesu trvá rovnaký čas výstup do výšky H ako voľný pád z tejto výšky. Výšku výstupu určujeme tak, že jeden žiak sa postaví na lavicu a sleduje, do akej výšky guľôčka vystúpi.
Meranie:

$\frac{t}{\mathrm{s}}$	$\frac{\frac{1}{2}\cdot t}{\mathrm{s}}$	$\frac{H}{\mathrm{m}}$	$\frac{g}{\mathrm{m\cdot s^{-2}}}$
1,21	0,605	1,7	9,28
1,35	0,675	2,01	8,82
1,18	0,59	1,55	8,91
1,22	0,61	1,8	9,67
1,28	0,64	1,8	8,79

Tab. 2 Tabuľka hodnôt získaných pri meraní pomocou zvislého vrhu nahor

$\bar{g} = 9{,}09\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

- ## meranie založené na zákone zachovania energie

Pomôcky: guľôčka, pravítko, naklonená rovina, stopky
Odmeriame výšku h naklonenej roviny, z ktorej guľôčku s hmotnosťou m púšťame. Keď guľôčka opustí naklonenú rovinu, pôjde ďalej rovnomerným pohybom (pričom trenie zanedbávame). Stopkami odmeriame čas t, za aký prejde guľôčka dráhu s a podľa vzťahu $v = \frac{s}{t}$ vypočítame rýchlosť guľôčky na konci naklonenej roviny. Všetky zistené hodnoty dosadíme do vzťahu, ktorý vyplýva zo zákona zachovania energie. Guľôčka koná aj otáčavý pohyb, preto musíme uvažovať aj o kinetickej energii otáčavého pohybu $\frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2$, kde I je moment zotrvačnosti gule ($I = \frac{2}{5}\cdot m\cdot r^2$) a ω uhlová rýchlosť guľôčky.

Platí:

$$E_K = E_P;$$

$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 + \frac{1}{2}\cdot I\cdot \omega^2 = m\cdot g\cdot h.$$

Po úpravách sa dostaneme ku vzťahu pre veľkosť tiažového zrýchlenia:

$$g = \frac{7\cdot v^2}{10\cdot h}.$$

Meranie:
$m = 26$ g
$h = 2{,}7$cm
čas, za ktorý guľôčka prešla dráhu 0,4 m:
0,65 s 0,75 s 0,75 s 0,66 s 0,78 s 0,75 s 0,81 s 0,75 s 0,70 s 0,79 s 0,79 s
priemer časov: $\bar{t} = 0{,}744$ s;

$$v = \frac{s}{\bar{t}} = \frac{0{,}4\ \text{m}}{0{,}744\ \text{s}} = 0{,}538\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1};$$

$$g = \frac{7\cdot v^2}{10\cdot h} = \frac{7\cdot\left(0{,}538\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}\right)^2}{10\cdot 0{,}027\ \text{m}} = 7{,}5\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}.$$

- **meranie využitím poznatkov z dynamiky**

Pomôcky: pravítko, niť, kovová guľôčka, stopky
Kovovú guľôčku zavesenú na niti roztočíme vo vodorovnej rovine nad daným priemerom. Určíme čas t, kým vykoná 10 otáčok. Pokus opakujeme 3krát a do výpočtov dosadíme priemernú hodnotu. Určíme uhol α, ktorý zviera niť pri točení so zvislým smerom. Rýchlosť guľôčky v určíme pomocou obvodu kružnice o, ktorú pri točení opisuje:

$$o = 2\cdot\pi\cdot r;$$

$$v = \frac{10\cdot o}{t};$$

Ďalej platí: $$\operatorname{tg}\alpha = \frac{F_o}{F_g},$$

kde F_o je odstredivá sila ($F_o = \frac{m\cdot v^2}{r}$) a F_g je tiažová sila. Po dosadení dostávame pre g

vzťah: $$g = \frac{v^2}{r\cdot\operatorname{tg}\alpha}.$$

Meranie:
$r = 0{,}2\ \text{m} \Rightarrow o = 1{,}256$ m
$\alpha = 45°$ (pri špeciálne zvolenej dĺžke nite)
namerané časy: 5,70 s 5,70 s 5,51 s
priemerná hodnota: $t = 5{,}63$ s;

$$v = \frac{12{,}56\ \text{m}}{5{,}63\ \text{s}} = 2{,}23\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1};$$

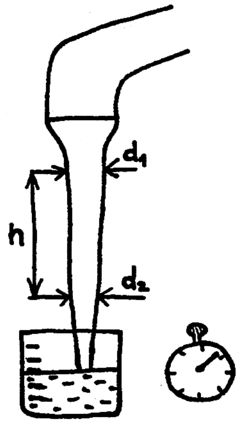
$$g = \frac{\left(2{,}23\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}\right)^2}{0{,}2\ \text{m}} = 24{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}.$$

5. INÉ ZAUJÍMAVÉ RIEŠENIA:

- **meranie využitím poznatkov z dynamiky kvapalín**

Pomôcky: vodovod, pravítko, nádoba so stupnicou (odmerný valec), stopky

Pri vytekaní vody z kohútika si môžeme všimnúť, že sa prúd vody smerom nadol zužuje. Pre objem V pretečenej vody cez plochu[6] S rýchlosťou veľkosti v za čas t platí rovnica kontinuity: $V = S \cdot v \cdot t.$



Obr. 1 Meranie tiažového zrýchlenia pomocou vody vytekajúcej z kohútika

Keď si prierez[7] prúdu v hornej, dolnej časti označíme S_1, S_2, veľkosť rýchlosti prúdenia v hornej, dolnej časti v_1, v_2, potom pre vytečený objem vody V za čas t platí:

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 = \frac{V}{t}.$$

Pre vytekajúcu vodu platí i zákon zachovania energie:

$$E_{p1} + E_{k1} = E_{k2},$$

kde E_{p1} je potenciálna energia vody vo výške h, E_{k1}, E_{k2} sú kinetické energie v hornej a dolnej časti prúdu. Platí (g je veľkosť tiažového zrýchlenia):

$$m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2.$$

Po dosadení za v_2 z rovnice kontinuity a po úprave dostaneme pre veľkosť tiažového zrýchlenia vzťah:

$$g = \frac{V^2}{2 \cdot h \cdot t^2} \cdot \left(\frac{1}{S_2^2} - \frac{1}{S_1^2} \right).$$

---

[6] plochou
[7] průřez

Keď uvážime kruhový prierez[8] prúdu vody s priemerom[9] v hornej časti prúdu d_1 a v dolnej d_2, potom pre veľkosť tiažového zrýchlenia platí vzťah:

$$g = \frac{V^2}{h \cdot \pi^2 \cdot t^2} \cdot \left(\frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right).$$

Na určenie veľkosti tiažového zrýchlenia potrebujeme mať v prvom rade k dispozícii vodovodný kohútik. Vodu pustíme tak, aby tiekla pekným prúdom. Pod kohútik umiestime nádobu, najlepšie odmerný valec a stopkami určujeme čas t, za ktorý do nádoby natečie voda s objemom V. Odmeriame priemer[10] prúdu v hornej časti d_1 a rovnako v dolnej d_2. Výška h zodpovedá vzdialenosti miest, v ktorých sme priemery prúdov merali.

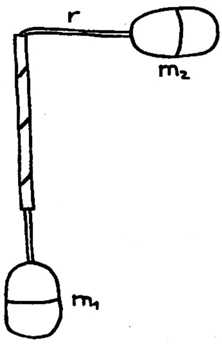
Meranie:

Pri meraní sme dostali pre veľkosť tiažového zrýchlenia hodnotu 7,507 $\mathrm{m \cdot s^{-2}}$. Je to spôsobené tým, že pri odvádzaní vzťahu pre určenie veľkosti tiažového zrýchlenia sme uvažovali o ideálnom prípade bez odporu prostredia.

- ## meranie využitím poznatkov o kruhovom pohybe

Pomôcky: hlavolam, stopky

Hlavolam pozostáva z dvoch telies, z ktorých je oveľa[11] ťažšie ako druhé (aspoň 10krát), navzájom spojených špagátom. Na zostrojenie hlavolamu môžeme použiť obaly z „kindervajíčok", pričom do jedného vložíme napr. kancelárske spony. Na špagáte je navlečená voľne pohyblivá slamka (cca 15 cm, napr. z malých džúsov).



Obr. 2 Hlavolam

Východzou pozíciou je poloha, pri ktorej držíme slamku tak, že ťažšie teleso sa nachádza dole. Úlohou je posunúť ťažšie teleso smerom ku slamke bez dotyku čohokoľvek iného než slamky a bez položenia tohoto telesa na stôl.

Riešenie je jednoduché. Roztočením ľahšieho telesa vo vodorovnej rovine okolo slamky začne ťažšie stúpať. Čím väčšia bude uhlová rýchlosť otáčania, tým rýchlejšie bude teleso stúpať.

8 průřez
9 průměrem
10 průměr
11 mnohem

Určite sa nám podarí dosiahnuť takú uhlovú rýchlosť otáčania, pri ktorej sa ťažšie teleso už nebude pohybovať. Pri takomto kruhovom pohybe je dostredivou silou tiažová sila pôsobiaca na ťažšie teleso. Preto platí: $F_d = F_g$;

$$m_1 \cdot g = m_2 \cdot \omega^2 \cdot r;$$

$$m_1 \cdot g = \frac{m_2 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot r}{T^2}.$$

Z čoho $$g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m_2 \cdot r}{m_1 \cdot T^2},$$

kde m_1 je hmotnosť ľahšieho telesa, m_2 hmotnosť ťažšieho, r polomer otáčania a T je perióda. Teda tiažové zrýchlenie môžeme určiť, ak budeme tieto hodnoty poznať. Určiť hmotnosti m_1 a m_2 nie je problém. A ako určiť T a r? V momente, keď dosiahneme, že ťažšie teleso ostane stáť, pomocou stopiek určíme dobu trvania 20 otáčok $(20 \cdot T)$ a zachytením telesa v tejto polohe môžeme určiť i polomer otáčania r.

Meranie:

Pri tomto meraní sme zanedbávali trenie medzi špagátom a slamkou, čo sa prejavilo v pomerne širokom intervale hodnôt tiažového zrýchlenia. Vplyvom[12] trenia bolo totiž pomerne ťažké odhadnúť vhodnú uhlovú rýchlosť. Z pomerne fluktuujúcich hodnôt sme pri meraní získali hodnotu pre veľkosť tiažového zrýchlenia $9{,}5\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

6. ZÁVER

V tomto príspevku som sa zaoberala experimentálnou tvorivou úlohou, ktorá spočíva v navrhnutí metódy merania veľkosti tiažového zrýchlenia a samotného merania. Sú tu opísané žiakmi navrhnuté metódy, pri ktorých pracovali s jednoduchými pomôckami dostupnými v každom fyzikálnom kabinete. V niektorých prípadoch sa žiaci dopracovali k hodnote tiažového zrýchlenia, ktorá sa blížila k hodnote tabuľkovej, avšak pri niektorých metódach sa dopustili pomerne veľkej nepresnosti. Tým vznikli námety k diskusii o hľadaní zdrojov nepresnosti, ich kritickom zhodnotení a navrhovaní spôsobov ich eliminácie. Teda tvorivosť sa okrem úrovne, kedy žiaci metódy navrhovali a uskutočňovali, rozvíjala i na vyššej úrovni – na úrovni verifikácie.

Tým, že žiaci nemali daný postup merania, sa vlastne hrali na vedcov a na hodine simulovali vedeckú činnosť. A vedecká činnosť je vo svojej podstate tvorivá. Žiaci síce objavovali, čo už objavené bolo, ale s daným stupňom poznatkov nie je možné objaviť niečo neobjavené. V tomto prípade išlo o tvorivosť subjektívnu. Myslím, že žiaci po tejto úlohe ľahšie a s väčším záujmom prijmú presnejšie metódy merania, ako napr. meranie pomocou reverzného kyvadla, a ocenia metódy umožňujúce merať s veľkou presnosťou.

Použitá literatúra:

[1] Koubek V. a kol.: *Školské pokusy z fyziky*. SPN, Bratislava 1980.

[12] Vlivem

Fyzikální analýza videozáznamů reálných situací

Robert Cikán, Matematicko-fyzikální fakulta UK, Praha*

ÚVODEM

Z výzkumů [2, 6] vyplývá, že začínající vysokoškolští studenti fyziky mají často problémy s interpretací grafů závislostí polohy, rychlosti a zrychlení na čase. Pravděpodobně nejčastěji se projevuje nepochopení významu těchto grafů v představě, že tyto grafy jsou nějakou formou jakoby „fotografického otisku" zkoumaného pohybu. Například, pokud mají studenti načrtnout graf závislosti polohy či rychlosti na čase pro jízdní kolo jedoucí z mírného kopce, odrážejí načrtnuté grafy často fyzickou konfiguraci zadání, tj. studenti často vytvoří místo grafu závislosti zvolené souřadnice na čase $x = x(t)$ graf, který prakticky popisuje trajektorii pohybu $y = y(x)$. Z jiných výzkumů [4, 8, 9] vyplývá, že co se týče kinematiky hmotného bodu, je jedním z nejběžnějších a nejkritičtějších problémů nesprávné pochopení významu základních kinematických pojmů a nejasné rozlišování mezi nimi. V [4] se například přímo uvádí, že 51 % studentů si při diskuzích k řešení diagnostického testu [5] alespoň jednou popletlo pojmy poloha, rychlost a zrychlení.

Pokud si studenti pletou pojmy poloha, rychlost a zrychlení, znamená to, že dobře nechápou definice těchto veličin a nevidí jejich vzájemné vztahy. Při tradičním způsobu výuky fyziky tedy pravděpodobně není jejich zavedení na střední škole věnována dostatečná pozornost, jak lze pozorovat například při výuce podle učebnice [1], která klade velký důraz na používání definic a vztahů pro výpočet dané fyzikální veličiny pomocí jiných veličin. Přitom často ustupuje do pozadí logika, která k definici vede. Tento způsob výuky vede k tomu, že studenti nechápou odvozené rovnice jako relační vztahy popisující chování konkrétního fyzikálního systému v čase, ale jako statické vzorce, pomocí nichž se počítá rychlost pohybu, uražená dráha, atd.

S tím, že si studenti neuvědomují dostatečně jasně vazby mezi jednotlivými fyzikálními veličinami, úzce souvisí i problémy, které mají s interpretací grafů závislostí kinematických veličin na čase. To je vzhledem ke skutečnosti, že se při výuce mechaniky využívají grafy závislostí kinematických veličin na čase velmi intenzivně a že by měly pomáhat zvyšovat srozumitelnost a současně snižovat nároky na abstraktní myšlení a představivost studentů, zcela zásadní problém, kterým se uzavírá začarovaný kruh. Přitom schopnost vytvořit k danému pohybu (například k pohybu skokana bungee jumping) příslušné grafy závislostí polohy, rychlosti a zrychlení na čase je klíčem k budoucímu pochopení příčin pohybu. Podle 2. Newtonova zákona totiž existuje jednoznačný vztah mezi zrychlením tělesa a výslednicí působících sil. Známe-li síly působící na těleso, jsme schopni určit, jak se mění v závislosti na čase zrychlení tělesa a z něj dále při znalosti počátečních podmínek vypočítat závislost rychlosti a polohy tělesa na čase, tj. určit, jak se těleso pohybuje. Naopak, jsme-li schopni změřit závislost polohy tělesa na čase a z ní vypočítat závislost jeho zrychlení na čase, můžeme získat informace o silách, které na těleso působí.

Ukažme si nyní na dvou konkrétních příkladech, jak je možné pokusit se s naznačenými problémy ve výuce fyziky na střední škole vypořádat.

MĚŘENÍ POLOHY AUTÍČKA

Fyzikální veličiny rychlost a zrychlení jsou abstraktní pojmy, které používáme k popisu pohybu těles. Pokud mají studenti správně pochopit jejich význam, musíme při jejich zavádě-

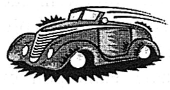
* robert.cikan@atlas.cz

ní vycházet z něčeho konkrétního, na čem bychom mohli stavět. Například z jednoduchého fyzikálního pokusu, v němž budou studenti měřit závislost polohy jedoucího dětského autíčka na dálkové ovládání na čase – viz obrázek 1.

1. Měření polohy autíčka

Při pozorování svého okolí vidíme, že oblaka plynou po obloze, ze stromu spadla hruška, kolem projelo auto, atd. Říkáme, že se věci kolem nás pohybují. Popisem pohybu těles se ve fyzice zabývá část nazývaná kinematika.

V tomto a několika následujících cvičeních se pokusíme najít různé způsoby, jak pohyb těles popsat pomocí prostředků kinematiky.



Pomůcky

Úkoly

1. Navrhněte postup měření závislosti polohy jedoucího autíčka na čase.
2. Proveďte příslušné měření a vhodně prezentujte naměřená data.
3. Diskutujte přesnost měření.

Doplňující otázky a úkoly

1. Jaké informace můžeme z tabulky resp. grafu vyčíst?
2. Určete
   - Jaká byla poloha autíčka v čase 4 s?
   - Jaká byla poloha autíčka v čase 5 s?
   - Jaká byla poloha autíčka v čase 4,5 s?
   - V jakém čase byla poloha autíčka 250 cm?

Tipy a návody

Diskutujte nejprve, co vlastně myslíme tím, když říkáme, že se něco pohybuje.
Jaké pomůcky budete k měření potřebovat?
Jak budete měřit polohu autíčka? Jak budete měřit čas?
Jak můžete zaznamenat výsledky měření, aby byly jasné a přehledné?
Diskutujte, co ovlivňuje přesnost měření a jak bychom mohli přesnost měření zvýšit.

Obr. 1: Pracovní list k měření závislosti polohy autíčka na čase

Při měření závislosti polohy dětského autíčka na čase se studenti mají možnost seznámit s tím, co vlastně fyzikální měření jako jedna z metod, pomocí nichž dochází fyzika k novým poznatkům, obnáší: navrhnout postup měření, zvolit vhodné měřící prostředky a metody měření (sestavit vlastní plán experimentální činnosti), připravit experiment podle navrženého postupu a provést měření, zaznamenat výsledky měření a ty dále zpracovat a prezentovat ve formě tabulek a grafů, provést vyhodnocení chyb měření, atd. Prakticky si vyzkouší své experimentální dovednosti a získají touto cestou přímou zkušenost, na jejímž základě budou definovat fyzikální veličinu rychlost pohybu jako časovou změnu polohy a na jejímž základě se dále mohou seznamovat s novými fyzikálními pojmy, které používáme při popisu pohybu těles (hmotný bod, mechanický pohyb, vztažné těleso, soustava souřadnic, vztažná soustava, souřadnice, poloha, atd.).

Z naměřených hodnot studenti vytvoří graf závislosti polohy jedoucího autíčka na čase a učí se z něj určit polohu autíčka v daném čase nebo čas, v němž se autíčko nacházelo v dané poloze. Vytvářejí si tak základní vazbu mezi konkrétním pohybem a grafem závislosti, který ho popisuje. Tuto vazbu je vhodné ještě dále upřesnit na konkrétních příkladech složitějších pohybů, kdy mohou studenti alespoň kvalitativně načrtnout, jak by mohl vypadat graf závislosti polohy na čase popisující pohyb lezoucího šneka, myšky hledající potravu, zajíce vyrušeného ze spánku, brzdícího automobilu atd., porovnat své předpovědi s předpověďmi spolužáků a diskutovat případné rozdíly.

Pokud jde o kvantitativní zkoumání složitějších pohybů, je vhodné hledat takové metody měření, které jsou dostatečně přesné a přitom nejsou příliš časově náročné. Rozsáhlé možnosti v tomto směru nabízejí moderní technologie, například video. S pomocí videokamery lze zaznamenávat různé reálné pohyby a ty dále s pomocí videa kvantitativně analyzovat tak, jako to už před lety dělal D. Zollman [10], který používal transparentní fólii připevněnou na obrazovku televizoru, na které pomocí video přehrávače promítal jednotlivé snímky videozáznamu, a na ni zaznamenával se studenty polohu pohybujících se objektů. Poté, co takto provedl potřebná měření, vytvářeli studenti z naměřených hodnot grafy závislostí polohy či rychlosti na čase popisující studovaný pohyb a prováděli jejich analýzu.

Video usnadňuje vytváření přímé vazby mezi konkrétním pohybem a grafem závislosti, který ho popisuje. Poté, co studenti vytvoří odpovídající graf závislosti polohy zkoumaného objektu na čase, je možné pouštět videozáznam znovu a porovnávat reálný pohyb s grafem, který ho popisuje. Tak je možné například zaměřit pozornost studentů na ty části grafu, kdy změna fyzikální situace (např. změna směru pohybu) přímo způsobí změnu v odpovídajícím grafu. Současná prezentace zkoumaného pohybu a odpovídajícího grafu usnadňuje pochopení jejich vzájemného vztahu a jeho uložení do dlouhodobé paměti jako jednoduchou entitu.

Takto provedené měření nevyžaduje od studentů zpracování velkého množství informací najednou během krátké doby, kdy by normálně byl zkoumaný pohyb před očima. Použití analýzy videozáznamu nevyžaduje obecně přímé zapojení mentálních zdrojů, jako jsou krátkodobá paměť a soustředěná pozornost. Navíc se při použití videa zapojí do celého procesu učení více smyslů, což celý proces osvojování nových poznatků výrazně urychluje. Kromě verbálního učení spojeného s popisem příslušného pohybu se totiž zapojuje i učení vizuální. Využití těchto dvou způsobů učení najednou celý proces učení výrazně zefektivňuje.

STUDIUM POHYBU SPRINTERA

Možnosti, které nabízí video, lze ještě dále rozšířit, použijeme-li v další etapě výuky k analýze videozáznamu počítač a specializovaný software, který celý proces měření a zpracování dat výrazně urychlí a usnadní studentům pochopení příslušných souvislostí tím, že umožňuje vytvářet příslušný graf závislosti polohy zvoleného objektu na čase synchronně se zaznamenáváním polohy tohoto objektu na jednotlivých snímcích videozáznamu nebo že později dovoluje jednoduše přehrávat videozáznam současně s jemu odpovídajícími grafy naměřených závislostí. Takové možnosti nabízí například *měřicí, modelovací a řídicí systém IP-Coach* (viz http://vydra.karlov.mff.cuni.cz/Bobo/Fyzika/IPCoach/Default.htm), s jehož pomocí lze provést všechna potřebná měření a získané výsledky dále zpracovávat (například vypočítat z naměřených závislostí polohy zkoumaného objektu na čase odpovídající grafy závislosti jeho rychlosti a zrychlení na čase) a analyzovat (odečítat hodnoty z grafů, určovat směrnici křivky atd.).

Studium videozáznamů různých reálných situací pomocí počítače je jednoduchý způsob, jak předkládat studentům nové fyzikální poznatky v kontextu, který přiláká jejich pozornost, a jak jim ukázat, že fyzika je úzce svázána s reálným životem. Mnoho situací vhodných pro fyzikální analýzu poskytují například videozáznamy různých událostí ze sportu. Pomocí počítače je také možné provádět fyzikální měření z videozáznamů různých nebezpečných situací, například srážky aut.

Jednoduchým příkladem fyzikálního měření prováděného na události ze sportu může být například studium videozáznamu startu sprintera – viz obrázek 2.

Co se týče dostupnosti videozáznamů vhodných pro fyzikální měření, je možné koupit hotovou sbírku videozáznamů určených pro výuku mechaniky (například CD Multimedia Motion – viz http://www.csmedia.demon.co.uk), stáhnout si vhodné videozáznamy z internetu (viz například sbírka videozáznamů http://vydra.karlov.mff.cuni.cz/Bobo/Fyzika/Video.htm), digitalizovat zajímavé záběry z televizního vysílání nebo natočit a digitalizovat vlastní záznamy různých situací (například v rámci seminárních prací pro studenty vyšších ročníků).

3. Analýza pohybu sprintera (video)

Již jsme detailně zkoumali dva speciální případy mechanického pohybu: pohyb rovnoměrný (pohyb autíčka) a pohyb rovnoměrně zrychlený (pohyb kuličky na nakloněné rovině).

V tomto cvičení podrobně prozkoumáme obecný nerovnoměrný pohyb (start sprintera) pomocí prostředků programu Coach 5 pro data-video měření a pro zpracování a analýzu naměřených dat.

Pomůcky

Úkoly

3. Přehrajte si videozáznam startu sprintera. Vytvořte graf závislosti polohy sprintera na čase.
4. Odhadněte, jak bude vypadat graf závislosti polohy sprintera na čase.
5. Zaznamenejte závislost polohy sprintera na čase a porovnejte výsledek s vaší předpovědí.
6. Odhadněte, jak bude vypadat graf závislosti rychlosti sprintera na čase.
7. Vytvořte graf závislosti rychlosti sprintera na čase a porovnejte výsledek s vaší předpovědí.
8. Určete typ pohybu sprintera (rovnoměrný, rovnoměrně zrychlený, nerovnoměrně zrychlený).
9. Určete maximální rychlost sprintera a v jakém čase ji dosáhl.
10. Určete průměrnou rychlost sprintera během zaznamenaného pohybu.
11. Určete maximální zrychlení sprintera a v jakém čase ho dosáhl.
12. Určete, za jak dlouho uběhne sprinter vzdálenost 100 m za předpokladu, že si udrží na zbytku dráhy maximální rychlost získanou během několika prvních sekund záznamu.

Doplňující otázky a úkoly

13. Kdo je držitelem světového rekordu v běhu na 100 m? Jaká je hodnota tohoto rekordu? Určete průměrnou rychlost sprintera při světovém rekordu v běhu na 100 m.
14. Kdo je držitelem světového rekordu v maratonu? Jaká je hodnota tohoto rekordu? Určete průměrnou rychlost maratonce při světovém rekordu.
15. Za jak dlouho uběhnete vzdálenost 100 m vy? Porovnejte svou průměrnou rychlost s průměrnými rychlostmi sprintera a maratonce při světovém rekordu.

Tipy a návody

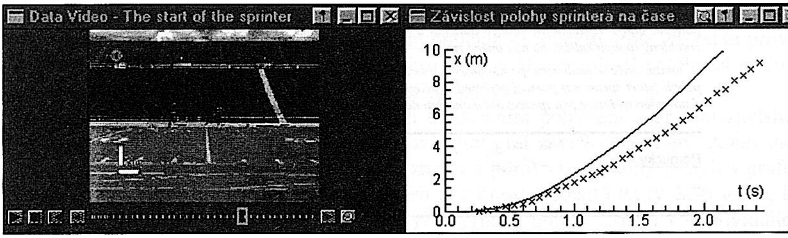
Videozáznam je již připravený k měření – měřítka, měřící body, atd. jsou už nastavené. Před vlastním měřením vypněte zobrazení měřítka a os a maximalizujte měřící okno.

Před měřením si zvolte nějaký výrazný bod na těle sprintera, jehož polohu budete …

Obr. 2: Pracovní list ke studiu pohybu sprintera

Při studiu videozáznamu pohybu sprintera si studenti mohou znovu z trochu jiného úhlu pohledu ujasnit vztah mezi konkrétním pohybem a jeho grafickou reprezentací a dále vztahy mezi fyzikálními veličinami, které používáme k popisu pohybu. Na základě jednoduchého měření s počítačem si prohloubí své dosavadní znalosti z kinematiky a také procvičí některé specifické dovednosti spojené s měřením a zpracováním experimentálních dat.

Za zmínku v tomto případě stojí otázka přesnosti video měření. Aby měli všichni studenti stejné podmínky, měl by být videozáznam již připravený k měření. Hodnoty získaných výsledků totiž výrazně ovlivňuje zejména volba os a měřítka (kalibrace pro měření vzdáleností) a přesnost vlastního měření polohy vybraných objektů prováděného pomocí myši na obrazovce monitoru – ne vždy se studentům podaří umístit měřící značku na stejné místo pohybujícího se objektu, což ovlivňuje mnoho faktorů: volba význačného bodu objektu, jehož polohu zaznamenáváme, velikost tohoto význačného bodu, ostrost obrazu, citlivost myši, manuální zručnost experimentátora při práci s myší, atd.



Obr. 3: Předpověď studenta a naměřená závislost vodorovné složky polohy sprintera na čase (pro měření z videozáznamu, na němž pohyb sprintera nezačíná v časovém okamžiku 0 s)

S pomocí nástrojů programu Coach 5 mohou studenti velmi rychle provádět všechny rutinní činnosti spojené s měřením a zpracováním dat, takže se mohou soustředit na vlastní fyzikální analýzu studovaného pohybu. Program Coach 5 navíc studentům umožňuje aktivně opakovat známé poznatky v mnoha různých souvislostech pomocí kombinace různých aktivit (zpracování experimentálních dat z měření pomocí klasických měřících přístrojů a metod, počítačový experiment, interaktivní video, matematické modelování) a tak jim umožňuje, aby si našli vlastní cestu k osvojení nových poznatků. Prakticky se tak naplňuje didaktická zásada variace učiva a metod řešení, což pomáhá udržet pozornost a zájem studentů.

SHRNUTÍ

Některé konkrétní zahraniční zkušenosti a výsledky [3, 7] ukazují, že použití fyzikální analýzy videozáznamů reálných situací a dalších měřících aktivit s počítačem (např. studium složitějších pohybů s pomocí sonaru) může středoškolským studentům výrazně pomoci při osvojování a pochopení základních pojmů a vztahů z mechaniky hmotného bodu. Přitom je však třeba mít stále na paměti, že efektivita výuky nezávisí jen na tom, zda se multimedia při výuce používají nebo ne, ale zejména na tom, jak jsou do celého procesu učení zapojeni sami studenti.

Poznámka:

Použité ukázky pracovních listů jsou součástí souboru studijních materiálů pro výuku mechaniky hmotného bodu zaměřenou na používání výukových metod, které kladou velký důraz na aktivní činnost studentů, na rozvíjení jejich dovedností a schopností (tj. problémové a výzkumné metody), v kombinaci s prostředky, které nám nabízí zejména zapojení výpočetní techniky do výuky – viz http://vydra.karlov.mff.cuni.cz/Bobo/Disertace/Default.htm. Tyto studijní materiály tvoří rozsáhlý soubor praktických cvičení ve verzi pro studenty a pro učitele. Verze pro studenty obsahuje zadání jednotlivých úloh a tipy a návody k jejich řešení. Ve verzi pro učitele jsou navíc ke každému cvičení k dispozici kompletní řešení úloh nebo jeho část, která naznačuje, jak při řešení postupovat, a dále komentáře a metodické poznámky k úlohám s mnoha dalšími cennými informacemi – návody a tipy, jak při řešení úloh postupovat, jak motivovat studenty, na co se zaměřit, jaká je vazba na praxi, atd.

LITERATURA:

[1] Bednařík M., Široká M., Bujok P.: *Fyzika pro gymnázia – Mechanika*. Prometheus, Praha 1993.

[2] Beichner R.: *Testing student interpretation of kinematics graphs*. American Journal of Physics **62**, (1994) 750.

[3] Ellermeijer A. L., Landheer B., Molenaar P. P. M.: *Teaching Mechanics through Interactive Video and a Microcomputer-Based Laboratory (IV/MBL)*. In: *NATO conference*. University of Amsterdam, Amsterdam 1996.

[4] Halloun I. A., Hestenes D. P.: *Common sense concepts about motion*. American Journal of Physics **53**, (1985) 1056.

[5] Halloun I. A., Hestenes D. P.: *The initial knowledge state of college Physics students*. American Journal of Physics **53**, (1985) 1043.

[6] McDermott L. C., Rosenquist M. L., van Zee E. H.: *Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from Kinematics*. American Journal of Physics **55**, (1987) 503.

[7] Molenaar P. P. M., Mahn M. A. C.: *The Force of Multimedia in the Mechanics*. In: *GIREP conference*. University of Amsterdam, Ljubljana 1996.

[8] Trowbridge D. E., McDermott L. C.: *Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension*. American Journal of Physics **48**, (1980) 1020.

[9] Trowbridge D. E., McDermott L. C.: *Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension*. American Journal of Physics **49**, (1981) 242.

[10] Zollman D., Fuller R.: *Teaching and learning physics with interactive video*. Physics Today **47**, (1994) 41.

KBAHT – KVANT

Ivo Volf, Univerzita Hradec Králové*

Skoro celou druhou polovinu 20. století jsme byli součástí východní Evropy; to podstatně poznamenalo náš politický i společenský život, z čehož se postupně dostáváme. I když si zachováme kritický přístup, je nutné uznat, že ve výuce fyziky dosahovaly jednotlivé vzdělávací systémy východní Evropy dobrých výsledků – a to především v oblasti péče o žáky středních škol, talentované na fyziku. Ve východní Evropě se zrodily mezinárodní soutěže – Mezinárodní fyzikální olympiáda, Turnaj mladých fyziků i First Step to Nobel Prize in Physics, v nichž soutěžící z východoevropských států získávali velmi dobré výsledky. I když dnes tyto soutěže zasahují téměř na všechny kontinenty, naši soutěžící v silné konkurenci zůstávají na předních místech. Také didaktika fyziky východoevropských států byla na dobré úrovni. Východoevropské „esperanto" – ruština (jak říkala prof. Nicolová z Bulharska) – umožňovalo mezilidskou komunikaci i vydávání odborné didaktické literatury ve větších nákladech; pomocí ruských překladů mnoha světově proslulých spisů z fyziky i o výuce fyziky jsme se levně dostávali k odborné literatuře americké. (Málo se ví o tom, že American Institut in Physics vydával naopak překlady mnoha knížek a odborných fyzikálních časopisů vydávaných v ruštině.) Rusky uměl každý (někdo lépe, někdo hůře) a ruština byla prostředníkem k hledané literatuře; dostávat knížky a časopisy, přímo z USA vyžadovalo jistou odvahu.

Ne, toto nemá být splín (spleen), ruštinu jsem nezapomněl, angličtinu se pokusil dohnat, ale zůstalo mi několik stovek rusky psaných knížek a pár časopisů. Jen jediného mi je líto: od roku 1970 až do roku 1992 jsem odebíral časopis pro zájemce o matematiku a fyziku z řad středoškoláků a jejich učitelů – KBAHT (Kvant); každým rokem vycházelo 12 čísel zprvu za předplatné 45 Kčs; později 54 Kčs ročně. Posloupnost se přetrhla poté, co za týž časopis požadovali dovozci zprvu 600 Kč, později 3 200 Kč. Před dvěma lety jsme konečně našli cestu a obnovili předplatné.

V roce 2000 vyšlo všech šest čísel. Časopis teď vychází jako dvouměsíčník v rozsahu 64 stran/číslo. V každém čísle se vyskytuje několik zásadních populárně-vědeckých článků z matematiky, fyziky a z historie těchto disciplín. Povinnou součástí každého čísla jsou úlohy z matematiky a fyziky (v 6. čísle letošního ročníku je od založení časopisu 1 755 úloh z matematiky a 1 762 úloh z fyziky) a se zpožděním několika měsíců i podrobná řešení. Pravidelně je zařazována rubrika Úlohy pro mladší žáky. Zábavná matematika nebo fyzika se objevuje v rubrice Kaleidoskop.

Uveďme názvy dalších rubrik: Fyzika nepovinně, Škola v Kvantu, Laboratoř Kvantu, Matematický kroužek, Olympiády (MO a FO). Důležité je Praktikum abiturienta, uvádějící úlohy pro přípravu na přijímací zkoušky na vysoké školy. A závěrem jsou odpovědi, návody a řešení zadaných úloh. V každém čísle je stránka pro šachisty. Ke každému ze 6 čísel se přikládá stostránková brožurka s rozpracováním matematické nebo fyzikální tematiky.

Uvedeme názvy několika zajímavých článků:

1/2000: Nadšení pro supravodivost na konci tisíciletí
Malá Fermatova věta
Ernst Abbe a „Karl-Zeiss-Jena"

2/2000: Významní matematici minulosti a jejich významné věty.
Kývající se skála.
Jeden Hertz
Periodické zlomky

* ivo.volf@uhk.cz

3/2000: Významní matematici minulosti a jejich významné věty.
O zašmodrchaných provazcích a topologii polymerních řetězců.
Malá Fermatova věta
Laserové ukazovátko.
Vlnová mechanika Erwina Schrödingera.
4/2000: Co je to myšlenka?
Jensenova nerovnost
Topologické působení
Malá Fermatova věta
Enrico Fermi.
Případ v plynné mlhovině
5/2000: Supra...
Peníze – peníze – peníze
Jak dlouho žije kometa?
Volta, Oersted, Faraday
Sezame, otevři se!
Jak student dosáhl rychlosti zvuku?
Kde najdeme loňskou zimu?
6/2000: Kepler a vinné sudy (rakouské a rýnské)
Plasma jako čočka času
Aleksandr Popov a Guglielmo Marconi
Chimérické určování času a problém začátku tisíciletí
Koule a kulová plocha
Úlohy o lichoběžnících

A k tomu pár desítek kratších článků z matematiky i fyziky, úlohy i humor... Nezláká Vás časopis KVANT?

Kromě toho vychází ke každému číslu časopisu KVANT příloha – brožura o rozsahu asi 120 stran, obsahující nejzajímavější materiály, jež na dané téma vyšly v časopise v minulých letech. Tím se dostává čtenářům, kteří časopis neměli možnost po nějakou dobu odebírat, informace o tom nejlepším, čím se může časopis KVANT pochlubit. V roce 2000 vyšly jako přílohy následující práce:

2000/1: KVANT za třicet let (průvodce) – přehled publikovaných statí

2000/2: Matematický svátek – úlohy vhodné pro matematické kroužky

2000/3: Laboratoř KVANTU – vybrané statě z oblasti fyzikálního experimentu

2000/4: Matematický svátek II – pokračování publikace výše uvedené

2000/5: Fyzika a sport – problémy fyzikálního modelování v popisu sportovních činností

2000/6: Čísla a mnohočleny – vybrané úlohy z matematiky.

Časopis KBAHT (KVANT), ISSN 0130-2221. Vydavatel: Presidium Ruské akademie věd, Moskva. Informace na stránkách Internetu (uvedeno v Kvantu): http://www.courier.com.ru nebo http://www.techno.ru/vivovoco nebo http://www.accessnet.ru/vivovoco. Upřímně řečeno: v době, kdy jsem prováděl recenzi této informace, jsem se marně pokoušel otevřít uvedené stránky – prostě nebyly v provozu.

A ještě jedna poznámka: Americký institut pro fyziku vydával anglickou verzi časopisu, a to pod názvem QUANTUM, která obsahovala výběr nejzajímavějších materiálů z původní verze. Třeba ji někde na Internetu také zahlédnete.

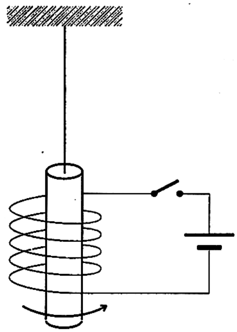
Einsteinův-de Haasův jev

Václav Havel[*]*, Pedagogická fakulta ZČU, Plzeň*

Einsteinův-de Haasův jev patří mezi magnetomechanické jevy. Při podélném magnetování feromagnetického válečku (obr. 1), který je zavěšen na tenkém vlákně, dojde k jeho pootočení. Příčinou jevu je vazba mezi magnetickým momentem iontu a jeho momentem hybnosti a kromě toho existence interakce mezi soustavou těchto magnetických momentů a krystalovou mřížkou. Souvislost mezi magnetickým momentem i-tého iontu $\vec{\mu}_i$ a jeho momentem hybnosti $\vec{L}_i$ je dána vztahem

$$\vec{\mu}_i = \gamma \cdot \vec{L}_i, \qquad (1)$$

kde γ je tzv. gyromagnetický faktor, který je pro orbitální pohyb elektronu roven $\frac{e}{2 \cdot m}$ (e je náboj elektronu a m jeho hmotnost), pro spin je tento faktor dvojnásobný.



Obr. 1

Sečteme-li magnetické momenty a momenty hybnosti iontů v celém vzorku, obdržíme ze vztahu (1)

$$\vec{\mu} = \gamma \cdot \vec{L}. \qquad (2)$$

Zde $\vec{\mu}, \vec{L}$ představují magnetický moment a moment hybnosti celé soustavy magnetických iontů. Zapneme-li proud v magnetizační cívce (obr. 1), vytvoří se magnetické pole, které působí na jednotlivé magnetické momenty. Pokud by tyto momenty nemohly předávat energii, vykonávaly by pouze precesní pohyb kolem vektoru magnetické indukce vnějšího pole obr. 2. V důsledku interakce mezi soustavou magnetických iontů a krystalickou mřížkou dochází k předávání energie a magnetické momenty iontů se stáčejí do směru pole obr. 3. To s sebou nese změnu složky momentu hybnosti těchto iontů do směru vnějšího pole. Na počátku pokusu (když bylo pole nulové) byl vzorek v klidu a jeho výsledný moment hybnosti nulový. Tento moment hybnosti je ovšem složen z momentu hybnosti soustavy magnetických iontů a momentu hybnosti mřížky. Protože vzorek můžeme považovat za mechanicky izolovaný, platí pro něj zákon zachování momentu hybnosti, což znamená, že úhrnná změna momentu hybnosti je nulová.

[*] havelv@kof.zcu.cz

Odtud pro změnu momentu hybnosti mřížky plyne

$$\Delta\vec{L}_{mř} = -\frac{\Delta\vec{\mu}}{\gamma}. \tag{3}$$

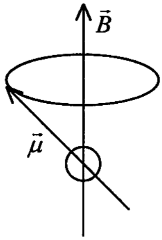
Tato změna momentu hybnosti se projeví jako roztočení vzorku úhlovou rychlostí $\vec{\omega}$. Označíme-li J moment setrvačnosti válečku vzhledem k rotační ose, bude platit

$$J \cdot \vec{\omega} = -\frac{\Delta\vec{\mu}}{\gamma}. \tag{4}$$

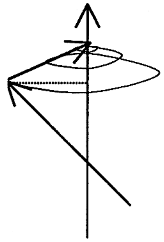
Volné rotaci však brání závěs. Ten se natočí o úhel $\Delta\alpha$, pro který platí

$$\vec{D} \cdot \Delta\alpha = -\frac{\Delta\vec{\mu}}{\gamma \cdot \Delta t}. \tag{5}$$

Zde $\vec{D}$ představuje direkční moment závěsu, Δt je doba, za kterou se magnetický moment natočí do směru pole.



Obr. 2



Obr. 3

Vlastní provedení pokusu je značně náročné. Poprvé se o tomto magnetomechanickém jevu zmiňuje Richardson [1] v roce 1907. Teprve v roce 1914 se podařilo Einsteinovi a de Haasovi experimentálně jev prokázat. Přitom se ukázalo, že naměřený gyromagnetický faktor byl proti očekávání elektronové teorie dvojnásobný. Dnes víme, že příčinou je skutečnost, že feromagnetismus látek je vytvářen spinovými magnetickými momenty. Inverzním jevem, při němž se feromagnetická tyčinka zmagnetuje rychlou rotací, je Barnetův jev.

Einsteinův-de Haasův jev spočívá v tom, že při podélném magnetování válcově symetrického feromagnetického vzorku dochází ke změně momentu hybnosti, což se projeví natočením vzorku, je-li zavěšen na torzním vlákně.

Literatura

[1] Bozorth R.: *Ferromagnetism*. Van Nostrand Co., Toronto 1951.

[2] Einstein A., de Haas W. J.: *Experimenteller Nachweis der Amperschen Molekularströme*. Verhandl. Dtsch. Phys. Ges. 17 (1915), 152.

[3] Einstein A., de Haas W. J.: *Notizen zu unserer Arbeit „Experimenteller Nachweis der Amperschen Molekularströme"*. Verhandl. Dtsch. Phys. Ges. 17 (1915), 420.

150 nositelů Nobelovy ceny za fyziku IX*

*Miroslav Randa, Pedagogická fakulta ZČU Plzeň***

1986

RUSKA, Ernst (1906–1988)
- * SRN, Institut Fritze Habera Planckovy společnosti Berlín
- za základní práce v elektronové optice a za návrh prvního elektronového mikroskopu

BINNING, Gerd (1947–)
- * SRN, Výzkumná laboratoř IBM Curych

ROHRER, Heinrich (1933–)
- * Švýcarsko, Výzkumná laboratoř IBM Curych
- oba za návrh skenovacího tunelového mikroskopu

1987

BEDNORZ, J. Georg (1950–)
- * SRN, Výzkumná laboratoř IBM Ruschlikon

MÜLLER, Karl Alexander (1927–)
- * Švýcarsko, Výzkumná laboratoř IBM Ruschlikon
- oba za důležitý pokrok při objevu supravodivosti v keramických materiálech

1988

LEDERMAN, Leon M. (1922–)
- * USA, Fermiho národní laboratoř urychlovačů Batavia

SCHWARTZ, Melvin (1932–)
- * USA, Stanfordský lineární urychlovač Stanfordské univerzity Stanford

STEINBERGER, Jack (1921–)
- * USA (nar. v Bad Kissingenu v SRN), CERN Ženeva
- všichni za metodu neutrinových svazků a za důkaz dubletové struktury leptonů díky objevu mionového neutrina

1989

RAMSEY, Norman F. (1915–)
- * USA, Harvardská univerzita Cambridge
- za ideu metody oddělených polí oscilátorů a její využití ve vodíkovém maseru a dalších atomových hodinách

---

* pokračování z čísel 2/1996–97, 3/1996–97, 4/1996–97, 1/1998, 3/1998, 1/2000, 2/2000 a 3/2000.

** randam@kof.zcu.cz

DEHMELT, Hans G. (1922–)
* USA (nar. v Gorlitzu v Německu), Univerzita Seattle

PAUL, Wolfgang, (1913–)
* SRN, Univerzita Bonn

- oba za rozvoj techniky iontové pasti

1990

FRIEDMAN, Jerome I. (1930–)
* USA, Massachusettský institut technologií Cambridge

KENDALL, Henry W. (1926–1999)
* USA, Massachusettský institut technologií Cambridge

TAYLOR, Richard E. (1929–)
* Kanada, Stanfordský lineární urychlovač Stanfordské univerzity Stanford

- všichni za své průkopnické výzkumy spojené s hlubokým nepružným rozptylem elektronů na protonech a okrajových neutronech, které měly nepostradatelný význam pro rozvoj kvarkového modelu elementárních částic

1991

DE GENNES, Pierre-Gilles (1932–)
* Francie, Francouzská kolej Paříž

- za objev toho, že metody rozvinuté pro studium řádných jevů v jednoduchých systémech mohou být zobecněny komplexnějšími formami hmoty, konkrétně kapalnými krystaly a polymery

1992

CHARPAK, Georges (1924–)
* Francie (nar. v Polsku), Vyšší škola fyziky a chemie Paříž, CERN Ženeva

- za ideu a rozvinutí detektoru částic, speciálně mnohadrátkovou proporcionální komorou

1993

HULSE, Russell A. (1950–)
* USA, Princetonská univerzita Princeton

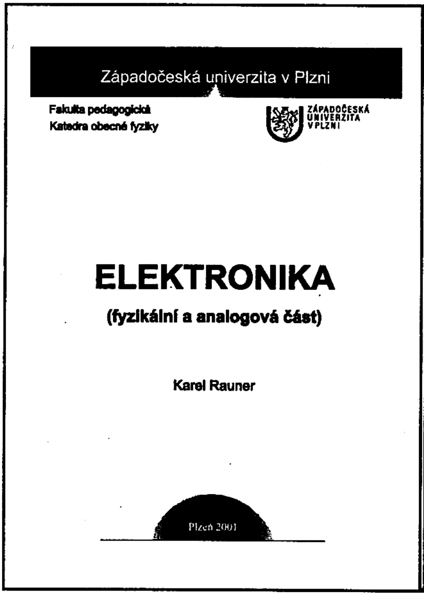
TAYLOR, Joseph H., ml. (1941–)
* USA, Princetonská univerzita Princeton

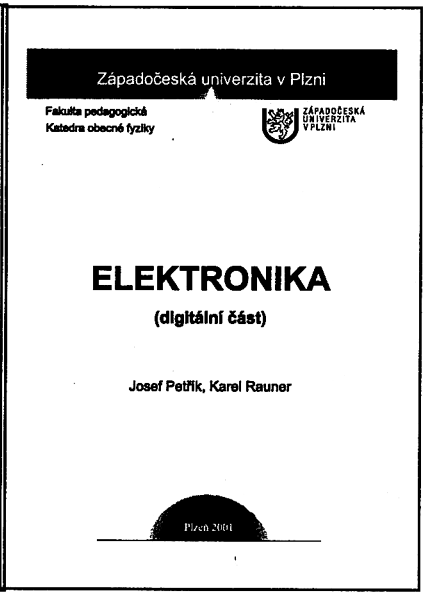
- za objev nového typu pulsarů, objev, který otevřel nové možnosti pro studium gravitace

pokračování v příštím čísle

Právě vyšla učebnice elektroniky

Přestože v posledních desetiletích dochází k prudkému rozvoji elektroniky, učebnice pro potřeby široké veřejnosti dosud na českém trhu chyběla. Toto tvrzení již neplatí, protože právě vyšla **učebnice elektroniky určená především studentům učitelství fyziky, učitelům fyziky na středních i základních školách, studentům středních odborných škol i dalším zájemcům o elektroniku.** Svou koncepcí umožňuje pochopit text i bez předchozích znalostí základních disciplin teoretické elektroniky (teorie elektrických obvodů apod.), použití vyšší matematiky je výjimečné a neomezuje pochopení textu.





Vzhledem ke komplexnímu pojetí učebnice je poměrně rozsáhlý text rozdělen do dvou dílů (viz obr.). První díl učebnice má na 197 stranách formátu A4 271 názorných obrázků a schémat; druhý díl na 106 stranách formátu A4 obsahuje 97 obrázků a schémat. Oba díly mají laminovanou obálku.

Učebnici si můžete objednat na adrese: katedra obecné fyziky, Pedagogická fakulta ZČU v Plzni, Klatovská 51, 313 00 Plzeň.

Cena prvního dílu je **148 Kč**, druhý díl stojí **86 Kč**, k celkové ceně bude připočteno **poštovné.**

Při odběru 10 a více kusů se ceny učebnic snižují o 10 % a poštovné nebude účtováno.

Výsledky FO 2000/2001 kategorie E v regionech

BRNO

1. Jalový Vlastimil	G Blansko	35,5 (3)
2. Strašil Ivo	G Brno, Vídeňská	35,0 (10)
3. Rychnovský Michal	G Brno, Kpt. Jaroše	34,5 (9)
4. Kvapil Michal	ZŠ Kuřim, Jungmannova	33,0 (0)
5. Brzobohatý Tomáš	G Brno, T. Novákové	32,0 (0)
6. Hotový Ondřej	ZŠ Brno, Křídlovická	30,0 (7)
7. Nešpor Jan	ZŠ Letovice	29,5 (6)
8. Spiřík Jan	G Ivančice	29,5 (3)
9.–11. Hrbáček Jan	G Brno, T. Novákové	29,0 (10)
9.–11. Polášek Josef	G Břeclav	29,0 (10)
9.–11. Procházka Vojtěch	ZŠ Brno, Bakalovo nábřeží	29,0 (10)

12. Jiroušková Blanka (ZŠ Hodonín, U Červených domků, 29 (5)) **13. Zapletal Ondřej** (G Brno, Křenová, 28 (6)) **14. Klouda Pavel** (Klvaňovo G Kyjov, 28 (5)) **15. Macek Jakub** (ZŠ Hodonín, U Červených domků, 27,5 (7)) **16. Zbirovský Jiří** (ZŠ Brno, Sirotkova, 27,5 (6)) **17. Konečný Jan** (ZŠ Brno, Sirotkova, 27 (9)) **18. Dvořák Michal** (G Břeclav, 27 (7)) **19. Gebauer Martin** (ZŠ Blansko, Salmova, 27 (4)) **20. Hasoň Pavel** (ZŠ Blansko, Salmova, 27 (2)) **21. Gottwald Jiří** (G Židlochovice, 27 (0)) **22. Srna Martin** (G Bučovice, 26,5 (3)) **23. Šafář Jan** (G Ivančice, 25 (5)) **24. Snášel Pavel** (G Vyškov, 25 (0)) **25. Víteček Antonín** (ZŠ Hustopeče, Komenského, 24,5 (8)) **26. Kurtulík Lukáš** (ZŠ Prostějov, Rejskova, 22 (5)) **27. Karhánek Martin** (ZŠ Prostějov, Vl. Majakovského, 21,5 (3)) **28. Lang Stanislav** (Cyrilometodějská SpgŠ a G Brno, 21,5 (0)) **29. Koláček Vojtěch** (G Břeclav, 20,5 (7)) **30. Hamsová Jana** (ZŠ Brno, Křídlovická, 20,5 (0)) **31. Doubravová Lenka** (G M. Lercha Brno, 20 (0,5)) **32. Feilhauer Petr** (G Blansko, 19,5 (7)) **33. Motl Tomáš** (ZŠ Hodonín, U Červených domků, 18,5 (5))

ČESKÉ BUDĚJOVICE

1. Špuláková Eva	G Třeboň	46,0
2.–3. Hromadka Karel	ZŠ Strakonice, Dukelská	44,0
2.–3. Mořkovský Libor	G České Budějovice, Jírovcova	44,0
4. Korous Jan	G Strakonice	43,0
5.–6. Valenta Pavel	ZŠ Strakonice, Dukelská	41,0
5.–6. Václavík Jiří	ZŠ Strakonice, Dukelská	41,0
7. Nůsková Hana	ZŠ Strakonice, Dukelská	39,0
8.–9. Bozadžiev Nikola	G Tábor	38,0
8.–9. Piterka Luboš	G Český Krumlov	38,0
10.–11. Jůza Lukáš	ZŠ Chýnov	37,0
10.–11. Brablec Vladimír	G České Budějovice, Česká	37,0

12. Pustina Radek (G České Budějovice, Česká, 35) **13.–14. Kovaříček Petr** (G Český Krumlov, 34) **13. až 14. Prokeš Vojtěch** (G České Budějovice, Jírovcova, 34) **15. Jelenová Jana** (G Milevsko, 33) **16. Jarath Lukáš** (ZŠ České Budějovice, Nová, 31) **17.–19. Boudal Jiří** (G České Budějovice, Jírovcova, 30) **17.–19. Dobiáš Michal** (G České Budějovice, Česká, 30) **17.–19. Adam Lukáš** (G České Budějovice, Jírovcova, 30) **20. až 21. Soběslavská Zuzana** (3. ZŠ Tábor, 29) **20.–21. Lohonka Petr** (G J. V. Jirsíka České Budějovice, 29) **22. až 23. Bareš Jan** (G České Budějovice, Česká, 27) **22.–23. Romancová Ingrid** (ZŠ Kaplice, Školní, 27) **24. Němec Vojtěch** (7. ZŠ Tábor, 26) **25. Zrzavecký Petr** (7. ZŠ Tábor, 25) **26. Šindelář Evžen** (G Vodňany, 22) **27. Ťupa Josef** (ZŠ Písek, Šobrova, 19) **28.–29. Efenberk Aleš** (ZŠ Písek, Tylova, 18) **28.–29. Netolický Petr** (7. ZŠ Tábor, 18) **30.–31. Färber Jan** (ZŠ Protivín, 15) **30.–31. Kratochvíl Pavel** (7. ZŠ Tábor, 15)

HRADEC KRÁLOVÉ

1. Kučera Pavel	41,0
2. Morávek Petr	37,5
3. Dobrorucký Martin	37,0
4. Dvořáček Jan	36,5
5. Záhornadský Ján	34,5
6. Holek Martin	33,0
7.–9. Krčmář Václav	31,5
7.–9. Tichý Ondřej	31,5
7.–9. Čermák Petr	31,5
10. Komínek Jan	29,5

11.–12. Šlapák Martin (29) **11.–12. Kvasničák Josef** (29) **13. Zelený Vojtěch** (28,5) **14.–17. Střílek Eduard** (28) **14.–17. Kopecký Michal** (28) **14.–17. Kopáček Jan** (28) **14.–17. Novotný Vojtěch** (28) **18.–19. Píši Daniel** (27) **18.–19. Adolf Milan** (27) **20. Rosová Eva** (26,5) **21. Kvasnička Šimon** (26) **22. Kvasničková Veronika** (25,5) **23.–25. Knob Radim** (24,5) **23.–25. Filip Vladislav** (24,5) **23.–25. Ipser Jaroslav** (24,5) **26. Haluzová Lenka** (23,5) **27. Zahrádka Jiří** (23) **28. Honzálková Květa** (22,5) **29. Borovec Filip** (21) **30. Vondřejc Miloš** (20) **31. Benešová Milena** (19,5) **32. Jindra Jan** (19)

JIHLAVA

1. Kváš Rostislav	ZŠ Jihlava, Kollárova	9.A	**33,5 (0)**
2. Řáda Aleš	ZŠ Pelhřimov, Krásovy Domky	9.A	**33,0 (7)**
3. Falt Zbyněk	G Žďár nad Sázavou	kvarta	**32,5 (10)**
4. Jonáš Martin	ZŠ T. G. Masaryka Třebíč	9.M	**31,0 (10)**
5. Tomec Martin	ZŠ T. G. Masaryka Třebíč	9.M	**30,5 (10)**
6.–7. Kujanová Kateřina	G Žďár nad Sázavou	kvarta	**30,5 (0)**
6.–7. Lavička Petr	ZŠ Jihlava, Kollárova	9.A	**30,5 (0)**
8. Křivánek Ondřej	G-Třebíč	4.G	**30,0 (0)**
9. Minařík Miloš	ZŠ Velká Bíteš	9.C	**29,0 (9)**
10. Rejta Michal	G a SPgŠ Znojmo	4.A	**28,5 (0)**

11. **Vencálková Dagmar** (G Žďár nad Sázavou, 27 (0)) 12. **Čermák Michal** (ZŠ T. G. Masaryka Třebíč, 9.M, 26 (0)) 13.–14. **Nepraš Vojtěch** (ZŠ Jihlava, Kollárova, 9.A, 24,5 (0)) 13.–14. **Slavětínský Václav** (ZŠ Pacov, 9.B, 24,5 (0)) 15. **Rychtecký Lukáš** (ZŠ Pohled, 9. 24 (7)) 16. **Dvořák Štěpán** (ZŠ T. G. Masaryka Třebíč, 9.M, 24 (2)) 17. **Ševčíková Klára** (ZŠ Jihlava, Kollárova, 9.A, 24 (0)) 18. **Holcová Lenka** (G Jihlava, kvarta B, 23 (0)) 19. **Fialová Eva** (ZŠ Znojmo, Mládeže, 9.A, 22 (0)) 20.–22. **Novotný Jan** (ZŠ Pohled, 9. 21,5 (0)) 20. až 22. **Binderová Vladimíra** (ZŠ Znojmo, Pražská, 9.A, 21,5 (0)) 20.–22. **Vojíř Jaromír** (G Ledeč nad Sázavou, kvarta, 21,5 (0)) 23. **Houštěk Petr** (G Pelhřimov, kvarta, 19 (4)) 24. **Rodová Vendula** (G Humpolec, kvarta, 19 (0))

OLOMOUC

1. **Kolář Zdeněk**	G Krnov	39,5 (8)
2. **Matoušek Michal**	G Šternberk	37,0 (6)
3. **Ryček Matouš**	G Šternberk	37,0 (1)
4.–7. **Faltýnková Martina**	G Zábřeh (Mohelnice)	35,0 (0)
4.–7. **Fibichr Jaroslav**	G Šternberk	35,0 (0)
4.–7. **Horký Jiří**	G Jakuba Škody Přerov	35,0 (0)
4.–7. **Hrabal Roman**	ZŠ Bruntál, Cihelní	35,0 (0)
8. **Vyrubalík Jan**	G Bruntál	34,0 (7)
9. **Pěnička Petr**	G Zábřeh (Mohelnice)	34,0 (0)
10. **Gracla Richard**	Slovanské G Olomouc	33,0 (10)

11.–12. **Forch Jan** (6. ZŠ Šumperk, 33 (4)) 11.–12. **Wiesner Jakub** (G Zábřeh (Mohelnice), 33 (4)) 13. až 14. **Mašláň Stanislav** (6. ZŠ Šumperk, 32 (10)) 13.–14. **Vojtíšek Jiří** (G Zábřeh (Mohelnice), 32 (10)) 15. až 16. **Kropáčová Hana** (G Šternberk, 31 (0)) 15.–16. **Slimáček Václav** (G F. Palackého Valašské Meziříčí, 31 (0)) 17. **Pilát Matěj** (Slovanské G Olomouc, 30 (7)) 18.–20. **Chocholatý Jiří** (ZŠ Litovel, Opletalova, 30 (0)) 18.–20. **Junghansová Anna** (G Zábřeh (Mohelnice), 30 (0)) 18.–20. **Votava Ondřej** (6. ZŠ Šumperk, 30 (0)) 21. **Ondruška Jiří** (G Zábřeh (Mohelnice), 29 (6)) 22. **Hobza Vladimír** (Slovanské G Olomouc, 27 (10)) 23. **Krajčovič Přemysl** (ZŠ Přerov, Palackého, 26 (3)) 24. **Ondřej Malý** (G Jeseník, 26 (0)) 25. až 26. **Johanesová Daria** (Slovanské G Olomouc, 22 (0)) 25.–26. **Máj Dalibor** (G Vrbno pod Pradědem, 22 (0))

OSTRAVA

1. **Socha Tomáš**	ZŠ Kopřivnice, Sv. Zdislavy	40,0 (10)
2.–3. **Mertová Kamila**	7. ZŠ Frýdek-Místek	39,0 (0)
2.–3. **Špaček Michal**	G Frenštát pod Radhoštěm	39,0 (0)
4. **Hlaváč Adam**	Matiční G Ostrava	38,0 (2)
5. **Sikora Jan**	G P. Bezruče Frýdek-Místek	37,0 (2)
6. **Krejčí Tomáš**	ZŠ Bohumín, ČSA	35,0 (6)
7. **Friedrich Jiří**	Matiční G Ostrava	35,0 (2)
8. **Fikáček Jan**	ZŠ Šenov	35,0 (0)
9. **Šírová Klára**	ZŠ Opava, Otická	34,0 (0)
10.–11. **Albrecht Jakub**	Matiční G Ostrava	32,0 (10)
10.–11. **Horák Jakub**	G Frenštát pod Radhoštěm	32,0 (10)

12. **Piprek Tomáš** (ZŠ Orlová, Školní, 32 (0)) **13. Juřica Dalibor** (ZŠ Odry, Pohořská, 31 (3)) **14.–16. Böhmová Pavlína** (G Havířov, Komenského, 31 (0)) **14.–16. Micková Michaela** (G Frenštát pod Radhoštěm, 31 (0)) **14.–16. Řehová Lucie** (G Havířov, Komenského, 31 (0)) **17. Donocik Josef** (Polská ZŠ Český Těšín, 30 (6)) **18. Tvarůžek Petr** (G Frenštát pod Radhoštěm, 30 (0)) **19. Rusinský Jan** (ZŠ Opava, E. Beneše, 29 (7)) **20. Burda Pavel** (ZŠ Bohumín, ČSA, 29 (3)) **21. Dohnálek Petr** (ZŠ Fulnek, Česká, 28 (10)) **22. Richter Jan** (Masarykovo G Příbor, 28 (7)) **23. Gříšek Lukáš** (ZŠ Ostrava-Hrabůvka, Mitušova, 27 (10)) **24. Vicher Martin** (ZŠ Havířov, Gorkého, 22 (3)) **25. Tomáš Přemysl** (ZŠ Frýdlant nad Ostravicí, Komenského, 21 (0)) **26. Běl Marek** (G Ostrava-Hrabůvka, Fr. Hajdy, 20 (10)) **27. Hellebrand David** (G P. Bezruče Frýdek-Místek, 20 (2)) **28.–29. Borovcová Šárka** (ZŠ Hlučín, Rovniny, 18 (2)) **28.–29. Samcová Anna** (ZŠ Mosty u Jablunkova, 18 (0)) **30. Řehová Markéta** (G Havířov, Komenského, 16 (0))

PLZEŇ

1. **Bulín Jakub**	G Plzeň, Mikulášské nám.	kvarta A	Jan Hosnedl	40,0 (10)
2. **Razým Aleš**	Sportovní G Plzeň	kvarta B	Marie Mašková	40,0 (0)
3. **Hort Ondřej**	G Plzeň, Mikulášské nám.	kvarta A	Jan Hosnedl	36,0 (10)
4. **Soutner Dan**	G L. Pika Plzeň	kvarta L	PaedDr. Naděžda Kubešová	36,0 (3)
5. **Jandová Zuzana**	ZŠ Holýšov	9.A	Dana Kalčicová	36,0 (0)
6. **Paták Pavel**	G Sušice	kvarta A	Vilma Hraničková	35,0 (10)
7. **Zábranský Lukáš**	ZŠ Horažďovice, Blatenská	kvarta	Václav Koch	35,0 (3)
8. **Ibehej Tomáš**	ZŠ Holýšov	9.A	Dana Kalčicová	34,0 (7)
9. **Pupák Radek**	G Cheb	kvarta A	Roman Úlovec	33,0 (7)
10. **Bulánek Jan**	G J. Vrchlického Klatovy	kvarta A	Josef Krátil	32,5 (9)

11. **Šalom Radek** (G L. Pika Plzeň, kvarta L, PaedDr. Naděžda Kubešová, 32 (4)) **12. Čechura Jan** (G Rokycany, kvarta B, Pavla Pajtlová, 31,5 (1)) **13. Fiala Roman** (ZŠ Žinkovy, 9. Ilona Krátká, 31 (10)) **14. Tesař Michal** (G Mariánské Lázně, kvarta A, Pavlína Borská, 31 (7)) **15. Pluhařová Eva** (G Ostrov, kvarta A, Michal Štěpánek, 31 (0)) **16. Šmolíková Jana** (G L. Pika Plzeň, kvarta L, PaedDr. Naděžda Kubešová, 29,5 (0)) **17. Roskovec Bedřich** (Masarykovo G Plzeň, kvarta A, RNDr. Václav Soukup, 29 (10)) **18. Veselý Jiří** (G Sokolov, kvarta B, Gabriela Zalubilová, 29 (7)) **19. Žaba Ladislav** (6. ZŠ Sokolov, 9.A, Suchanová, 29 (0)) **20. Trejbal Václav** (15. ZŠ Plzeň, 9.M, Jaroslava Kepková, 28 (3)) **21.–24. Vaško Petr** (Masarykovo G Plzeň, kvarta A, RNDr. Václav Soukup, 28 (0)) **21.–24. Kokaislová Tereza** (G Mariánské Lázně, kvarta A, Pavlína Borská, 28 (0)) **21.–24. Brychcín Tomáš** (ZŠ Nýřany, 9.A, Alena Kabátová, 28 (0)) **21.–24. Filo Pavel** (G Tachov, sekunda B, Stanislav Minárik, 28 (0)) **25. Volná Tereza** (G Mariánské Lázně, kvarta A, Pavlína Borská, 27,5 (5)) **26. Adámek Martin** (G J. Vrchlického Klatovy, kvarta B, RNDr. Věra Kadlecová, 27 (4)) **27. Vrbíková Alena** (ZŠ Nýřany, 9.A, Alena Kabátová, 27 (0)) **28. Balíček Petr** (ZŠ Nalžovské Hory, 9. Zdeňka Dvořáková, 26 (10)) **29. Smeták Ladislav** (ZŠ Rokycany, Čechova, 9.C, Jaroslava Stonavská, 26 (0)) **30. Vyšínová Anna** (ZŠ Karlovy Vary, 9.A, Miroslava Siegelová, 24,5 (0)) **31. Wirth Václav** (ZŠ Klatovy, Plánická, 9.C, Voráčková, 22 (0)) **32. Haviar Stanislav** (G J. Vrchlického Klatovy, kvarta A, Josef Krátil, 20 (10)) **33. Valenta Viktor** (G Mariánské Lázně, kvarta A, Pavlína Borská, 20 (3)) **34. Mazanec Luboš** (G J. Vrchlického Klatovy, kvarta B, RNDr. Věra Kadlécová, 18 (0)) **35. Čabrada Martin** (G J. Vrchlického Klatovy, kvarta B, RNDr. Věra Kadlecová, 15,5 (0))

PRAHA

1. **Čermák Petr**	G J. Heyrovského Praha 5	47,0
2. **Stráský Josef**	G J. Heyrovského Praha 5	44,0

3.–4. Olejár Martin	ZŠ Praha 6, Červený Vrch	42,0
3.–4. Adámek Jan	G J. Keplera Praha 6	42,0
5. Kocourek Pavel	ZŠ Praha 1, Uhelný trh	40,0
6. Hrouda Michal	ZŠ Praha 5, Kuncova	39,0
7.–8. Soběslavský Petr	G J. Heyrovského Praha 5	38,0
7.–8. Papež Michal	G Praha 10, Omská	38,0
9. Drašnar Jan	G J. Keplera Praha 6	37,0
10.–12. Sobotka Petr	G J. Heyrovského Praha 5	36,0
10.–12. Kozmík Václav	G J. Heyrovského Praha 5	36,0
10.–12. Havlík Jan	G J. Heyrovského Praha 5	36,0

13.–14. Valeš Martin (G J. Heyrovského Praha 5, 35) **13.–14. Štemberg Milan** (G Praha 10, Omská, 35) **15. Poliak Martin** (G Praha 10, Omská, 34) **16. Martínek Václav** (ZŠ Praha 5, Bronzová, 33) **17.–19. Vlach Martin** (G J. Keplera Praha 6, 32) **17.–19. Preuss Michal** (G Praha 7, Nad Štolou, 32) **17.–19. Novák Ondřej** (G Praha 10, Omská, 32) **20.–22. Válková Martina** (G Praha 7, Nad Štolou, 30) **20.–22. Peksa Mikuláš** (ZŠ Praha 4, Na Planině, 30) **20.–22. Horský Petr** (G Ch. Dopplera Praha 5, 30) **23. Vojíř Tomáš** (ZŠ Praha 9, Novoborská, 29) **24.–26. Wagenknecht Lukáš** (G Praha 4, Opatov, 28) **24.–26. Tomaník Jan** (G Praha 7, Nad Štolou, 28) **24.–26. Tesař Jan** (G Praha 1, Truhlářská, 28) **27. Holaň David** (ZŠ Praha 3, K Lučinám, 26) **28. až 31. Válek Martin** (ZŠ Praha 6, Červený Vrch, 25) **28.–31. Lipský Jakub** (ZŠ Praha 1, Mikulandská, 25) **28. až 31. Kalousová Klára** (G J. Heyrovského Praha 5, 25) **28.–31. Boháčová Jana** (G Praha 1, Truhlářská, 25) **32. až 33. Trnka Filip** (G Ch. Dopplera Praha 5, 23) **32.–33. Krása Martin** (ZŠ Praha 4, Na Planině, 23) **34. Kalíšková Klára** (G Praha 9, Špitálská, 22)

STŘEDNÍ ČECHY

1. Plichta Lukáš	G Poděbrady	36,0
2.–4. Mikulka Jakub	10. ZŠ Kladno	36,0
2.–4. Čabla Adam	G Slaný	36,0
2.–4. Doležal Petr	10. ZŠ Kladno	36,0
5. Řezníček Richard	G Český Brod	34,0
6. Veselý Petr	G Poděbrady	34,0
7. Balek Petr	Jungmannova ZŠ Beroun	34,0
8. Pařízek Jan	G Čelákovice	33,0
9. Hron Pavel	G a OA Sedlčany	32,0
10. Outlý Matěj	2. ZŠ Kolín	30,0

11. Hlaváč Miloslav (ZŠ Třebotov, 29) **12.–13. Hlušičková Šárka** (G Dr. J. Pekaře, Mladá Boleslav, 29) **12. až 13. Kneifl Ladislav** (G Mladá Boleslav, 29) **14. Koritňák Jan** (ZŠ Čáslav, Masarykova, 27) **15. Macková Eliška** (G Beroun, 27) **16. Král Tomáš** (G Nymburk, 26) **17.–18. Geislerová Nikol** (ZŠ Čáslav, Masarykova, 25) **17.–18. Volfová Josefa** (ZŠ Nové Strašecí, 25) **19. Zachariášová Jana** (ZŠ Zruč nad Sázavou, 23) **20. Němcová Tereza** (G Benešov, 23) **21. Šťastný Pavel** (G Vlašim, 23) **22.–23. Puzyrevský Zdeněk** (2. ZŠ Kolín, 23) **22.–23. Honzíková Dana** (G Příbram VII, 23) **24. Klasová Johana** (G Benešov, 22) **25.–26. Šůrová Eva** (G Hořovice, 22) **25.–26. Machová Anna** (G Dr. J. Pekaře Mladá Boleslav, 22) **27. Daněk Václav** (G Vlašim, 21) **28. Oraný Vladimír** (ZŠ Brandýs nad Labem, Kostelecká, 21) **29. Králová Dana** (G Hořovice, 21) **30. Švehlíková Petra** (G Čáslav, 21) **31. Preisler Zdeněk** (ZŠ T. G. Masaryka Poděbrady, 20) **32. Boudová Kristýna** (G Hořovice, 18) **33. Šnajdr Jan** (ZŠ Mělník, Seifertova, 15)

ÚSTÍ NAD LABEM

1. Smitka Vladimír	G Děčín	p. uč. Švecová	43,0
2. Dvořák Jiří	G Roudnice nad Labem	Hana Hrádková	42,0
3. Opálka Jan	12. ZŠ Chomutov	dr. Vladimír Kafka	38,0
4. Nožka Tomáš	ZŠ Teplice, Buzulucká	Dana Vaňková	37,5
5. Petrík Daniel	G Most	Mgr. Hana Fialová	36,0
6. Zyka Jiří	G Lovosice	Miloš Štyks	35,5
7. Zimmermann Petr	G Pirna	dr. Bartošek	35,0
8. Husák Miloš	G J. Jungmanna Litoměřice	Ludmila Šimánková	34,5
9. Vacek Jaroslav	ZŠ Teplice, Buzulucká	Dana Vaňková	34,0
10.–11. Troškov Kirill	ZŠ Teplice, Buzulucká	Dana Vaňková	33,5
10.–11. Franc Tomáš	G Duchcov	Mgr. Vlasta Voříšková	33,5

12. Mihalová Petra (4. ZŠ Jirkov, RNDr. Dana Rutteová, 31,5) **13. Bambásek Tomáš** (ZŠ Roudnice nad Labem, Jungmannova, Miroslav Štros, 29,5) **14. Jícha Otakar** (14. ZŠ Most, B. Tölgová, 29) **15. Černohouz Petr** (ZŠ Ústí nad Labem, SNP, p. uč. Myslivečková, 28,9) **16.–17. Barák Lukáš** (G Roudnice nad Labem, Ing. Antonín Hrádek, 27) **16.–17. Svádová Eva** (ZŠ Teplice, Buzulucká, Dana Vaňková, 27) **18. Kozelka Antonín** (ZŠ Rumburk, U Nemocnice, Jaroslav Duba, 26,5) **19. Veselský Pavel** (G J. Jungmanna Litoměřice, Ludmila Šimánková, 26) **20. Pokorný Petr** (ZŠ Ústí nad Labem, Karla IV. Michael Tintěra, 23) **21. Mezera Vojtěch** (G V. Hlavatého Louny, Ludmila Pospíšilová, 20) **22. Žďárská Jana** (ZŠ Žatec, Komenského alej, p. uč. Pipalová, 19,5) **23. Kotálová Radka** (3. ZŠ Litvínov, Josef Švankmajer, 19)

ZLÍN

1. Konopecký František	G Holešov	44,0
2. Holub Aleš	G Uherské Hradiště	41,0
3.–5. Basovník Stanislav	G Kroměříž	36,0
3.–5. Savara Zbyněk	G Uherský Brod	36,0
3.–5. Blažek Miroslav	ZŠ Valašské Meziříčí, Vyhlídka	36,0
6. Blahuš Marek	G Uherské Hradiště	35,0
7.–8. Přibyl Bronislav	G Zlín, Lesní	34,0
7.–8. Hájek Michal	10. ZŠ Zlín	34,0
9. Macháček Ivan	ZŠ Uherský Brod, Výsluní	32,0
10.–11. Koleček Bohdan	G Rožnov pod Radhoštěm	31,0
10.–11. Jirásek Tomáš	ZŠ Valašské Meziříčí, Vyhlídka	31,0

12.–13. Bečica Radek (ZŠ Vizovice, 28) **12.–13. Habrmann Zdeněk** (ZŠ Otrokovice, Mánesova, 28) **14. až 15. Jánoš Jiří** (G Uherský Brod, 27) **14.–15. Humpula Michal** (G Uherský Brod, 27) **16. Krkoška Kamil** (G Rožnov pod Radhoštěm, 26) **17.–19. Bednařík Antonín** (ZŠ Kvasice, 24) **17.–19. Gremlica Petr** (ZŠ Slov. Kroměříž, 24) **17.–19. Máca Ondřej** (ZŠ Rokytnice, 24) **20. Chytil Ivo** (7. ZŠ Zlín, 23) **21. Popelková Petra** (ZŠ Staré Město, 20) **22. Stulíř Vojtěch** (ZŠ Staré Město, 16) **23.–24. Lamoš Martin** (ZŠ Otrokovice, Mánesova, 15) **23.–24. Míčka Martin** (ZŠ Kroměříž, nám. Komenského, 15) **25. Papež Zdeněk** (ZŠ Bystřice pod Hostýnem, 14)

Analogické příklady FO – 43. ročník, kategorie E, F

Ivo Volf, Patrik Kraus**, ÚV FO, Univerzita Hradec Králové*

Fyzikální olympiáda je sice vybudována na řešení soutěžních fyzikálních úloh, ale během času, který má tato soutěž za sebou, tedy během 42 ročníků své existence, se stala také způsobem, jak může učitel fyziky pracovat s těmi žáky základní školy, kteří projevují větší zájem o fyziku a zaujetí pro řešení obtížnějších teoretických či praktických fyzikálních problémů. K tomu, aby učitel fyziky se žáky pracoval i mimo výuku, musí mít vhodný materiál, nejlépe sbírku dalších obtížnějších úloh, než jsou ty, které se nacházejí v běžných školních sbírkách. Tím se fyzikální olympiáda, která by mohla spočinout na řešení sedmi úloh prvního kola, jež lze vyřešit během dvou odpolední, a řešení čtyř úloh okresního a čtyř úloh regionálního kola (na což jsou vymezeny další dva půldny), dostává do situace, že kromě soutěžních úloh může učitel své svěřence zatěžovat dalšími tréninkovými úlohami. Tím se učiteli bude dařit dlouhodobé působení na svěřence.

Předložené úlohy korespondují s úlohami, zadanými pro kategorie E, F ve 43. ročníku fyzikální olympiády. Texty uvádějí úlohy obdobné úlohám soutěžním, v závorkách jsou u každé úlohy uvedeny výsledky. Předpokládáme, že postup řešení je tak jednoduchý, že na něj učitel sám přijde. Je metodicky žádoucí, aby předtím, než učitel fyziky zadá úlohu svému žákovi, si ji sám vyřešil – bez vlastního pochopení postupu řešení nemůže vést své žáky ke strategii řešení, která je jedním z cílů této činnosti. Výsledky mají učiteli poskytnout jistotnou berličku, že úlohu vyřešil správně.

K příkladu 1:

A) Závodní automobil se z klidu rozjíždí po přímé vodorovné silnici tak, že se jeho rychlost zvětšuje přímo úměrně času. Za dobu 15 s se rychlost zvětšila o 22,5 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.
   a) Nakresli graf závislosti rychlosti na čase.
   b) Jaké rychlosti dosáhne automobil za dobu 20 s? [$v = 30\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$]
   c) Za jak dlouho získá automobil rychlost 54 $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$? [$t = 10$ s]
   d) Jakou dráhu urazil automobil za dobu 20 s? [$s = 300$ m]

B) Lyžař Mirek se rozjíždí po kopci o stálém sklonu. Když projel kolem Elišky, měl rychlost 9 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Eliška zmáčkla stopky a sledovala Mirka po dobu dalších 20 s, kdy dosáhl největší rychlosti 15 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Rychlost lyžaře narůstala lineárně s časem.
   a) Nakresli graf závislosti rychlosti na čase od okamžiku, kdy Eliška zmáčkla stopky.
   b) Lze zjistit z grafu, jak dlouho se Mirek rozjížděl, než projel kolem Elišky? [pokud se rozjížděl stále stejně, je $t = 30$ s]
   c) Nakreslí nový graf závislosti rychlosti na čase, v němž čas měříme od okamžiku začátku Mirkova pohybu.
   d) Jaká je vzdálenost místa začátku pohybu Mirka od Elišky a vzdálenost, kterou urazil Mirek při pohybu v zorném poli Elišky? [$s_1 = 135\ \mathrm{m}$, $s_2 = 240\ \mathrm{m}$]

* ivo.volf@uhk.cz
** patrik.kraus@uhk.cz

C) Karel projel cílem závodní dráhy o délce 1 000 m, kterou urazil stálou rychlostí za dobu 80 s. Z radosti ze svého výsledku přestal Karel šlapat a postupně se jeho rychlost zmenšovala lineárně s časem. Po době 30 s se jeho rychlost zmenšila na 5,0 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.
   a) Nakresli graf závislosti rychlosti na čase v době, kdy Karel zastavuje.
   b) Z grafu zjisti, za jak dlouho po průjezdu cílem se Karel zastavil. [t = 50 s]
   c) Jak určíš dráhu, na které se Karel zastavil? [s = 312,5 m]
   d) Nakresli nový graf závislosti rychlosti na čase, znázorňující celý Karlův pohyb: letmý start na trase, průjezd trasou stálou rychlostí a dobu pro zastavení.

K příkladu 2:

A) Vanu si můžeme dost dobře představit jako kvádr s vnitřními rozměry: délka 160 cm, šířka 60 cm, výška 55 cm.
   a) Kolik litrů vody se vejde do vany, aby nepřetekla? [V = 528 l]
   b) Objem lidského těla o hmotnosti 66 kg je asi 60 litrů. Jaká je hustota lidského těla? [ρ = 1100 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$]
   c) Kolik vody lze bez obav napustit do vany, má-li se do ní ponořit člověk o objemu 60 l a voda nemá dosáhnout výše, než 5 cm od horního okraje vany? [nejvýše V = 420 l]

B) Čtyřlitrová láhev od broskvového kompotu stojí na stole a nalili jsme do ní 2,4 litrů vody tak, že voda sahá 15 cm nad dno. Pak do láhve ponoříme dřevěný hranolek tvaru kvádru o hmotnosti 1,2 kg a hustotě 800 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.
   a) Určete z uvedených údajů obsah dna. [S = 1,6 dm^2]
   b) Když ponoříme dřevěný hranolek zcela do vody, nepřeteče voda? [nepřeteče, V = 3,9 l < 4 l]
   c) V jaké výšce nade dnem se ustálí hladina vody, když dřevěný hranolek vyplave na hladinu? [h = 22,5 cm]

C) Při mytí nádobí položila maminka třílitrový kastrol o hmotnosti 1,2 kg a výšce 9 cm na vodní hladinu.
   a) Do jaké hloubky se ponoří dno kastrolu pod hladinu? [h = 3,6 cm]
   b) O kolik stoupne hladina vody ve dřezu o rozměrech 40 cm x 50 cm, když v něm byla voda o hloubce 7 cm? [h = 6 mm]
   c) Do kastrolu nalijeme 2 litry vody. O kolik stoupne hladina vody ve dřezu? [kastrol se potopí, voda v dřezu stoupne o 1 cm]

K příkladu 3:

A) Měsíc se pohybuje kolem Země v průměrné vzdálenosti 384 400 km od středu Země a jeden oběh trvá 27,3 dne. Země rotuje kolem své osy za dobu přibližně 24 h. Měsíc prolétá skoro v rovině rovníku.
   a) Urči střední rychlost pohybu Měsíce kolem Země. [v = 1,02 $\frac{\text{km}}{\text{s}}$]
   b) Ve vhodném měřítku znázorni výchozí polohu Měsíce nad určitým bodem nad rovníkem a dalších 3–5 poloh středu Měsíce vždy po uplynutí jednoho dne.
   c) Vysvětli, proč Měsíc nekulminuje na daném místě stále ve stejnou dobu.

B) Umělá družice Země je ve výšce 822 km přesně nad rovníkem.
   a) Nakresli obrázek situace v rovníkovém řezu Země.

b) Urči měřením, jak velký je úhel u vrcholu kužele, vytvořeného z tečen k zemskému kulovému tělesu. [$\alpha = 124,7°$]
c) Jak velký je úhel, který svírají spojnice průvodičů dvou nejvzdálenějších míst, jež lze z družice pozorovat. [$\beta = 55,3°$]
d) Jaká je pozemská vzdálenost těchto míst? [l = 6 155 km]

C) Země má v místě rovníku poloměr 6 378 km. Ve vzdálenosti 7 000 km od středu Země se po trajektorii tvaru kružnice pohybuje umělá družice, a to rychlostí 7,56 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ tak, že letí v rovníkové rovině.
a) Jak dlouho by trval jeden oběh kolem Země, kdyby Země nerotovala? [T = 1 h 36 min 58 s]
b) Jaký čas uplyne, než družice proletí podruhé nad zvoleným místem na rovníku, letí-li ve směru rotace Země? [T = 1 h 43 min 58 s]
c) Jaký čas uplyne, než družice proletí podruhé nad zvoleným místem na rovníku, letí-li proti směru rotace Země? [T = 1 h 30 min 51 s]

K příkladu 4:

A) V nádobě, jež nemění svou teplotu během následujícího děje, je 1,5 litru vody teploty 20 °C. Když prohřejeme v plameni plynového hořáku matici (c = 460 $\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot °C}}$), získá teplotu 700 °C. Ponoříme ji rychle do vody. Jaká by musela být hmotnost matice, aby teplota vody dosáhla 90 °C? [m = 1,57 kg]

B) V hrnku o hmotnosti 0,80 kg a měrné tepelné kapacitě 465 $\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot °C}}$ jsou 2 litry vody o měrné tepelné kapacitě 4200 $\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot °C}}$. Teplota v místnosti je 18 °C a obě tělesa (hrnec + voda) jsou v místnosti delší dobu. Z varné konvice přilijeme do hrnku 1,2 kg vody o teplotě 95 °C.
a) Jak by se změnila teplota vody, kdybychom neuvažovali, že se zahřívá také hrnec? [t = 46,9 °C]
b) Jak se změní teplota vody v hrnku skutečně? [t = 46,1 °C]

C) Máme k dispozici 1,2 litru vody teploty 12 °C a 1,2 litru vody teploty 84 °C. Uděláme dva pokusy:
a) V prvním případě polovinu teplé vody nalijeme do nádoby se studenou vodou, dobře promícháme a polovinu vzniklé směsi nalijeme zpět do nádoby s teplou vodou.
b) Podruhé polovinu studené vody nalijeme do nádoby s teplou vodou, dobře promícháme a polovinu vzniklé směsi nalijeme zpět do nádoby se studenou vodou.
V kterém případě bude teplota vody v nádobách větší?
[v prvním případě: a) t = 55,2 °C, b) t = 40,8 °C]

K příkladu 5:

A) Z vysokohorského ledovce vytéká voda a vytvořila malé jezírko. Voda tvoří dále vodopád o výšce 45 m, jímž prochází během roku 2–6 m^3 vody za sekundu. Chataři se dohodli a polovinu vody odvedli potrubím do malé elektrárny, do níž byla instalována Peltonova turbína.
a) Seznamte se s principem Peltonovy turbíny.
b) Zjisti, jak se změní potenciální energie 1 m^3 vody, která projde potrubím. [$\Delta E_p = 450$ kJ]

c) Urči výkon vodního proudu a výkon turbíny, která může využít jen 85 % potenciální energie. [$P_V \in \langle 0,45; 1,35 \rangle$ MW, $P_T \in \langle 0,38; 1,15 \rangle$ MW]

B) Střední tepelná elektrárna má výkon 350 MW. Spaluje se v ní mazut o výhřevnosti 40 $\frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$, tepla však lze využít jen na 35 %.

a) Urči spotřebu mazutu spojenou s prací 1 kWh. [m = 0,26 kg]

b) Jaká je denní spotřeba mazutu v elektrárně? [$m = 2,16 \cdot 10^6$ kg]

C) Na řece s mohutným tokem, vytékající z jezera, je postavena přehradní hráz o výšce 115 m, voda má přepad 96 m. Výkon elektrárny je 4 500 MW.

a) Urči, kolik elektrické práce vykoná elektrárna za 1 den. [$W = 3,9 \cdot 10^8$ MJ]

b) Jaký nejmenší musí být objemový tok, aby elektrárna měla uvedený výkon? [$Q_V = 4700\ \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$]

c) Jak výsledek b) ovlivní skutečnost, že turbosoustrojím protéká jen 60 % vody a účinnost generátorů je 85 %? [$Q_V = 6600\ \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$]

K příkladu 6:

A) Předpokládejme, že desetikoruna české měnové soustavy je vyrobena z kovu o hustotě 7 900 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

a) Zjisti její rozměry tak, že použiješ alespoň 5 mincí a určíš průměrné hodnoty z naměřených veličin.

b) Polož alespoň 5 mincí na stůl tak, aby jejich středy byly na téže přímce. Ze zjištěných údajů vypočti průměr a tloušťku jedné mince.

c) Urči hmotnost desetikoruny.

B) Kolik gramů stříbra bylo třeba k výrobě pamětní desetikoruny vydané v roce 1928, jestliže průměr mince byl 30 mm a tloušťka pamětní mince 1,35 mm? Hustota stříbra je 10 500 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. [$m$ = 10 g]

C) Kilogramové závaží bylo vyrobeno tak, že představuje rovnostranný válec (pro tento válec platí, že výška válce $h = 2 \cdot r$). Bylo navrženo použít hliníku ($\rho_{\text{Al}} = 2700\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$), oceli ($\rho_{\text{Fe}} = 7800\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) a mědi ($\rho_{\text{Cu}} = 8900\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$).

a) Urči poměr objemů závaží. [$V_{\text{Al}} : V_{\text{Fe}} : V_{\text{Cu}} = \frac{1}{27} : \frac{1}{78} : \frac{1}{89}$]

b) Urči poměr výšek válců. [$h_{\text{Al}} : h_{\text{Fe}} : h_{\text{Cu}} = 7,8 : 5,5 : 5,2$]

c) Co se stane, když dva z těchto válců položíme na velmi přesné rovnoramenné váhy? [Váhy se nahnou na tu stranu, kde je umístěno závaží o menším objemu]

K příkladu 7:

A) Na dálkové trase ve Finsku jede lyžař po vodorovné trase po dráze 12,0 km stálou rychlostí po dobu 18,0 min. Celková odporová síla proti pohybu představuje 8,0 % tíhové síly, hmotnost lyžaře i s lyžemi je 85 kg. Urči, jak velkou práci lyžař vykonal, a jeho průměrný výkon na trase. [W = 0,816 MJ, P = 756 W]

B) Lyžařka jede po rovině „rekreačním" způsobem, takže její průměrný výkon je 150 W a rychlost 9 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

a) Urči průměrnou odporovou sílu proti pohybu. [$F_o = 60$ N]

b) Je-li hmotnost lyžařky i s lyžemi 65 kg, stanov odporový součinitel $k = \frac{F}{m \cdot g}$.

[$k = 0{,}09$]

C) Lyžař jede z kopce (bez odrážení) s klesáním 5 m na 120 m trasy rovnoměrným pohybem rychlostí 24 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Hmotnost lyžaře je i s lyžemi 70 kg. S jakým výkonem musí jet lyžař po rovině za stejných sněhových podmínek, aby se pohyboval stejnou rychlostí? Odporová síla působící na lyžaře je v obou případech stejná. [$P = 194$ W]

K příkladu 8:

A) Cyklista jede na jízdním kole (bicyklu), přičemž víme, že ozubené kolo spojené se šlapkami má 54 zubů, zadní ozubené kolo má 18 zubů nebo 27 zubů. Průměr zadního kola bicyklu je 58 cm.

a) Jakou dráhu urazí při jednom sešlápnutí levou nohou kolo bicyklu v obou případech převodu? [$s_1 = 273$ cm, $s_2 = 182$ cm]

b) Chlapec za 1 sekundu sešlápne jednou nohou dvakrát, druhou jednou. Jakou rychlostí se pohybuje? [$v_1 = 8{,}2\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $v_2 = 5{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$]

[$\omega_1 = 13{,}3\ \frac{\text{ot}}{\text{min}}$, $\omega_2 = 31{,}1\ \frac{\text{ot}}{\text{min}}$]

B) Přenos síly a pohybu se uskutečňuje pomocí ozubených kol a řetězu. Hnací kolo má $z_1 = 54$ zubů a koná 20 $\frac{\text{ot}}{\text{min}}$, hnané kolo má $z_2 = 84$ zubů nebo $z_3 = 36$ zubů.

a) Vysvětlete, co znamenají výrazy převod „do rychla" a převod „do pomala".

b) Kolik $\frac{\text{ot}}{\text{min}}$ bude konat hnané kolo v těchto převodech?

C) Cyklista se pohybuje stálou rychlostí 45 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Kolo bicyklu má průměr 58 cm. Přehazovačka zajišťuje převod řetězu z 54 zubů na hnacím kole na 16 zubů na hnaném kole. Kolikrát musí za minutu cyklista šlápnout levou nohou, pokud nevyužívá volnoběhu?

[$N = 122$]

K příkladu 9:

A) Na rybníku zůstala zjara kra o rozměrech 16,0 m x 15,0 m x 0,30 m, hustota ledu je 910 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

a) Urči hmotnost ledové kry. [$m = 65\,500$ kg]

b) Urči, kolik vody vznikne roztátím ledové kry. [$V = 65\,500$ l]

c) Jakou částí své výšky kra vyčnívá nad hladinu? [$h = 2{,}7$ cm]

B) Malý zahradní bazén má rozměry: 4,0 m délka, 2,4 m šířka. Na břehu je trám o délce 3,75 m, příčných rozměrů $14{,}1 \times 14{,}2\ \text{cm}^2$, o hmotnosti 60,0 kg.

a) Umístíme trám na hladině tak, že hrana 14,1 cm je svislá; kolik cm vyčnívá z vody v bazénu? [$h = 2{,}8$ cm]

b) O kolik stoupne voda v bazénu? [$h = 6$ mm]

c) Na trám vstoupí vlčák o hmotnosti 40 kg. Jak se změní odpovědi na otázky a), b)? [Trám s vlčákem se bude potápět]

C) Pro vyzdvižení člunu, který se při údajné nehodě potopil na dno údolí přehrady, použili potápěči dvou pryžových vaků, každý po nafouknutí má objem 120 litrů. Stačí tyto dva vaky k vyzdvižení člunu, je-li celková hmotnost člunu 250 kg, hmotnost každého vaku 5 kg. 90 % objemu člunu představuje dřevo o hustotě 800 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, zbytek je těžký motor o objemu 5 l? [stačí; $F_{vz} = 2900\text{ N} > F_g = 2600\text{ N}$]

K příkladu 10:

A) Předpokládejme, že okolí severního pólu můžeme nahradit koulí o poloměru 6 356 km. Při pohledu z výšky h na zemské ose se zdají být rovnoběžky 89°, 88°, 87°, ... jako soustředné kružnice, zatímco poledníky, protínající se v místě severního pólu, se zdají být protínajícími se různoběžkami.

a) Určete poloměr těchto kružnic. [r = 110,9 km; 221,8 km; 332,6 km]

b) Sestrojte síť prvních pěti rovnoběžek a poledníků, postupujících po 15 °.

B) Rovníkový poloměr Země je 6 378 km, poloměr Země v místě severního pólu je 6 356 km.

a) Určete délku rovníku. [L = 40 074 km]

b) Určete délku poledníku (nahraďte skutečný tvar poledníku kružnicí s průměrným průměrem). [L = 40 005 km]

c) Určete délku odpovídající změně zeměpisné délky na rovníku o 1′. Jaká délka odpovídá změně zeměpisné šířky o hodnotě 1′? [1′ zeměpisné délky = 1,86 km; 1′ zeměpisné šířky = 1,85 km]

C) Nakreslete řez naší Zemí rovinou nultého poledníku, vyznačte místa na povrchu Země odpovídající zeměpisné šířce 0°, 23°30′, 50°, 66°30′.

a) Kterým významným místům odpovídají uvedené zeměpisné šířky?

b) Urči rychlost pohybu bodů na povrchu Země ve vybraných zeměpisných polohách při rotaci Země.

$[v_1 = 0{,}46\ \frac{\text{km}}{\text{s}};\ v_2 = 0{,}43\ \frac{\text{km}}{\text{s}};\ v_3 = 0{,}30\ \frac{\text{km}}{\text{s}};\ v_4 = 0{,}18\ \frac{\text{km}}{\text{s}}]$

c) Z obrázku stanov, co je to zeměpisná šířka.

K příkladu 11:

A) Pavel se rozjíždí na kole tak, že z klidu získal po 50 s rychlost 45 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$; rychlost narůstá lineárně s časem.

a) Nakresli graf rychlosti jako funkce času.

b) Z grafu zjisti, jakou dráhu by ujel Pavel, kdyby po celou dobu 50 s byla jeho rychlost stálá (rovná 45 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$). [$s$ = 625 m]

c) Z grafu zjisti, jakou dráhu ujel Pavel při uvažovaném rozjíždění. [s = 312,5 m]

B) Pokračujeme v předchozí úloze:

a) Pokus se zjistit, jak narůstá dráha postupně s rostoucím časem. Doplň následující tabulku.

t	5 s	10 s	15 s	...	45 s	50 s
s	3,125 m	12,5 m		...		312,5 m

b) Sestroj graf dráhy jako funkce času, $s = f(t)$.

C) Cyklista se po dobu 20 s rozjíždí z klidu, až získá rychlost 45 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, dalších 40 s jede rovnoměrně touto rychlostí a pak po dobu 60 s zpomaluje, až zastaví.

a) Znázorni graf $v(t)$.

b) Urči dráhu cyklisty při rovnoměrném pohybu, při zrychlování a zpomalování. [$s_r = 500\ \text{m}$, $s_\uparrow = 125\ \text{m}$, $s_\downarrow = 375\ \text{m}$]

c) Urči průměrnou rychlost a znázorni ji do grafu. [$v_p = 30\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$]

K příkladu 13:

A) Jestliže má měděný drát délku 1 m a obsah příčného řezu $1\ \text{mm}^2$, je jeho odpor $0{,}017\ \Omega$. Hustota mědi je 8 900 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Na cívce je namotáno 200 m měděného drátu o průměru 0,50 mm.

a) Urči hmotnost drátu. [$m = 0{,}35$ kg]

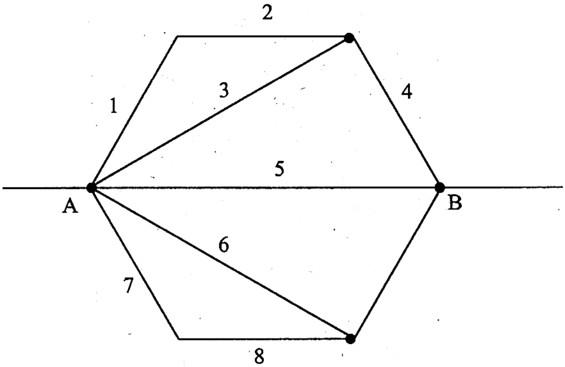
b) Urči celkový odpor nataženého drátu. [$R = 17{,}3\ \Omega$]

B) Mezi dvě zdířky o napětí 6,0 V byl připojen drát o délce *l*, příčném řezu *S*, který má odpor $R = 40\ \Omega$. Martinovi se zdálo, že drát je příliš dlouhý a mohl by překřížením způsobit nebezpečnou situaci, a tak drát přeložil napůl a potom vzniklý dvojitý drát přeložil ještě jednou a vzniklý rezistor připojil ke zdířkám.

a) Jak se změnil odpor dvakrát přeloženého drátu oproti původnímu stavu? [$R_1 = 2{,}5\ \Omega$]

b) Jak se změnil proud procházející v obou případech? [$I_0 = 0{,}15$ A, $I_1 = 2{,}4$ A]

C) Šestiúhelník, vyrobený z drátu dle obrázku, má odpor každé strany i každé úhlopříčky roven $r = 3{,}3\ \Omega$ a je připojen ke zdroji o napětí 6,0 V.



a) Jaký je výsledný odpor obvodu mezi body A, B? [$R = 1{,}5\ \Omega$]

b) Jaký proud prochází přívodními vodiči? [$I = 4$ A]

c) Jaký proud prochází jednotlivými vodiči tvořícími síť?

[$I_1 = I_2 = I_7 = I_8 = 0{,}4$ A; $I_3 = I_6 = 0{,}7$ A; $I_4 = I_9 = 1{,}1$ A; $I_5 = 1{,}8$ A]

Několik námětů pro samostatnou práci žáků II*

*Jan Thomas**, První české gymnázium v Karlových Varech*

Na nižším stupni osmiletého gymnázia se často ve třídě sejde větší počet velmi aktivních studentů, které je třeba zaměstnávat. Zejména v primě a sekundě záleží převážné většině studentů na každém ocenění, získaném i netradičním způsobem. Populární v naší sekundě byly zejména osmisměrky a doplňovačky. Přitom ti nejlepší studenti byli schopni odevzdat vyřešenou osmisměrku po pěti minutách, ani nalezení ukrytých tajenek u doplňovaček netrvalo déle. Přitom zbyl i čas na otázky, týkající se fyzikálních termínů, které studenti dosud neznali.

Věřím, že si mnozí učitelé fyziky rádi vyzkouší svůj důvtip, případně potrápí své studenty ať už ve výuce, nebo v různých kolech Archimédiády.

Poznámka k řešení osmisměrek: V obrazci je třeba vyškrtat klíčová slova, která mohou být vepsána vodorovně, svisle nebo šikmo. Některá písmena mohou být společná více slovům, na prázdných místech je třeba najít chybějící písmena. Doplněná písmena a písmena nevyškrtaná tvoří tajenky. Křížovkářským odborníkům se tímto omlouvám, že jsem, veden snahou používat jen slova úzce související s fyzikou, nevyužil ve všech osmisměrkách všech osmi možných směrů.

Osmisměrka s tajenkou 1

D	D	I	L	K	S	B	K	T	Ě	L	E	S	O
E	E	O	A							L	T	I	Č
C	L	N	B	H	A	V	M	O	L	Í	A	G	I
A	H	T	O	R	Á	R	A	H	N	L	L	N	D
Z	O	P	D	Z	Ě	V	G	D	L	Á	O	Á	O
I	K	O	D	M	A	K	N	O	L	A	N	L	V
R	E	O	S	T	A	T	E	R	M	O	S	K	A
A	L	Á	L	Y	E	A	T	N	B	S	A	N	R
L	A	E	Z	P	H	Í	O	R	Í	R	I	S	P
O	D	Á	L	Í	I	E	A	L	Í	L	L	E	U
P	R	O	T	O	N	Z	A	D	N	U	K	E	S

1. tajenka je ve 2. řádku, 2. tajenku získáte z nevyškrtaných písmen.

Klíčová slova: dalekohled, delta, den, díra, doba, etalon, hlas, iont, klid, klínek, kyvadlo, magnet, mol, neon, obraz, odraz, pohyb, polarizace, proton, rázy, reostat, směr, síla, seismograf, sekunda, signál, stín, supravodič, teplo, těleso, termoska, tíha, tlak, váha, vlna, závit.

---

* první část viz Thomas J.: *Několik námětů pro samostatnou práci žáků.* Školská fyzika **I**, č. 3 (1993/94) 45.

** thomas@gymkvary.cz

Doplňovačka s tajenkou

					Předpona (znamená sto)
					Souzvuk
					Fyzikální veličina (jednotka m)
					Kladná elektroda
					Nabité částice
					Vzácný prvek (Au)
					Přibližné určení výsledku
					Řešení rovnice (také část rostliny)
					Měkký nerost (nebo geologické období)
					Látka obsahující hodně volných elektronů
					Intenzívní elektrický výboj
					Neobvyklá délková jednotka (2,54 cm)
					Záporně nabitá částice

Osmisměrka s tajenkou 2

A	N	A	T	I	T	Á	R	A	K
K	O	M	E	T	A	T	O	A	I
I	N	Í	L	K	E	R	T	I	L
N	T	K	B	M	N	A	O	R	O
O	A	A	O	A	T	S	R	A	G
R	R	L					P	D	R
T	I	T	E	D	N	L	E	A	A
K	O	D	S	O	O	O	R	R	M
E	O	O	L	CH	L	N	I	A	D
L	U							F	A
E	C	A	R	E	L	E	C	K	A

Dvě tajenky jsou umístěny v 5. a v 9. řádku, třetí tajenku získáte z nevyškrtaných písmen.

Klíčová slova: akcelerace, atto, alfa, clona, delta, elektronika, farad, karát, kilogram, kilometr, klín, kometa, litr, lupa, oblet, Ontario, plocha, podtlak, radar, rotor, sklon, schod, tesla, titan.

Osmisměrka s tajenkou 3

J	K	I	Z	O	B	A	R	A	A	H	Á	R	D
N	I	E	K							L	T	O	R
O	L	O	K	O	M	O	T	I	V	A	Ř	P	T
R	O	D	N	E	R	O	V	N	I	C	E	D	E
T	M	N	N	T	L	E	R	N	A	O	N	O	M
K	O	O	K	E	D	A	L	K	I	U	Í	S	O
E	L	E	B	CH	D	É	T	A	S	C	T	V	L
L	L	R	K	A	R	Á	T	O	C	J	E	I	I
E	C	A	R	E	L	E	C	K	A	E	E	T	K

První tajenka je ve druhém řádku, druhou tajenku získáte z nevyškrtaných písmen.

Klíčová slova: akcelerace, bel, dráha, elektroda, elektron, izobara, karát, kilometr, kilomol, korelace, látka, lokomotiva, nerovnice, odpor, oko, olovnice, osvit, radar, rameno, tlak, tření.

Osmisměrka 4

F	Y	Z	I	K	A	R	P	E	R
Ů	A	O	S	Í	L	A	T	L	L
M	N	R	Ě	R	T	I	R	E	F
T	E	N	G	A	M	O	D	K	M
M	E	J	B	O	T	O	N	T	P
V	K	I	L	O	M	E	T	R	O
E	Ý	Á	R	I	O	R	O	O	H
J	R	K	N	Y	T	T	E	N	Y
B	CH	Ó	O	L	O	R	O	T	B
O	T	S	T	N	R	E	L	É	Y

Klíčová slova: elektron, ferit, fyzika, kilometr, klid, litr, iont, magnet, model, metr, motor, objem, objev, pohyby, proton, relé, rotor, síla, termograf, tón, výkon.

Řešení: Osmisměrka s tajenkou 1: fyzika, skládání sil

Doplňovačka s tajenkou: hekto, akord, délka, anoda, ionty, zlato, odhad, kořen, křída, vodič, blesk, palec, anion – kolo na hřídeli

Osmisměrka s tajenkou 2: tlak, pascal, aneroid

Osmisměrka s tajenkou 3: kladka, jednoduché stroje

Osmisměrka 4: průměrná rychlost

Atmosférický tlak a varná konvice

Jana Šolcová, Gymnázium Beroun*

Nemáte k dispozici vývěvu ani kahan a papír či svíčka se právě při demonstraci stávají „nehořlavými"? Pak vám nabízím pár nápadů, jak k experimentování s atmosférickým tlakem využít obyčejné varné konvice. Všechny pokusy jsou vyzkoušené a velmi přesvědčivé!

Jejich využití v hodině může mít motivační charakter, mohou být představeny jako problémy k vysvětlení nebo prostě jen zpestří výklad a hodinu. A navíc si je žáci mohou zkusit doma sami.

Cílem následujících pokusů je kvalitativně demonstrovat různé variace na téma „stavová rovnice"; vznik podtlaku a jeho účinky. Pokusy také ukazují, že vzduch kolem nás působí na předměty tlakem, jehož účinky mohou být překvapující.

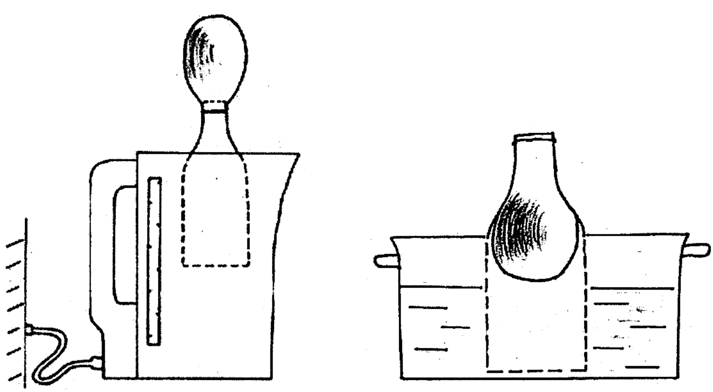
Předem bych však upozornila na dodržení základních pravidel bezpečnosti.
Při vlastní demonstraci je třeba zkumavky, popř. láhve, zahřát na poměrně vysokou teplotu, a proto je nutno použít držáky. Varnou konvici lze zapínat jen s vodou.

LÁHEV A BALÓNEK

Pomůcky: skleněná láhev, varná konvice s horkou vodou, balónek, led nebo studená voda na ochlazení, trychtýř

Provedení: Naplníme láhev asi do třetiny horkou vodou a její hrdlo uzavřeme dětským gumovým balónkem. Láhev ochladíme ledem nebo studenou vodou. Balónek se „vcucne" dovnitř láhve. Vysvětlení – po naplnění láhve horkou vodou část ohřátého vzduchu unikne z láhve. Uzavřeme-li hrdlo láhve balónkem a ochladíme ji, sníží se teplota vody i vzduchu, dojde ke kondenzaci par uvnitř a tím se sníží i tlak vzduchu. Vnější atmosférický tlak „promáčkne" balónek dovnitř hrdla láhve.

Jestliže naopak nejdříve hrdlo prázdné láhve uzavřeme gumovým balónkem a pak ponoříme do varné konvice s horkou vodou, balónek se bude postupně nafukovat. Ohřátý vzduch v láhvi se rozpíná a jeho zvětšující se tlak způsobuje nafouknutí balónku na hrdle láhve.

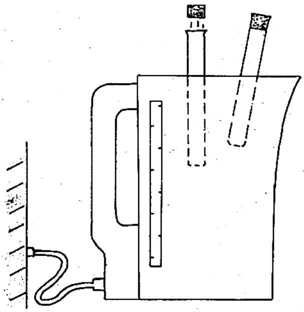


* jana.solcova@quick.cz

BRAMBOROVÉ ZÁTKY

Pomůcky: skleněná zkumavka, brambor, varná konvice

Provedení: Skleněnou zkumavku uzavřeme bramborovou zátkou tak, že ji vtlačíme do plátku z bramboru, který je silný asi 1 cm. Pozor, aby vám zkumavka nepraskla v ruce! Zkumavku ponoříme do horké vody ve varné konvici tak, aby zátka byla nad hladinou. Po chvíli zátka vyletí za doprovodu zvuku připomínajícího otvírání láhve. Je-li zátka silnější, zvukový efekt je výraznější, ale je třeba mít více trpělivosti při zahřívání. Vysvětlení pokusu je nasnadě: při zahřátí vzduchu v trubici se jeho tlak v omezeném objemu zkumavky zvětší a vyrazí zátku ven.



VEJCE NA LÁHVI

Pomůcky: vejce, skleněná láhev se širším hrdlem (např. od kečupu), varná konvice s horkou vodou

Provedení: Láhev vymyjeme horkou vodou a na hrdlo položíme vařené vajíčko špičkou dolů. To nejdříve na hrdle chvíli nadskakuje a pak je vtlačeno do láhve! Jestliže nasadíme vajíčko na hrdlo láhve rychle, teplý vzduch, který je ještě ohříván stěnami láhve, má tendenci unikat. Jakmile se začne vzduch ochlazovat, dochází k zmenšení jeho objemu a vzniku podtlaku v láhvi. Vejce je vtlačeno vnějším tlakem vzduchu dovnitř. Při realizaci pokusu je však třeba použít vhodnou láhev, jejíž hrdlo je jen o málo větší než vejce.

A jak dostat vejce z láhve ven? Obrátit a zahřát láhev proudem horké vody.

NEPOSLUŠNÉ GRAVITAČNÍ POLE

Pomůcky: talíř nebo miska s obarvenou vodou, velká sklenička nebo láhev od kečupu, varná konvice

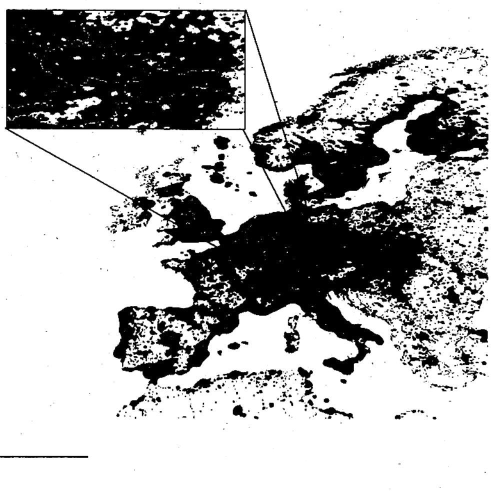
Provedení: Velkou skleničku nebo láhev s úzkým hrdlem vypláchneme horkou vodou. Pak láhev postavíme hrdlem dolů do talíře s obarvenou vodou. Hladina vody v láhvi začne stoupat a ve sklenici od kečupu dosáhne výšky více než 10 cm. Vysvětlení je obdobné jako v předcházejících pokusech. Ohřátím skla láhve jsme zvýšili i teplotu vzduchu uvnitř a část ho unikla z láhve ven. Ponořením do vody a postupným vyrovnáním teplot s okolím vzniká v láhvi podtlak, který způsobuje nasávání vody.

Astronomické novinky 17

Miroslav Randa, Pedagogická fakulta ZČU, Plzeň*

Země

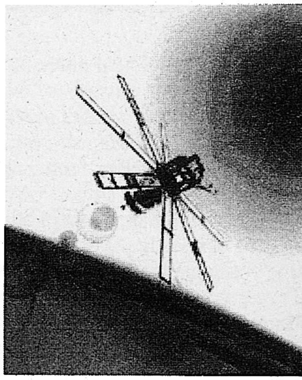
Světelné **znečištění noční oblohy** je stále větší komplikací pro astronomická pozorování. Na obrázcích vidíte světlo, kterým pozemšťané svítí do vesmíru. Že jde o zbytečnost, která nás stojí spoustu peněz a ještě nás ochuzuje o krásnou podívanou na noční oblohu, není (?) nutné příliš zdůrazňovat. Ze snímků pořízených americkou družicí DMSP (Defense Meteorological Satellite Program), která obíhá po nízké polární dráze (ve výšce 830 km) je zřejmé, že nejhorší je situace v USA a v západní a střední Evropě. Italský astronom Pierantonio Cinzano rozborem snímků zjistil, že dvě třetiny Američanů a polovina Evropanů nemůže na noční obloze díky světelnému znečištění zahlédnout Mléčnou dráhu! Proč tedy nepoužíváme světlo jen k osvětlení zemského povrchu a proč svítíme do vesmíru? Tak se ptají členové *Sekce pro temné nebe* České astronomické společnosti, na jejichž webových stránkách [6] naleznete mnoho zajímavých informací k této problematice.



* randam@kof.zcu.cz

Slunce

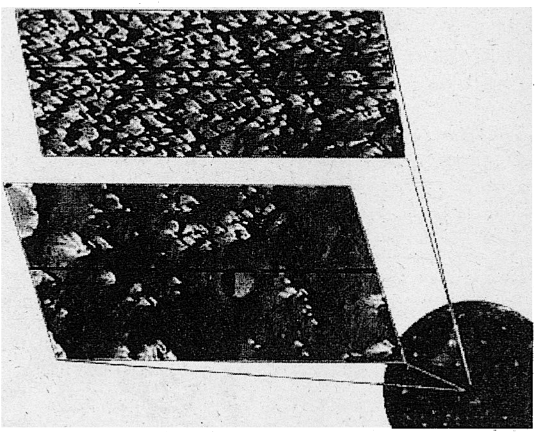
V červenci 2001 byla vypuštěna další **sonda k výzkumu Slunce**. Sonda **CORONAS-F** (Комплексные ОРбитальные Околоземные Наблюдения Активности Солнца) je určena ke komplexnímu monitorování dynamických procesů na Slunci, například vývoje aktivních oblastí, erupcí apod. Tomu odpovídá i přístrojové vybavení sondy, v němž jsou hojně zastoupeny detektory ultrafialového a rentgenového záření. Sonda (viz obr.) o hmotnosti 2,26 t, která se pohybuje po polární dráze kolem Země, vznikla ve spolupráci Ruska, Ukrajiny, Gruzie, Slovenska, Polska, Německa, Francie, Velké Británie a USA.



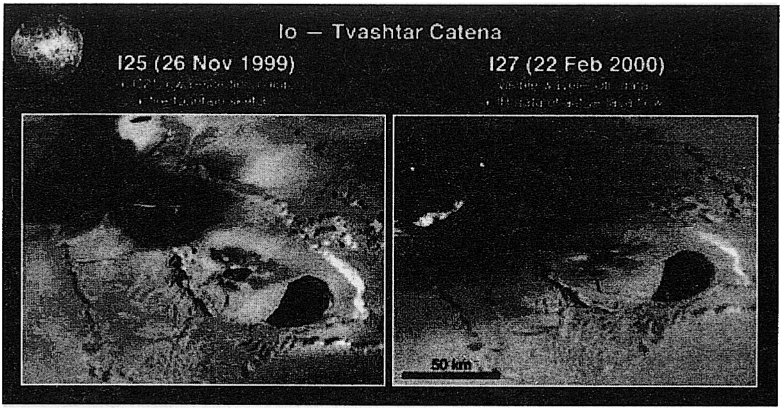
Ještě na konci července směrem ke Slunci odstartovala americká **sonda Genesis**, která bude od října 2001 po dobu 30 měsíců v okolí Lagrangeova libračního bodu (ve vzdálenosti 1,5 milionů kilometrů od Země směrem ke Slunci) lovit **nabité částice slunečního větru**. V září 2004 se pak se zachycenými částicemi vrátí k Zemi a shodí je v pouzdru na padáku do zemské atmosféry. Zde se jej bude snažit zachytit vrtulník, aby zabránil rozbití pouzdra při dopadu na zem. Výsledky projektu přispějí k řešení otázky složení sluneční pramlhoviny, z níž vznikla sluneční soustava.

Jupiter

Sonda **Galileo** se při svých průletech opovažuje stále blíže k měsícům Jupitera. Při květnovém průletu ve výšce pouhých 138 km nad povrchem **Callisto** pořídila obrázky tohoto měsíce s rozlišením pouhých 3 metrů! Na snímcích astronomové odhalili velice zajímavé (a nečekané) útvary – viz obr. podle NASA. Těmi jsou asi 80–100 m vysoké **ostré hroty kopců**. Museli jsme tak revidovat svoji představu o „naprosto nezajímavém a neměnném" povrchu Callisto, charakterizovaném velkou četností kráterů. Právě podle hustoty kráterů astronomové odhadují stáří povrchu měsíce (nebo planety či planetky): čím je hustota vyšší, tím je povrch tělesa starší a signalizuje neexistenci vulkanismu, větrné a jiné eroze a dalších procesů, které by krátery zarovnaly.



Ostré hroty na obrázku z Galilea jsou tvořeny ledem, který velmi pomalu sublimuje. Tím se odhalují tmavé skvrny z prachu, který byl zamrzlý v ledu. Tmavý prach lépe pohlcuje sluneční záření, a tak ohřívá led v okolí. Tím se celý proces udržuje v chodu a urychluje se. Povrch Callisto tedy podle nových zjištění v žádném případě není „mrtvý", ale neustále se mění.



Od **průletu sondy nad povrchem měsíce Io ve výšce 200 km** počátkem srpna 2001 sice nejsou v době psaní tohoto článku žádné bližší informace, ale přesto panují velká očekávání. Jedním z otazníků, na něž průlet přinese odpověď, je situace sopky Tvashtar, jejíž obrovský výron (do výše 1,5 km) pozorovala sonda v listopadu 1999 (viz obr. podle NASA). Ještě koncem prosince 2000 stoupal do výšky jemný materiál a vytvořil chochol vysoký téměř 400 km. Materiál bohatý na síru padající zpět na povrch Io vytvořil červený prstenec kolem sopky o průměru 1 400 km. Astronomy zajímá, zda je sopka ještě stále aktivní. Druhou hádankou, kterou by mohla sonda rozluštit, je, zda má Io vlastní magnetické pole jako Callisto či Europa. Při průletu v malé výšce by totiž mohl magnetometr určit, zda v magnetickém poli Jupitera vytváří magnetické pole Io měřitelné poruchy.

Zajímavý příspěvek k teorii **podpovrchového oceánu na Callisto** (viz [3]) přinesl prestižní časopis Nature [2]. Španělský geolog Javier Ruiz podrobil výpočtu dosavadní představu, že podpovrchový oceán uvnitř velkého měsíce podobného Callisto by měl zamrznout zhruba za stovky milionů let. Zjistil, že při teplotě a tlaku, které na Callisto panují, je tepelná vodivost ledu nižší než na Zemi, a tak lépe chrání podpovrchový oceán proti zamrznutí. Podle nových výpočtů je velká pravděpodobnost, že podpovrchové kapalné oceány by mohly mít i největší měsíce ve sluneční soustavě, Jupiterův Ganymédes a Saturnův Titan.

Saturn

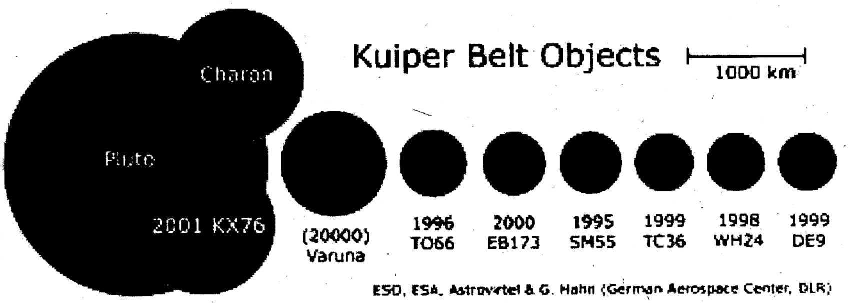
Další zkoumání **nově objevených měsíců Saturnu** ([4], [5]) přineslo další překvapení: v červenci 2001 oznámil Brett Gladman [1], že 11 z 12 nových měsíců a spolu s nimi i měsíc Phoebe se pohybují ve třech „shlucích" s podobnými trajektoriemi. Tento fakt nelze rozumně vysvětlit záchytem těles gravitačním působení Saturnu, a proto Gladman předpokládá, že měsíce vznikly rozpadem tří větších měsíců, a to zřejmě v důsledku kolize s některou kometou.

Velkou pozornost k sobě stále poutá **měsíc Titan**, k němuž se stále přibližuje sonda Cassini s výsadkovým pouzdrem Huygens (k příletu sondy k Saturnu a sestupu pouzdra Huygens až na povrch Titanu dojde v roce 2004). Pozorování třímetrovým infračerveným teleskopem ITF (Infrared Telescope Facility) z havajské sopky Mauna Kea odhalilo, že ve výškách zhruba 200 km nad povrchem tohoto obřího měsíce vanou od západu k východu větry rychlostmi zhruba 750 $km \cdot h^{-1}$, což převyšuje i rychlost pozemských tornád.

Planetky

Počet planetek rychle roste ke 30 000. Počátkem srpna se vyšplhal na 27 654 planetek s určenou trajektorií. Zatímco prvních 5 000 planetek astronomové objevovali téměř 200 let – od začátku roku 1801 do listopadu 1991 (pětitisící planetka dostala jméno IAU), na druhou pětitisícovku potřebovali lidé již jen necelých 8 let a planetka (10 000) Myriostos byla do seznamu planetek zařazena v březnu 1999. A pak již ve stále rychlejším rytmu: V květnu 2000 planetka (15 000) CCD, v lednu 2001 (20 000) Varuna a v červnu 2001 (25 000) Astrometria. Předpokládám, že v době čtení těchto řádek bude astronomie již na cestě k další desetitisícovce. I když na přírůstcích se podílejí hlavně planetky v „klasických" vzdálenostech, intenzivně roste rovněž počet planetek v Kuiperově pásu. Od roku 1992, kdy zde byla objevena první planetka, již zde bylo nalezeno více než 400 planetek.

Zřejmě nejvíce pozornosti k sobě přitáhla planetka **(20 000) Varuna**, která byla pozorována R. S. McMillanem v rámci projektu Spacewatch během rutinní prohlídky oblohy 28. listopadu 2000 (na seznam planetek se planetka dostala v lednu 2001 po určení dráhy). Z dalších pozorování planetky vyplynulo, že planetka patří mezi transneptunské objekty (TNO), obíhá kolem Slunce ve vzdálenosti zhruba 43 AU (1 AU je střední vzdálenost Země od Slunce, $1\,AU \doteq 149{,}6 \cdot 10^6$ km; Neptun obíhá Slunce ve vzdálenosti 30 AU, Pluto od 29,7 AU do 49,3 AU). Varuna se s průměrem 900 km zařadila na druhé místo podle velikosti planetek (za planetku Ceres) – a je jedním z největších těles Kuiperova pásu. Planetka rotuje s periodou zhruba 3 hodin a je nezvykle jasná. Odráží přibližně 7 % dopadajícího světla, což znamená, že by mohla být pokryta čerstvým ledem. Varuna je pojmenována podle jednoho z nejstarších a nejvýznamnějších indických božstev, tvůrce nebes a země.



Varuna však na druhém místě mezi největšími planetkami nevydržela dlouho. Začátkem prázdnin oznámil Robert Millis z Lowellovy observatoře **objev planetky 2001 KX_{76}**, kterou pozoroval v květnu v souhvězdí Hada jako objekt 20. magnitudy. I když neznal přesně vzdálenost planetky (pouze tušil, že jde o těleso Kuiperova pásu), odhadl, že by tato planetka mohla konkurovat planetce Ceres v postavení největší planetky. Následná pozorování německých, finských a švédských astronomů pod vedením Gerharda Hahna [9], spojená s určením dráhy, vyhledáním planetky na starších fotografiích (až do roku 1982) a zpřesněním parametrů trajektorie dovolila zpřesnit odhad velikosti tohoto obra mezi planetkami. Planetka se v současné době nalézá ve vzdálenosti 43,2 AU od Slunce a pohybuje se po dráze podobné

Plutu (patří mezi planetky nazývané plutinos). Je-li její albedo (odrazivost) 7 % jako v případě Varuny, je její velikost asi 1 200 km a je stejně velká jako Plutův měsíc Charon (viz obrázek na předchozí straně). V případě 4% albeda (to je hodnota běžná pro planetky) je ještě o dalších 200 km větší. V každém případě je však planetka 2001 KX_{76}, která zatím čeká na jméno od svého objevitele R. Millise, **největší známou planetkou**. Pořadí největších planetek je tedy v současné době následující: 2001 KX_{76} (1 200 km), Ceres (960 km x 932 km), Varuna (900 km), Pallas (570 km x 525 km x 482 km), Vesta (530 km), ...

I když je hlavním cílem pozorování 2,5m dalekohledu SDSS (Sloan Digital Sky Survey) sledování vzdálených galaxií a kvasarů, díky velké rozlišovací schopnosti pořídili astronomové, kteří s ním pracují, snímky **planetek hlavního pásu mezi Marsem a Jupiterem**, a to v 5 barvách [7]. Ze získaných obrázků je zjevné, že křemičitanové planetky (označované písmenem S) se vyskytují převážně ve vnitřní části hlavního pásu s průměrnou vzdáleností 2,8 AU, zatímco planetky uhlíkaté (planetky typu C) se vyskytují ve větších vzdálenostech s hlavní poloosou 3,2 AU.

Extrasolární planety

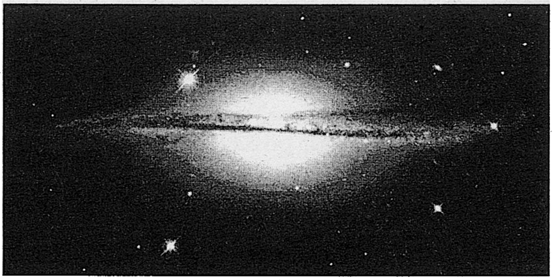
Počet extrasolárních planet (planet obíhajících kolem jiných hvězd než Slunce) přesáhl již úctyhodné číslo 70 [8]. Většina nalezených extrasolárních planet je však ve srovnání s planetami nám běžně známými mírně řečeno netypická. Protože hlavní metodou, podle níž astronomové **extrasolární planety** nacházejí, je gravitační „cloumání" hvězdou (pohyb hvězdy kolem společného těžiště soustavy hvězda-planeta), nacházejí astronomové pouze planety obří, srovnatelné svou hmotností s Jupiterem či Saturnem. Navíc většina drah extrasolárních planet nemá s Keplerovou „malou odlišností od kružnic" pranic společného. Výstřednost drah je často větší než 0,5, v případě planety (s hmotností zhruba čtyřnásobnou oproti hmotnosti Jupiteru), která obíhá hvězdu HD 80606, činí dokonce 0,93.

Velká výstřednost drah planet je pro astronomy noční můrou. Není totiž znám žádný důvod, proč by měly být takové trajektorie planetami preferovány. Proto vzbudil velkou pozornost objev již **druhé planety obíhající kolem hvězdy 47 UMa** (47. nejjasnější hvězda v souhvězdí Velké medvědice). Obě planety se totiž pohybují stejně jako planety sluneční po téměř kruhových trajektoriích a parametry soustavy připomínají náš domácí systém: Slunce, Jupiter a Saturn. Slunce a 47 UMa jsou hvězdy téhož spektrálního typu, přičemž Slunce je nepatrně chladnější. Poměr hmotností planet kolem 47 UMa je stejný jako poměr hmotností Jupiteru a Saturnu a stejně tak jejich poměr oběžných dob a poměr vzdáleností. Tím však podobnost končí. Ve skutečnosti jde o planety s hmotnostmi 2,54 a 0,76 hmotnosti Jupiteru, které obíhají ve vzdálenosti 2,09 AU a 3,73 AU od hvězdy s periodami 1 100 dní, resp. 2 600 dní.

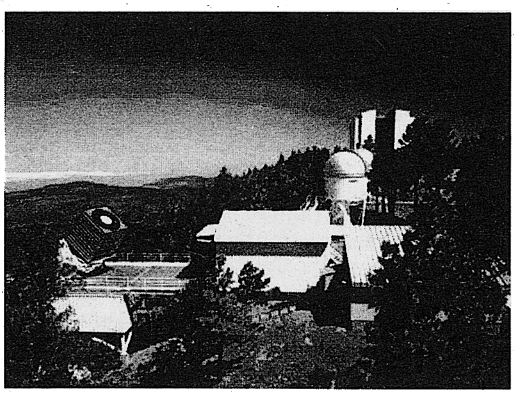
Galaxie

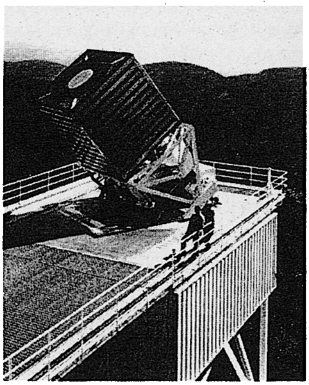
Rentgenový teleskop Chandra odhalil podstatu **rentgenového záření naší Galaxie**. Dosud nebylo zřejmé, zda se jedná o rozptýlené záření hvězd nebo o záření mezihvězdného plynu. Chandra se zaměřila na malou část galaktické roviny viditelnou ve směru souhvězdí Štít a zjistila, že zdrojem záření je mezihvězdný plyn. Jak už to tak ve vědě bývá, odpověď na jednu otázku zároveň přinesla spoustu dalších otázek. Rentgenové záření může vydávat jen plyn zahřátý na teploty řádu deseti milionů kelvinů. Astronomy teď čeká hledání odpovědi na otázku, proč se takto silně zahřátý plyn vyskytuje převážně v rovině galaktického disku, když gravitační síla je k jeho udržení nedostatečná. Může za to magnetické pole?

Zajímavou **spirální galaxii ESO 510-G13** pozoroval Hubblův kosmický teleskop HST (**H**ubble **S**pace **T**elescope) v dubnu 2001. Galaxie, kterou objevili evropští astronomové z Jižní evropské observatoře ESO (**E**uropean **S**outhern **O**bservatory), je od Země vzdálena 46 Mpc (tj. asi 150 milionů světelných let) ve směru souhvězdí Hydra a její spirální disk je na rozdíl od většiny spirálních galaxií zvlněn (viz obr.). Deformace disku jsou způsobeny galaktickým kanibalismem; pozorovaná galaxie právě pozřela nějakou menší galaxii ze sousedství. Zvlněný disk bude galaxii zdobit nejméně několik milionů let.



Rekordně vzdálený objekt se podařilo zachytit dalekohledu SDSS (Sloan Digital Sky Survey) v Novém Mexiku (viz obr.), o němž již byla řeč v části věnované planetkám. Tento teleskop zaměřený na sledování nejvzdálenějších objektů ve vesmíru, již pozoroval zhruba 100 000 kvasarů, z nichž více než 13 000 kvasarů sám objevil. Mezi pozorovanými kvasary je i **rekordně vzdálený kvasar** s červeným posuvem 6,2. Záření z kvasaru bylo vyzářeno v době, kdy byl vesmír starý asi 2 miliardy let.





Literatura:

[1] Gladman B.: *Discovery of 12 satellites of Saturn exhibiting orbital clustering.* Nature **412** (2001), 163.

[2] Ruiz J.: *Stability against freezing of an internal liquid-water ocean in Callisto.* Nature **412** (2001), 409.

[3] Randa M.: *Astronomické novinky 12.* Školská fyzika **V**, č. 3 (1998), 65.

[4] Randa M.: *Astronomické novinky 15.* Školská fyzika **VI**, č. 3 (2000), 41.

[5] Randa M.: *Astronomické novinky 16.* Školská fyzika **VII**, č. 1 (2001), 59.

[6] <http://www.astro.cz/svetlo/> *Sekce pro temné nebe* (česky).

[7] <http://www.sdss.org/> *Sloan Digital Sky Survey* (anglicky).

[8] <http://www.obspm.fr/encycl/encycl.html> *Extrasolar Planets Encyclopaedia* (anglicky).

[9] <http://www.astronomynow.com/> *Astronomy Now Online* (anglicky).

Vybráno ze žákovských knížek

...prý jsou všechny tyto výroky skutečné...

Daniel Cigna, Fakulta informatiky MU, Brno*

- ✓ Lže a schválně uvádí jiné letopočty.
- ✓ Směje se mi za zády do očí.
- ✓ Hodil mokrou houbu po učitelce a ta po dopadu na zem udělala loužičku.
- ✓ Vážení rodiče! Oznamuji Vám, že mě z vašeho syna pravděpodobně raní mrtvice. Stane-li se tak, nepřeji si, aby mi šel na pohřeb.
- ✓ Váš syn nevhodně dokazuje svou sílu při pracovní výchově tím, že utahuje svěráky děvčatům.
- ✓ Použil WC, i když věděl, že by se mohlo poškodit.
- ✓ Přes můj zákaz vstoupil do školy.
- ✓ Při vyučování bouchá pytlíkem.
- ✓ Dívá se na mě skrz zelené průsvitné pravítko a směje se mi, že jsem zelený. Zelenka
- ✓ Močí do výše očí.
- ✓ Dává pořád pozor, jestli dávám pozor, a když si myslí, že nedávám pozor, tak nedává pozor.
- ✓ Napovídá úmyslně nesprávně, aby popletl spolužáky.
- ✓ Bez dovolení padá ze židle.
- ✓ Vyndala při hodině tělesné výchovy bez vyzvání kozu a celá třída přes ni skákala.
- ✓ Rozbil skleněné okno.
- ✓ Vědomosti vaší dcery se rovnají nule. Pro postup do vyššího ročníku je třeba, aby je minimálně zdvojnásobila.
- ✓ Žák má velmi dobrý průměrný prospěch.
- ✓ Žáci půjdou na ošetření zubního chrupu.
- ✓ Napovídá nedovoleným způsobem.

* cigna@seznam.cz

Tvar kapaliny, princip nejmenšího povrchu

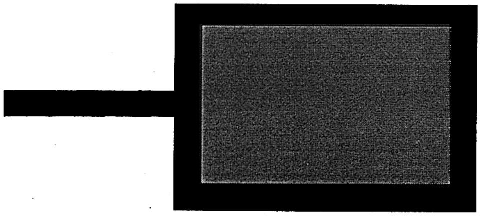
Pavel Černý, Základní škola Cheb*

Každé nebo snad téměř každé dítě po absolvování ZŠ odpoví na otázku, jaký je rozdíl mezi pevným a kapalným tělesem, že kapalná tělesa nemají oproti pevným svůj vlastní tvar. Zaujímají tvar nádoby, v níž se nalézají. Ovšem už i otázka kapalnosti a pevnosti se zdá jednoduchá pouze na první pohled. Nejasnou hranici vytváří mimo jiné okolní podmínky. O tom se přesvědčíme, vystavujeme-li pevné těleso velkým tlakům. Toto těleso se pak chová jako kapalné. Tuto skutečnost můžeme pozorovat při tvorbě hor na Zemi, které vznikají vlivem obrovských tlaků zemské kůry.

Další odlišnost od zmíněné odpovědi si uvědomíme při pohledu na dešťovou kapku. Cožpak můžeme říci, že ta nemá svůj tvar? Vždyť kapky deště jsou vždy kulaté, nikdy hranaté. Je tedy na místě myšlenka, že i kapalné těleso může mít svůj tvar, pokud se nalézá v příznivých podmínkách. Tvar ideální koule pak kapalné těleso zaujme, můžeme-li zanedbat vnější síly a pracujeme-li s přiměřeným množstvím kapaliny. Vždyť ani člověk, který by stanul na „chladném" Slunci, nezachová svou podobu, ale zničí se svou vlastní hmotností. Je tedy nutné najít lepší podmínky, třeba na Měsíci, nebo na nějaké malé planetě, kde nemá gravitace (tíhové pole) tak zničující dopad. Dovedeme-li tento myšlenkový pochod do krajnosti, budeme se snažit o úplné odstranění gravitace. O to se pokusil již Platon. Nalil olej do roztoku vody a lihu – olej „ztratil celou svou váhu". Podle Archimédova zákona došlo k vyrovnání gravitační (tíhové) a vztlakové síly působící na olejovou kapku. Olej se nerozlil do vrstvičky či nějakého neforemného útvaru, ale zaujal přesně kulový tvar. Tato olejová koule přitom plave v roztoku a lze měnit její poloměr. Kdybychom olejovou kouli oddělili od roztoku, roztrhla by se s největší pravděpodobností na mnoho malých kuliček. Kulový tvar kapky je dán snahou o nejmenší možný povrch, která je důsledkem přitažlivých sil mezi molekulami kapaliny. Na molekuly v tzv. povrchové vrstvě kapaliny (šířka je rovna poloměru molekulárního působení) působí z vnitřní oblasti tělesa větší množství molekul než z vnější. Výslednice sil má tedy směr dovnitř kapalného tělesa. (Síly, které takto působí na povrchu kapaliny nazýváme síly povrchového napětí. Jejich cílem je zmenšit potenciální energii molekul v povrchové vrstvě.) Můžeme tedy přeneseně říci, že se molekuly na povrchu snaží dostat dovnitř hmoty. Přesun molekul pokračuje, dokud jich nezůstane na povrchu nejmenší možný počet, tedy těleso bude mít nejmenší možný povrch. Tímto tělesem je při daném objemu právě koule.

To lze ukázat i na kapce vody, kterou umístíme na mastnou skleněnou destičku. Je-li kapka dostatečně malá, pak se nerozteče, pouze se svou tíhou zploští. Čím je kapka menší, tím více se její tvar blíží kouli. Kapka se zplošťuje díky tlaku horních vrstev kapky na spodní. Padá-li však kapka volným pádem, pohybují se všechny její části stejně rychle, a proto na sebe netlačí. Kapka se tak chová, jakoby se nacházela v beztížném stavu.

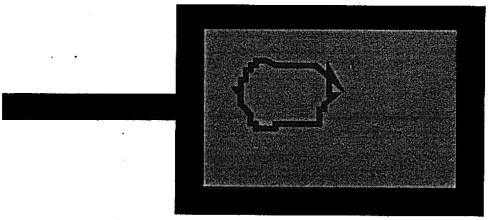
* cernypavel@seznam.cz



Obr. 1

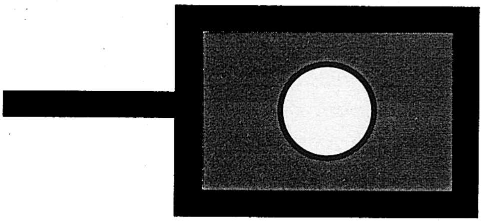
Snahu kapaliny o nejmenší možný povrch vysvětluje svým pokusem i van der Mensbrugghe. Ten namáčel rámeček z drátu do mýdlového roztoku. Kapalina se přichytila na tento rámeček a vytvořila tenkou blánu (obr. 1).

(Obdobnou situaci můžeme pozorovat u dětského bublifuku.) Mensbrugghe pak položil na blánu tenké vlákno se svázanými konci. Vlákno na bláně plove, má obecný tvar podle toho, jak se nám jej podařilo na blánu umístit (obr. 2).



Obr. 2

Ovšem důkaz zmíněné vlastnosti kapaliny spatříme, když odstraníme uzavřenou kapalinu. Toho docílíme porušením blány uzavřené nití propíchnutím, kdy dojde k rozpadu vrstvy na drobné kapičky, které se z části uvolní do okolí, případně se spojí se zbytkem mýdlového roztoku v rámečku. Po sražení kapaliny se povrch zbytku kapaliny zmenšuje, zatímco povrch otvoru ohraničený vláknem se zvětšuje. Tato změna ustává v okamžiku, kdy je vlákno zcela napnuté. Zjišťujeme, že otvor je právě kruhového tvaru (obr. 3). V případě většího množství kapaliny je možné ji z oblasti uzavřené nití odsávat sacím papírem.

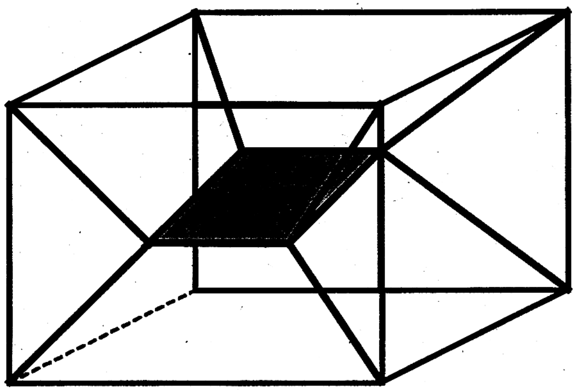


Obr. 3

Užití principu nejmenšího povrchu můžeme ukázat i při použití drátěné krychle a oleje, respektive mýdlové vody. Při ponoření krychle do kapaliny je drát (díky silám povrchového napětí mezi roztokem, vzduchem a drátem) kapalinou smáčen. Máme-li dost kapaliny, pak má krychle po vyjmutí stěny tvořené příslušnou kapalinou. Takto lze přirozeně modelovat různá geometrická tělesa.

Velice zajímavý je Plateaův pokus, kdy se snažíme pomocí skleněné trubičky odsávat z vytvořené krychle kapalinu (případně stačí nechat odkapat). Kapalina stále smáčí drát, ale stěny se prohýbají dovnitř tělesa, dokud nevytvoří rovinné plochy. Ty vycházejí z hran krychle a stýkají se v jejím středu, kde se v případě oleje vytvoří kapka, v případě mýdlové vody pak malá čtvercová ploška (obr. 4). Tyto obrazy jsou však vlivem vysoušení roztoku na vzduchu velice nestabilní a brzy prasknou.

Tento obraz v krychli je zajímavý i geometricky, neboť je dokonale pravidelný. Každé dvě hrany vytvořených ploch spolu totiž svírají pravý úhel.



Obr. 4

Přiblížení situace můžeme dosáhnout i převlékneme-li přes drátěnou síť gumovou blánu a místo drátku k uchycení užijeme trubičku. Nafukování respektive vyfukování vzduchu představuje množství kapaliny. Gumová blána představuje zmenšující se povrch kapaliny. Při úplném vysátí vzduchu jsou blány rovinné a setkávají se ve středu. Vnitřní hrany jsou na sebe kolmé.

Je pravda, že princip nejmenšího povrchu, stejně jako termíny povrchové napětí a jevy na rozhraní kapalin (elevace, deprese) se na základní škole neuvádí, přesto si myslím, že uvedené pokusy dokreslí pohled žáků na téma vlastnosti kapalin. Pokusy jsou velice jednoduché, takže příliš nezatíží ani žáka ani učitele. Navíc povedou k uspokojení žáků, tolik chtivých pokusů.

Literatura:

[1] Mach E.: *Populär wissenschaftliche Vorlesungen.* Leipzig 1991

[2] Bělař A. a kol.: *Fyzika pro učitele I.* SPN, Praha 1967.

[3] *Encyklopedie vědy a techniky.* Albatros, Praha 1986.

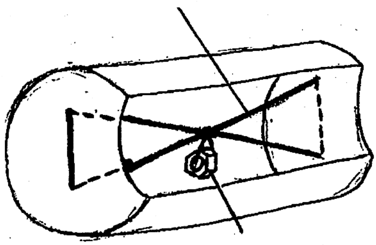
Krabička nápadů Školské fyziky*

*Václav Votruba**, Základní škola Palmovka, Praha 8*

C

ENERGIE

Kouzelná rotující plechovka.



Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

A

SETRVAČNOST

Mince nebo hrací kameny, pruh tužšího papíru. Postavíme věž z mincí na pruh papíru, který pak rychle vytáhneme.

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

B

ATOM

Těleso složené ze samých atomových jader bez elektronových obalů by bylo nepředstavitelně těžké. Malá poštovní známka složená jen z jaderné hmoty by měla hmotnost asi 5 milionů tun.

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

* Pokračování z čísel 4/1995/96, 1/1996/97, 2/1996/97, 3/1996/97, 4/1996/97, 1/1998

** v.votruba@volny.cz

A

SETRVAČNOST

sklenice, mince, papír
větší závaží, nit

Větší závaží upevníme na nit. Táhneme-li pomalu, podaří se nám je zvednout. Při prudkém trhnutí se nit přetrhne.

Větší závaží zavěsíme na nit. Přivážeme k němu vespod druhou nit. Trhneme-li prudce za dolní nit, přetrhne se. Táhneme-li za dolní nit pomalu, přetrhne se nit horní.

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

H

VAR

Proč se cibule připálí až za chvilku? (obsahuje značné množství vody)

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

E

VZDUCH JE HMOTNÝ

Dva nafukovací balonky přivážeme na špejli a vyvážíme na jiné špejli. Pak jeden balonek nafoukneme.

Stejně jde udělat i s plastovými láhvemi od limonády, ale jedna z nich musí mít v zátce ventilek a nafukujeme ji pumpičkou.

Nejedná se o měření hmotnosti. Pouze o důkaz toho, že je vzduch hmotný. Pro děti je velmi obtížné pochopit, že to, co nevidím, může mít nějakou hmotnost.

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

F

PLOVÁNÍ

Do dolního konce svíčky zaraz několik hřebíků tak, aby svíčka ve vodě plovala svisle a aby volná hladina vody dosahovala k hornímu okraji svíčky. Pak svíčku zapal a pozoruj.

Svíčka postupně hoří, zmenšuje se její hmotnost a to stačí, aby byla ponořena menší část svíčky. Svíčka se vynořuje...

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

A

SÍLA

Změřte siloměrem, jak velká síla je potřeba k přetržení vlasu.

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

H

TEPELNÉ PROUDĚNÍ

Proč musíme kaši při vaření míchat a polévku ne?
V polévce dochází k tepelné výměně prouděním. Tento děj je spojen se samovolným promícháváním.

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

H

VAR

Proč mléko vaříme ve vodní lázni?
Voda, a tím i mléko v nádobě, nedosáhne teploty vyšší než 100°C; mléko se pak nepřipálí.

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

H

TEPELNÁ ROZTAŽNOST

Nadzvukové letadlo Concorde se během letu prodlouží asi o 25 cm.

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

E

TLAK PLYNU V NÁDOBĚ

V hrdle láhve modelínou utěsníme nálevku a láhev jdeme naplnit vodou.
Při plnění láhve nemůže unikat vzduch, v láhvi je větší tlak a láhev nejde vodou naplnit.

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

B

MAGDEBURSKÉ POLOKOULE

(pokud není vývěva)

2 trochu navlhčené zvony na čištění odpadu, hladká deska

Zvony přitiskneme na hladkou desku z opačných stran. Při přitisknutí je vytlačena část vzduchu pod zvony a protože je pod nimi menší tlak než tlak atmosférický, drží dost pevně na desce.

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

E

ATMOSFÉRICKÝ TLAK

Do plastikové láhve, v jejímž víčku je ventilek z jízdního kola, dáme mírně nafouknutý nafukovací balonek. Láhev napumpujeme.

Pokud bude v láhvi větší tlak než v balonku, balonek splaskne a při vypouštění vzduchu z láhve se balonek opět nafoukne.

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

J

VODNÍ LUPA

Do neprůhledného kelímku dáme drobné předměty. Na vrch kelímku přivážeme celofán a na něj nalijeme trochu vody.

Celofán se vlivem tíhy vody prohne a voda vytvoří spojnou čočku o malé ohniskové vzdálenosti. Když jsou drobné předměty mezi touto čočkou a jejím ohniskem, vznikne zdánlivý, zvětšený a vzpřímený obraz.

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

F

ÚPLNÝ ODRAZ

Do vody dáme zkumavku, ve které je malý předmět (např. korálek). Předmět ve zkumavce není vidět a objeví se teprve při pomalém nalévání vody do zkumavky.

Při přechodu světla z jednoho prostředí do druhého dochází k úplnému odrazu a zkumavka vypadá jako naplněná rtutí.

Václav Votruba, ZŠ Palmovka, Praha 8

Výsledky FO 2000/2001 kategorií A, B, C, D v regionech

BRNO

kategorie A

1. Herman Jan	G Brno, tř. Kpt Jaroše	4.	Nezhybová	32,0
2. Stolař Rudolf	G Brno, tř. Kpt Jaroše	4.	Nezhybová	26,0
3. Trojek Jan	G Břeclav	4.	Lašek	23,0

kategorie B

1. Protivínský Tomáš	G Brno, tř. Kpt Jaroše	3.	Nezhybová	32,0
2. Stolař Rudolf	G Brno, tř. Kpt Jaroše	3.	Nezhybová	21,0
3. Hrdličková Markéta	G J. Wolkera Prostějov	3.	Procházková	15,0

kategorie C

1. Chvátal Lukáš	G Brno, Bystrc	sexta	Vondra	39,0
2. Dvořák Pavel	G Brno, tř. Kpt. Jaroše	2.	Veverka	37,5
3. Hladký Jan	G Brno, tř. Kpt. Jaroše	2.	Veverka	36,5
4. Vyšinka Marek	G Brno, Žižkova	sexta	Gabová	33,0
5. Kadeřávek Pavel	G Brno, Žižkova	2.	Trlicová	32,5

6. Zůda Jaroslav (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, Veverka, 31,5) **7.–9. Hasoň Martin** (Reálné G Prostějov, Studentská, Spisar, 31) **7.–9. Pavelka Antonín** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, Veverka, 31) **7.–9. Werl Milan** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, Veverka, 31) **10. Tůmová Jana** (G Brno, Křenová, Nahodil, 28,5) **11. Kloc Petr** (G Brno, Žižkova, Morbacher, 28) **12. Baše Ondřej** (G J. Wolkera Prostějov, Procházková, 27) **13. Zálešák Tomáš** (G Brno, Žižkova, Morbacher, 26) **14.–15. Riedingerová Eva** (G J. Wolkera Prostějov, Procházková, 25,5) **14.–15. Šimek Petr** (G Blansko, Hejlek, 25,5) **16. Havelka Miroslav** (G Zastávka, Máša, 24,5) **17. Jurková Ingrid** (G Mikulov, Němcová, 24) **18. Valeš Václav** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, Veverka, 22,5) **19. Klocová Jana** (G Brno, Žižkova, Morbacher, 22) **20. Novotný Jan** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, Kozubíková, 20) **21. Ošlejšková Eva** (G Brno, Žižkova, Morbacher, 19) **22. Řezáč Martin** (G J. Wolkera Prostějov, Procházková, 18) **23. Roth Filip** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, Veverka, 16,5) **24. Mareček Jakub** (G Brno, Vídeňská, Nešporová, 15,5) **25. Týč Matěj** (G Zastávka, Máša, 15)

kategorie D

1. Novotný Petr	G Brno, Vídeňská	kvinta	Bradáčová	33,0
2. Husák Marek	G Mikulov	kvinta	Kramářová	30,5
3.–4. Fabriková Jana	G Brno, tř. Kpt. Jaroše	1.	Nezhybová	30,0
3.–4. Navrátil Radim	G J. Wolkera Prostějov	1.	Halaš	30,0
4.–5. Křetínský Jan	G Brno, Žižkova	kvinta	Pokorná	28,0

6.–7. Hebelka Tomáš (G Brno, Vídeňská, kvinta, Bradáčová, 27,5) **6.–7. Michelfeit Jan** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 1., Nezhybová, 27,5) **8. Dražan Sven** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 1., Nezhybová, 27) **9. Šmerda Jan** (G Blansko, kvinta, Hejlek, 25) **10. Kala Vítězslav** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 1., Nezhybová, 24) **11. Vrbka Jan** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 1., Nezhybová, 22) **12. Stria Jan** (G Boskovice, kvinta, Šmétka, 20,5) **13.–16. Křivánek Jan** (G Brno, Vídeňská, kvinta, Bradáčová, 20) **13.–16. Novotný Jan** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 1., Nezhybová, 20) **13.–16. Prvák Milan** (G Zastávka, 1., Máša, 20) **13.–16. Sládek Roman** (G Brno, Žižkova, tercie, Kubena, 20) **17. Pavlovský Tomáš** (G Brno, Křenová, kvinta, Nahodil, 19,5) **18.–20. Kuchař Jan** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 1., Nezhybová, 19) **18.–20. Rusnáková Katarína**(G Zastávka, kvinta, Dojiva, 19) **18.–20. Šabatka Pavel** (G Brno, Křenová, kvinta, Nahodil, 19) **21. Pospíchal Tomáš** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 1. Nezhybová, 18,5) **22. až 25. Beneš Rostislav** (G Břeclav, kvinta, Baťková, 18) **22.–25. Kratochvíl Petr** (G Vyškov, 1., Hájek, 18) **22.–25. Rybář Martin** (G Blansko, kvinta, Rychnovská, 18) **22.–25. Škrob Vojtěch** (G Brno, Křenová, 1., Nahodil, 18) **26.–30. Galář Pavel** (G J. Wolkera Prostějov, kvinta, Šišková, 17) **26.–30. Hájek Milan** (G Boskovice, kvinta, Šmétka, 17) **26.–30. Lábr Karel** (G Brno, Křenová, kvinta, Nahodil, 17) **26.–30. Otřísalová Ivana** (G Hustopeče, kvinta, Kuncová, 17) **26.–30. Štěpánek Jiří** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 1., Nezhybová, 17) **31. Škrancová Michaela** (G Brno, Křenová, 1. Nahodil, 16) **32. Nováková Vendula** (G Bučovice, 1., Poláček, 13)

ČESKÉ BUDĚJOVICE

kategorie A

1. Lazar Ivo	G Prachatice	4.	Mgr. Augustin Křížek	27,0
2. Lusk Tomáš	G České Budějovice, Jírovcova	4.B	Mgr. Jiří Podpěra	25,0
3. Hanzal Jan	G Tábor	4.B	Mgr. Václav Voráček	22,0
4.–5. Tesař Jiří	G České Budějovice, Jírovcova	4.B	Mgr. Jiří Podpěra	21,0
4.–5. Houštěk Petr	G Pelhřimov	kvarta	RNDr. Josef Jírů	21,0

6.–8. Bísek Vojtěch (G České Budějovice, Jírovcova, 4.B, Mgr. Jiří Podpěra, 18) **6.–8. Krejza Tomáš** (G České Budějovice, Jírovcova, 4.B, Mgr. Jiří Podpěra, 18) **6.–8. Krichl Vít** (G České Budějovice, Jírovcova, 4.B, Mgr. Jiří Podpěra, 18) **9. Havelka Martin** (G Tábor, 4.C, RNDr. Dana Daňková, 16) **10. Václavík Jan** (G Strakonice, 4.A, Mgr. Lubomír Paleček, 14)

kategorie B

1. Pavel Koška	G Tábor	3.C	RNDr. Alena Šedivá	15,0
2. Martin Sigmund	G České Budějovice, Jírovcova	3.A	Mgr. Radek Trča	14,0

kategorie C

1. Profant Václav	G Strakonice	2.A	RNDr. Vojtěch Žíla	34,0
2.–4. Hořejší Jaromír	G České Budějovice, Jírovcova	2.A	Mgr. Jiří Podpěra	32,0
2.–4. Straka Milan	G Strakonice	2.B	RNDr. Vojtěch Žíla	32,0
2.–4. Vrtišková Helena	G Tábor	2.B	Mgr. Václav Voráček	32,0
5. Šedivý Ondřej	G České Budějovice, Jírovcova	sexta A	Mgr. Jiří Podpěra	30,0

6.–7. Machač Josef (G Tábor, kvinta, Mgr. Zdena Plechatová, 27) **6.–7. Bártík František** (G České Budějovice, Jírovcova, 2.A, Mgr. Jiří Podpěra, 27) **8. Kubas Pavel** (G V. Nováka Jindřichův Hradec, Mgr. Dagmar Kousalová, 25) **9.–12. Kratochvíl Daniel** (G České Budějovice, Jírovcova, sexta A, Mgr. Jiří Podpěra, 24) **9. až**

12. Horák Radek (G Týn nad Vltavou, sexta A, Dr. Jiří Brom, 24) **9.–12. Peclinovský Zdeněk** (G Tábor, 2.B, Mgr. Václav Voráček, 24) **9.–12. Šedivý Jan** (G Tábor, kvinta, Mgr. Zdena Plechatová, 24) **13. Papáček Michal** (G České Budějovice, Jírovcova, sexta A, Mgr. Jiří Podpěra, 22) **14. Smrčka Josef** (G V. Nováka Jindřichův Hradec, sexta A, Mgr. Dagmar Kousalová, 20) **15. Lachman Petr** (G a OA Kaplice, sexta A, Mgr. Radek Brůžek, 19) **16. Stano Dalimír** (G Český Krumlov, 2.B, 14)

kategorie D

1. Pilát Martin	G České Budějovice, Česká	kvinta A	Stanislava Šembe-rová	35,0
2.–3. Trnka Ondřej	G České Budějovice, Česká	kvinta A	Stanislava Šembe-rová	27,0
2.–3. Prašnička Ondřej	G České Budějovice, Jírovcova	kvinta B	Iveta Jirovská	27,0
4. Špuláková Eva	G Třeboň	kvarta	Ivana Čurdová	26,0
5. Hála Pavel	G Český Krumlov	kvinta	Šárka Adamcová	25,0

6. Malý Pavel (G Dačice, kvinta A, V. Mareček, 23) **7.–9. Kopecký Martin** (G Vimperk, kvinta G, Tomáš Daněk, 22) **7.–9. Boček Karel** (G České Budějovice, Jírovcova, 1.A, Jiří Podpěra, 22) **7.–9. Kupka Jan** (G Strakonice, 1.A, Vojtěch Žíla, 22) **10.–12. Janíček Miroslav** (G Tábor, 1.C, Václav Voráček, 18) **10.–12. Nováček Petr** (G České Budějovice, Jírovcova, kvinta B, Iveta Jirovská, 18) **10.–12. Krejčí Pavel** (G Strakonice, 1.A, Vojtěch Žíla, 18) **13. Hauzar David** (G Vimperk, kvinta G, Tomáš Daněk, 17) **14.–15. Horný Michal** (G Strakonice, 1.B, Jindřich Vaněček, 16) **14.–15. Hošková Barbora** (G České Budějovice, Jírovcova, kvinta B, Iveta Jirovská, 16) **16. Tipka Martin** (G J. V. Jirsíka České Budějovice, kvinta E, František Dřevikovský, 15) **17. Král Miroslav** (G Prachatice, kvinta, G. Křížek, 14)

HRADEC KRÁLOVÉ

kategorie A

1. Hejna Miroslav	G F. M. Pelcla Rychnov nad Kněžnou	Štěpánek	35,0
2. Pop Lukáš	G Dobruška	Veselá	30,0
3. Buršík Jan	Jiráskovo G Náchod	Brát	24,0
4. Horák Lukáš	G J. K. Tyla Hradec Králové	Šedivý	22,0
5. Benda Ladislav	G J. K. Tyla Hradec Králové	Šedivý	21,0

6.–7. Dobroucká Petra (G Moravská Třebová, Čechová, 19) **6.–7. Kolovratník David** (SPŠ strojnická Chrudim, Jílek, 19)

kategorie B

1. Klimeš Jiří	Jiráskovo G Náchod	Brát	22,0
2. Eliášek Jiří	G Trutnov	Janeček	19,0
3. Falta Jiří	G J. K. Tyla Hradec Králové	Ondráčková	15,0

kategorie C

1. Hrubý Vojtěch	G Nová Paka	Groh	40,0
2. Prachař Jan	G F. M. Pelcla Rychnov nad Kněžnou	Štěpánek	36,0
3. Pop Tomáš	G Pardubice	Kycl	31,0
4.–7. Němec Miroslav	SPŠ elektrotechnická Pardubice	Kvasničková	30,0
4.–7. Pošta Petr	G Pardubice	Svědirohová	30,0
4.–7. Týfa Jiří	G Trutnov	Janeček	30,0
4.–7. Ulvrová Martina	G Nová Paka	Groh	30,0

8. Bradáček Jan (G Trutnov, Janeček, 28) **9. Roučka Štěpán** (G Nová Paka, Groh, 26) **10. Chromíková Dana** (G Pardubice, Kycl, 23) **11.–12. Klusoň Jan** (G A. Jiráska Litomyšl, Fiala, 22) **11.–12. Kudyn Petr** (SPSE Pardubice, Zelená, 22) **13. Havel Jan** (G A. Jiráska Litomyšl, Fiala, 21) **14. Ent Petr** (G Ústí nad Orlicí, Hellmuthová, 20) **15. Kebrt Michal** (G Jilemnice, Jebavý, 19) **16.–18. Kopová Zuzana** (G Pardubice, Svědirohová, 18) **16.–18. Marek Martin** (G Ústí nad Orlicí, Hellmuthová, 18) **16.–18. Matoušová Hana** (G A. Jiráska Litomyšl, Fiala, 18) **19.–20. Bolečková Jana** (G Pardubice, Kycl, 16) **19.–20. Perný Jan** (G Nová Paka, Groh, 16)

kategorie D

1. Schindler Jan	G B. Němcové Hradec Králové	Šáda	39,0
2. Moláček Jan	G J. K. Tyla Hradec Králové	Kratochvíl	37,0
3. Ringel Matouš	G Broumov	Vodňanská	36,0
4.–6. Matějová Jana	SPŠ strojnická Chrudim	Jarešová	30,0
4.–6. Selecký Martin	G B. Němcové Hradec Králové	Šáda	30,0
4.–6. Špryňar Pavel	G B. Němcové Hradec Králové	Šáda	30,0

7. Hanousková Jitka (G Trutnov, Turek, 29) **8. Dvořáček Ondřej** (G K. V. Raise Hlinsko, Vojanec, 28) **9. až 11. Holeček Martin** (Jiráskovo G Náchod, Brát, 27) **9.–11. Pecho Ladislav** (G B. Němcové Hradec Králové, Vízková, 27) **9.–11. Rubeš Přemysl** (G Pardubice, Pochobradský, 27) **12.–15. Bečka Michal** (G Moravská Třebová, Čechová, 26) **12.–15. Kypta Tomáš** (G F. M. Pelcla Rychnov nad Kněžnou, Lukášek, 26) **12.–15. Šebesta Jiří** (Jiráskovo G Náchod, Brát, 26) **12.–15. Uxa Štěpán** (G Jilemnice, Erlebach, 26) **16.–17. Blažek Lukáš** (G J. Ressela Chrudim, Svačinková, 25) **16.–17. Machek Ivo** (G J. K Tyla Hradec Králové, Kratochvíl, 25) **18. až 19. Dvořák Petr** (G Pardubice, Svědirohová, 23) **18.–19. Jirásek Pavel** (G J. K. Tyla Hradec Králové, Kratochvíl, 23) **20.–22. Miroš Petr** (Jiráskovo G Náchod, Klemenc, 22) **20.–22. Pacinda Štefan** (G Pardubice, Svědirohová, 22) **20.–22. Štěrba Bohumír** (G K. V. Raise Hlinsko, Vojanec, 22) **23.–24. Jiran Lukáš** (G Jilemnice, Holec, 21) **23.–24. Kubeček Jakub** (Centrum OP Hronov, Štirand, 21) **25.–29. Jon Tomáš** (G B. Němcové Hradec Králové, Šáda, 20) **25.–29. Kubíček Ondřej** (G J. Ressela Chrudim, Svačinková, 20) **25.–29. Stach David** (G Úpice, Nývltová, 20) **25.–29. Suchánek Ondřej** (G Trutnov, Turek, 20) **25.–29. Štěpán Ondřej** (G Žamberk, Andrle, 20) **30.–33. Nýdrle Tomáš** (G Jilemnice, Holec, 19) **30.–33. Pechková Jana** (G Trutnov, Turek, 19) **30.–33. Sedláček Jiří** (G Pardubice, Svědirohová, 19) **30.–33. Tremčínská Irena** (Jiráskovo G Náchod, Klemenc, 19) **34.–35. Hunka Jiří** (SŠ aplik. kybernetiky Hradec Králové, Lang, 18) **34. až 35. Knapová Kristýna** (SPŠ Jičín, Zítka, 18) **36. Kašpárek Michal** (G Ústí nad Orlicí, Kristen, 17) **37. Vondráček Tobiáš** (G Ústí nad Orlicí, Kristen, 16) **38.–39. Foltýn Lukáš** (SPŠ strojnická Chrudim, Jarešová, 15) **38.–39. Urban Petr** (G K. V. Raise Hlinsko, Vojanec; 15)

JIHLAVA

kategorie A

1. Hajn Michal	G Jihlava	3.B	30,5
2. Nečesal Petr	G Moravské Budějovice	sexta C	29,0
3.–4. Krupička Radim	Biskupské G Žďár nad Sázavou	4.B	28,0
3.–4. Tykal Jaroslav	G Jihlava	4.C	28,0
5. Přikryl Leoš	G Jihlava	4.C	27,5

6. Urbánek Vít (G Jihlava, sexta, 23) **7. Janda Pavel** (G Telč, septima, 22) **8. Zámek Martin** (G Jihlava, A4, 15,5)

kategorie B

1. Hajn Michal	G Jihlava	3.B	33,0
2. Urbánek Vít	G Jihlava	sexta B	21,0

kategorie C

1. Lipovský Jiří	G Bystřice nad Pernštejnem	sexta	40,0
2. Havlena Martin	G Jihlava	2.B	28,0
3. Houštěk Petr	G Pelhřimov	kvarta	26,0
4.–5. Jančík Zdeněk	SPŠT Třebíč	EPA2	22,0
4.–5. Tatíček Marek	G Nové Město na Moravě	sexta A	22,0

6. Velc Radovan (G Jihlava, 2.A, 21) **7. Bartušek Martin** (G Jihlava, 2.B, 19) **8. Psota Jan** (G Žďár nad Sázavou, 2.A, 18) **9. Kubita Ivo** (G Znojmo, 2.D, 15)

kategorie D

1. Mlada Radek	G Pelhřimov	kvinta	30,0
2. Janák Josef	G Velké Meziříčí	kvinta A	27,0
3. Povalač Aleš	G Třebíč	1.B	26,0
4.–5. Mejzlík Vojtěch	G Ledeč nad Sázavou	1.A	24,0
4.–5. Veselý Karel	G Znojmo	1.D	24,0

6.–7. Semerád Jiří (G Humpolec, kvinta O, 23) **6.–7. Doležal Petr** (SPŠT Třebíč, TLY1, 23) **8.–9. Fikrle Michal** (G Pelhřimov, kvinta, 22) **8.–9. Janků Michal** (G Znojmo, 1.D, 22) **10.–12. Sommer Vladimír** (G Žďár nad Sázavou, 1.B, 21) **10.–12. Kocmánek Jakub** (G Třebíč, kvinta G, 21) **10.–12. Gregor Luděk** (G Nové Město na Moravě, 1.B, 21) **13.–14. Nikrmajer Přemysl** (G Jihlava, 1.B, 19) **13.–14. Hirsch Michal** (G Pelhřimov, 1.A, 19) **15.–16. Tichý Zdeněk** (G Pelhřimov, kvinta, 18) **15.–16. Běhounek Tomáš** (G Pelhřimov, 1.A, 18) **17.–18. Jakubcová Klára** (G Telč, kvinta C, 17) **17.–18. Mayerová Lenka** (Katolické G Třebíč, kvinta, 17) **19.–20. Pachta Václav** SPŠ Jihlava, PS1B, 16) **19.–20. Solař Pavel** (G Třebíč, kvinta G, 16) **21. Tišl Zdeněk** (G Jihlava, 1.A, 14)

LIBEREC

kategorie A

1. Macháň Radek	G F. X. Šaldy Liberec	21,0
2. Janeček Oldřich	G Jablonec, Dr. Randy	20,0

kategorie B

1. Rejman M.	G Jablonec, U Balvanu	15,0

kategorie C

1. Kučera Tomáš	G Liberec, Jeronýmova	28,0
2. Bajer Lukáš	G F. X. Šaldy Liberec	23,0
3. Bezucha	G Liberec, Jeronýmova	22,0

kategorie D

1. Svoboda Martin	G F. X. Šaldy Liberec	28,0
2. Pušman Jan	G Jablonec, Dr. Randy	27,0
3. Bočánek Michal	G Jablonec, Dr. Randy	22,0
4. Kolomazník Jan	G Turnov	20,0
5. Skrbek Matěj	G Jablonec, Dr. Randy	17,0

OLOMOUC

kategorie A

1. Požár Norbert	Městské osmileté G Bruntál	Radomír Matonoha	39,5
2. Švindrych Zdeněk	Městské osmileté G Bruntál	Radomír Matonoha	25,5
3. Šindler Jaroslav	G Lipník nad Bečvou	Jiří Procházka	22,0
4.–5. Odstrčil Václav	Městské osmileté G Bruntál	Radomír Matonoha	15,0
4.–5. Skalský Miloš	Masarykovo G Vsetín	Marie Koďousková	15,0

kategorie B

1. Schmoranzer David	G Olomouc-Hejčín	Iva Stránská	29,0
2. Kubánek Michal	G Jakuba Škody Přerov	Dagmar Kaštilová	19,0

kategorie C

1. Kyslinger Martin	G Šternberk	Karel Tesař	39,0

2. **Hampl Michal**	G Jakuba Škody Přerov	Dagmar Kaštilová	33,0
3. **Chromčíková Veronika**	G Jakuba Škody Přerov	Jaromír Fiurášek	31,0
4. **Shánël Ondřej**	G Vrbno pod Pradědem	Pavel Pytela	30,0
5. **Rypka Miroslav**	Slovanské G Olomouc	Josef Látal	26,0

6.–9. Hamal Petr (G Jakuba Škody Přerov, Dagmar Kaštilová, 22) **6.–9. Burkert Ondřej** (G Olomouc-Hejčín, Petr Ferenc, 22) **6.–9. Šatánek Jaromír** (G Zábřeh, Pavla Macháčková, 22) **6.–9. Strachota Michal** (G Zábřeh, Pavla Macháčková, 22) **10. Táborský Jan** (Slovanské G Olomouc, Josef Látal, 17) **11. Martinec Ctirad** (Slovanské G Olomouc, Josef Látal, 15) **12. Floder Jiří** (G Hranice, Dagmar Kolářová, 14)

kategorie D

1. **Hrudíková Jana**	G Jakuba Škody Přerov	Jaromír Fiurášek	35,0
2. **Vachutka Jaromír**	G Litovel	Josef Chytil	32,0
3. **Kubátová Helena**	G Olomouc-Hejčín	Monika Slintáková	27,0
4.–6. **Janda Petr**	G Vrbno pod Pradědem	Pavel Pytela	26,0
4.–6. **Lancová Hana**	Městské osmileté G Bruntál	Radomír Matonoha	26,0
4.–6. **Floder Jiří**	G Hranice	Dana Kubešová	26,0

7.–10. Bulín Martin (SPŠ Přerov, Eva Březinová, 25) **7.–10. Hynčica Josef** (G Hranice, Dana Kubešová, 25) **7.–10. Paloncý Pavel** (G Šumperk, Pavla Hudečková, 25) **7.–10. Tichá Veronika** (Slovanské G Olomouc, Milan Láska, 25) **11.–13. Dosoudilová Šárka** (G Šternberk, Michaela Weiserová, 24) **11.–13. Kohoutek Václav** (G Šternberk, Michaela Weiserová, 24) **11.–13. Puci Štefan** (G Olomouc-Hejčín, Dana Kaňáková, 24) **14. Chmelík Lukáš** (G Zábřeh, Pavla Macháčková, 23) **15.–16. Váňa Petr** (SPŠE Mohelnice, Jana Skopalová, 21) **15.–16. Zatloukal Petr** (G Jakuba Škody Přerov, Dagmar Kaštilová, 21) **17.–20. Hořínek Matěj** (Městské osmileté G Bruntál, Radomír Matonoha, 20) **17.–20. Macek Jakub** (G Olomouc-Hejčín, Ladislav Sedláček, 20) **17.–20. Sedláček Jiří** (Městské osmileté G Bruntál, Radomír Matonoha, 20) **17.–20. Trávníček Tomáš** (Slovanské G Olomouc, Jan Mikulka, 20) **21.–22. Pavelka Jan** (G Olomouc-Hejčín, Leopold Kilián, 19) **23. až 26. Berka Jan** (G Zábřeh, Pavla Macháčková, 18) **23.–26. Staněk Miroslav** (G Jeseník, Marie Matějovská, 18) **23.–26. Voldánová Anna** (G Hranice, Dagmar Kolářová, 18) **23.–26. Štencel David** (G Šternberk, Karel Tesař, 18) **27. Heřman Jan** (G Olomouc-Hejčín, Iva Stránská, 17) **28.–30. Švec Ondřej** (G Olomouc-Hejčín, Ladislav Sedláček, 16) **31.–32. Šimurdová Pavlína** (G Bruntál, Jarmila Lázníčková, 15) **33.–35. Dučevová Kateřina** (G Olomouc-Hejčín, Leopold Kilián, 14) **33.–35. Tomková Jitka** (Masarykovo G Vsetín, Vilemina Škodová, 14)

OSTRAVA

kategorie A

1. **Papřok Richard**	Matiční G Ostrava	septima B	Mgr. Stanislav Tichý	32,0
2. **Kreml Ondřej**	G M. Koperníka Bílovec	4.C	RNDr. Radmila Horáková	30,0
3. **Motl Martin**	G M. Koperníka Bílovec	4.D	RNDr. Radmila Horáková	27,0
4. **Cviček Václav**	G P. Bezruče Frýdek-Místek	4.A	Mgr. M. Maindová	25,0
5. **Žídek Karel**	Mendelovo G Opava	4.E	Mgr. E. Jedličková	23,0

6.–7. Braška Pavel (G M. Koperníka Bílovec, 4.D, RNDr. Radmila Horáková, 20) **6.–7. Holík Martin**

(G M. Koperníka Bílovec, 4.C, RNDr. Radmila Horáková, 20) **8.–9. Kubalec Jan** (G M. Koperníka Bílovec, 4.C, RNDr. Radmila Horáková, 19) **8.–9. Sikora Martin** (G M. Koperníka Bílovec, 4.C, RNDr. Radmila Horáková, 19) **10.–11. Vala Milan** (G M. Koperníka Bílovec, 4.D, RNDr. Radmila Horáková, 17) **10.–11. Zamazal David** (G M. Koperníka Bílovec, 4.D, RNDr. Radmila Horáková, 17) **12. Harazim David** (G M. Koperníka Bílovec, 4.C, RNDr. Radmila Horáková, 16) **13.–14. Jílek Mojmír** (G M. Koperníka Bílovec, 3.C, RNDr. Radmila Horáková, 15) **13.–14. Malohlava Michal** (G M. Koperníka Bílovec, 4.D, RNDr. Radmila Horáková, 15) **15. Hudec Patrik** (G M. Koperníka Bílovec, 4.C, RNDr. Radmila Horáková, 14)

kategorie B

1. Cviček Václav	G Petra Bezruče Frýdek-Místek	kvarta A	Mgr. M. Maindová	28,0

kategorie C

1. Schmidt Marek	G Karviná	sexta B	Mgr. S. Divišová	37,0
2. Tic Tomáš	G Ostrava-Poruba, Čs. exilu	2.D	Mgr. J. Kučová	34,0
3. Ludvík Pavel	G Bílovec	2.C	Mgr. A. Münstrová	31,0
4. Klimánek Oldřich	Soukromé osmileté G Frýdek-Místek	2.A	Mgr. M. Tileček	28,0
5.–6. Jež Pavel	G Petra Bezruče Frýdek-Místek	kvarta B	Mgr. B. Šmiřák	27,0
5.–6. Tůma Karel	Matiční G Ostrava	sexta A	Mgr. S. Tichý	27,0

7. Galaczová Barbora (G Třinec, kvarta B, Ing. Ivo Kantor, 25) **8. Kožiak Jaromír** (Mendelovo G Opava, 2.F, Mgr. E. Jedličková, 23) **9. Kozelková Hana** (Mendelovo G Opava, 2.E, 22) **10. Šajtar Miroslav** (G Karviná, sexta B, 21) **11.–12. Krásný Michael** (Mendelovo G Opava, kvarta B, 20) **11.–12. Moravec Tomáš** (G Krnov, 2.B, 20) **13.–15. Kupka David** (G Český Těšín, Frýdecká, sexta, 19) **13.–15. Kusák Radim** (G a SOŠ Frýdek-Místek, T. G. Masaryka, 2.B, 19) **13.–15. Szücs Petr** (G Karviná, 2.B, 19) **16. Tichá Marie** (Mendelovo G Opava, 2.E, 18) **17.–18. Josiek Vladislav** (G M. Koperníka Bílovec, 2.C, 17) **17.–18. Šlahorek Jakub** (G Frenštát pod Radhoštěm, sexta A, 17) **19. Toman Adrian** (G M. Koperníka Bílovec, 2.C, 16) **20. Sochora Tomáš** (G P. Bezruče Frýdek-Místek, kvarta A, 15) **21. Monincová Lenka** (Mendelovo G Opava, 2.F, 14)

kategorie D

1. Menšík Martin	Matiční G Ostrava	1.A	Mgr. Zdeněk Holuša	36,0
2. Glatz Ondřej	G Bílovec	1.C	Mgr. Josef Fojtů	29,0
3. Endel Petr	Matiční G Ostrava	kvinta	Mgr. Zdeněk Holuša	28,0
4. Židek Stanislav	G Příbor	kvinta	Mgr. P. Kerekeš	27,0
5.–6. Búry Jan	G Krnov	1.B	Mgr. S. Pagáčová	26,0
5.–6. Májek Ondřej	G Bílovec	1.C	Mgr. J. Fojtů	26,0

7.–8. Gavenčák Tomáš (G Bílovec, 1.C, Mgr. J. Fojtů, 25) **7.–8. Skubanič Vojtěch** (G Bílovec, 1.C, Mgr. J. Fojtů, 25) **9.–10. Honus Lumír** (SPŠ Ostrava, Kratochvílova, 1.B, 24) **9.–10. Křivonožka Jan** (G Bílovec, 1.C, 24) **11.–14. Dvořák Jiří** (SPŠ Karviná, Žižkova, 1.E, 22) **11.–14. Glajcar Radek** (G Český Těšín, Frýdecká, kvinta, 22) **11.–14. Králová Zuzana** (G 0strava-Hrabůvka, Fr. Hajdy, kvinta B, 22) **11.–14. Oždian Tomáš** (SPŠCh Ostrava, 1.B, 22) **15.–16. Babinec Tomáš** (G Frenštát pod Radhoštěm, kvinta A, 21) **15.** až

16. **Horák Šimon** (G Český Těšín, Frýdecká, 1.A, 21) **17.–22. Gráfová Lucie** (G Ostrava-Hrabůvka, Fr. Hajdy, kvinta B, 20) **17.–22. Havel Aleš** (G Frenštát pod Radhoštěm, kvinta A, 20) **17.–22. Jakůbková Blanka** (G Nový Jičín, 1.D, 20) **17.–22. Jugová Veronika** (G Ostrava-Poruba, O. Havlové, kvinta B, 20) **17.–22. Toman Josef** (G Bílovec, 1.C, 20) **17.–22. Vrba Milan** (G Příbor, 1.A, 20) **23.–25. Kuběna Petr** (Matiční G Ostrava, kvinta, 19) **23.–25. Píšová Milada** (G Orlová-Lutyně, kvinta A, 19) **23.–25. Surá Lucie** (Soukromé G Frýdek-Místek, kvinta A, 19) **26. Suchánkové Hana** (Mendelovo G Opava, 1.C, 18) **27.–29. Jaroš Václav** (G Bílovec, 1.C, 17) **27.–29. Kocián Jiří** (G Hlučín, 1.A, 17) **27.–29. Satka Tomáš** (G Vítkov, kvinta, 17) **30.–34. Bernátek Martin** (G Krnov, kvinta, 16) **30.–34. Kondziolka Jan** (SPŠ Karviná, Žižkova, 1.E, 16) **30.–34. Kozelská Petra** (Soukromé G Frýdek-Místek, kvinta A, 16) **30.–34. Kubič Martin** (G Havířov, Studentská, kvinta, 16) **30.–34. Piskoř Daniel** (G P. Bezruče, Frýdek-Místek, tercie B, 16) **35.–36. Hanzlik Tomáš** (Mendelovo G Opava, 1.C, 15) **35.–36. Kotaba Jiří** (G Orlová-Lutyně, kvinta A, 15) **37.–38. Schneider Martin** (G Příbor, kvinta, 14) **37. až 38. Šuta Karel** (SPŠ Ostrava, Kratochvílova, 1.D, 14)

PLZEŇ

kategorie A

1. Setvín Martin	G Plzeň, Mikulášské nám.	septima A	Mgr. Zdeněk Koňařík	38,0
2. Matas Petr	G J. Vrchlického Klatovy	septima B	Hana Havlíčková, Josef Veselý	37,0
3. Chalupský Jaromír	G Sušice	septima A	Petr Mazanec, J. Vichr	31,0
4. Suchý Ondřej	G Plzeň, Mikulášské nám.	septima A	Mgr. Zdeněk Koňařík	28,0
5.–6. Bareš Michal	G Plzeň, Mikulášské nám.	sexta A	Mgr. Zdeněk Koňařík	27,0
5.–6. Klesa Jan	G Plzeň, Mikulášské nám.	4.A	Vladislav Kvapil	27,0

7. Kříšťan Josef (G Plzeň, Mikulášské nám., septima A, Mgr. Zdeněk Koňařík, 24) **8.–9. Tomšík Libor** (SPŠE Plzeň, 4.F, RNDr. Karel Matásek, 21) **8.–9. Klimčuk Tomáš** (G Sokolov, 4.D, Mgr. Marcela Chlupová, 21) **10. Kubař Miloslav** (G J. Š. Baara Domažlice, 4.B, Jiří Fajt, 19) **11.–12. Kučera Martin** (SPŠE Plzeň, 4.F, RNDr. Karel Matásek, 18) **11.–12. Hrba Martin** (G Sušice, septima A, Petr Mazanec, J. Vichr, 18) **13. Křeček Pavel** (G Plzeň, Mikulášské nám., septima A, Mgr. Zdeněk Koňařík, 16) **14.–15. Skála Jiří** (G Plzeň, Mikulášské nám., septima A, Mgr. Zdeněk Koňařík, 15) **14.–15. Fajt Lukáš** (G J. Š. Baara Domažlice, septima A, Blanka Žákavcová, 15)

kategorie B

1. Ajgl Vladimír	G Plzeň, Mikulášské nám.	3.A	Vladislav Kvapil	28,0
2. Bareš Michal	G Plzeň, Mikulášské nám.	sexta A	Mgr. Zdeněk Koňařík	24,0
3. Pavlíček Libor	G L. Pika Plzeň	septima L	Dr. Josef Kepka	15,5

kategorie C

1.–2. Mládek Josef	G Plzeň, Mikulášské nám.	sexta A	Mgr. Zdeněk Koňařík	40,0
1.–2. Varvařovský Václav	G Plzeň, Mikulášské nám.	sexta A	Mgr. Zdeněk Koňařík	40,0
3. Matásek Luboš	G Plzeň, Mikulášské nám.	sexta A	Mgr. Zdeněk Koňařík	39,0
4. Mareček David	G Plzeň, Mikulášské nám.	sexta A	Mgr. Zdeněk Koňařík	38,0
5. Smitková Martina	G Plzeň, Mikulášské nám.	2.A	Mgr. Jan Hosnedl	36,0

6.–7. Svoboda Jaroslav (G Plzeň, Mikulášské nám., sexta A, Mgr. Zdeněk Koňařík, 34) **6.–7. Ajgl Jiří** (G Plzeň, Mikulášské nám., sexta A, Mgr. Zdeněk Koňařík, 34) **8.–10. Kozák Tomáš** (G J. Vrchlického Klatovy, sexta B, Miroslav Panoš, 32) **8.–10. Kreuzová Šárka** (G Plzeň, Mikulášské nám., sexta A, Mgr. Zdeněk Koňařík, 32) **8.–10. Reitspies Jiří** (G Plzeň, Mikulášské nám., sexta A, Mgr. Zdeněk Koňařík, 32) **11. Nejdl Jaroslav** (G J. Vrchlického Klatovy, sexta A, Hana Havlíčková, 30) **12.–13. Nguyen quang Huy** (SPŠE Plzeň, 2.B, RNDr. Karel Matásek, 27) **12.–13. Malý Lukáš** (G Sokolov, 2.D, Mgr. Jiří Bouška, 27) **14. Klesa Pavel** (G Plzeň, Mikulášské nám., 2.A, Mgr. Jan Hosnedl, 25) **15. Hosnedl Josef** (G J. Vrchlického Klatovy, sexta B, Miroslav Panoš, 24) **16.–18. Salášek Martin** (G L. Pika Plzeň, sexta L, Mgr. Ivana Sirotková, 23) **16.–18. Kosová Martina** (G Blovice, sexta, Miroslav Čadek, 23) **16.–18. Vostracká Barbora** (G Plzeň, Mikulášské nám., sexta A, Mgr. Zdeněk Koňařík, 23) **19.–20. Dvořáková Gabriela** (G L. Pika Plzeň, 2.A, Dr. Josef Kepka, 18) **19. až 20. Jílek Martin**, (G J. Š. Baara Domažlice, 2. Marie Fajtová, 18) **21. Baumruk Martin** (G L. Pika Plzeň, sexta L, Mgr. Ivana Sirotková, 15,5) **22.. Vítovec Jiří** (G Sušice, sexta A, Petr Mazanec, 15)

kategorie D

1.–3. Moulis František	G Plzeň, Mikulášské nám.	1.A	Mgr. Petr Zrostlík	30,0
1.–3. Naarová Tereza	G Plzeň, Mikulášské nám.	1.A	Mgr. Petr Zrostlík	30,0
1.–3. Kohout Jiří	G Plzeň, Mikulášské nám.	kvinta A	Mgr. Jan Hosnedl	30,0
4. Barták Petr	G Plzeň, Mikulášské nám.	kvinta A	Mgr. Jan Hosnedl	29,0
5. Plánička Stanislav	G J. Vrchlického Klatovy	kvinta C	Josef Veselý	28,0

6.–7. Nová Alena (G Plzeň, Mikulášské nám., kvinta A, Mgr. Jan Hosnedl, 27) **6.–7. Fischer Josef** (SPŠE Plzeň, 1.C, Markéta Lorenzová, 27) **8. Jenýš Pavel** (G Plzeň, Mikulášské nám., kvinta C, Eva Voráčková, 26) **9. až 12. Dohnal Petr** (G Sokolov, kvarta A, RNDr. Hana Veselá, 25) **9.–12. Man Miroslav** (G Sušice, kvinta B, Petr Mazanec, 25) **9.–12. Flajtingrová Petra** (Masarykovo G Plzeň, kvinta C, Václav Soukup, 25) **9. až 12. Klemsa Tomáš** (Masarykovo G Plzeň, kvinta C, Václav Soukup, 25) **13.–14. Havránek Petr** (G Plzeň, Mikulášské nám., kvinta A, Mgr. Jan Hosnedl, 24) **13.–14. Loose Zdeněk** (SPŠE Plzeň, 1.F, RNDr. Karel Matásek, 24) **15. Hůdová Lada** (G Sušice, kvinta B, Petr Mazanec, 22) **16.–18. Bartošek Jan** (G Plzeň, Mikulášské nám., kvinta A, Mgr. Jan Hosnedl, 21) **16.–18. Zíka Daniel** (Svobodná chebská škola, kvinta, Ing. Jindřich Papež, 21) **16.–18. Voříšková Jana** (G Blovice, kvinta, Vladimír Pavel, 21) **19. Bek Jindřich** (G Plzeň, Mikulášské nám., kvinta C, Eva Voráčková, 20) **20. Hajšman Daniel** (G Blovice, kvinta, Vladimír Pavel, 19,5) **21. Brašna Jan** (G Plzeň, Mikulášské nám., kvinta A, Mgr. Jan Hosnedl, 18) **22.–23. Bártík Tomáš** (G Blovice, kvinta, Vladimír Pavel, 15) **22.–23. Fartáková Zdeňka** (G Sušice, kvinta B, Petr Mazanec, 15) **24. Majorszký Jan** (G Plzeň, Mikulášské nám., 1.A, Mgr. Petr Zrostlík, 14)

PRAHA

kategorie A

1. **Beránek Martin**	G Praha 4, Ohradní	septima	Jireš	39,5
2. **Kapitán Jan**	G J. Keplera Praha 6, Parléřova	4.A	Dr. Kapoun	37,0
3. **Pipek Jan**	G J. Keplera Praha 6, Parléřova	oktáva A	Dr. Kapoun	34,0
4. **Kratochvíl Jan**	SPŠ sdělovací techniky Praha 1, Panská	4.K	Mgr. Reichl	31,5
5. **Němec František**	G Ch. Dopplera Praha 5, Zborovská	4.C	Doc. Kluiber	30,0

6.–8. **Pacák Jan** (G Ch. Dopplera Praha 5, Zborovská, 3.C, Doc. Chvosta, 25,5) 6.–8. **Konečný Jan** (G Ch. Dopplera Praha 5, Zborovská, 4.C, Doc. Kluiber, 22,5) 6.–8. **Preclíková Jana** (G J. Keplera Praha 6, Parléřova, oktáva A, Dr. Kapoun, 22,5) 9. **Bilak Jan** (SPŠ sdělovací techniky Praha 1, Panská, 4.K, Mgr. Reichl, 22) 10.–11. **Havrdová Lenka** (G Praha 4, Písnická, septima, Mgr. Bímová, 20,5) 10.–11. **Nevařil Lubomír** (G Praha 2, Botičská, sexta B, Mgr. Vítečková, 20,5) 12. **Cibulka Michal** (Akademické G Praha 1, Štěpánská, 4.B, Mgr. Srp, 20) 13. **Doubek Jiří** (G Praha 6, Arabská, 4.G, Mgr. Jupa, 18,5) 14. **Přeček Martin** (G Praha 8, U Libeňského zámku, 4.E, Mgr. Medlín, 16,5) 15.–16. **Čermák Jan** (G J. Keplera Praha 6, Parléřova, 4.B, Dr. Kapoun, 15) 15.–16. **Řípa Jakub** (SPŠ sdělovací techniky Praha 1, Panská, 4.L, Ing. Malát, 15) 17. **Kořínková Markéta** (G J. Keplera Praha 6, Parléřova, 4.A, Dr. Kapoun, 14)

kategorie B

1. **Cibulka Josef**	Akademické G Praha 1, Štěpánská	3.B	Dr. Míček	31,0
2. **Klimeš Marin**	G Praha 2, Botičská	3.A	Sudzinová	20,5
3. **Strachota Pavel**	G Praha 9, Litoměřická	kvinta B	Ing. Bartošic	19,0
4. **Andrlík Vít**	G Praha 6, Arabská	3.D	Mgr. Veselá	17,5
5. **Čejka Zdeněk**	G Praha 8, U Libeňského zámku	3.E	Mgr. Medlín	15,0

kategorie C

1. **Kazda Alexandr**	G Praha 6, Nad Alejí	kvinta A	Dr. Töpferová	38,0
2. **Matyska Vojtěch**	G Ch. Dopplera Praha 5, Zborovská	sexta M	Kořínek	35,0
3. **Trnka Jaroslav**	G Praha 3, Na Pražačce	2. B	Fraňková	34,0
4. **Turek Lukáš**	G Ch. Dopplera Praha 5, Zborovská	2.C	Kořínek	30,0
5. **Ivanková Kristýna**	G Praha 2, Botičská	kvarta A	Balatková	29,0

6. **Kadlec Jan** (G Ch. Dopplera Praha 5, Zborovská, 2.C, Kořínek, 27,5) 7. **Veselý Martin** (SPŠE Praha 2, Ječná, P2c, Dr. Rašek, 27) 8. **Mertl Jakub** (G Praha 2, Botičská, kvarta B, Vítečková, 25) 9. **Cigler Luděk** (G Praha 10, Voděradská, sexta A, Procházková, 22,5) 10. **Vích Jan** (G Praha 9, Chodovická, sexta A,

Dr. Pacáková, 21) **11. Hudeček Jan** (G Praha 10, Voděradská, sexta B, Zýková, 19,5) **12. Honěk Jakub** (G Praha 2, Botičská, kvarta B, Vítečková, 18)

kategorie D

1. Pastrňák Martin	SPŠ sdělovací techniky Praha 1, Panská	1.M	Mgr. Reichl	36,5
2. Růžek Michal	Arcibiskupské G Praha 2, Korunní	kvinta B	Mgr. Kotlík	36,0
3. Potoček Václav	SPŠ sdělovací techniky Praha 1, Panská	1.M	Mgr. Reichl	35,0
4. Dušek Ondřej	G Praha 6, Nad Alejí	kvinta A	Dr. Töpferová	32,0
5. Janiš Ondřej	Arcibiskupské G Praha 2, Korunní	kvinta A	Mgr. Kotlík	30,0

6. Scholtz Jakub (G Praha 10, Omská, kvinta B, Vondrák, 29,5) **7. Pokorný Pavel** (G J. Keplera Praha 6, Parléřova, 1.A, Dr. Kapoun, 29) **8. Římal Václav** (G J. Keplera Praha 6, Parléřova, 1.A, Dr. Kapoun, 28,5) **9. Svoboda Petr** (SPŠE Praha 10, V Úžlabině, A1, Kalvodová, 27) **10. Lenz Jan** (G Praha 9, Chodovická, kvinta A, Dr. Pacáková, 26) **11.–12. Křesala Vojtěch** (G J. Keplera Praha 6, Parléřova, kvinta B, Kopecký, 25,5) **11. až 12. Vycpálek Petr** (G Praha 10, Omská, kvinta B, Vondrák, 25,5) **13. Sýkora Petr** (G Ch. Dopplera Praha 5, Zborovská, kvarta M, Kořínek, 24,5) **14.–15. Kapras Vojtěch** (G Ch. Dopplera Praha 5, Zborovská, 1.C, Doc. Obdržálek, 24) **14.–15. Mandelíček Jakub** (G Praha 9, Chodovická, kvinta A, Dr. Pacáková, 24) **16. až 19. Celerýn Jakub** (G Praha 9, Špitálská, kvinta B, Dr. Gottwald, 23) **16.–19. Háček Pavel** (Arcibiskupské G Praha 2, Korunní, kvinta B, Mgr. Kotlík, 23) **16.–19. Mazáček David** (G Ch. Dopplera Praha 5, Zborovská, kvinta M, Doc. Chvosta, 23) **16.–19. Zíma Vlastimil** (G Praha 6, Arabská, 1.D, Mgr. Jupa, 23) **20.–21. Havlásek Petr** (G Praha 6, Nad Alejí, kvinta A, Dr. Töpferová, 22,5) **20.–21. Staněk Jan** (G Praha 4, Konstantinova, kvinta G, Ničová, 22,5) **22.–24. Daniel Pavel** (G Ch. Dopplera Praha 5, Zborovská, 1.C, Doc. Obdržálek, 21) **22.–24. Lang Filip** (SPŠ Praha 10, Na Třebešíně, 1.B, Hladká, 21) **22.–24. Procházka Jiří** (G Praha 4, Konstantinova, kvinta H, Ničová, 21) **25. Fiala Ondřej** (G Praha 4, Konstantinova, kvinta G, Ničová, 20,5) **26. Doškářová Pavla** (G Praha 9, Špitálská, kvinta B, Dr. Gottwald, 20) **27. Půbal Ondřej** (G Praha 9, Chodovická, kvinta B, Dr. Pacáková, 19,5) **28.–29. Balaš Daniel** (G Praha 6, Arabská, 1.E, Dr. Halenková, 19) **28. až 29. Cigler Jiří** (G Praha 10, Voděradská, 1.B, Zýková, 19) **30.–31. Komárek František** (G Praha 9, Chodovická, kvinta A, Dr. Pacáková, 18) **30.–31. Svačina Petr** (Arcibiskupské G Praha 2, Korunní, kvinta B, Mgr. Kotlík, 18) **32. Kukačka Jiří** (G Praha 4, Postupická, tercieA, Hurtlová, 17,5) **33. Vrba Jan** (G Praha 6, Arabská, 1.D, Mgr. Jupa, 16,5) **34. Ornová Darina** (G Praha 2, Botičská, 1.C, Šmejkalová, 16) **35.–36. Škoda Petr** (G Praha 8, Ústavní, kvinta B, Ing. Kolín, 15) **35.–36. Tichý Jakub** (G Praha 6, Arabská, 1.D, Mgr. Jupa, 15) **37. Hudeček Ondřej** (G Praha 9, Špitálská, kvinta B, Dr. Gottwald, 14,5)

STŘEDNÍ ČECHY

kategorie A

1. Čížek Pavel	Gymnázium Kralupy	40,0
2. Kunc Jan	Gymnázium Kolín	26,0
3. Vališ Pavel	Gymnázium Kralupy	24,5
4. Kožar Jan	Gymnázium Kladno	20,5
5. Fuka Vladimír	Gymnázium Rakovník	20,0

6. Svoboda Jiří (G dr. J. Pekaře Mladá Boleslav, 19) **7. Václavek Ladislav** (G dr. J. Pekaře Mladá Boleslav, 15,5)

kategorie B

1. **Doubek Martin**	G Kladno, nám. E. Beneše	20,0
2. **Hanzák Tomáš**	G Kladno, nám. E. Beneše	15,0

kategorie C

1. **Brom Pavel**	G dr. J. Pekaře Mladá Boleslav	40,0
2. **Čížek Pavel**	G Kralupy	37,0
3. **Picková Radka**	G dr. J. Pekaře Mladá Boleslav	34,0
4. **Paleček Jiří**	G Kladno	32,0
5. **Žohová Ivana**	G Kutná Hora	30,0

6. **Scheirich Daniel** (G Kladno, 27) **7.–8. Hochman Jiří** (G Kladno, 23) **7.–8. Pavlík Jaroslav** (G Poděbrady, 23) **9. Kruliš Martin** (G Kolín, 22) **10.–11. Bureš Jan** (G Čáslav, 21) **10.–11. Motl Michal** (G Benešov, 21) **12.–13. Eržiak Ján** (G Slaný, 20) **12.–13. Procházka Petr** (G Čáslav, 20) **14. Hyldebrant Jiří** (G Vlašim, 19) **15.–16. Burešová Jana** (G Kladno Sítná, 18) **15.–16. Urbář Jaroslav** (G Kladno, 18) **17.–19. Kraček Jan** (G Kladno Sítná, 17) **17.–19. Peroutková Marie** (G Kutná Hora, 17) **17.–19. Scheirich Jan** (G Kladno, 17)

kategorie D

1.–2. **Kazík Ondřej**	G dr. J. Pekaře Mladá Boleslav	29,0
1.–2. **Haltuf Michal**	G Kolín	29,0
3. **Kotera Jan**	G Kralupy	27,0
4. **Patáková Eva**	G Dobříš	25,0
5. **Bílý Petr**	G Slaný	23,0

6.–8. Řezáčová Barbora (G Beroun, 22,5) **6.–8. Kučerová Lucie** (G Hořovice, 22,5) **6.–8. Havlín Jaroslav** (G Sedlčany, 22,5) **9.–11. Vilhelm Jakub** (G Beroun, 22) **9.–11. Milčák Jan** (G Čáslav, 22) **9.–11. Procházka Jan** (G dr. J. Pekaře Mladá Boleslav, 22) **12.–16. Olmrová Vanda** (G Benešov, 21) **12.–16. Čermáková Soňa** (G Hořovice, 21) **12.–16. Kadlec Martin** (G Poděbrady, 21) **12.–16. Muller Petr** (G Sedlčany, 21) **12. až 16. Peška Ladislav** (G Slaný, 21) **17.–18. Burian Lukáš** (G Kladno, 20) **17.–18. Kačenka Michal** (G Slaný, 20) **19.–20. Frantes Miroslav** (G Benešov, 19,5) **19.–20. Richter Michal** (G Čáslav, 19,5) **21.–23. Tučková Zuzana** (G Beroun, 18) **21.–23. Fanta Ondřej** (G Benešov, 18) **21.–23. Kozák Martin** (G Český Brod, 18) **24.–25. Wimmerová Johana** (G Beroun, 17) **24.–25. Marx Antonín** (G Beroun, 17) **26. Vališ Jan** (G Kralupy, 16,5) **27. Gergelits Vojtěch** (G Benešov, 16) **28.–29. Hlavačková Pavlína** (G Hořovice, 15,5) **28.–29. Ručka Tomáš** (G Kladno, 15,5) **30.–31. Vinárek Jiří** (G dr. J. Pekaře Mladá Boleslav, 15) **30.–31. Hájek Martin** (SPŠ KH, 15) **32. Kmoníčková Vendula** (G Čelákovice, 14,5) **33. Mindžak Petr** (G Sedlčany, 14)

ÚSTÍ NAD LABEM

kategorie A

1. **Chrs Martin**	G Litvínov	22,0
2. **Christovová Anežka**	G Litoměřice	21,0
3.–4. **Menčík Vlastimil**	G Děčín	18,0
3.–4. **Vinš Miroslav**	G Litoměřice	18,0
5. **Šulc Miroslav**	G Ústí nad Labem, Stavbařů	15,0

kategorie B

1. **Hammer Jiří**	G Litoměřice	14,0

kategorie C

1. **Šípal Vít**	G Ústí nad Labem, Jateční	36,0
2. **Novák Alexander**	G Lovosice	34,0
3. **Kozelek Tomáš**	G Kadaň	28,0
4.–5. **Kolařík Jan**	G Děčín	22,0
4.–5. **Kulič Luboš**	G Teplice	22,0

6. **Špringl Petr** (G Litoměřice, 21) 7. **Hanuš Josef** (G Děčín, 19) 8. **Honzl Ondřej** (G Podbořany, 16) 9. **Šindelářová Jana** (G Kadaň, 14)

kategorie D

1. **Barbořík Jakub**	G Teplice	Kuboňová	29,0
2.–3. **Plaštiak Martin**	G Chomutov	Civínová	25,0
2.–3. **Veselý Jan**	G Teplice	Kuboňová	25,0
4. **Řehoř Miroslav**	G Teplice	Vácha Zdeněk	23,0
5.–6. **Rostislav Petr**	G Teplice	Vácha Zdeněk	22,0
5.–6. **Rut Lukáš**	G Kadaň	Koritina Petr	22,0

7. **Kašprák Radek** (G Litvínov, Šípek Bohumír, 21) 8. **Frieser Bedřich** (SPŠ Ústí nad Labem, Janda Josef, 20,5) 9.–12. **Bušek Jaroslav** (G Rumburk, Laubrová Lenka, 20) 9.–12. **Kasl Michal** (G Kadaň, Bejčková Alena, 20) 9.–12. **Pufler Jaromír** (G Teplice, Vácha Zdeněk, 20) 9.–12. **Vácha Jan** (G Teplice, Vácha Zdeněk, 20) 13. **Pokorný Pavel** (G Ústí nad Labem, Stavbařů, Ternbach Zdenko, 18) 14. **Matějka Milan** (SPŠS Děčín, Denkstein Tomáš, 17) 16. **Lorencová Jana** (G Litoměřice, Vojtíšková Olga, 15,5)

ZLÍN

kategorie A

1. **Plachý Jiří**	G Uherské Hradiště	29,0
2 **Vitovjak Radek**	SPŠ Zlín	26,0
3. **Alster Jan**	G Holešov	19,0

kategorie B

žádný úspěšný řešitel

kategorie C

1. **Zavrtálková Lenka**	G Kyjov	37,0
2. **Siegl Petr**	G Uherský Brod	34,0
3.–4. **Zavrtálek Jan**	SPŠ Zlín	28,0

3.–4. Michna Viktor	SPŠ Uherské Hradiště	28,0
5. Kunčara Ondřej	G Kroměříž	27,0

6. Čechal Tomáš (G Kyjov, 26) **7. Panáček Martin** (SPŠ Zlín, 23) **8. Jančík Pavel** (G Kroměříž, 22) **9. Súkupová Lucie** (G Hodonín, 21) **10. Sedlář Radek** (G Kyjov, 20) **11.–14. Mančík Štěpán** (G Uherský Brod, 18) **11.–14. Krejčiřík Radek** (G Uherské Hradiště, 18) **11.–14. Stašek Petr** (G Uherské Hradiště, 18) **11.–14. Šos Ondřej** (G Zlín, Lesní čtvrť, 18) **15. Kadlček Tomáš** (G Uherský Brod, 17)

kategorie D

1. Olšina Jan	G Kroměříž	30,0
2. Pečeňa Milan	G Zlín, Lesní čtvrť	29,0
3. Krejčiřík Vojtěch	G Kroměříž	28,0
4. Kosík Adam	G Uherské Hradiště	27,0
5.–6. Dungl Martin	G Kroměříž	26,0
5.–6. Bednařík Kamil	G Uherské Hradiště	26,0

7.–8. Stratil Michal (G Uherský Brod, 23) **7.–8. Strmisková Lucie** (G Kyjov, 23) **9.–10. Krejčí Michal** (G Uherský Brod, 22) **9.–10. Horáček Martin** (G Zlín, Lesní čtvrť, 22) **11.–12. Mizera Jiří** (SPŠ Zlín, 20) **11. až 12. Koželа Adam** (G Zlín, Lesní čtvrť, 20) **13. Vícha Jan** (G Uherský Brod, 19) **14.–15. Hrabal Jan** (SPŠ Zlín, 18) **14.–15. Sigmund Stanislav** (G Kroměříž, 18) **16. Menšík Martin** (G Zlín, Lesní čtvrť, 14)

Termínovník 43. ročníku fyzikální olympiády 2001/2002

I. kolo v kategorii A	do 7. 1. 2002	RVFO, referenti
II. kolo v kategorii A	pátek 18. 1. 2002	Předsedové RVFO
Zpráva o výsledku regionálního kola	do 1. 2. 2002	Předsedové RVFO
III. kolo v kategorii A	21.–24. 3. 2002	ÚVFO
I. kolo v kategoriích B–D	do 5. 4. 2002	RVFO, referenti
II. kolo v kategoriích B–D	pátek 26. 4. 2002	RVFO
Výsledky kategorie B pro soustředění	3. 5. 2002	Předsedové RVFO
Celostátní soustředění kategorie B	8. 6.–22. 6. 2002	ÚVFO
Soustředění před MFO I.	9. 6.–22. 6. 2002	ÚVFO
Korespondenční seminář I.	září 2001–březen 2002	ÚVFO
Korespondenční seminář II.	duben 2002–červen 2002	
33. MFO Bandung (Indonésie)	červenec 2002	ÚVFO, MŠMT

Celostátní kolo 42. ročníku FO – Praha 2001

Josef Kepka[*]*, Miroslav Randa*[**]*, Pedagogická fakulta ZČU, Plzeň*
František Špulák[***]*, Pedagogická fakulta JČU, České Budějovice*

Soutěžící a členy ústředního výboru FO letos přivítala Praha, hlavní město České republiky. Do celostátního kola si v krajských či regionálních kolech, která se po celé republice uskutečnila v lednu, vybojovalo účast 51 studentů a 2 studentky.

Komorní sál Gymnázia Jana Nerudy a Hudební školy hlavního města Prahy plný soutěžících, členů ÚV FO a hostů. Foto Jiří Dolejší

Oficiální zahájení celostátního kola FO, kategorie A, proběhlo ve čtvrtek 22. března 2001 v komorním sále Gymnázia Jana Nerudy a Hudební školy hlavního města Prahy na Komenského náměstí. Účastníky přivítali zástupci ředitele Gymnázia Jana Nerudy RNDr. Jan Šedivý a Petr Mašlaň. Dále z oficiálních hostů byli přítomni PaedDr. Václav Müller z MŠMT a zástupci ÚV JČMF pánové RNDr. Jaroslav Dittrich, CSc. (předseda Fyzikálně vědecké sekce Jednoty českých matematiků a fyziků) a Doc. RNDr. Leo Boček, CSc. Na závěr promluvil předseda ÚV FO prof. RNDr. Ivo Volf, CSc., který projevil velkou radost ze zájmu studentů o celostátní kolo, „*pochválil*“ připravené úlohy včetně experimentální, na kterou si však soutěžící budou muset počkat až do soboty. Krásnou tečku za oficiálním zahájením udělal večerní koncert studentů obou hostitelských škol.

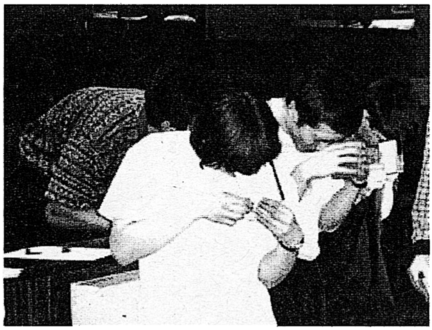
[*] kepka@kof.zcu.cz
[**] randam@kof.zcu.cz
[***] spul@pf.jcu.cz

Vlastní soutěž již tradičně probíhala ve dvou dnech. Nejprve si v pátek dopoledne po dobu 5 hodin lámali studenti hlavy nad čtyřmi teoretickými úlohami a v sobotu soutěž pokračovala experimentální úlohou. Obě části soutěže proběhly v prostorách MFF UK v Praze 8.

Teoretické úlohy tradičně připravili RNDr. Přemysl Šedivý a prof. Bohumil Vybíral.

První úloha se zabývala magnetickým polem na ose Helmholtzových cívek. Soutěžící zkoumali velikost magnetické indukce na ose cívek a určovali proud procházející cívkami potřebný pro danou velikost magnetické indukce ve středu mezi cívkami. S úlohou si většinou poradili dobře, průměrný bodový zisk byl 4,32 bodu (z 10).

Naopak druhá úloha s průměrným ziskem 1,62 bodu byla nejobtížnější úlohou celostátního kola. V úloze studenti popisovali chování obvodu střídavého proudu se dvěma kondenzátory, cívkou a diodou během přechodného děje, kdy dochází k vybití jednoho z kondenzátorů.



Kalibrace spektrometru horským sluníčkem. Foto Jiří Dolejší

Třetí úloha z optiky vyžadovala po soutěžících výpočet charakteristik interferenčních proužků vzniklých po průchodu rovinné světelné vlny soustavou spojka-dvojhranol. Průměrný bodový zisk byl 3,29 bodu.

Ve čtvrté úloze zkoumali studenti chování odstředivého stroje pro výzkum pevnosti materiálů po přetržení testovaného drátu. I v této úloze byli studenti dosti úspěšní, bodový zisk dosáhl 4,15 bodu.

Také experimentální úloha na téma z optiky připravená na sobotní dopoledne byla velmi zajímavá.

Prof. Ivo Volf zahajuje první zasedání ÚV FO. Foto Jiří Dolejší

Ústřední výbor FO se v průběhu soutěže sešel třikrát. Projednal dosavadní průběh 42. ročníku FO, schválil přípravu na další ročník, věnoval se průběhu a vyhodnocení celostátního kola kategorie A. Samozřejmě projednal i celou řadu dalších otázek. Na závěrečném zasedání ÚV v pozdních večerních hodinách v sobotu 24. 3. 2001 byly vyhodnoceny výsledky celostátního kola.

Prvních 10 účastníků bylo vyzváno k přípravě na MFO, a to jednak ke korespondenční části v dubnu a květnu, jednak na soustředění v červnu. Potom bude nominována pětice reprezentantů ČR pro mezinárodní fyzikální olympiádu, která se uskuteční v Turecku.

Velkou pozornost věnovali pořadatelé v čele s RNDr. Jiřím Novotným, CSc. a RNDr. Jiřím Dolejším, CSc. zázemí soutěže. O účastníky bylo dobře postaráno jak z hlediska ubytování a stravování, tak i zajištěním doprovodného programu soutěže. Účastníci si prohlédli Staroměstskou radnici, Prahu s jejími fyzikálně historickými památkami a vyslechli si přednášku prof. J. Hořejšího, DrSc. „Historie standardního modelu mikrosvěta".

Slavnostního vyhlášení výsledků, které proběhlo ve staroslavném Karolinu, se zúčastnila celá řada významných hostů: prorektor UK prof. Klener, náměstek ministra školství dr. Mülner, předseda JČMF prof. RNDr. Jaroslav Kurzweil, DrSc. a další. Vítězové a úspěšní řešitelé získali ceny, které věnovaly firmy Humusoft, Point.X, 100Mega, Scos, Siemens, MŠMT, MFF UK a RV FO Praha. Bez drobného dárku a diplomu neodjížděl z Prahy nikdo. V příštím roce se celostátní kolo FO uskuteční v Liberci.

Prof. Volf při slavnostním zakončení soutěže v Karolinu, přihlížejí prorektor UK prof. Klener, děkan FJFI ČVUT prof. Havlíček a náměstek ministra školství dr. Mülner. Foto Jiří Dolejší

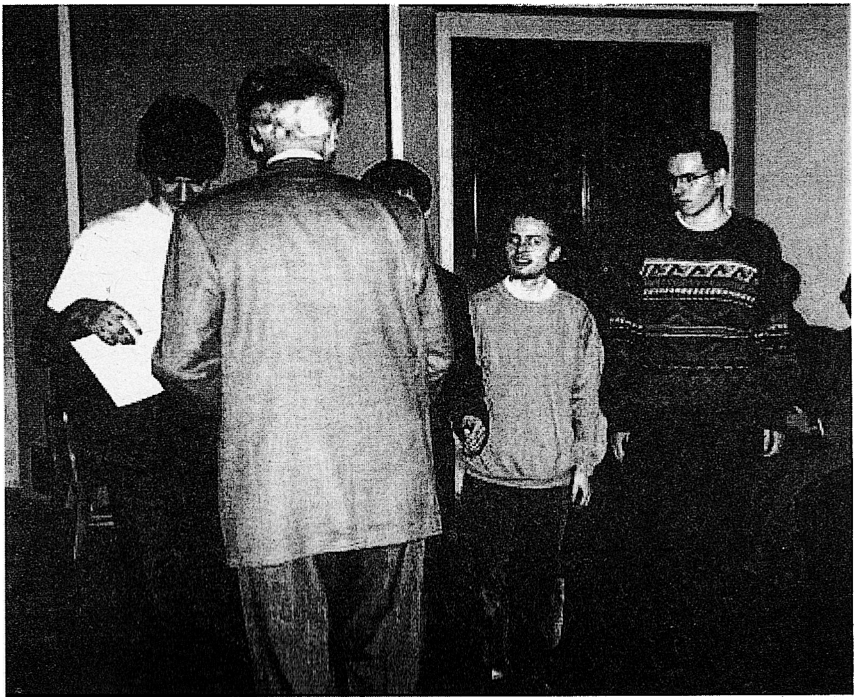
Výsledky celostátního kola fyzikální olympiády – kategorie A

VÍTĚZOVÉ:

1. Hejna Miroslav	G F. M. Pelcla Rychnov nad Kněžnou	54,4	bodů
2. Matas Petr	G J. Vrchlického Klatovy	52	bodů
3. Kapitán Jan	G Jana Keplera Praha 6	44,8	bodů
4. Beránek Martin	G Praha 4, Ohradní	44,5	bodů
5. Pipek Jan	G Jana Keplera Praha 6	42	bodů
6. Suchý Ondřej	G Plzeň, Mikulášské nám.	41,5	bodů
7. Bareš Michal	G Plzeň, Mikulášské nám.	40,5	bodů
8. Požár Norbert	Městské osmileté G Bruntál	40,1	bodů
9. Setvín Martin	G Plzeň, Mikulášské nám.	38	bodů
10. Švindrych Zdeněk	Městské osmileté G Bruntál	35,3	bodů

ÚSPĚŠNÍ ŘEŠITELÉ:

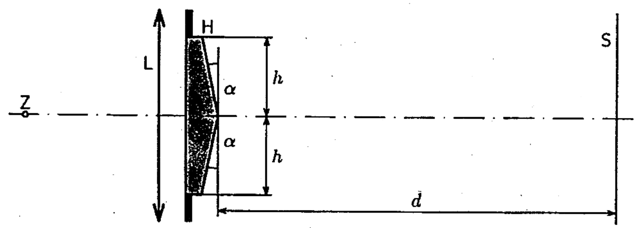
11. Přikryl Leoš	G Jihlava	34	bodů
12.–13. Chalupský Jaromír	G Sušice	31,5	bodů
12.–13. Nečesal Petr	G Moravské Budějovice	31,5	bodů
14. Klesa Jan	G Plzeň, Mikulášské nám.	30	bodů
15. Preclíková Jana	G Jana Keplera Praha 6	29,2	bodů
16. Benda Ladislav	G J. K. Tyla Hradec Králové	28,5	bodů
17. Plachý Jiří	G Uherské Hradiště	25,5	bodů
18. Kunc Jan	G Kolín	25	bodů
19. Herman Jan	G Brno, Kpt. Jaroše	24,5	bodů
20. Kratochvíl Jan	SPŠ sdělovací techniky Praha 1	24	bodů
21. Hajn Michal	G Jihlava	23,5	bodů
22. Houštěk Petr	G Pelhřimov	22	bodů
23. Vitovják Radek	SPŠ Zlín	21,5	bodů
24.–25. Žídek Karel	Mendelovo G Opava	21	bodů
24.–25. Papřok Richard	Matiční G Ostrava	21	bodů
26. Jaroslav Tykal	G Jihlava	20	bodů



Nejúspěšnější soutěžící dostávají ceny z rukou místopředsedy ÚV FO prof. Vybírala. Foto Jiří Dolejší

ÚLOHA Č. 3

Centrovaná optická soustava je tvořena monofrekvenčním zdrojem světla Z o vlnové délce $\lambda = 632$ nm, spojnou čočkou L, dvojhranolem H o celkové šířce $2 \cdot h = 40$ mm vyrobeným ze skla o indexu lomu $n = 1{,}55$ a stínítkem S (viz obr.). Zdroj světla se nachází v ohnisku čočky. Svazek rovinných světelných vlnoploch se při průchodu dvojhranolem rozdělí na dva koherentní svazky vlnoploch, které se částečně překrývají a na stínítku vytvářejí řadu interferenčních proužků.



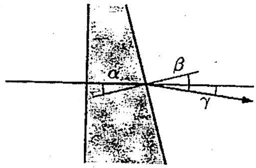
Navrhněte lámavý úhel α obou polovin dvojhranolu a vzdálenost d stínítka od dvojhranolu tak, aby proužky měly šířku s přesně 0,1 mm a aby jejich počet byl co největší.
Úhel α je velmi malý. Platí tedy $\sin\alpha \doteq \mathrm{tg}\,\alpha \doteq \alpha$.

Autorské řešení (RNDr. Přemysl Šedivý):

V horní polovině dvojhranolu se světelný paprsek odchýlí dolů podle obr. R1. Pro malé úhly platí

$$\beta \doteq n \cdot \alpha\,,\ \gamma = \beta - \alpha \doteq (n-1) \cdot \alpha\,.$$

V dolní polovině dvojhranolu se paprsek odchýlí o stejný úhel γ vzhůru.

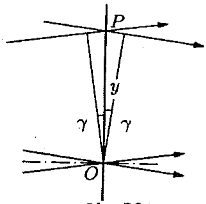


Obr. R1

Do středu O stínítka přicházejí obě vlnění s nulovým fázovým rozdílem (obr. R2). V bodě P o souřadnici y přichází vlnění z horní poloviny dvojhranolu s dráhovým předstihem $y \cdot \sin\gamma \doteq y \cdot \gamma$ a dolní vlnění je o stejnou dráhu opožděno. Aby vzniklo *interferenční maximum*, musí pro celkový dráhový rozdíl platit

$$\delta \doteq 2 \cdot y \cdot \gamma = k \cdot \lambda\,,\ y = k \cdot \frac{\lambda}{2 \cdot \gamma} = k \cdot \frac{\lambda}{2 \cdot (n-1) \cdot \alpha} = k \cdot s\,.$$

kde s je šířka jednoho interferenčního proužku, která zřejmě nezávisí na vzdálenosti stínítka od dvojhranolu, ale jen na lámavém úhlu α.



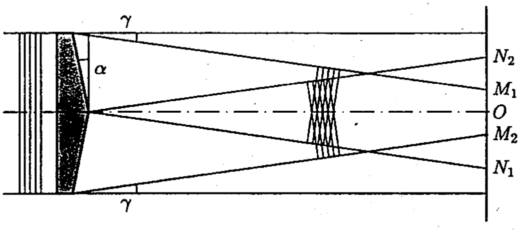
Obr. R2

Předepsané šířky proužku dosáhneme volbou

$$\gamma = \frac{\lambda}{2 \cdot s}\,,\ \alpha = \frac{\lambda}{2 \cdot s \cdot (n-1)} = 5{,}75 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{rad} = 0{,}329° \doteq 20'\,.$$

Svazek vln, které prošly horní polovinou dvojhranolu, dopadá na stínítko mezi body M_1 a N_1 o souřadnicích

$$y_1 = h - (d + h \cdot \mathrm{tg}\,\alpha) \cdot \mathrm{tg}\,\gamma \doteq h - (d + h \cdot \alpha) \cdot \gamma\,,\ y_2 = -d \cdot \mathrm{tg}\,\gamma \doteq -d \cdot \gamma\,.$$



Obr. R3

Druhý svazek vln, které prošly dolní polovinou dvojhranolu, dopadá mezi body M_2 a N_2 o souřadnicích $-y_1$ a $-y_2$ (obr. R3). Aby společná oblast, kde se objeví interferenční proužky, byla co největší; musí platit:

$$y_1 = |y_2|\,,$$

$$h - (d + h \cdot \alpha) \cdot \gamma = d \cdot \gamma\,,$$

$$d = \frac{h}{2 \cdot \gamma} - \frac{h \cdot \alpha}{2} \doteq \frac{h}{2 \cdot \gamma} = \frac{h \cdot s}{\lambda} = 3{,}2\ \mathrm{m}\,.$$

32. mezinárodní fyzikální olympiáda – pět našich soutěžících přivezlo pět medailí

Ivo Volf, Bohumil Vybíral**, ÚV FO a katedra fyziky, Univerzita Hradec Králové*

Tentokrát se soutěžící, vedoucí a organizátoři sešli na Turecké Riviéře, na břehu Středozemního moře v Beleku nedaleko Antálye v jižní části Turecka. Pořadateli 32. mezinárodní fyzikální olympiády v roce 2001 byly The Scientific and Technical Research Council of Turkey a Middle East Technical University v Ankaře, zejména pak členové katedry fyziky této vysoké školy. Letošní mezinárodní soutěže se zúčastnilo **306 soutěžících**, kteří přijeli **ze 65 zemí** všech kontinentů (letos poprvé byli soutěžící i z Afriky), asi 150 vedoucích družstev a pozorovatelů, několik hostů, asi 70 průvodců družstev a stovka organizátorů. Za dobu 34 let od první MFO v roce 1967 ve Varšavě, kde bylo 15 soutěžících a 5 vedoucích z pěti zemí střední Evropy, se mezinárodní fyzikální olympiáda rozrostla nevídaně. **Ubytování a stravování bylo zajištěno ve dvou pětihvězdičkových hotelech přímo na břehu moře** – Adora hotel pro studenty a BelConti hotel pro mezinárodní komisi –, takže kromě soutěžních a pracovních dnů a kulturně poznávacího programu bylo na denním programu ve volných chvilkách i koupání.

Na 32. MFO se družstvo České republiky připravovalo tradičním způsobem – vítězům celostátního kola, kterých bylo deset, byla nabídnuta příprava na soutěž. Tři z nich přípravu vzdali (jeden se připravoval na MMO, dva považovali mezinárodní soutěž za příliš náročnou). A tak jen sedm statečných fyzikálních olympioniků dorazilo 10. června do Hradce Králové, kde na katedře fyziky Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové proběhlo soustředění. Na něm jsme se věnovali zejména laboratorním úlohám (denně olympionici měli za úkol provést a zpracovat dvě experimentální cvičení) a zevrubnému doplnění středoškolského učiva podle Sylabu MFO, který schválila Mezinárodní komise a který je základem hostitelskému státu pro volbu témat k soutěžním úlohám. Nutno na tomto místě poznamenat, že běžná výuka fyziky, kterou poskytuje střední škola (dokonce i gymnázium s přírodovědným zaměřením) je pro přípravu na MFO zcela nepostačující a budoucí soutěžící musejí věnovat hodně svého volného času na to, aby získali a procvičili nové poznatky (v podstatě již na vysokoškolské úrovni) a také dovednosti. Na soustředění byli olympionici zaměstnáni po celý den, ale jak dále zjistíte, bylo to pro ně opravdu užitečné. Na základě pozorování, řešení úloh a hodnocením dosažených výsledků bylo stanoveno pořadí:

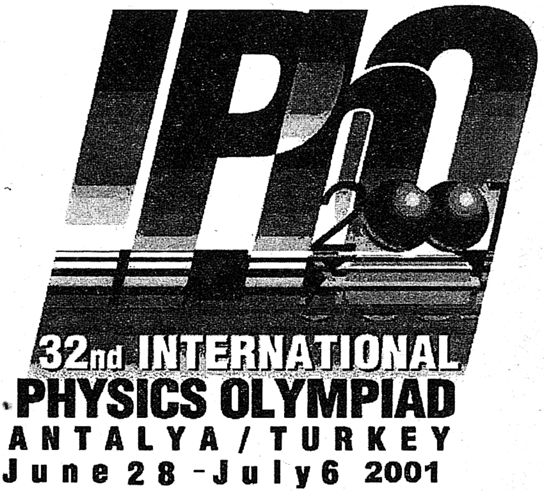
1. **Jan Kapitán, absolvent Keplerova gymnázia v Praze (byl úspěšný již vloni v Leicesteru);**
2. **Miroslav Hejna, žák 2. ročníku Gymnázia F. M. Pelcla v Rychnově nad Kněžnou;**
3. **Martin Beránek, absolvent gymnázia v Praze, Ohradní ul.;**
4. **Norbert Požár, absolvent Městského gymnázia v Bruntále;**
5. **Jan Pipek, absolvent Keplerova gymnázia v Praze.**

Tito soutěžící byli oznámeni Ministerstvu školství, mládeže a tělovýchovy jako účastníci 32. MFO, další dva byli náhradníky: Martin Setvín, absolvent gymnázia v Plzni, Mikulášské nám. a Zdeněk Švindrych, absolvent Městského gymnázia v Bruntále. Vedoucími delegace České republiky na 32. MFO byli prof. RNDr. Ivo Volf, CSc., předseda ÚVFO a vedoucí ka-

* ivo.volf@uhk.cz
** bohumil.vybiral@uhk.cz

tedry fyziky Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové, a prof. Ing. Bohumil Vybíral, CSc., místopředseda ÚVFO a prorektor Univerzity Hradec Králové.

Členové družstva České republiky se sešli ve čtvrtek 28. června 2001 přesně v 15 hodin na letišti v Praze-Ruzyni, aby startovali v 17 hodin letadlem Tureckých aerolinií nejprve do Istanbulu a potom k půlnoci z tohoto letiště do cílové stanice – Antalya. Noční přesun do místa soutěže (Belek, asi 30 km východně od Antályе) byl komplikován zácpou na dálnici, která vznikla při hoření osobního automobilu; potom jako ve filmu vybuchla ohnivým sloupem benzinová nádrž. Od té chvíle už bylo všechno v pohodě.



V pátek 29. června proběhlo v dopoledních hodinách zahájení 32. MFO, odpoledne měli studenti volno a vedoucí se sešli na prvním zasedání Mezinárodní komise, kde byla ke schválení předložena experimentální úloha. Ta představovala soubor tří na sebe navazujících úkolů se stejnou soupravou pomůcek: Na rotujícím stolku, jehož úhlová rychlost se mohla měnit, byla nádobka s glycerínem; nejprve se studovala hladina rotující kapaliny a z ní se mělo stanovit tíhové zrychlení. Na to navazovaly úlohy z optiky – stanovení ohniskové vzdálenosti vzniklého parabolického zrcadla a určení indexu lomu glycerínu a vlnové délky používaného laserového světla užitím optické mřížky. Po bohaté diskusi byla úloha schválena a vedoucí museli přeložit text zadání do národních jazyků, přepsat na počítači a připravit tak zadání pro soutěž; to trvalo asi do 3 až 4 hodin v noci. Úloha byla náročná zejména časově, možných 20 bodů nezískal žádný řešitel.

V sobotu 30. června soutěžící buď dopoledne nebo odpoledne experimentovali a počítali, členové mezinárodní komise absolvovali exkurzi po historicky a turisticky zajímavých místech jižní Anatolie. Tato místa mají velmi slavnou historii a vedoucí měli možnost vidět mnoho památek z římské éry, které se datují ještě před začátkem našeho letopočtu. Již ve večerních hodinách obdrželi vedoucí delegací xerokopie řešení svých soutěžících, jež museli ohodnotit nezávisle na komisi korektorů a své hodnocení předat vedení MFO.

V neděli 1. července studenti absolvovali buď dopoledne nebo odpoledne exkurzi po městských památkách v Antályi a navštívili historické museum. Členové mezinárodní komise se sešli na druhém zasedání, kde jim byly předloženy tři teoretické úlohy. Bohatá diskuse trvala do pozdního večera. Po schválení opět vedoucí každé delegace připravili překlad úloh do národního jazyka soutěžících, texty přepsali na počítači, doplnili o obrázky a „Listy odpovědí". Končilo se opět asi ve 3 hodiny v noci. První úloha představovala čtyři na sobě nezávislé problémy z různých částí fyziky (princip činnosti klystronu podložený výpočty, stanovení vzdálenosti molekul vody a vodní páry, studium jednoduchého generátoru pilových kmitů, chování atomového svazku). Druhá úloha se zabývala dvojhvězdou, tvořenou hvězdou „obyčejnou" a hvězdou neutronovou. Ve třetí úloze se studovaly děje spojené s magnetohydrodynamickým generátorem.

V pondělí 2. července soutěžící řešili celé dopoledne zadané teoretické úlohy a odpoledne přišel zasloužený odpočinek, zatímco vedoucí měli dopoledne volno, odpoledne třetí zasedání mezinárodní komise a večer proběhlo moderování experimentální úlohy – tj. setkání vedoucích každé delegace s týmem korektorů a nalezení konsensu v bodovém hodnocení. Současně ještě před půlnocí obdrželi vedoucí delegací xerokopie řešení teoretických úloh, jež podali jejich svěřenci a během následujícího dopoledne bylo třeba předat opravené úlohy a bodové hodnocení vedení mezinárodní komise.

Úterý 3. července věnovali soutěžící celý den exkurzi po historických a turistických zajímavostech jižní Anatolie, zatímco vedoucí delegací opravovali teoretické úlohy, některé delegace se ještě věnovaly moderování experimentální úlohy, večer pak začalo moderování úloh teoretických. Ve zbývajícím čase bylo možno strávit nezapomenutelné chvíle na mořském pobřeží, což bylo při panujících vysokých teplotách příjemné.

Ve středu 4. července se soutěžící dopoledne projeli na jachtě po moři, odpoledne strávili volný čas na moři, vedoucí delegací se dopoledne zúčastnili procesu moderování teoretických úloh, odpoledne strávili chvíli poklidu u moře a večer proběhlo závěrečné zasedání mezinárodní komise, kde byly schváleny výsledky soutěže.

Vrcholným dnem na každé mezinárodní fyzikální olympiádě je **předposlední den**, kdy se vyhlašují výsledky. Také letos byly zlaté, stříbrné a bronzové medaile a čestná uznání předány soutěžícím podle jejich výsledků. Stalo se tak ve čtvrtek 5. července odpoledne na slavnostním setkání organizátorů, vedoucích a soutěžících. Večer pak byl tradiční banket, tentokrát pod širým nebem v parku hotelu Adora, při hudbě a měsíčním úplňku se soutěžící i vedoucí rozloučili se 32. MFO a s jejími organizátory.

V pátek 6. července se pak postupně všechny delegace rozloučily i s Tureckou Riviérou. Delegace České republiky nasedla v 10.00 h do letadla a přes Istanbul dorazila v 17.00 h, přesně osmý den na letiště v Praze-Ruzyni. Jen zpáteční cesta byla poněkud znepříjemněna počasím – přelet fronty s výstupnými víry nebyl příliš poklidný.

Na zasedání mezinárodní komise ve středu večer byly sděleny vedoucím výsledky. Nejlepším řešitelem se stal D. Nurgalijev z Ruské federace s celkovým výsledkem 47,55 bodu z 50 bodů možných (za experimentální úlohu lze získat nejvýše 20 bodů, za každou ze tří teoretických úloh po 10 bodech), na dalších místech byli A. Farahanchi z Iránu se 46,80 bodu a A. Jermalicki z Běloruska se 46,10 body, průměrný výsledek těchto tří soutěžících (46,82 bodu, zaokrouhleno na 46 bodů) stanovil hranice úspěšnosti na 32. MFO – úspěšným řešitelem se stal každý, kdo dosáhl 23 a více bodů, při bodovém hodnocení 30 až 35,95 bodu získal soutěžící bronzovou medaili, při zisku 36 až 41,95 bodu stříbrnou a při dosažení 42 a více bodů obdržel zlatou medaili. Tak bylo předáno na slavnostním zakončení 32. MFO celkem 22 zlatých (G) medailí, 40 stříbrných (S) a 52 bronzových (B) a 48 soutěžících obdrželo čestné uznání (HM), tedy celkem 162 soutěžících (53 %) se stalo úspěšnými řešiteli, 144 soutěžících bylo na soutěži neúspěšných. Takto byli soutěžící hodnoceni na MFO naposledy. Na základě změny organizačního řádu budou od příští 33. MFO počty medailí a čestných uznání stanoveny na základě procentuálního klíče. Organizátoři tak při přípravě medailí nebudou vázáni bodovými výsledky soutěže ani náročností zadaných úloh, ale počtem soutěžících, kteří se na soutěž přihlásí.

Podívejme se, jak dopadli naši soutěžící. Tabulka ukazuje, že účastníci z České republiky byli na soutěži velmi vyrovnaní a že ve všech úlohách podali také vyrovnaný výkon, představující zhruba 68 % maximálně dosažitelného bodového hodnocení (nejlepší družstvo získalo 217,25 bodu, tj. 87 %). Vynikajícího úspěchu dosáhl Miroslav Hejna, který jako „druhák“ podal výkon nejlepší. Celkovým výsledkem 169,5 bodů čeští olympionici přidali další úspěch do řady startů na mezinárodních fyzikálních olympiádách, jichž se samostatně zúčastní od roku 1993.

Soutěžící	**Exp.**	**T1**	**T2**	**T3**	**Teor.**	**Σ**	**%**
Jan Kapitán	12,45	5,0	6,0	7,2	18,2	30,65	61,3
Miroslav Hejna	14,15	7,6	8,5	8,4	24,5	38,65	77,3
Martin Beránek	12,50	6,7	6,5	7,2	20,4	32,90	65,8
Jan Pipek	12,05	6,2	9,9	5,4	21,5	33,55	67,1
Norbert Požár	13,65	7,2	5,5	7,4	20,1	33,75	67,5
Celkem	**64,80**	**32,7**	**36,4**	**35,6**	**104,7**	**169,5**	
Průměr na soutěžícího	12,96	6,54	7,28	7,12	20,94	33,90	67,8

Na mezinárodní fyzikální olympiády jsou zvány delegace z různých států, které mohou vyslat na soutěž maximálně pět účastníků, nezávisle na počtu obyvatelstva – tak tedy Čína nebo Indie ($1{,}23 \cdot 10^9$, resp. $0{,}97 \cdot 10^9$ obyvatel) mohou vyslat stejný počet účastníků jako Lichtenštejnsko, Island nebo Kuvajt – omezení bývají spíše ekonomická, když vysílající stát (ministerstvo vzdělávání či sponzoři) neposkytne příslušnou částku na dopravu. MFO jsou však individuální soutěží, ne soutěží družstev. Vedoucí delegací však sumují výsledky svých účastníků a v žebříčku úspěchů porovnávají výsledky péče o fyzikální talenty. Proto jsme sestavili neoficiální tabulku států podle získaných medailí (tak jako se to dělá ve sportu): zlaté medaili jsme přiřadili 4 body, stříbrné 3 body, bronzové 2 body, získanému čestnému uznání 1 bod. Pak pořadí států vypadá takto:

1.	Čínská lidová republika (4G+1S)	19 bodů,
2.–4.	Ruská federace, Indie a USA (3G+2S)	18 bodů,
5.–7.	Čína-Tchajwan (2G+1S+2B), Irán a Ukrajina (1G+3S+1B)	15 bodů,
8.–10.	Bělorusko (1G+1S+3B), Maďarsko a Německo (3S+2B)	13 bodů,
11.–13.	Turecko, Indonésie a Jižní Korea (2S+3B)	12 bodů,
14.–15.	Polsko (1G+1S+1B+2HM) a **Česká republika** (1S+4B)	11 bodů,
16.–19.	Vietnam a Singapur (1G+2B+2HM), Austrálie a Bulharsko (2S+2B)	10 bodů,
20.	Nizozemsko (4B+1HM)	9 bodů,
21.–23.	Velká Británie a Estonsko (1S+2B), Rumunsko (2B+3HM)	7 bodů,
24.	Slovinsko (1S+3HM)	6 bodů,
25.	Thajsko (1B+3HM)	5 bodů,
26.–31.	Rakousko a Litva (1S+1HM), Izrael a Lotyšsko (1B+2HM), **Slovensko** a Jugoslávie (4HM)	4 body,
32.–34.	Portugalsko (1S), Itálie (1B+1HM), Finsko (3HM)	3 body.

Celkem 44 států mělo alespoň jednoho úspěšného účastníka z celkového počtu 65 družstev na 32. MFO v Turecku.

Česká republika nepatří tedy mezi „silnou sedmičku“, avšak svým umístěním a především tím, že všichni účastníci byli úspěšnými řešiteli, zůstala věrná své tradici – umístit se v první čtvrtině zúčastněných států.

Na závěr byly všechny zúčastněné delegace pozvány na 33. mezinárodní fyzikální olympiádu, která proběhne ve dnech 14. 7. až 23. 7. 2002 v Bandungu (Indonésie). Vedoucí družstev byli pozváni na První světový kongres Federace fyzikálních soutěží, který uspořádá v návaznosti na 33. MFO také Indonéská republika.

Chtěli bychom vyjádřit poděkování účastníkům 32. MFO za dobrou reprezentaci České republiky mezi mladými fyziky z celého světa, jejich vyučujícím, organizátorům národní soutě-

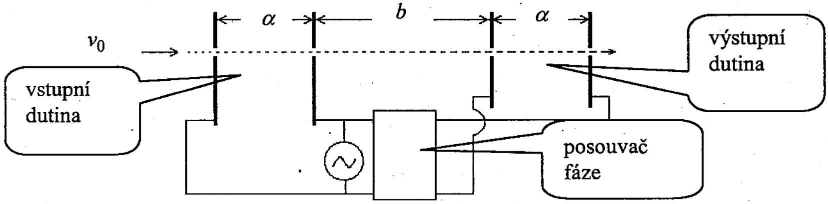
že Fyzikální olympiáda a členům katedry fyziky Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové za přínos při přípravě soutěžících, pracovníkům MŠMT České republiky za vybavení služební cesty.

Již tradičně jsme vybrali jednu úlohu, kterou byste si mohli vyzkoušet – natáhněte si časoměr na 90 minut a pusťte se do čtení následujících řádků, které vám přinášejí první úlohu: čtyři na sebe navazující „dílčí" úlohy 1A, 1B, 1C, 1D. Pamatujte, že v této době museli soutěžící úlohu nejen prostudovat a vyřešit, ale také přepsat tak, aby nejen čeští vedoucí, ale i turečtí korektoři mohli řešení porozumět a bodově ho ohodnotit.

ÚLOHA 1

1A Klystron

Klystrony jsou zařízení, která se používají pro zesilování signálů velmi vysokých frekvencí. Klystron se v podstatě skládá ze dvou identických párů paralelních destiček (dutin), oddělených od sebe mezerou o šířce b, jak ukazuje obrázek.



Elektronový svazek s počáteční rychlostí v_0 protíná celou soustavu a přitom prochází malými otvory v destičkách. Vysokofrekvenční napětí, které musí být zesilováno, se přivede k oběma párům destiček s jistým fázovým rozdílem (kde perioda T odpovídá fázovému rozdílu $2\cdot\pi$) mezi nimi, vytváří ve vodorovném směru v dutinách střídavá elektrická pole. Když elektrické pole směřuje vpravo, elektrony vstupující do vstupní dutiny se opožďují, a když směřuje vlevo, tak se urychlují, takže elektrony vytvářejí svazky (shluky) o určité vzdálenosti. Jestliže výstupní dutina je umístěna do místa vytváření svazků, elektrické pole v této dutině bude pohlcovat energii tohoto svazku za podmínky, že jeho fáze je zvolena odpovídajícím způsobem. Nechť signál napětí má tvar obdélníkových kmitů s periodou $T = 1{,}0\cdot10^{-9}$ s a mění se mezi hodnotami $U = \pm 0{,}5$ V. Počáteční rychlost elektronů je $v_0 = 2{,}0\cdot10^{6}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ a měrný náboj elektronu je $\frac{e}{m} = 1{,}76\cdot10^{11}\ \mathrm{C\cdot kg^{-1}}$. Vzdálenost a je tak malá, že dobu přechodu elektronu můžeme zanedbat.

S přesností na 4 platné číslice vypočítejte následující veličiny:

a) Vzdálenost b, ve které elektrony vytvářejí shluky. (1,5 b.)

[rychlosti $1956\ \mathrm{km\cdot s^{-1}}$, $2044\ \mathrm{km\cdot s^{-1}}$, vzdálenost 22,7 mm]

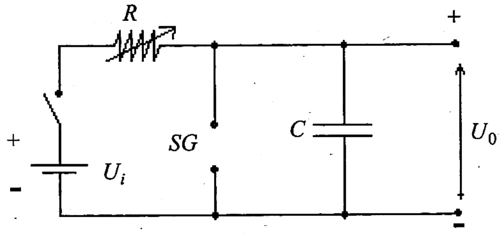
b) Nutný fázový rozdíl, který musí zajistit „posouvač" fáze. (1,0 b.) [220° nebo 140°]

1B Vzdálenosti mezi molekulami

Nechť d_L a d_V jsou postupně střední vzdálenosti mezi molekulami vody v kapalné fázi a ve vodní páře. Předpokládejme, že obě tyto fáze jsou při teplotě 100 °C a atmosférickém tlaku a pára se chová jako ideální plyn. Použijte následující data a vypočtěte poměr $\frac{d_V}{d_L}$. (2,5 b.)

Hustota vody v kapalné fázi je $\rho_L = 1{,}0 \cdot 10^3\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$, atmosférický tlak $p_a = 1{,}0 \cdot 10^5\ \mathrm{Pa}$, molární hmotnost vody $M = 1{,}8 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{kg \cdot mol^{-1}}$, plynová konstanta $R = 8{,}3\ \mathrm{J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}}$, Avogadrova konstanta $N_A = 6{,}0 \cdot 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}$. [podíl vzdáleností je 12]

1C Jednoduchý generátor pilových kmitů



Pilové kmity napětí U_0 můžeme získat mezi deskami kondenzátoru C na obr. Zde R je rezistor s proměnným odporem, U_i je ideální baterie a SG je jiskřiště, přičemž mezera mezi elektrodami může mít regulovatelnou vzdálenost. Když napětí přiváděné na elektrody přesáhne probíjecí napětí U_f, vzduch mezi elektrodami se ionizuje a v jiskřišti dojde ke krátkému spojení. V tomto stavu zůstane až do té doby, než se napětí se stane dostatečně malým.

a) Nakreslete graf závislosti tvaru kmitů napětí U_0 na čase t po sepnutí spínače. (0,5 b.) [pilové kmity]

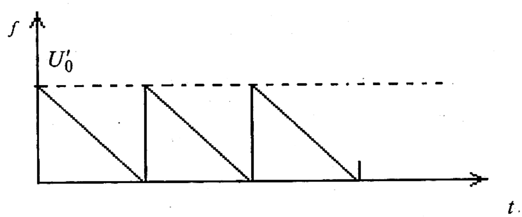
b) Jaká podmínka musí být splněna, abychom získali téměř lineární průběh pilových kmitů napětí? (0,2 b.) [$U_i \gg U_f$]

c) V případě, je-li tato podmínka splněna, získáte zjednodušený výraz pro periodu T kmitů. (0,4 b.) [$T = \frac{U_f}{U_i} \cdot R \cdot C$]

d) Co musíte změnit (R nebo SG či oboje), aby se změnila pouze perioda? (0,2 b.) [R]

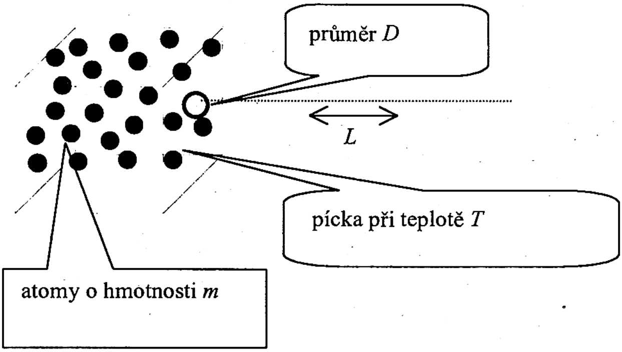
e) Co musíte změnit (R nebo SG či oboje), aby se změnila pouze amplituda? (0,2 b.)[R a SG]

f) Dostanete k dispozici dodatkový zdroj proměnného napětí. Vymyslete a načrtněte nové schéma obvodu, na něm zvýrazněte svorky, kde obdržíte pilové kmity podle následujícího obr. (1,0 b.).



1D Atomový svazek

Atomový svazek připravíme zahřátím souboru atomů na teplotu T v pícce a necháme je vycházet malým otvorem (atomových rozměrů) o průměru D na jedné straně pícky. Odhadněte průměr svazku poté, co projde ve vodorovném směru vzdálenost L na své trajektorii. Hmotnost atomů je m. (2,5 b.) $\left[D+\dfrac{L\cdot h}{D\cdot\sqrt{3\cdot m\cdot k\cdot T}}\right]$



Ohlédnutí za 31. mezinárodní fyzikální olympiádou – výsledky 1. úlohy 31. MFO v Leicesteru v roce 2000***

*Bohumil Vybíral**, Ivo Volf*, ÚV FO a katedra fyziky, Univerzita Hradec Králové*

A Bungee Jumper

a) Vzdálenost, kterou skokan proletěl: $y=\dfrac{k\cdot L+m\cdot g\pm\sqrt{2\cdot m\cdot g\cdot k\cdot L+m^2\cdot g^2}}{k}$.

b) Maximální rychlost, které při pádu dosáhl: $v=\sqrt{2\cdot g\cdot L+\dfrac{m\cdot g^2}{k}}$.

c) Doba letu skokana do jeho prvního zastavení: $\tau=\sqrt{\dfrac{2\cdot L}{g}}+\sqrt{\dfrac{m}{k}}\cdot\operatorname{arctg}\left(-\sqrt{\dfrac{2\cdot k\cdot L}{m\cdot g}}\right)$.

B Tepelný stroj

a) Koncová teplota: $T_0=\sqrt{T_A\cdot T_B}$.

b) Celková maximální práce, kterou stroj vykoná: $W=20\ \mathrm{MJ}$.

*** Úloha byla otištěna v minulém čísle Školské fyziky v článku Vybíral, Volf: *Ohlédnutí za 31. mezinárodní fyzikální olympiádou*. Školská fyzika **VII**, č. 1 (2001) 95.

** bohumil.vybiral@uhk.cz
* ivo.volf@uhk.cz

C Radioaktivita a stáří Země

a) Počet atomů ^{206}Pb vytvořených radioaktivním rozpadem za dobu t (t je uvedeno v násobcích 10^9 roků): ${}^{206}n = {}^{238}N \cdot \left(2^{\frac{t}{4,50}} - 1\right)$ nebo ${}^{206}n = {}^{238}N \cdot \left(e^{0,1540 \cdot t} - 1\right)$.

b) Počet atomů ^{207}Pb vytvořených rozpadem za dobu t: ${}^{207}n = {}^{235}N \cdot \left(2^{\frac{t}{0,710}} - 1\right)$ nebo

${}^{207}n = {}^{235}N \cdot \left(e^{0,9762 \cdot t} - 1\right)$.

c) Rovnice pro stáří Země T z daného poměru izotopů uranu 238, 235 je:
$0,0120 \cdot \left(e^{0,9762 \cdot T} - 1\right) = \left(e^{0,1540 \cdot T} - 1\right)$.

d) Přibližná doba stáří: $T = 5,38 \cdot 10^9$ let.

e) Výpočet doby T s větší přesností dává stáří Země v mezích $(4,5 - 4,6) \cdot 10^9$ let.

D Kulový náboj

a) Intenzita elektrického pole uvnitř koule ($x \leq R$) je: $E = \dfrac{Q \cdot x}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot R^3}$.

Pro $x > R$ je: $E = \dfrac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot x^2}$.

b) Celková vlastní elektrostatická energie náboje je: $W_e = \dfrac{3}{20} \cdot \dfrac{Q^2}{\pi \varepsilon_0} \cdot \dfrac{1}{R}$.

E Elektromagnetická indukce

Doba, za kterou se úhlová rychlost smyčky zmenší na polovinu, je:

$T = \dfrac{4 \cdot \rho \cdot d \cdot \ln 2}{B^2} = 1,10 \cdot 10^6$ s.

Grafické vyjádření pohybu rovnoměrně zrychleného

Petr Špína, ZŠ Hradec Králové, tř. SNP

Středoškolská fyzika obsahuje řadu vzorců, jejichž osvojení je podmínkou dalšího studia předmětu. Odvození těchto vztahů však nebývá požadováno, neboť chybí potřebný matematický aparát, zejména znalost integrálního a diferenciálního počtu. Protože zařazení zmíněných partií matematiky do prvních ročníků středních škol není možné a pouhé memorování vzorců neodpovídá moderním trendům výuky fyziky, je třeba hledat co nejnázornější postupy, které užívají studentům již známých pojmů a poznatků. Následující odvození vzorce pro výpočet dráhy pohybu rovnoměrně zrychleného (dále RZ) je příkladem právě takové metody.

Závislost rychlosti v pohybu RZ na čase t je dána rovností $v = v(t) = a \cdot t + v_0$, kde a je zrychlení neměnné v čase a v_0 počáteční rychlost, tj. $a \neq a(t)$, $a = konst.$ a $v_0 = v(t = 0)$. Grafem závislosti $v = v(t)$ je přímka se směrnicí a, pro hodnotu $v_0 = 0$ pak přímá úměrnost s konstantou úměrnosti a. Pro stanovení závislosti dráhy pohybu s na čase užíváme obvykle integrálního počtu, když vyjdeme z elementárního posunutí $\mathrm{d}s = \mathrm{d}s(t) = v(t) \cdot \mathrm{d}t$ a po dosazení za $v(t)$ $\mathrm{d}s = a \cdot \int t \cdot \mathrm{d}t + v_0 \cdot \int \mathrm{d}t$.

Integrujeme na časovém intervalu od 0 do t:

$$s = a \cdot \int_0^t t \cdot \mathrm{d}t + v_0 \cdot \int_0^t \mathrm{d}t$$

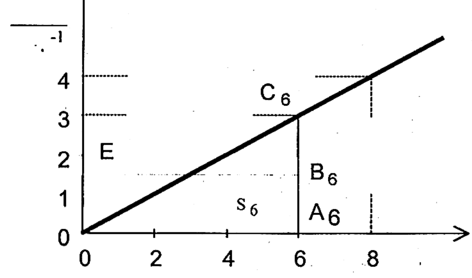
a po integraci

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0,$$

kde integrační konstanta s_0 má význam počáteční dráhy $s_0 = s(t = 0)$. Pokud pro jednoduchost volíme $s_0 = 0$, $v_0 = 0$, získáme výslednou rovnici $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$.

Je zřejmé, že uvedený postup vyžaduje alespoň základní znalost integrálního počtu, takže je studentům formálně nepřístupný. Pokusme se nyní nalézt názornější postup založený na analogii mezi fyzikálními a matematickými pojmy a veličinami.

Mějme následující modelovou situaci: těleso koná pohyb RZ s charakteristikami $s_0 = 0\,\mathrm{m}$, $v_0 = 0\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$, $a = 0{,}5\,\mathrm{m \cdot s^{-2}}$. Rychlost pohybu roste lineárně v čase od 0 s do 8 s podle obr. 1.

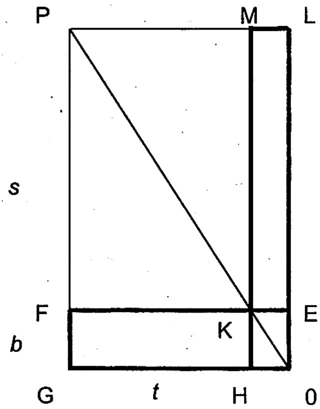


obr. 1

Připomeňme nyní, že obsah plochy pod grafem funkce $f(t)$ omezené na časovém intervalu $(a;b)$ je roven Riemannovu integrálu $\int_a^b f(t)\cdot \mathrm{d}t$ a má tedy význam dráhy s uražené za čas t. Obsah trojúhelníka $0A_6C_6$ (označený S_6) je pak číselně roven dráze pohybu s_6 v čase $t = 6\,\mathrm{s}$:

$$S(0A_6C_6) = S_6 = \int_0^6 v(t)\cdot \mathrm{d}t = s(t = 6\,\mathrm{s}) = s_6 .$$

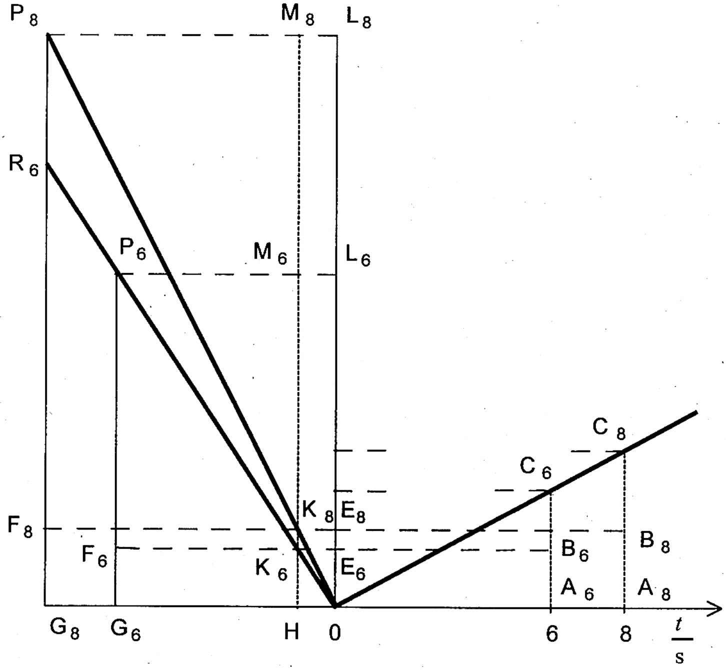
Vyjádřeme teď hodnotu s_6 pomocí úsečky. Nejprve převedeme trojúhelník $0A_6C_6$ na obdélník stejného obsahu $0A_6B_6E_6$ pomocí jeho střední příčky podle obr. 1. Tento obdélník je shodný s obdélníkem $0GFE$ na obr. 2, takže pro jeho obsah platí $S(0GFE) = t\cdot b = S_6$. Nyní hledejme obdélník stejného obsahu s jednotkovou délkou základny. Jeho výška s je pak číselně rovna jeho obsahu, neboť platí $S_6 = 1\cdot s$, takže číselně $s = S_6 = s_6$ – výška s vyjadřuje velikost dráhy uražené v čase $t = 6\,\mathrm{s}$.



obr. 2

Při konstrukci obdélníka $0HML$ s jednotkovou základnou použijeme postup podle obr. 2. Nejdříve sestrojíme bod H tak, aby $|0H| = 1$, pak vztyčíme kolmici na $0G$ z bodu H a najdeme její průsečík K s úsečkou EF. Narýsujeme polopřímku $0K$ a nalezneme průsečík P polopřímek $0K$ a GF. Tím získáme obdélník $0GPL$. Protože obdélníky vytvořené úhlopříčkou jsou po dvou shodné, jsou si obsahy $S(0GFE)$ a $S(0HML)$ rovny.

Nyní sestrojme podle obr. 3 graf závislosti $v = v(t)$ a patřičné trojúhelníky $0A_iC_i$ pro čas $t_i = i\,\mathrm{s}$ (když $i = 6$, resp. 8), k nim pak příslušné obdélníky $0A_iB_iE_i$. Ty přeneseme doprava v osové souměrnosti s osou v, takže vzniknou obdélníky $0G_iF_iE_i$. Poté už snadno zkonstruujeme obdélníky $0HM_iL_i$ o jednotkové základně $0H$. Výška $0L_i$ má délku shodnou s velikostí dráhy s_i uražené v čase t_i (přičemž čas je vyjádřen vzdáleností $|0G_i| = |0A_i|$). Bod P_i má tedy souřadnice $[t_i; s_i]$ a je bodem grafu funkce $s = s(t)$.



obr. 3

Konstrukci bodů P_i velmi zjednoduší, když rozdělíme časový interval na vhodný počet dílů (zde 8) a na stejný počet částí rozdělíme úsečku G_8P_8, takže vzniknou body R_1 až R_8 (pro přehlednost je vyznačen pouze bod R_6 a bod R_8, totožný s bodem P_8). Body P_i získáme snadno jako průsečíky kolmic na $0G_8$ vedených body G_i se spojnicemi $0R_i$ podle obr. 4. Opět pro přehlednost vypouštíme popis bodů P_i, R_i a G_i.

Správnost tohoto postupu doložme následující úvahou: hledáme vztah mezi drahami uraženými v časech t_i, t_j (přičemž t_j je mez časového intervalu, zde $t_j = 8$ s). Položme

$$t_j = k \cdot t_i$$

a protože $$s_i = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_i^2,$$

platí $$s_j = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_j^2$$

a po dosazení $$s_j = \frac{1}{2} \cdot a \cdot k^2 \cdot t_i^2,$$

tedy $$s_j = k^2 \cdot s_i,$$

což vyjadřuje podle obr. 4 vpravo, že poměr obsahů trojúhelníků s koeficientem podobnosti k je k^2.

Pro obr. 4 vpravo platí $$|0G_j| = k \cdot |0G_i|$$

a $$|G_jR_j| = k \cdot |G_jR_i|.$$

Protože trojúhelníky 0GP, 0GR jsou trojúhelníky podobné (s koeficientem podobnosti k), píšeme

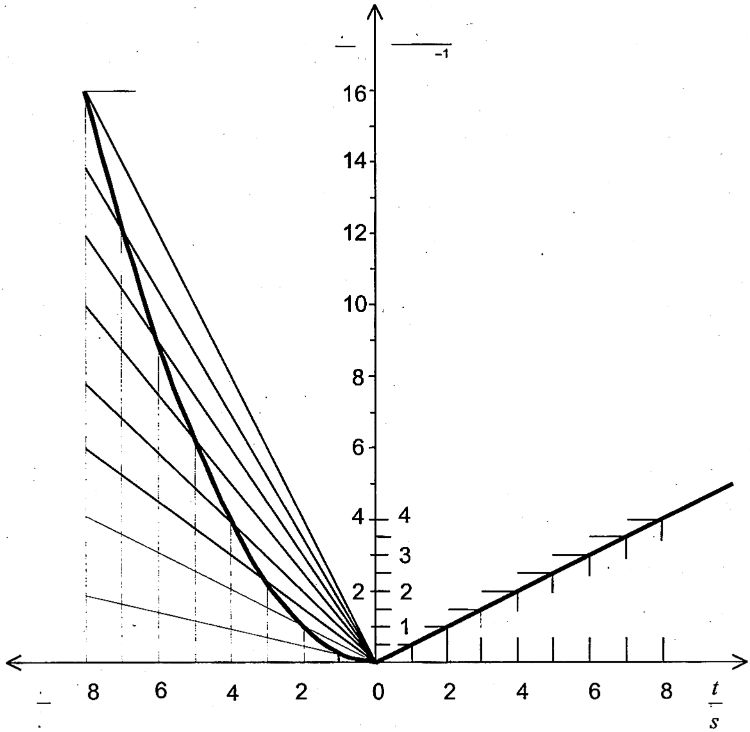
$$|G_jR_i| = k \cdot |G_iP_i|,$$

takže

$$|G_jR_j| = k^2 \cdot |G_iP_i|$$

a tím také

$$|G_jR_j| = k^2 \cdot |G_iR_i|.$$



obr. 4

Poměr délek $|G_iP_i|$ a $|G_jP_j|$, vyjadřujících dráhy s_i, s_j, je tedy k^2 stejně jako u výše uvedeného algebraického porovnání. Body $P_i[t_i; s_i]$ a $P_j[t_j; s_j]$ jsou tedy body grafu funkce $s = s(t)$ a geometrický výsledek je ekvivalentní výsledku získanému výpočtem. Grafem závislosti $s = s(t)$ je parabola proložená body P_1 až P_8.

Metoda popsaná výše pracuje s fyzikálně geometrickými analogiemi, které umožňují studentům postihnout vzájemné vztahy daných veličin. Je zaměřena na hlubší pochopení dané závislosti, pomáhá v upevňování geometrických dovedností a vědomostí, posiluje mezipředmětové vazby a rozvíjí komplexní myšlení. Díky své názornosti je vhodná i pro studenty 1. ročníku gymnázií nebo žáky matematicko-fyzikálních kroužků 9. ročníku ZŠ.