

OBSAH

Obsah	1
-------------	---

Společná část

Randa: Co přinesl Mezinárodní rok fyziky 2005	3
Obdržálek: Ráz částic principem relativity	9
Štefl: Klaudios Ptolemaios	13
Bate (Zronek): Skutečné oběti Černobylu	17
Langer: Zamyšlení nad knihou Fyzikální veličiny a jednotky SI s výkladem pro školu a technickou praxi	20
Volf: Renesance Rozhledů matematicko-fyzikálních	23
Prokšová: Sférické zrcadlo	24
Randa: 150 nositelů Nobelovy ceny za fyziku XII	28
Nabídka společnosti ČEZ, a.s. pro školy	31

Část pro ZŠ

Fyzikální olympiáda

Úspěšní řešitelé FO 2004/2005 kategorie E v regionech	33
Thomas: Řešení úloh 1. kola 47. ročníku FO kategorie E a F	39

Obecná část

Veselý: Fyzik detektivem	44
Rojko: Pokusy z elektrostatiky v heuristické výuce fyziky 1	48

Část pro SŠ

Fyzikální olympiáda

Úspěšní řešitelé FO 2004/2005 kategorií A–D v regionech	57
Rauner: Pád vodivého rámečku v magnetickém poli	67

Obecná část

Volf: Projekty z fyziky?	72
Volf: Mechanická energie	78

Verze ZŠ obsahuje strany 1–56; verze SŠ strany 1–32 a 57–80

číslo

4

VIII.

ročník

2005

ŠKOLSKÁ FYZIKA

Ročník VIII.

2005

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 (email: stychova@kof.zcu.cz)

Redakční rada: Václav Havel, Josef Kepka, Soňa Křítková, Aleš Lacina, Miroslav Randa, Karel Rauner, Milan Rojko, Ivo Volf.

Rozšířená redakční rada: Jan Bečvář, Václav Bláha, Josef Blažek, Zdeněk Bochníček, Ivo Čáp, Jiří Erhart, Gerhard Höfer, Jan Hrdý, František Kamenčák, Zdeněk Kluiber, Daniel Kluvanec, Václav Kohout, Jana Krsková, Václav Křivohlavý, Vítězslav Kubín, Vladislav Kvapil, Dušan Novotný, Jan Novotný, Jitka Prokšová, Jan Slavík, Václav Soukup, František Špulák, Rudolf Šup, Josef Trneček, Václav Turek, Josef Veselý.

Adresa redakce: Školská fyzika, KOF PeF ZČU, Klatovská 51, 313 00 Plzeň,
☎ 377 636 303 nebo 377 636 441; fax 377 636 333

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

Předplatné:	verze ZŠ	250 Kč ročně (4 čísla po 62,50 Kč)
	verze SŠ	250 Kč ročně (4 čísla po 62,50 Kč)
	verze ZŠ+SŠ	300 Kč ročně (4 čísla po 75,00 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://sf.pef.zcu.cz/>

ISSN 1211-1511

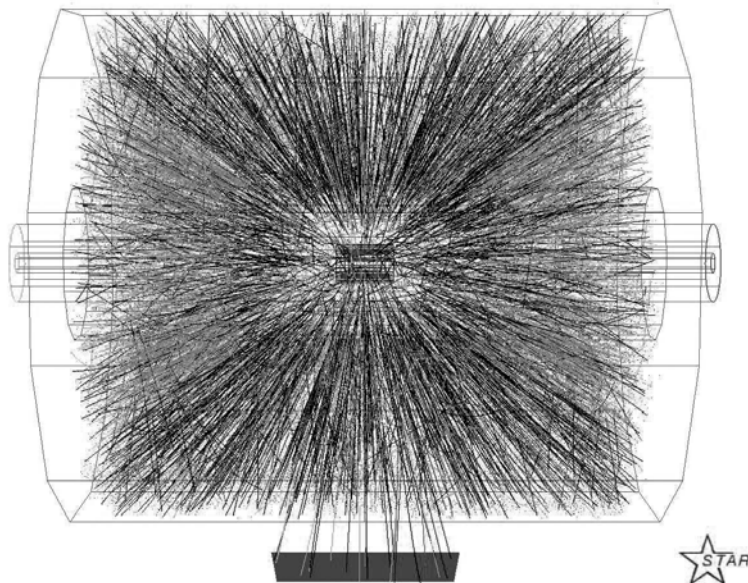
Toto číslo bylo odesláno k tisku 19. 4. 2006.

Co přinesl Mezinárodní rok fyziky 2005

Miroslav Randa*, Pedagogická fakulta ZČU Plzeň

Na sklonku každého roku lidé hodnotí, co odcházející rok přinesl. A tak se v prosinci objevují ankety o nejlepšího sportovce, herce, ...; hodnotí se největší úspěchy v té či oné oblasti. Také fyzici každoročně hledají mezi novými objevy ty, které mají největší šanci zasáhnout do rozvoje fyziky. Jednu z prvních ankety v Mezinárodním roce fyziky zveřejnil časopis *Physics World* na svých webových stránkách <http://physicsweb.org>.

Za největší objev roku 2005 je v anketě označen ten, který byl publikován v dubnu. Vychází z experimentů na obřím urychlovači těžkých iontů (RHIC – Relativistic Heavy Ion Collider) v Brookhavenu, které trvaly 5 let. Při nich byly urychlovány proti sobě dva svazky atomových jader zlata na energii 20 TeV. Byly sledovány srážky takto urychlených jader a zkoumány částice vyletující po destrukci obou jader. Výsledkem je překvapivé zjištění, že při srážce se směs kvarků a gluonů nechovala jako dříve předpokládaný plyn, ale jako kapalina. Tato fáze trvala pouhých 10^{-24} s a velikost získané „ohnivé koule“ byla jen 5 femtometrů ($5 \cdot 10^{-15}$ m). Teplota dosáhla hodnoty $2 \cdot 10^{12}$ K, tedy hodnoty, jakou měl vesmír několik mikrosekund po velkém třesku. Částicoví fyzici tak pomáhají odhalit, jak vypadal vesmír v raných fázích svého vývoje.



Již v lednu však byl daleko od Země proveden jiný významný experiment. Výsadek pouzdro Huygens úspěšně přistálo na povrchu Saturnova měsíce Titan. Jeho povrch do té doby lidé neznali, protože je stále skryt pod hustou atmosférou. I když astronomové předpokládali, že by na povrchu měsíce mohla být jezera plná kapalného metanu, bylo potvrzení této hypotézy velmi významným objevem roku 2005. Kapalně uhlovodíky tečou po povrchu tvořeném ledem. Na povrchu kamera vyfotografovala ledové valouny velké několik centimetrů.

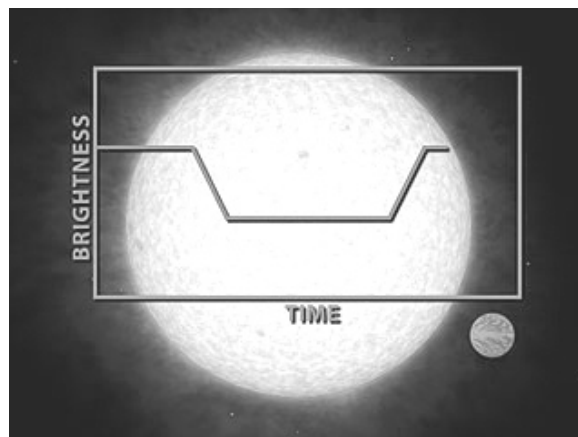


Počátkem roku 2005 byl sledován dosvit dosud nejsilnějšího záblesku z vesmíru. Jeho původcem byl magnetar (neutronová hvězda s extrémně silným magnetickým polem) ve vzdálenosti 50 000 světelných let. První záblesk byl zaznamenán v oblasti gama záření 27. 12. 2004 (jako měkké opakované gama záře-

* randam@kof.zcu.cz

ní: SGR – Soft Gamma Repeater), v té době z magnetaru na Zemi dopadala stejná energie, jakou k Zemi vysílá Měsíc v úplňku. Postupně byl záblesk pozorovatelný i v dalších oborech elektromagnetického záření.

Proce 2005 se podařilo poprvé přímo pozorovat extrasolární planetu – planetu obíhající jinou hvězdu než Slunce. Pozorování bylo uskutečněno pomocí Spitzerova kosmického teleskopu (Spitzer Space Telescope) v infračervené oblasti spektra. Byly tak objeveny hned dvě takové planety, HD 209458b (ve vzdálenosti 153 světelných let) a TrES-1 (489 světelných let), které mají hmotnost přibližně jako Jupiter a obíhají kolem svých hvězd blíže než Merkur kolem Slunce. Díky tomu jsou zahřáty na vysokou teplotu a vyzařují dostatek energie v infračervené části spektra.



Uřčit hmotnost s přesností na zeptogramy ($1 \text{ zg} = 10^{-21} \text{ g}$) dokáže svým nejnovějším zařízením Michael Roukes se svými spolupracovníky z Kalifornského technického institutu (Caltech). Měření je založeno na změně vibrační frekvence karbidu křemíku způsobené změnou hmotnosti, například v důsledku přidání několika molekul. Protože změna frekvence závisí na hmotnosti, lze uvedené zařízení použít k měření hmotnosti molekul.

Překvapivý objev týkající se dopadu kapek na rovný povrch byl zveřejněn vědci z Chicagské univerzity. Za normálních podmínek jev probíhá tak, že se při dopadu kapka zploští, rozšíří do stran a kolem ní se vytvoří koruna, na jejímž hřebeni se oddělují malé kapičky kapaliny. Při menším atmosférickém tlaku se však překvapivě koruna stává méně výrazná, při tlaku menším než pětina atmosférického tlaku úplně zmizí. Za tento krásný jev tedy může naše atmosféra. Videá dokumentující tento jev jsou k dispozici na webové adrese kauzmann.uchicago.edu.

Zadernou fúzi za pokojové teploty realizovali Brian Naranjo, Jim Gimzewski a Seth Putterman. Hlavní součástí zařízení je pyroelektrický krystal, materiál známý z mobilních telefonů, kde se používá k filtrování signálů. Při zahřívání pyroelektrického krystalu dochází k polarizaci dielektrika a u jeho povrchu vznikne velké elektrické pole. Jmenovaní fyzici umístili krystal ve vakuové komoře tak, aby se jednou stěnou dotýkal měděného disku opatřeného wolframovou špičkou. Po ochlazení a zahřátí krystalu vzniká u wolframové špičky elektrické pole s intenzitou až $2,5 \cdot 10^{10} \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$, které ionizuje okolní atomy deuteria a zároveň silně odpuzuje vzniklá jádra. Jádra deuteria jsou tak urychlena, dopadají na pevný terč obsahující deuterium a vyvolávají reakci ${}^2_1\text{D} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$, kde vzniklý neutron má energii 2,45 MeV. Dosavadní experimenty ale poskytují jen malé množství energie, proto vědci připravují analogické experimenty s tritiem ochlazeným na nízké teploty. Doplnující informace včetně obrázků a videí jsou k dispozici na webové adrese <http://rodan.physics.ucla.edu/pyrofusion>.

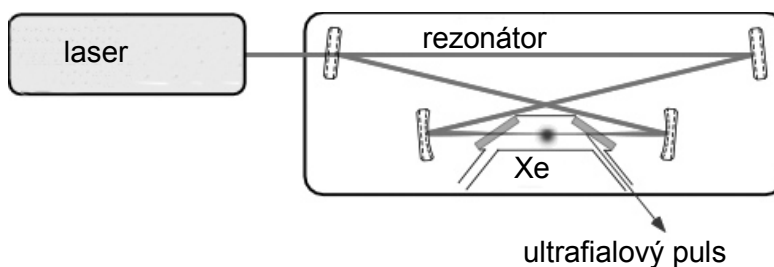
Také teoretickým fyzikům zkoumajícím kvarkovou strukturu částic se podařil významný objev. Andreas Kronberg spolu se svými spolupracovníky použil metodu označovanou jako kvantová chromodynamika na mříži (lattice quantum chromodynamics)

k výpočtu hmotnosti hadronů (elementárních částic složených z kvarků). Metoda předpokládá, že se kvarky v částicích nacházejí v uzlech jakési „krystalové mřížky“ a interagují navzájem prostřednictvím gluonů rozmístěných podél spojnice kvarků. Dosavadní výpočty hmotností částic byly na úrovni 10% nepřesnosti, Davies zpřesnil v roce 2003 výpočty na 2 %. Lepší pochopení chování lehkých kvarků a pokrok ve výpočetní technice umožnil nyní zlepšení přesnosti až na zlomek procenta. Kronberg s kolegy vypočetl hmotnost B-mezonu (částice, která je složena z půvabného kvarku a spodního antikvarku) na $(6304 \pm 20) \text{ MeV} \cdot c^{-2}$, c je rychlost světla ve vakuu. Předpověď byla prakticky okamžitě potvrzena experimenty, z nichž vyšla hmotnost $(6287 \pm 5) \text{ MeV} \cdot c^{-2}$.

Další objev spadá do oblasti fyziky elementárních částic. Fyzikům pracujícím na urychlovači SLAC (Stanford Linear Accelerator Center) se podařilo experimentálně proměřit závislost slabé interakce na vzdálenosti interagujících částic. Protože slabá interakce je jednou ze čtyř základních interakcí společně s interakcí elektromagnetickou, gravitační a silnou, lze proměření závislosti síly na vzdálenosti přirovnat k fundamentálním experimentům Coulombovým a Cavendishovým. Vzájemné působení dvou elektronů je při vzdálenostech větších než rozměr atomu popsáno právě Coulombovým zákonem. Při menší vzdálenosti se však projeví i další jevy, zejména to, že jsou interagující částice obklopeny mračny virtuálních částic (kvarky, elektrony, W- a Z-bozony), které částečně odstíní interagující náboje. Výsledkem je pak rychlejší pokles síly s rostoucí vzdáleností částic. Právě tuto očekávanou závislost potvrdilo zmíněné měření.

Supratekutosti plynu tvořeného páry neutrálních atomů ${}^6_3\text{Li}$ dosáhli fyzici v Massachusettském institutu technologií (MIT). Jedná se teprve o druhý případ supratekutosti fermionů, prvním byla supratekutost kapalného ${}^3_2\text{He}$. Supratekuté vlastnosti mají atomy lithia při nízkých teplotách, ve stavu Boseho-Einsteinova kondenzátu (BEC).

Svěma týmy fyziků se nezávisle podařilo realizovat ultrafialový frekvenční hřeben. Toto zařízení dokáže z viditelných pulsů laseru vytvořit pulsy v energetičtější, ultrafialové oblasti. Princip zařízení je takový, že pulsy získané v červené oblasti spektra jsou udržovány v optické dutině (s rozměry odpovídajícími celočíselnému násobku vlnových délek pulsů) a když jejich souhrnná energie dosáhne dostatečné hodnoty, dojde k ionizaci atomů xenonu umístěných v dutině. Při rekombinaci pak dochází ke vzniku ultrafialového pulsu a frekvence záření pulsu je celočíselným násobkem frekvence původního. Tento způsob získání pulsního ultrafialového záření je levný a fyzici očekávají jeho velké praktické využití, stejně jako realizace hřebenu v optické oblasti (oceněná Nobelovou cenou za fyziku v roce 2005) umožnila vylepšit atomové hodiny a zpřesnit spektroskopii. A proč se zařízení nazývá hřeben? Protože frekvence získané z červeného světla laseru se Fourierovou transformací mění na sadu impulsů rovnoměrně frekvenčně rozložených.



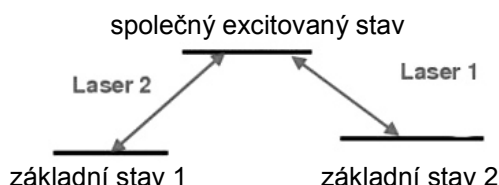
Zařízení KamLAND k detekci neutrin pomocí podzemní nádrže s 1000 tunami kapaliny dosáhlo dalšího zajímavého objevu. Pomocí detektoru totiž byla zachycena elektronová antineutrina

pocházející (jak odpovídá energii antineutrin) pravděpodobně z rozpadu $^{238}_{92}\text{U}$ a $^{232}_{90}\text{Th}$ v nitru Země. Objev umožní fyzikům lépe poznat jeden z procesů zodpovědných za udržování horkého nitra naší planety (druhým procesem je zbytkové teplo z doby formování Země).

Fyzici z innsbrucké univerzity úspěšně vytvořili v Boseho-Einsteinově kondenzátu atomů rubidia molekulu Rb_2 .

Molekula vznikla jevem nazývaným fotoasociace (dopadem fotonu se atomy spojí a vytvoří molekulu). Protože dopadající foton může nejen vytvořit mole-

kulu, ale může i vzniklou molekulu rozdělit zpět na atomy, využili vědci tzv. temný stav, v němž nemůže být světlo pohlcováno. Temný stav je charakterizován třemi kvantovými energetickými stavy: dva jsou základní a jeden excitovaný. Dopadají-li současně na soustavu



laserové paprsky odpovídající excitaci z obou základních stavů do excitovaného stavu, navzájem se „ruší“ a k excitaci nedojde. V experimentu v Innsbrucku jeden z dopadajících laserových paprsků zároveň vedl ke vzniku molekuly.

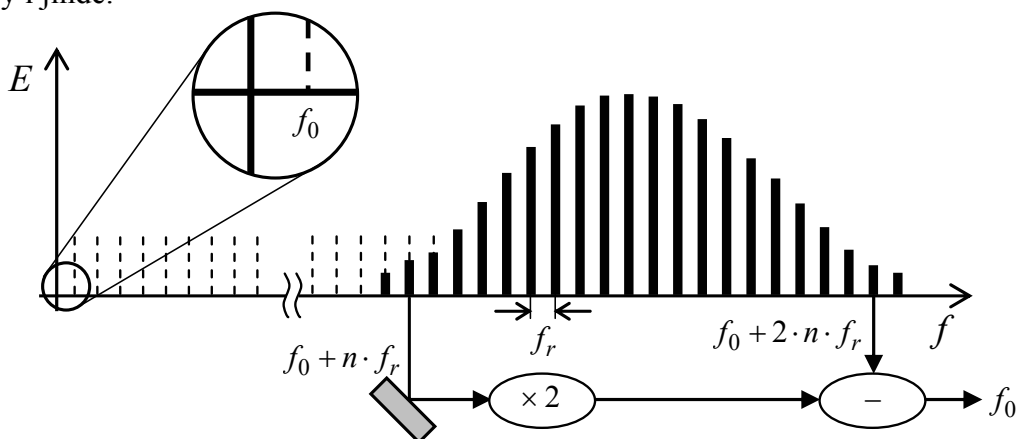
Uřčování účinnosti chřipkové vakcíny bylo až dosud převážně problémem lékařským a biologickým. Ukazuje se však, že mnohem účinnějším nástrojem pro posuzování účinnosti by mohly být metody statistické fyziky. Michael Deem společně se svými spolupracovníky zkoumal těmito metodami mutace chřipkového viru za posledních 35 let s ohledem na změny, ke kterým dochází u bílkoviny hemagglutinin (označovaným v lékařství H). Ukázali, že každá molekula H má pět míst (epitopů), ve kterých dochází ke spouštění tvorby protilátek různým tempem. Přitom odhalili, že jeden z epitopů má pro mutaci viru dominantní význam.

Hydrofobní voda, tedy voda nesnášející vodu? I když toto spojení vypadá jako naprosto nesmyslné, fyzici i něco takto pozoruhodného již pozorovali. Na platinovou podložku umísťovali při teplotách nižších než 60 K jednotlivé molekuly vody. Molekuly zůstaly ležet na místě. Při vyšších teplotách se začaly pohybovat a vytvořily malé ostrůvky tenoučké, jednomolekulové vrstvy ledu. Při přidání dalších molekul vody nedošlo k nárůstu tloušťky ledové vrstvy, ale molekuly zaplnily mezery mezi ledovými ostrůvky, až byla celá platinová podložka pokryta jednomolekulovou vrstvičkou ledu. Protože molekuly ve vrstvičce mají všechny vazby zaplněné, přidáním další vody nevznikne další vrstva ledu, ale molekuly „stečou“ z ledu. Takový zajímavý stav vody se podařilo vědcům pozorovat vůbec poprvé. Přitom zkoumání tohoto stavu může mít velký význam pro vysvětlení vzniku ledových částic na kondenzačních jádrech v mracích.

Nobelovu cenu za rok 2005 získali: jednu polovinu Roy Glauber z Harvardské univerzity v Cambridge za příspěvek ke kvantové teorii optické koherence a druhou polovinu John Hall z JILA a z Coloradské univerzity v Boulderu a Theodor Hänsch z Institutu Maxe Plancka pro kvantovou optiku v Garchingu a z Ludwigo-Maximilianovy univerzity v Mnichově za příspěvek k rozvoji přesné laserové spektroskopie, včetně metody frekvenčního optického hřebene.

Roy Glauber v roce 1963 publikoval práci, v níž pomocí kvantové fyziky popsal fotoelektrickou detekci, která zcela odpovídá pozorování, a to i v případě detekce několika fotonů nebo dokonce jen jednoho fotonu. Pomohl si tím, že i elektromagnetická pole popisuje jako kvantovaná. Pomocí své teorie například vysvětlil kvantový hluk, tedy neustálé a neodstranitelné fluktuace světla, a umožnil vznik a rozvoj kvantové kryptografie.

Hall a Hänsch vyvinuli neobyčejně přesnou metodu pro měření frekvence světla, která umožňuje určit frekvenci na 15 cifer! Metoda frekvenčního optického hřebene (její využití v ultrafialové oblasti již bylo popsáno výše) je založena na tom, že jednotlivé (často femtosekundové) pulsy generované laserem jsou složeny jako v akustice ze základní frekvence a několika vyšších harmonických. Jejich frekvence jsou dány vzdáleností zrcadel v laseru a počtem vlnových délek na této vzdálenosti. Frekvenční spektrum pulsů, tedy závislost intenzity světla na frekvenci, je čárové, přičemž vzdálenosti sousedních čar (f_r) jsou stejné a připomínají „hřeben s nestatečně dlouhými hroty“ – odtud pochází název metody. Základní frekvence f_0 je zatím neznámá. Jestliže však metodami nelineární optiky zvětšíme všechny frekvence optického hřebenu na dvojnásobek, n -tá čára zvýší svoji frekvenci z $f_0 + n \cdot f_r$ na $2 \cdot (f_0 + n \cdot f_r)$. Odečteme-li od ní frekvenci původní $2 \cdot n$ -té čáry s frekvencí $f_0 + 2 \cdot n \cdot f_r$, je výsledkem hledaná frekvence f_0 . Uvedená metoda má velký význam při testování obecné teorie relativity, při konstrukci přesných atomových hodin, při přesném měření konstanty jemné struktury i jinde.



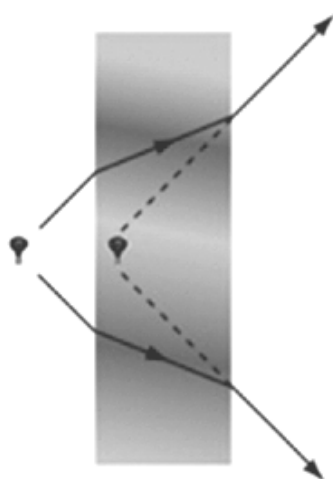
Poblasti nanotechnologií se podařilo v roce 2005 vytvořit a otestovat „chodící molekulu“. Jedná se o molekulu 9,10-dithioantracenu. Jestliže je molekula umístěna na pevné podložce (autoři použili měděnou destičku běžně používanou pro výrobu mikročipů) a zahřejeme ji nebo ji „šťouchneme“ hrotem skenovacího tunelového mikroskopu, začne se pohybovat podobně, jako se pohybují lidé při chůzi. Jedna „noha“ molekuly se opírá o podložku a brání rotaci molekuly, zatímco druhá „noha“ se přesouvá vpřed. Pak si obě „nohy“ role vymění a molekula se pohybuje přímočaře. Při provedeném experimentu molekula ušla 10 000 kroků. Animaci pohybu molekuly si můžete prohlédnout na webové adrese <http://www.chem.ucr.edu/groups/bartels/>.

Němečtí a francouzští fyzici pozorovali akustickou obdobu Hallova jevu. Hallův jev popisuje situaci, kdy se při průchodu elektrického proudu vodičem umístěným v magnetickém poli elektrony ve větším počtu vyskytují u jedné z bočních stěn vodiče. Vědci umístili do magnetického pole vzorek látky neobsahující volné elektrony a ochladili jej na 5 K. Když jej pak na jedné straně zahřívají, objevil se na bočních stěnách malý, ale bez problémů měřitelný rozdíl teplot zhruba jedné tisíce kelvinu.

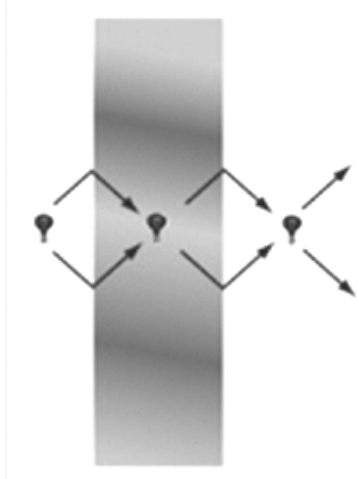
Tým fyziků vedený Paulem Kwiatem z illinoiské univerzity poprvé demonstroval vícenásobné propletení (hyper-entanglement) dvou fotonů. Propletený stav dvou nebo více částic je takový kvantový stav, v němž nemá smysl hovořit o stavech jednotlivých částic. Jestliže změříme, že jedna částice se nachází v určitém stavu, je tím automaticky znám stav i pro druhou částici. Až dosud bylo známo propletení částic pouze prostřednictvím jedné fyzikální veličiny. Tou byl nejčastěji spin částic. V experimentu provedeném týmem P. Kwiaty bylo poprvé pozorováno vícenásobné propletení fotonů. Foton se po vlnutí do optického krystalu rozpadl na dva fotony s menší energií, přičemž oba fotony měly naprosto stejnou energii, hybnost i polarizaci.

Vynikající čočku pro infračervené záření středních vlnových délek představili fyzici z texaské univerzity na konferenci Optické společnosti USA „Hranice v optice“. Podařilo se jim sestavit rovinnou čočku, která zobrazuje bodový zdroj infračerveného záření do ohniskové roviny na opačné straně čočky, a to do skvrnky o rozměru rovném zhruba osmině vlnové délky použitého záření. Čočka je tvořena tenkou vrstvičkou karbidu křemíku (s tloušťkou 400 nm) po obou stranách obklopenou 200 nm oxidu křemičitého. Zvláštní optické vlastnosti takové čočky jsou dány zápornou permitivitou materiálu čočky. V popsaném experimentu destička fungovala pro infračervené záření s vlnovou délkou 11 μm a fyzici jsou přesvědčeni, že se jim brzy podaří stejným způsobem vyrobit i čočku pro blízké infračervené záření. Čočky vyrobené tímto způsobem nejsou sice vhodné pro použití v běžných lupách nebo v dalekohledech, ale hodí se k zobrazování velkých biologických molekul, které jsou náchylné k poškození ultrafialovým zářením.

Hitem současné optiky je tvorba a zkoumání materiálů se záporným indexem lomu. Jestliže na takový materiál dopadne ze vzduchu paprsek světla, nelomí se jako u jiných materiálů, ale zcela nezvykle (viz obr.). Zatím se daří vyrábět materiály, které mají záporný index lomu v oblasti mikrovln, ale lze předpokládat časem i rozšíření do oblasti viditelného záření. Koncem roku 2005 oznámila skupina optiků v čele s Vladimírem Shalaevem vytvoření materiálu, který má záporný index lomu v oblasti blízkého infračerveného záření. Jejich vzorek má index lomu $-0,3$ v oblasti vlnové délky 1,5 μm (velmi blízké optické oblasti spektra). Tato oblast se využívá k vláknové telekomunikaci. Jedná se o



chod světla prostředím
s kladným indexem lomu



chod světla prostředím
se záporným indexem lomu

materiál tvořený malými zlatými pruty zasazenými v matici z dielektrického materiálu. Vzorek má zatím bohužel příliš velkou pohltivost, ale i tak znamená významný posun v hledání materiálů se záporným indexem lomu v optické oblasti, jejichž užití se předpokládá ve zcela nových čočkách, anténách, světlovodech. Materiály se záporným indexem lomu budou ovšem znamenat přelom i v dalších oblastech optiky, například v oblasti optického snímání, nanozobrazování apod.

Ráz částic principem relativity¹

Jan Obdržálek*, Matematicko-fyzikální fakulta UK Praha

Článek řeší jasně a velmi jednoduše klasickou srážku dvou částic prostřednictvím těžišťové soustavy. Problematika je ilustrována dvouminutovým multimediálním programem, který je zájemcům k dispozici ke stažení [2].

O CO JDE

Dvě částice se srazí. Známe jejich hmotnosti m , M a rychlosti $\vec{v}_a$, $\vec{V}_a$ před srážkou v obecné inerciální soustavě $\mathcal{L}$ (laboratorní soustava); hledáme rychlosti $\vec{v}_z$, $\vec{V}_z$ po srážce. Je to standardní úloha, viz např. [1]. Ale když už máme za sebou ten Světový rok fyziky 2005, tak si pomůžeme principem relativity²: místo složitěho počítání ze zákonů zachování energie a hybnosti v $\mathcal{L}$ výsledek v těžišťové soustavě $\mathcal{T}$ snadno uhadneme. V ní budeme odpovídající rychlosti namísto v značit u . (V multimediálním programu [2], který novou metodu názorně ilustruje, se místo u používá červené v .)

Napišeme-li zákon zachování hybnosti a energie

$$m \cdot \vec{v}_a + M \cdot \vec{V}_a = m \cdot \vec{v}_z + M \cdot \vec{V}_z$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_a^2 + \frac{1}{2} \cdot M \cdot V_a^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_z^2 + \frac{1}{2} \cdot M \cdot V_z^2,$$

vidíme ihned jedno řešení: $\vec{v}_z = \vec{v}_a$, $\vec{V}_z = \vec{V}_a$. (Má mj. roztomilou interpretaci: částice se nestrefily...) Druhá rovnice je kvadratická, očekáváme proto ještě jedno řešení. Analogické řešení $\vec{v}_z = -\vec{v}_a$, $\vec{V}_z = -\vec{V}_a$ jí sice vyhovuje, nevyhovuje však první rovnici, protože mění znaménko pravé strany. Co s tím?

Jsme-li samouci, vyjádříme z první rovnice $\vec{V}_z$ pomocí $\vec{v}_z$ a dosadíme do druhé rovnice, čímž dostaneme kvadratickou rovnici pro $\vec{v}_z$, a tu vyřešíme podle vzorce. Protože jde o případ jednorozměrný, můžeme si ušetřit vektorový zápis. Řešení je jasné, ale dost nepříjemné a zdouhavé, snadno uděláme chybu. (Lze to za trest uložit dobrému, ale nepozornému žákovi...)

Ve škole nás naučili chytrou věc: převedeme v obou rovnicích na levou stranu proměnné týkající se jedné částice, na pravou proměnné týkající se druhé částice, a pak druhou rovnici vydělíme první. Hned se to zjednoduší. (Ale jak na to proboha přišli?)

Tedy si ukážeme, že přechodem do těžišťové soustavy $\mathcal{T}$ se úloha takřka vyřeší sama: v první z rovnic jsou obě strany rovny nule, takže změna znaménka při volbě $\vec{v}_z = -\vec{v}_a$, $\vec{V}_z = -\vec{V}_a$ nyní nevádí – a máme řešení nalezeno!

V těžišťové soustavě $\mathcal{T}$ umíme dokonce stejně snadno vyřešit i složitější případy:

- srážku nejen po přímce, ale i v prostoru, kdy první částice letící původně směrem $\vec{e}$ (řekněme po ose x) letí po srážce v jiném směru $\vec{E}$;
- srážku částečně pružnou ($0 < \alpha < 1$) či nepružnou ($\alpha = 0$).

Ale o tom až v dodatku.

¹ Práce vznikla v rámci grantu FRVŠ 1832/2004.

* jan.obdrzalek@mff.cuni.cz

² Tedy, stačí nám Galileiho princip relativity.

DŮKAZ

Vzpomeňme nyní i *našeho* velikána, Járu Cimrmana, a jako on učiňme úkrok stranou: do těžišťové soustavy $\mathcal{T}$, na kterou se nás nikdo neptal. A hned několik tvrzení:

Tvrzení 1: Částice mají vzájemnou rychlost v_{rel} stejnou jak v laboratorní soustavě $\mathcal{L}$, tak v těžišťové soustavě $\mathcal{T}$.

To je zřejmé: zatímco hodnoty rychlostí závisí na volbě vztažné soustavy, velikost jejich rozdílu na volbě vztažné soustavy nezávisí (v nerelativistické fyzice).

Tvrzení 2: Částice letí v $\mathcal{T}$ proti sobě, a to s rychlostmi co do velikostí převrácenými ke svým hmotnostem.

Lidsky řečeno: je-li druhá částice třikrát lehčí než první, bude její rychlost v $\mathcal{T}$ třikrát větší než rychlost první částice, a ještě bude mít opačný směr (částice letí proti sobě).

Důkaz je samozřejmý, vzpomeneme-li si na obecnou definici rychlosti $\vec{w}$ těžiště platnou v libovolné vztažné soustavě:

$$\vec{w} = \frac{m \cdot \vec{v} + M \cdot \vec{V}}{m + M}.$$

Značme v $\mathcal{T}$ rychlosti písmenem u namísto v z laboratorní soustavy. (V [2] jsou značeny červeným v , ale to by bylo pro černobílou publikaci dost nešikovné.) Protože v soustavě $\mathcal{T}$ těžiště stojí a je tedy $\vec{w}_{\mathcal{T}} = 0$, platí

$$m \cdot \vec{u} + M \cdot \vec{U} = 0,$$

takže vektory $\vec{u}$, $\vec{U}$ mají opačné směry a můžeme je porovnat:

$$\vec{u} : \vec{U} = -m : M,$$

a to jak pro rychlosti před srážkou, tak i po srážce.

Tvrzení 3: V $\mathcal{T}$ má každá částice po pružné srážce rychlost stejně velkou, jakou měla před srážkou, ale s opačným směrem.

Při *každé* srážce se zachovává celková hybnost soustavy, a ta je v $\mathcal{T}$ nulová. Změna znamének u obou rychlostí způsobená srážkou (neboli změna orientace rychlostí) ovšem tuto nulu nezmění. Při pružné srážce se navíc zachovává energie. Ta však závisí jen na u^2 a změnou znaménka u se proto taky nezmění. Máme tedy vedle nezajímavého řešení s nezměněnými rychlostmi konečně druhé řešení

$$\begin{aligned}\vec{u}_z &= -\vec{u}_a, \\ \vec{U}_z &= -\vec{U}_a.\end{aligned}$$

Jistě uznáte, že jednodušeji už to nejde.

A tím jsme hotovi! Už známe v $\mathcal{T}$ rychlosti $\vec{u}_z$, $\vec{U}_z$ po srážce – a jediné, co zbývá, je převést je prostým přičtením rychlosti těžiště $\vec{w} \equiv \vec{w}_{\mathcal{L}}$ zpátky³ do $\mathcal{L}$:

$$\begin{aligned}\vec{v}_z &= \vec{u}_z + \vec{w}, \\ \vec{V}_z &= \vec{U}_z + \vec{w}.\end{aligned}$$

Jednoduché – a logické! A teď rychle příklad, abychom detailně popsali metodiku:

³ Cimrmanův úkrok zpátky...

PŘÍKLAD

25gramová částice s rychlostí $80 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ se čelně srazí s 15gramovou částicí s rychlostí $40 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ v protisměru. Jaké budou mít částice rychlosti po srážce?

Krok 1: Napišeme tabulku se třemi řádky (nadpisy, rychlosti v $\mathcal{L}$, rychlosti v $\mathcal{T}$) a se 7 sloupci; číselné nadepíšeme v_a , V_a , v_{rel} , w , v_z , V_z . (Dolní řádce pochopitelně odpovídají u namísto v .) Byl-li pohyb podél osy x , pak zapisujeme do tabulky x -ové souřadnice, a proto nepíšeme šipky. Všechny veličiny mají stejnou jednotku (zde $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$); pro přehlednost ji také nepíšeme.

Zapišeme ihned to, co známe: v_a , V_a , a vypočteme $v_{\text{rel}} = u_{\text{rel}} = v_a - V_a$.

	v_a	V_a	v_{rel}	w	v_z	V_z
$\mathcal{L} (v)$	80	-40	120			
$\mathcal{T} (u)$			120	0		

S výpočtem $w_{\mathcal{L}}$ se nenamáháme; vyjde nám samo. V dolní řádce je $w_{\mathcal{T}} = 0$, je to těžišťová soustava.

Krok 2: Vzájemnou rychlost $v_{\text{rel}} = 120$ rozdělíme v převráceném poměru hmotností, tedy v poměru $15 : 25$. Protože $15 + 25 = 40$, dostaneme $u_a = 15 \cdot \frac{120}{40} = 45$ a $U_a = -25 \cdot \frac{120}{40} = -75$.

Tabulka teď vypadá takto:

	v_a	V_a	v_{rel}	w	v_z	V_z
$\mathcal{L} (v)$	80	-40	120			
$\mathcal{T} (u)$	45	-75	120	0		

Krok 3: Nyní doplníme hodnoty $u_z = -u_a$ a $U_z = -U_a$.

	v_a	V_a	v_{rel}	w	v_z	V_z
$\mathcal{L} (v)$	80	-40	120			
$\mathcal{T} (u)$	45	-75	120	0	-45	+75

Všimněme si, že vždy je u_a kladné a U_a záporné, a naopak u_z záporné a U_z kladné!

Krok 4: Teď teprve doplníme $w_{\mathcal{L}}$ jako rozdíl hodnot $v_a - u_a$ z prvního sloupce (zde tedy +35); samozřejmě bude též jako ze druhého sloupečku $V_a - U_a$. A teď už zbývá jen doplnit v_z a V_z prostým přičtením „zezdoila nahoru“ téže hodnoty, tedy $w_{\mathcal{L}}$. Tím je tabulka hotova a úloha vyřešena. Pro kontrolu: ve sloupci v_{rel} je v obou řádcích táž hodnota, ve všech ostatních je horní řádek o $w_{\mathcal{L}}$ větší než spodní.

	v_a	V_a	v_{rel}	w	v_z	V_z
$\mathcal{L} (v)$	80	-40	120	35	-10	110
$\mathcal{T} (u)$	45	-75	120	0	-45	+75

Není to hezoučké a jednoduché?

DODATEK

Právě jsme vyřešili pružný jednorozměrný ráz. Ukážeme, že stejně jednoduchým postupem můžeme vyřešit i složitější úlohy – tak, jak jsme to na začátku slíbili.

Ráz částic v prostoru

Předpokládejme, že částice původně letěly podél osy x s jednotkovým vektorem $\vec{e}$, a že po srážce letí první částice obecně v jiném, daném směru $\vec{E}$. Pak už nám nebude stačit tabulka s prostým číslem – složkou do osy x (pro puntíčkáře: s jednorozměrným vektorem značeným proto bez šipky), ale musíme vše psát vektorově. Rychlosti $\vec{u}_z$, $\vec{U}_z$ ze 3. kroku budou opět číselně stejné, ale budou znamenat hodnotu složky ve směru $\vec{E}$, a neměníme proto znamínko (to už obstaral směr vektoru $\vec{E}$ vůči $\vec{e}$). K nim se přičte ve 4. kroku složka $\vec{w}_L$ stejná jako dříve, tj. ve směru osy x . Tabulka teď bude mít naprosto logický tvar

	$\vec{v}_a$	$\vec{V}_a$	$\vec{v}_{\text{rel}}$	$\vec{w}$	$\vec{v}_z$	$\vec{V}_z$
$\mathcal{L}(v)$	$80\vec{e}$	$-40\vec{e}$	$120\vec{e}$	$35\vec{e}$	$45\vec{E}+35\vec{e}$	$-75\vec{E}+35\vec{e}$
$\mathcal{T}(u)$	$45\vec{e}$	$-75\vec{e}$	$120\vec{e}$	$\vec{0}$	$45\vec{E}$	$-75\vec{E}$

(Pečlivý čtenář jistě ocení, že nyní, ve 3D, již sloupce šipky nad symboly mají.)

Ráz částečně pružný

Ten je charakterizován *součinitelem restituace* α , udávajícím poměr vzájemných rychlostí po srážce a před ní: $\alpha = \frac{|\vec{v}_z - \vec{V}_z|}{|\vec{v}_a - \vec{V}_a|} = \frac{|\vec{u}_z - \vec{U}_z|}{|\vec{u}_a - \vec{U}_a|}$.

To už dává návod k řešení: při kroku 3 zapíšeme jako výsledné rychlosti nikoli $\vec{u}_z = -\vec{u}_a$, resp. $\vec{U}_z = -\vec{U}_a$, ale rychlosti přiměřeně zmenšené, tedy $\vec{u}_z = -\alpha \cdot \vec{u}_a$, resp. $\vec{U}_z = -\alpha \cdot \vec{U}_a$. Je-li tedy např. součinitel restituace $\alpha = \frac{3}{5}$, bude mít tabulka tvar

	v_a	V_a	v_{rel}	w	v_z	V_z
$\mathcal{L}(v)$	80	-40	120	35	8	80
$\mathcal{T}(u)$	45	-75	120	0	-27	+45

	$\vec{v}_a$	$\vec{V}_a$	$\vec{v}_{\text{rel}}$	$\vec{w}$	$\vec{v}_z$	$\vec{V}_z$
$\mathcal{L}(v)$	$80\vec{e}$	$-40\vec{e}$	$120\vec{e}$	$35\vec{e}$	$27\vec{E}+35\vec{e}$	$-45\vec{E}+35\vec{e}$
$\mathcal{T}(u)$	$45\vec{e}$	$-75\vec{e}$	$120\vec{e}$	$\vec{0}$	$27\vec{E}$	$-45\vec{E}$

Při **nepružném** rázu je $\alpha = 0$; obě částice tedy zůstanou stát v těžišti a $\vec{u}_z = \vec{U}_z = \vec{0}$. V původní (laboratorní) soustavě se tedy společně pohybují rychlostí těžiště $\vec{w}_L$ a tabulka se zjednoduší takto:

	$\vec{v}_a$	$\vec{V}_a$	$\vec{v}_{\text{rel}}$	$\vec{w}$	$\vec{v}_z$	$\vec{V}_z$
$\mathcal{L}(v)$	$80\vec{e}$	$-40\vec{e}$	$120\vec{e}$	$35\vec{e}$	$35\vec{e}$	$35\vec{e}$
$\mathcal{T}(u)$	$45\vec{e}$	$-75\vec{e}$	$120\vec{e}$	$\vec{0}$	$\vec{0}$	$\vec{0}$

LITERATURA

- [1] Halliday D. a kol.: *Fyzika*. VUTIUM Brno, Prometheus Praha, 2000.
 [2] < <http://utf.mff.cuni.cz/~jobdr/> > *J. Obdržálek* (česky), soubor raz.zip (3,4 MB).

Klaudios Ptolemaios

Vladimír Štefl, Ústav teoretické fyziky a astrofyziky PF, MU Brno

O málokteré historické osobnosti se vedou ještě dva tisíce roků po její smrti tak prudké a vyhrocené spory, jako o antickém vědci **Klaudiu Ptolemaiovi (90–165)**. Jeho obraz je dodnes považován za nejasný a místy i rozporuplný. V každém případě však zajímavý a podnětný pro současnou dobu. Ptolemaios svým důsledným matematickým přístupem položil základy vědecké astronomie, geografie a optiky, přispěl i k rozvoji matematiky samotné.

Jedním z nejdůležitějších úkolů astronomie v Ptolemaiově době bylo „zachránit jevy“, v původním řeckém znění „*sozein ta fainomena*“, v latinském překladu „*salvare apparentia*“. Při poznávání přírody v pozdní antice byly úlohy rozděleny. **Fyzikos** postupoval jako filozof, vysvětloval přírodu z vyšších příčin, podával kauzální vysvětlení přírodních jevů. Příslušelo mu právo vyvozovat závěry o skutečném uspořádání přírody. Naopak **matematikos** toto právo neměl, jeho úkolem bylo pouze propočítat, jak budou přírodní děje probíhat a jak se nám budou jevit. Cílem bylo najít takový způsob výpočtu, jehož výsledek by dosáhl optimálního souhlasu s pozorováními. Právě antická astronomie byla vzorovým příkladem „matematické disciplíny“.



Město Alexandrie, ve kterém probíhal osobní život a vědecká činnost Klaudia Ptolemaia, bylo založeno Alexandrem Makedonským (356–323) roku 323 př. n. l. z původně malé rybářské vesnice. Později se stalo hlavním městem nové dynastie panovníků – Ptolemaiovců, jejíž poslední panovnicí byla známá královna Kleopatra VII. (69–30 př. n. l.), která roku 30 př. n. l. spáchala sebevraždu. Samotný astronom však nebyl v žádném příbuzenském vztahu k vládnoucí dynastii Ptolemaiovců. Počátkem 2. stol. n. l. byla Alexandrie na svoji dobu velkým městem, žilo v ní asi 30 000 obyvatel. Byla obchodním střediskem s rozsáhlým přístavem, který ji spojoval s Římem, Athénami a dalšími městy v oblasti Středozemního moře.

Osobní život i pracovní činnost astronoma probíhaly v podmínkách začínajícího úpadku společnosti, Klaudios Ptolemaios byl poslední v řadě výrazných osobností v Alexandrii. Před ním v městě působili např. matematik Euklides (365–300), astronom Aristarchos ze Samu (310–250), matematik a fyzik Archimedes (287–212), astronom a geograf Eratosthenes (276 až 194), astronom Hipparchos (190–120), fyzik a inženýr Heron z Alexandrie (150–100).

Alexandrijská knihovna byla založena v době panování Ptolemaia II. Filadelfa (282–246) a nacházela se v ní všechna základní vědecká a literární díla. Skládala se ze dvou dílčích knihoven Brucheion a Serapeion, které spravovali největší učenci své doby, jako např. již zmiňovaný Eratosthenes, který ji vedl od roku 225 př. n. l. Koncem 1. stol. př. n. l. bylo v knihovně přibližně 700 tisíc papyrusových svitků. Základní knihovna Brucheion shořela v roce 48 př. n. l. při obléhání města Gaiem Juliem Caesarem (100–44).

Celá knihovna byla součástí Múseion, ve kterém byly rovněž zoologická zahrada, botanický sad, anatomická laboratoř i astronomická pozorovatelná. V budovách muzea žili knihovníci a učenci, s kterými se Ptolemaios každodenně stýkal. Vzdělávali se zde budoucí inženýři,

lékaři, zeměpisci, matematici, astronomové a úředníci státní správy. Přes desítku velkých čítáren mohlo navštěvovat až tisíc studentů. Múseion byl téměř šest století finančně podporován egyptskými panovníky.

Důležitým Ptolemaiovým přínosem pro rozvoj fyzikálních věd byly jeho práce v optice. Termín optika pochází z řeckého *opsis* – **zrak** a v antice se jím označovala věda o zraku. Vedle toho existovala **katoptrika**, věda o odrazu paprsků světla od lesknoucích se povrchů a dále **dioptrika**, zabývající se lomem světla a optickými měřeními.

V astronomickém spise *Almagest* byly často připomínány optické jevy, např. refrakce. Ptolemaios vysvětloval, že refrakce narůstá při přechodu od zenitu k horizontu, kde dosahuje měřitelných hodnot. Rovněž posuzoval problematiku zdánlivého zvětšování pozorovaných průměrů Slunce a Měsíce u horizontu. Jev objasňoval zvětšováním vlhkosti v atmosféře na dráze optického horizontálního paprsku!

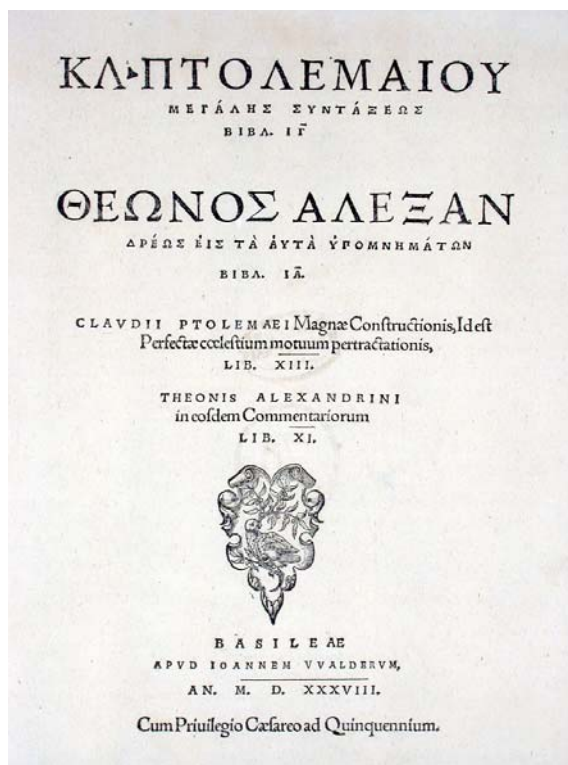
Podrobnější výklad optických jevů je podáván až ve spise **Optika**, který byl sepsán později než *Almagest*. Skládal se z pěti knih, jež byly věnovány problematice světla a lidského zraku, podmínkám zrakového vnímání, ale také optickému klamu, zákonům odrazu a teorii plochých a vypuklých zrcadel, zakřivených, kónických a pyramidálních zrcadel i dioptrice s podrobným rozbořem refrakce.

Velkou popularitu měla Ptolemaiova **Geografická příručka** v osmi knihách, známá pod zkráceným názvem **Geografie**. Svým rozsahem a kompendičností ji lze srovnat s *Almagestem*. Součástí spisu bylo původně dvacet sedm map, jedna velkého světa a dvacet šest regionálních, které zachycovaly celou tehdy známou část světa. Při sestavování map, určování poloh měst či jiných význačných bodů, používal matematický přístup. Základní pozornost věnoval problematice matematické geografie a kartografie. Ve spisu jsou topograficky popisovány jednotlivé regiony. **Geografie** byla napsána v první třetině 2. st. n. l. a sehrála významnou roli při vzniku geografie, analogické *Almagestu* v astronomii.

Kromě jiných Ptolemaios vytvořil mapu Velké Germánie, jejíž součástí je i území vymezené dnešní Českou republikou, Slovenskem a Polskem. Na mapě lze identifikovat některé útvary, jako například **Sudete oré**, jako širší vymezení pohraničních pohoří a lesů mezi Německem a Českem. Na křižovatkách stezek lze s jistou pravděpodobností najít např. sídelní lokalitu **Eburon** – prostor jižně od Brna mezi dnešní Blučinou, Židlochovicemi a Brnem.

Přejdeme však k hlavnímu Ptolemaiovu dílu – *Almagestu*. Jeho název nezvolil Ptolemaios, ale pochází z pozdější doby. Autor napsal spis s řeckým názvem **Μεγάλη συνταξις**, což překládáme nejčastěji jako **Velká skladba**. Samotný Ptolemaios v odkazech na svoji knihu ji často nazývá **Μαθηματικὴ συνταξις**, což znamená **Matematická skladba**, respektive **kompendium**. Arabští překladatelé zřejmě z úcty k autorovi či prostou záměnou slov v názvu zaměnili **megalé μεγάλη** (velká) a **megisté μεγίστη** (největší). Proto Arabové Ptolemaiovu knihu nazývali **Al Magisti**, odkud pochází i latinizovaný název *Almagest*. Vznikl při překladu z řečtiny do arabštiny a následně byl přenesen z arabštiny do latiny, nemá však žádnou hlubší souvislost s obsahem spisu.

Ten je značně obšírný, anglický, respektive ruský překlad mají přes 500 stran velkého for-



mátu. **Almagest** byl Ptolemaiem rozdělen na třináct knih, v textu se vyskytují odkazy na jednotlivé knihy. Později prepisovatelé, překladatelé a komentátoři rozčlenili knihy na kapitoly, od pěti do devatenácti kapitol v každé knize, celkem jich je 146. Rozdělení do kapitol nepochází od Ptolemaia, neboť žádné odkazy na čísla kapitol či jejich názvy neexistují. Víme, že v době Pappa z Alexandrie (290–350) již rozčlenění na kapitoly existovalo, ale odlišovalo se od současného. Dochovaný řecký text obsahuje rovněž některé interpretace, které byly vnášeny až pozdějšími prepisovateli.

Almagest je encyklopedickým shrnutím poznatků pozdní antické astronomie, zachycené prostřednictvím geometrie. Přestože se Ptolemaios snažil o srozumitelnost výkladu, je text svým obsahem a zpracováním velmi obtížně sledovatelný. Základní a nezpochybnitelný význam Ptolemaia pro astronomii spočívá v tom, že v **Almagestu** shrnul dřívější starověká i antická pozorování. Shromáždil a utřídil rozsáhlý soubor astronomických údajů, který by jinak byl ztracen. Při jejich zpracování provedl analýzu jejich důvěryhodnosti a přesnosti.

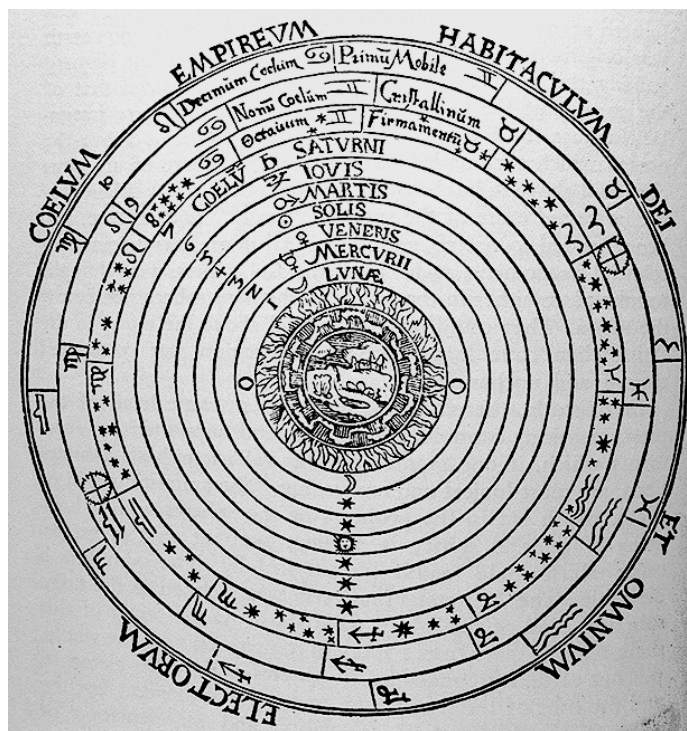
Dále dokončil tvorbu antické astronomické terminologie, řadu pojmů převzal od předchůdců, další zavedl sám, např. **střední denní pohyb Slunce**, **Měsíce** atd. Ve spisu uvádí teorie pohybu kosmických těles, Slunce, Měsíce, planet. U některých z nich zdokonalil jejich výklad, např. evkece pohybu Měsíce, kterou před ním již popsal Hipparchos.

Vlastní přínos Ptolemaia spočívá především ve vypracování výkladu nerovnoměrných a smyčkovitých pohybů planet prostřednictvím skládání rovnoměrných kruhových pohybů po **epicyklech**, jejichž středy se rovnoměrně pohybují po **deferentech**. Pohyb každé planety tak byl modelově zachycen za pomoci celé soustavy deferentů a epicyklů. Pro zvýšení přesnosti zavedl do modelu **ekvant**. Přesnost efemerid planet propočítaných Ptolemaiem byla na úrovni zhruba 10'–25'.

K zachycení pohybu těles po obloze zvolil geocentrickou soustavu, která je ve své podstatě složitější než heliocentrická. Uspořádání kosmických těles charakterizuje Ptolemaios v **Almagestu** takto:

„Především musíme vyložit posloupnost, v jaké jsou položeny sféry planet, které jsou rozloženy kolem pólu šikmého kruhu, procházejícího přes střed zvířetníkových znaků. Všichni staří astronomové jsou zajedno ve dvou bodech. Všechny planetární sféry jsou blíže Zemi než sféra stálic, ale ve větší vzdálenosti od Země než sféra Měsíce. Tři sféry planet – Saturna, Jupitera a Marsu, z nichž sféra Saturna je největší, sféra Jupitera, protože je Zemi blíže, je druhá v pořadí, a sféra Marsu leží pod sférou Jupitera, jsou od Země dále než zbývající planetární sféry a sféra Slunce.

Co se týče sfér Venuše a Merkuru, které starověcí astronomové kladli pod sféru Slunce, někteří jejich následovníci je přesunuli nad tuto sféru, a to proto, že nikdy nebyl pozorován přechod těchto planet před Sluncem. Nezdá se nám však, že by tento zdánlivě rozhodující důvod byl tak průkazný, protože planety mohou být pod Sluncem, aniž bychom je viděli přecházet před jeho povrchem, totiž aniž by se pohybovaly v rovině pro-



cházející Sluncem a naším okem. Mnohem spíše budou v některé jiné rovině a z toho důvodu nenastane žádný pozorovatelný přechod planety před Sluncem.“

Při zpracování pozorovacího materiálu a tvorbě teorie značně zdokonalil matematický aparát astronomie – sférickou trigonometrii. Jím propočítané tabulky byly používány v průběhu dalších staletí. Měly značný praktický význam, schopnost předpovídat polohy kosmických těles na obloze napomáhala rozvoji mořeplavectví a tedy obchodu.

Ptolemaiem rozpracované modely plně zabezpečovaly dostatečnou přesnost pro převládající většinu jakýchkoliv potřeb tehdejší doby. **Almagest** se stal vzorem ve vědeckém přístupu k řešení astronomických problémů prakticky až do Koperníkovy doby. Ovlivnil nejen současníky Ptolemaia, ale i na další generace astronomů, po dobu jednoho a půl tisíce roků se stal nenahraditelným zdrojem astronomických poznatků. Nejprve se dostal k arabským matematikům a astronomům, v arabském překladu dosáhl Evropy v 9. století. Latinský překlad následoval ve 12. století a tištěné podoby se **Almagest** dočkal počátkem 16. století.

Vedle astronomie se Ptolemaios zabýval astrologií, známým se stal především na základě spisu **Tetrabiblos**. V něm ve čtyřech knihách sledoval souvislost událostí na Zemi a jejich ovlivnění kosmickými tělesy, o jejichž poloze nezbytné informace poskytovala astronomie. Na ukázkou uveďme stručné charakteristiky vlivu některých planet podle Ptolemaia:

„Mars hlavně vysušuje a spaluje v souhlasu se svou ohnivou barvou, a protože je blízko Slunce, jehož sféra se nachází přímo pod ním.

Jupiter má mírnou aktivní sílu, protože se pohybuje mezi chladícím vlivem Saturnu a spalující silou Marsu. Zahřívá a zvlhčuje, a protože jeho hřejivá síla je větší díky sféram, které leží pod ním, vyvolává úrodnující větry.

Venuše má stejné síly a mírnou povahu jako Jupiter, ale působí opačně; mírně hřeje, díky své blízkosti Slunci, ale především zvlhčuje jako Měsíc díky množství vlastního světla a proto, že získává exhalace z vlhké atmosféry obklopující Zemi.

O Merkuru se obvykle tvrdí, že v určité době vysouší a pohlcuje vlhkost, protože se nikdy nedostane do zeměpisných délek daleko od žáru Slunce.“

Ptolemaios patří k významným představitelům světové vědy, který ovlivnil nejen evropský vývoj astronomie, geografie, optiky, ale i středověký světonázor. Knížka [1], která o Ptolemaiovi vyšla v nakladatelství Prometheus koncem roku 2005, shrnuje především jeho dílo. Seznamuje čtenáře i s některými nevyjasněnými problémy, např. zda byl či nebyl autorem hvězdného katalogu uvedeného v **Almagestu**.

LITERATURA:

- [1] Štefl V.: *Klaudios Ptolemaios*. Prometheus, Praha 2005.
- [2] Pedersen O.: *A Survey of the Almagest*. Odense University Press, Odense 1974.
- [3] Toomer G. J. *Ptolemy's Almagest*. Princeton University Press, Princeton 1998.

Skutečné oběti Černobylu

Roger Bate, International Policy Network London (přeložil Bohdan Zronek)*

Program rozvoje Spojených národů a UNICEF konečně v nové zprávě připustily fakt, o kterém mnoho vědců a politických činníků ví již léta. Černobyl zabil tisíce lidí nikoliv zářením, ale politikou založenou na radiofóbní hysterii.¹

Výstavy fotografií zohavených obětí, které vydělaly miliony dolarů nátlakovým skupinám a charitativním organizacím, byly zcela klamné. Avšak protijaderní aktivisté sotva přiznají podíl své viny na obětech, které mají na svědomí, neboť by tím podkopali celé svoje tvrzení, že slabé záření je škodlivé. Ve skutečnosti je slabé záření naprosto neškodné.

V období téměř patnácti let od černobylské jaderné katastrofy zemřely tisíce lidí a stovky tisíc novorozenců bylo ovlivněno radioaktivním spadem. Avšak ona **úmrtí jsou způsobená radiofóbií s následnými politickými důsledky a nikoliv nemocmi v důsledku ozáření**. Vědci Spojených národů provedli studii lékařských vlivů Černobylu a podle jejich zjištění skutečnou katastrofou byly psychosomatické poruchy, které vyvolala hysterie sdělovacích prostředků v době po havárii. Tato hysterie podnítila nevhodné vládní operace na území bývalého Sovětského svazu, jako například nucené evakuace obyvatel z lokalit, které mohly být kontaminovány zářením.

Štěpná reakce, která se odehrála v Černobylu (v Sovětském svazu) v dubnu roku 1986, byla tragédií pro stovky zaměstnanců, kteří v tu chvíli pracovali v elektrárně. Asi u jedné třetiny těchto lidí (134) byla diagnostikována akutní nemoc z ozáření. **28 osob z této jedné třetiny zemřelo během prvních čtyř měsíců po havárii**. Od té doby zemřelo 17 pacientů, kteří přežili tuto akutní fázi. Tato pozdější úmrtí byla způsobena gangrénou, kostním sarkomem a jinými chorobami a nehodami, které s ozářením nesouvisí. Pro tyto zaměstnance a jejich rodiny byl Černobyl katastrofou. Avšak pro mnoho dalších být neměl.

Západní sdělovací prostředky předpokládaly ty nejhorší scénáře částečně proto, že neměly přístup k místu tragédie, ale také kvůli prudké radiofóbii, která ovládla západní myšlení od dob jaderného bombardování Japonska během druhé světové války. Britský deník Daily Mail z 29. dubna 1986 zaplnil polovinu úvodní stránky deníku slovy „2 000 mrtvých“. Dále napsal, že mrtví nebyli pohřbeni na hřbitovech, ale v „*lokalitě Pirogovo na skládce radioaktivního odpadu*“.

Další den se v deníku The New York Post objevila informace, že 15 tisíc těl bylo pohřbeno buldozery do jam jaderného odpadu. Později Rada pro ochranu přírodních zdrojů prohlásila, že se ve Střední Evropě a Skandinávii objeví 110 tisíc případů rakoviny způsobené černobylskou havárií. O několik let později, 13. října 1995, agentura Reuters přišla s titulkem „*800 tisíc dětí bylo zasaženo jaderným útokem z Černobylu*“. V průběhu dalších měsíců se BBC, Greenpeace a mnoho evropských deníků přidalo, když uvedly, že desítky tisíc osob zemřelo nebo umírá kvůli ozáření.

Jak prohlásil profesor Zbigniew Jaworowski, lékařský poradce Spojených národů v otázce radioaktivity, „*zřejmě nejdůležitějším faktorem při vytváření černobylské mytologie byl předpoklad, že jakákoliv dávka záření, byť téměř nulová, má nějaké zhoubné účinky*“. Profesor Jaworowski se o této myšlence pře téměř deset let a konečně jej Spojené národy začaly poslouchat. Tato domněnka, na které jsou založeny předpisy na celém světě, se nazývá lineární bezprahová hypotéza (LNT). Podle ní neexistuje žádná prahová hodnota, pod kterou se účinky záření pozorované při vysokých dávkách přestávají objevovat.

Tato hypotéza vyvrací veškeré experimentální a epidemiologické důkazy, což prokazuje nulové škodlivé účinky, ba dokonce prospěšné účinky při slabých dávkách záření. Naše tělo je zjevně schopno se vypořádat s krátkodobým působením záření, které může dokonce stimulovat

* zron.b@seznam.cz

¹ poznámka překladatele: výše uvedené organizace již zpřístupnily danou zprávu na svých webových stránkách (<http://www.techcentralstation.com/1051/envirowrapper.jsp?PID=1051-450&CID=1051-012402A>)

naš imunitní systém a zlepšit naše zdraví. LNT hypotézu lze přirovnat k situaci, kdy by se člověk měl bát teploty 75 stupňů Fahrenheita, protože při 750 stupních Fahrenheita může utrpět smrtelné popáleniny. Na naší planetě existuje mnoho míst (v Norsku, Íránu a dokonce i v Cornwallu v Británii), kde je přirozené záření daleko větší než to, které se objevilo po výbuchu v rozsahu několika kilometrů od Černobylu, a nemá žádné známé škodlivé účinky na lidský organismus.

Následkem černobylské havárie se v Rusku, Ukrajině a Bělorusku mírně zvýšily hladiny záření. Byly zahájeny rozsáhlé programy na sledování radioaktivity v těchto regionech a v ostatních zemích, jako např. v Polsku. Výskyt rakoviny štítné žlázy (forma rakoviny, jejíž výskyt je nejpravděpodobnější po prudkém ozáření) se do roku 1996 nezvýšil. Naopak v běloruském regionu Brestoblast, což byla oblast s druhou nejnižší hladinou záření, byl zaznamenán největší výskyt tohoto druhu rakoviny. V celém Rusku, Bělorusku a Ukrajině se objevilo neuvěřitelné množství 1 800 dětských případů rakoviny štítné žlázy, jak je uvedeno v poslední zprávě, avšak tento stav může být z části způsoben předchozím nedokonalým zpravodajstvím.

Podle švédského radiobiologa profesora Gunnara Walindera je skutečným zdravotním rizikem LNT hypotéza a nikoliv záření. Přesvědčení, že jakékoliv ozáření může být škodlivé, vede k nepřiměřeným postupům stěhování obyvatel před tímto hypotetickým nebezpečím.

Profesor Jaworowski odhaduje, že téměř 5 milionů obyvatel v bývalém Sovětském svazu bylo zasaženo těžkým psychologickým stresem, který vedl k psychosomatickým chorobám. Hlavní stres postihl obyvatele oblastí, o kterých media a vláda informovala, že život v nich je smrtelný. V té době se plánovaly nucené evakuace 850 tisíc nově roztríděných „černobylských obětí“. Nakonec však bylo nuceně přestěhováno 400 tisíc obyvatel.

Mnoho těchto lidí trpělo trávicími, endokrinologickými a jinými potížemi, které nezpůsobilo ozáření. Stěhování obyvatel trvalo více než 5 let a způsobilo rozklad rodin a sítí sociálních komunit, což podle profesora Jaworowského „vystavilo přemístěné osoby nelibosti a vyloučení ze společnosti v nových lokalitách, kde se k nim původní obyvatelé chovali jako k privilegovaným vetřelcům.“ Stěhování postižených obyvatel začalo v oblastech s nejvyšším zářením (hladina záření okolo jedné šestiny intenzity pozadí v Íránu), ale brzy byli přestěhováni i obyvatelé vystavení ozáření v dávkách nižších než v Cornwallu.

Nemocnost a úmrtnost takto přestěhovaných obyvatel byla daleko vyšší než těch, kteří zůstali. A náklady celé operace se vyšplhaly do miliard dolarů. Profesor Jaworowski v jednom ze svých odhadů oceňuje náklady Běloruska na 86 miliard. A zřejmě nejsmutnější ze všeho je, že lékaři provedli téměř dvě stě tisíc potratů chtěných těhotenství, aby tak zabránili neexistujícímu radioaktivnímu poškození plodu. Konečným výsledkem vládní operace, tlaku aktivistů a mediálních kampaní je vytvoření kultury obětí, kde polovina ukrajinské populace tvrdí, že jejich zdraví je nepříznivě ovlivněno Černobylem.

Rozdělit vinu mezi sdělovací prostředky a Nejvyšší Sovět je komplikované. Ale neopodstatněné obavy západních zemí založené na lineární bezprahové hypotéze nepochybně podpořily program masové evakuace, kterou sovětské úřady provedly.

Černobyl byl vůbec nejhorší havárií špatně navrženého, zkonstruovaného a řízeného atomového reaktoru s únikem značného množství radioaktivních nuklidů do ovzduší. Avšak podle komise Spojených národů, která se zabývá účinky atomového záření, počet obětí vlastní nehody a jejích přímých důsledků je 41 osob.

Z řad veřejnosti se neobjevila žádná předčasná úmrtí. Patnáct let po nehodě neexistuje žádný důkaz výrazného vlivu na zdraví veřejnosti v souvislosti s ionizujícím zářením kromě zaznamenaného zvýšení výskytu rakoviny štítné žlázy (pravděpodobně způsobeného spíše zvýšeným rentgenováním² než skutečným nárůstem výskytu). Nebyl pozorován žádný nárůst celkového výskytu rakoviny či úmrtnosti, který by mohl být spojován s radioaktivitou. Špatné postupy založené na zastaralých vědeckých znalostech způsobily daleko více smrtelných případů.

² Pozn. překladatele: v originále screening – zde může znamenat „rentgenování“, případně „kontrola radioaktivity“.

Jedná se o bizarní obvinění protiatomového světa, ve kterém žijeme. Doufejme, že poslední zpráva Spojených národů změnila současné chápání. Ať se vám z těchto faktů netají dech.



Zamyšlení nad knihou Fyzikální veličiny a jednotky SI s výkladem pro školu a technickou praxi*

Jiří Langer**, Ústav teoretické fyziky MFF UK, Praha

*Proto se jméno jeho nazývá Babel (to je Zmatek),
že tam Hospodin zmátl řeč veškeré země
Genesis 11*

Voltaire si kdysi povzdechl, že nebýt aféry s babylonskou věží, vše by bylo jednodušší, protože celý svět by mluvil francouzsky. Byla v tom sice ironie mířená na francouzskou národní pýchu, je ale pravda, že metrický systém, který vcelku úspěšně vnesl řád do babylonského zmatku historických jednotek měr a vah, je dítkem Velké francouzské revoluce. Metrický systém byl přijat i jako základ soustav jednotek fyzikálních veličin.

Tím ovšem nebyl babylonskému zmatení konec. Vznikla řada soustav jednotek, lišících se definicí jednotek odvozených veličin jako je síla, práce, tlak, byť založených na metrickém systému, definicí materiálových konstant apod.

Pak i k nám přišel Zákon – jeho živý představitel se jmenuje č. 550/1990 Sb. – a nařídil užívání soustavy jednotek SI. Řekne-li vám tedy instalatér, že vám někde dá půlcoulovou trubku, nebo lékař vám udá tlak jako 130/80, aniž to vyjádří v pascálech, můžete je asi žalovat pro porušení zákona (raději to ale nezkoušejte, chcete-li aby vám tekla voda a vyhnuli jste se infarktu).

Exaktní vědci jsou ještě neukázněnější než instalatéři. Astronomové udávají hodnotu Hubblovovy konstanty v kilometrech za sekundu na megaparsek, ačkoliv její fyzikální rozměr je převrácená hodnota času a měla by se tedy udávat v s^{-1} . Částicoví fyzikové vyjadřují hmotnosti elementárních částic v elektronvoltech, což je energie, kterou získá elektron, který je urychlen napětím jednoho voltu. Abyste z této nezákonné jednotky energie získali hmotnost částice v kg, musíte navíc použít známý Einsteinův vztah $E = mc^2$ mezi energií E a hmotností m , s druhou mocninou rychlosti světla c jak převodním faktorem. A když se soustava SI začala povinně zavádět, starší generace fyziků, navyklá na Gaussovu soustavu CGS, vykládala „I“ ve zkratce jejího názvu *Système international* jako *imbécil*. Přestože k těmto nevyhovancům patřím, musím uznat, že neoprávněně – obecně některé nevýhody jedné soustavy jsou kompenzovány jinými výhodami.

Zmíněná neukázněnost má přitom své dobré důvody, v různých oblastech fyziky je často výhodnější užívat různých jednotek. To ale vlastně jen posiluje důležitost jedné referenční soustavy, navíc mezinárodní, a dobrého průvodce po ní.

Ještě větší rozpory a nářky provázely utváření odborné terminologie, což je další část tematiky posuzované knížky. Zde byly mnohé námitky oprávněnější. Nejvíce se asi fyzikové zlobili, když jim marxističtí filosofové ukradli slovo hmota. Je pravda, že v češtině se užívalo jak pro anglické *mass*, tak *matter*. Filosofové však tenkrát byli při síle a tak snadno odolali nabídkám, aby svého materialistického boha nazývali *matérie* a ponechali nám hmotu ve významu *mass*. Zbyla na nás *hmotnost*, přes námitky, že pak bychom měli také mluvit o *hmotnostním* místo *hmotném* bodu i ironické otázky, zda se bude říkat i elektrickému odporu *elektrická odporost*. (Alternativa *masa* místo *hmotnost* se neujala, korespondovala by sice s jinými jazyky, ale pojmy *masný střed* či *masný bod* zněly komicky.) Bitvou jsme však tenkrát prohráli, termín hmotnost se vcelku vžil a terminologické konvence nejsou zase tak významné, aby stály za nové revoluce. Tyto nostalgické nářky uvádím hlavně proto, abychom si uvědomili, že

* Zamyšlení J. Langerova přetiskujeme z časopisu Vesmír, kde vyšlo pod názvem „O normě, terminologii a jazyce“.

Vesmír 84, č. 1 (2005) 57.

** jiri.langer@mff.cuni.cz

vytváření odborné terminologie, jež zároveň dotváří i český jazyk, není vůbec jednoduché a nemělo by se k němu přistupovat bez přípravy.

Tím se konečně po poněkud dlouhém, možná i zdoluhavém, úvodu dostávám k samotné knížce. Jak jsem už naznačil, jde o průvodce normami předepisujícími názvy základních fyzikálních a jejich jednotek se stručným a výstižným komentářem k jejich významu. Poslouží tedy i jako základní slovník fyzikálních termínů.

Dočteme se zde ale i o vztahu „zákonných“ jednotek k jiným užívaným jednotkám, např. jednotkám užívaným v anglosaských zemích či dalším jednotkám, jako je ångström či světelný rok. Dozvíme se, co znamenají záhadné předpony jako *femto-*, *nano-* apod. Komentáře jsou dobře srozumitelné studentům středních škol, pro něž je knížka především určena. Dobře však poslouží podstatně většímu okruhu čtenářů, především učitelům a vědeckým pracovníkům.

V poslední větě jsem váhal nad užitím slova „čtenář“. Existuje totiž řada velmi užitečných knih, které nemají čtenáře v úzkém smyslu slova: málokdo si souvisle čte v jízdním řádu, Zlatých stránkách či jazykových slovnících, tam je asi na místě spíše slovo „uživatel“. Rozhodl jsem se pro ně vzhledem k závěrečným partiím textu hlavního autora a kapitole *O normě a jazyce všeobecně*, kterou Jan Obdržálek, fyzik s mírně hypertrofovaným zájmem o jazykovědné otázky, napsal ve spolupráci s filoložkou Věrou Vlkovou, jež též provedla jazykovou úpravu celého dílka. Ty totiž stojí za souvislé přečtení, jmenovitě potenciálními autory českých vědeckých publikací a překladateli odborné literatury, nejenom fyzikální, kteří jsou často nuceni vytvářet termíny nové, či volit mezi dosud neustálenými. Uvedu několik citátů, svědčících mimo jiné o tom, že autoři nejsou jazykoví či didaktičtí puristé a mají dobrý cit pro skutečné potřeby odborného jazyka.

Ve škole ... by však norma měla být využívána jen natolik, nakolik umožňuje nebo usnadňuje pochopení látky. ... Situace je podobná problému vyžadovat užívání spisovného jazyka ...

Systémovost tvoření souvisejících termínů ... je výhodná vždy. Například kmitočet–vlnočet (oproti frekvence–vlnové číslo). Stejně tak opaky: vodič–nevodič oproti konduktor–izolant)

Analogie s cizími jazyky je vítána, ulehčí srozumitelnost všem, kdo pracují i se zahraniční literaturou. Např. polovodič = halbleiter = semiconductor

Jak už to bývá, potenciální tvůrce nových termínů nebude možná se všemi thesemi autorů souhlasit. Ale rozhodně stojí zato se nad nimi zamyslet.

Fyzikální veličiny a jednotky SI – 1. a 2. díl s výkladem pro školu a technickou praxi

Jan Obdržálek

Anotace

Tato publikace nakladatelství AlBra, Úvaly pojednává o fyzikálních veličinách a jednotkách, jejich názvech a značkách. Zahrnuje

- ❑ **znění normy** ČSN ISO 31-1 až 3
- ❑ **výklad** příslušných pojmů koncipovaný pro střední školu, a dále rozšiřující poznámky petitem;
- ❑ **jazykovědné statě** zabývající se jak gramatikou, tak i stylistikou, tvorbou a používáním (resp. nepoužíváním) termínů v konkrétních situacích;
- ❑ **slovníčky** termínů (česko-anglický a anglicko-český).

Výklad normy lze v podstatě použít přímo jako středoškolskou učebnici. Vzhledem k obecné závaznosti normy však poslouží kniha nejen škole, ale i technické praxi, vědě a technice ve všech oblastech, které se dotýkají problematiky fyzikálních veličin a jednotek.

Výjimečné jsou jazykové doplňky, které v technické literatuře nebývají. Přitom jsou však velice potřebné pro praktické užívání. Jsou sice míněny hlavně pro školu, ale přijdou vhod i v praxi, stejně jako slovníček – rejstřík česko-anglický a anglicko-český.

Publikace vznikla pod odborným dohledem Terminologické komise 12 – Veličiny a jednotky při Českém normalizačním institutu. Má kladné hodnocení JČMF.

První díl příručky (31-1 až 3, Základní pojmy a mechanika) vyšel v roce 2004, druhý díl (31-4 a 5) vychází v těchto dnech. Jsou k dostání mj. v prodejnách nakladatelství. Informace např. prostřednictvím emailu tiskar-nauvaly@centrum.cz.

O autorovi

Doc. RNDr. Jan Obdržálek, CSc. působí na Ústavu teoretické fyziky (Matematicko-fyzikální fakulta Karlovy univerzity v Praze).

Je jedním ze zakládajících členů odborné skupiny Didaktická fyzika v České fyzikální společnosti (v rámci Jednoty českých matematiků a fyziků).

Je za ČR expertem v mezinárodních komisích:
ISO/IEC TC 1-WG 100 (Terminology. Fundamental concepts),
ISO/IEC TC 25-WG 1 (Physical quantities, their units and symbols),
ISO/TC 12/WG 4 (Space and time),
ISO/TC 12/WG 5 (Mechanics),
a je členem validační komise.

V Českém normalizačním institutu je předsedou technické normalizační komise TNK12 „Veličiny a jednotky“ a dále členem komise

TNK21 – Terminologie v elektrotechnice

TNK114 – Terminologie. Principy a koordinace

a zpracovatelem úkolu „03 – Tvorba mezinárodních/evropských norem“.

Renesance Rozhledů matematicko-fyzikálních

Ivo Volf, Univerzita Hradec Králové*

Po několikaletém odmlčení začaly v roce 2005 opět vycházet Rozhledy matematicko-fyzikální. Vydávání zahájilo 80. ročník časopisu pro zájemce o matematiku, fyziku a informatiku z řad studentů středních škol a jejich učitelů i učitelů základních škol. Všichni najdou v časopise články z oblastí, o něž se hlouběji zajímají, ale i mnoho užitečných informací například o předmětových soutěžích pro žáky. S ohledem na ekonomickou situaci ve školství bylo vydávání omezeno v roce 2005 zatím na čtyři čísla za rok, každé o rozsahu 48 stran při ceně 35 Kč za jedno číslo, předplatné 140 Kč včetně poštovného.

Vydavatelem časopisu je Jednota českých matematiků a fyziků za podpory MFF UK v Praze a FJFI ČVUT Praha, dotazy na emailové adrese: jsem@math.cas.cz. Hlavním redaktorem časopisu je RNDr. Jaroslav Zhouf, Ph.D., jaroslav.zhouf@pedf.cuni.cz. Předplatné a distribuci zajišťuje firma MYRIS TRADE s. r. o., p. o. box 2, V Štíhlých 1311, 142 01 Praha 4, email: myris@myris.cz.

Některé zajímavé fyzikální články, jež vyšly v 80. ročníku RMF:

- č. 1: I. Štoll: Ve znamení světelného kužele
M. Macháček: Proč se sekunda definuje tak složitě?
I. Kraus: První ženy, které uvěřily fyzikálnímu experimentu
I. Volf: 46. ročník fyzikální olympiády, kategorie E, F
- č. 2: F. Jáchim: I nejlepšího teoretika potěší, když měření potvrdí, že má pravdu
R. Klepáček, M. Macháček: Chemická analýza pomocí optických vláken
I. Volf: Archimédiáda, kategorie G fyzikální olympiády
- č. 3: J. Kekule: Fyzika a oceán
F. Jáchim: Životní příběh Edmonda Halleye
ÚVFO: 47. ročník fyzikální olympiády, kategorie A–D
Z. Kluiber: 18. republikové finále Turnaje mladých fyziků
- č. 4: Z. Janout: Světový rok fyziky 2005 v zrcadle filatelie
M. Jarešová, J. Zhouf: Tři náročnější úlohy z fyziky, při jejichž řešení se můžeme setkat s parabolou
F. Jáchim: Astronomický příběh Edmonda Halleye
ÚVFO: 47. ročník fyzikální olympiády, kategorie E, F, G

V době plné neúplných informací v tisku, objevujícího především senzace, v době prchavých okamžiků televizních pořadů a především v této době, kdy došlo ke snížení zájmu žáků základních a středních škol o přírodovědnou a technickou oblast poznávání, bychom měli uvítat příležitosti, které mohou naši žáci i my sami získat předplatným známého časopisu, který prošel renesancí a začal opět vycházet. Je třeba poděkovat několika nadšencům, kteří se v redakční radě seskupili kolem hlavního redaktora RNDr. J. Zhoufa, Ph.D. a věnují svůj volný čas přípravě obsahu časopisu pro mládež a její učitele.

* ivo.volf@uhk.cz

Asférické zrcadlo

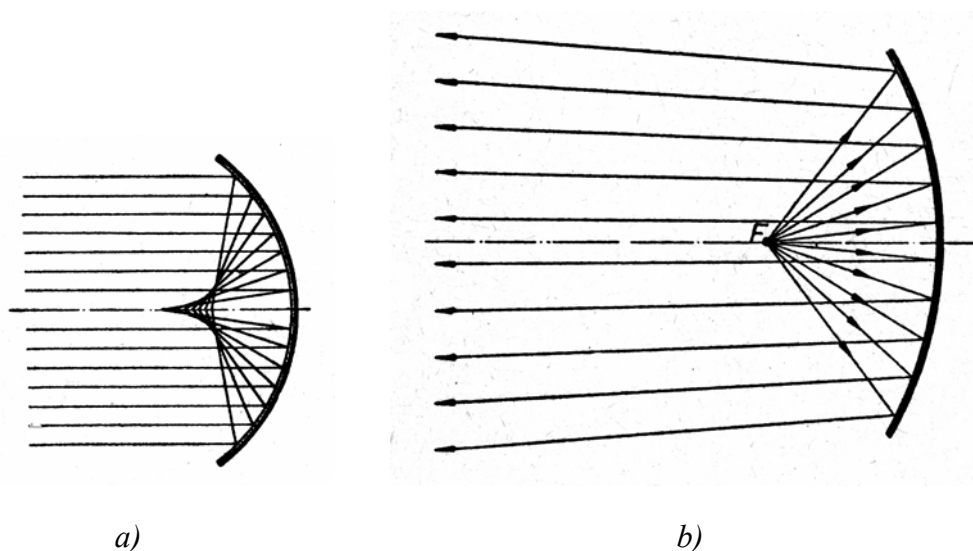
Jitka Prokšová, Pedagogická fakulta ZČU Plzeň

Z vlastní zkušenosti a díky základům geometrické optiky ze školních let víme, že k nejjednodušším optickým systémům patří zrcadla. I v přístrojové optice je zrcadlovým soustavám dávana přednost z řady důvodů. Nejdůležitějším z nich je, že obraz vytvořený zrcadlem není zatížen vznikem chromatické vady, která vždy provází lom bílého světla při průchodu čočkami. Podle tvaru rozlišujeme dva druhy zrcadel:

- zrcadla **kulová** neboli **sférická** (v případě, že poloměr křivosti zrcadla $R \rightarrow \infty$, je jejich zvláštním typem rovinné zrcadlo),
- zrcadla **nekulová** neboli **asférická** (např. paraboloidická, elipsoidická aj.).

Při teoretickém rozboru zobrazování zrcadly či jinými optickými soustavami se většinou používá tzv. nulových (paraxiálních) paprsků. Prakticky jsou to paprsky svírající s optickou osou úhel menší než 2° . Tak je možné v řadě výpočtů zjednodušit vztahy pro siny či tangenty úhlů tím, že je nahradíme oblouky (arkusy), a neuvažovat o optických vadách systému, které se projeví při použití paprsků více odkloněných. Výjimku tvoří pouze rovinné zrcadlo, u kterého není nutné se omezovat na body ležící v prostoru velmi blízkém optické ose (Gaussův nitkový prostor), neboť bodového zobrazení lze dosáhnout libovolně širokými svazky paprsků. Užitečnost zobrazování rovinným zrcadlem je však značně omezena, protože zrcadlením na rovinné ploše se pouze přenáší předmět nebo obraz vytvořený jinou optickou soustavou v nezměněném tvaru na jiné místo.

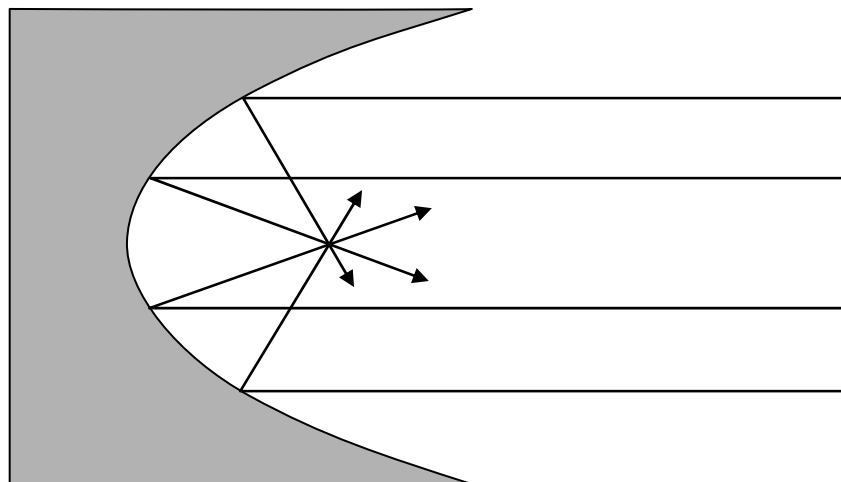
U kulových zrcadel bývá při zobrazování širokým svazkem paprsků hlavní nevýhodou vznik otvorové vady. Lehce se o tom přesvědčíme pokusem znázorněným na obr. 1a: na duté kulové zrcadlo necháme dopadat široký svazek rovnoběžných paprsků světla.



Obr. 1

Vidíme, že paprsky se po odrazu na zrcadle neprotínají v jednom bodě (ohnisku), ale v různých bodech na optické ose. Není tedy splněna podmínka bodového zobrazení – neboli bod se zobrazuje jako ploška. Obálkou všech odražených paprsků je tzv. kaustická plocha (odražené paprsky jsou tečnami v každém jejím bodě). Je tedy zřej-

mé, že umístíme-li bodový zdroj do ohniska takového kulového zrcadla, paprsky se neodráží rovnoběžně s optickou osou, ale rozbíhají se (obr. 1b). Otvorová vada se dá odstranit například vložením dutovypuklé čočky před zrcadlo. Pokud chceme tuto vadu u kulových zrcadel pouze omezit, stačí buď zmenšit zorné pole nebo použít zrcadel malých průměrů. V praxi se častěji použije místo kulového tvaru zrcadlo paraboloidické, u kterého ke zmíněné vadě nedochází. Na obr. 2 je vidět, že u zrcadla tvaru rotačního paraboloidu je tato vada odstraněna pro bod v nekonečnu.

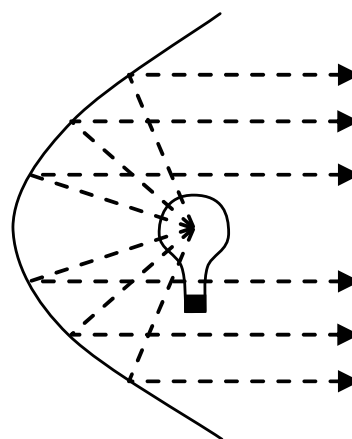


Obr. 2

Kulových nebo paraboloidických zrcadel se kvůli zmíněným vlastnostem používá například při konstrukci zrcadlových objektivů velkých dalekohledů, kde jsou žádoucí zrcadla o velkých poloměrech křivosti. Je známo, že dalekohledy používané k astronomickým pozorováním bývají buďto čočkové (refraktory), nebo zrcadlové optické systémy (reflektory). Hlavní předností reflektorů proti kombinovaným a čočkovým dalekohledům je, že u nich nedochází k chromatické vadě. S vlastnostmi paraboloidálního zrcadla se můžeme setkat i při pozorování v oboru rádiových vlnových délek. Radioteleskopy, které astronomům pozorování v oblasti rádiových vln umožňují, jsou přístroje, jejichž hlavní části tvoří anténa, citlivý přijímač a registrační zařízení. Právě anténa, zachycující záření a určující směr ke kosmickému zdroji, je obvykle tvořena obrovským kovovým paraboloidem s dipólem v ohnisku (např. jeden z největších radioteleskopů je postaven ve vyhaslém kráteru sopky v Portoriku a má průměr 300 metrů).

Zrcadel tvaru rotačního paraboloidu se také často používá u vojenských světlometů, automobilových reflektorů a jiných těles určených k osvětlovacím účelům. Princip funkce paraboloidického reflektoru znázorňuje obr. 3.

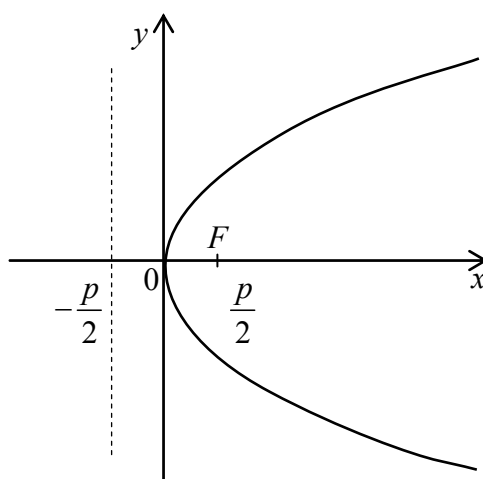
Je zřejmé, že k získání rovnoběžného svazku paprsků vycházejícího z reflektoru je nutné zdroj světla umístit do jeho ohniska. Prakticky však nelze uskutečnit bodový svítící zdroj, a proto se i paprsky odražené v paraboloidálním zrcadle rozbíhají v kužel s malým vrcholovým úhlem. Pro běžné užití to však není na závadu.



Obr. 3



Představme si nyní, že známe průměr a objem paraboloidálního reflektoru terénního automobilu Mitsubishi Pajero. Naším úkolem bude určit, do jaké vzdálenosti od vrcholu reflektoru má být výrobcem umístěno vlákno žárovky, což znamená určit ze zadaných parametrů reflektoru ohniskovou vzdálenost f .



Obr. 4

Kanonický (normální) tvar rovnice paraboly s osou v ose x a s vrcholem v počátku souřadné soustavy je

$$y^2 = 2 \cdot p \cdot x = 4 \cdot f \cdot x, \quad (1)$$

kde p je vzdálenost ohniska od řídící přímky a $f = \frac{p}{2}$ označuje ohniskovou vzdálenost.

Objem rotačního paraboloidu se určí ze vztahu

$$V = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v, \quad (2)$$

kde r je poloměr kruhové podstavy a v je výška paraboloidu (viz obr. 5). Pro daný typ reflektoru máme k dispozici tyto údaje: průměr reflektoru $d = 18$ cm a jeho objem $V = 900$ cm³.

Ze vztahu (2) nejprve vyjádříme výšku (hloubku) reflektoru

$$v = \frac{2 \cdot V}{\pi \cdot r^2} \quad (3)$$

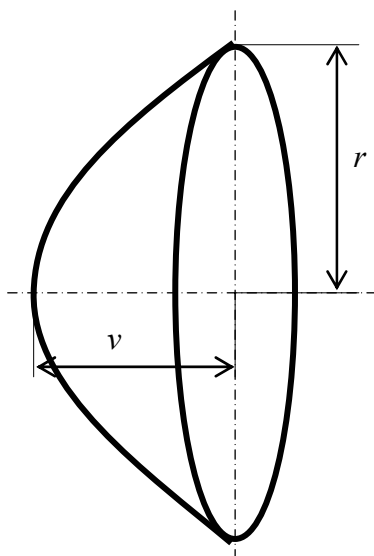
a z rovnice (1) ohniskovou vzdálenost f :

$$f = \frac{y^2}{4 \cdot x}. \quad (4)$$

Za y dosadíme poloměr reflektoru $r = \frac{d}{2}$ a za x pak jeho výšku (hloubku) v . Po úpravě tedy obdržíme

$$f = \frac{\pi \cdot r^4}{8 \cdot V} = \frac{\pi \cdot d^4}{128 \cdot V}. \quad (5)$$

Dosazením číselných hodnot dostaneme $f \doteq 3 \text{ cm}$.



Obr. 5

K zabezpečení správné funkce tohoto typu paraboloidálního reflektoru proto musí být vlákno žárovky vzdáleno od vrcholu reflektoru přibližně 3 cm.

LITERATURA:

- [1] Fuka J., Havelka B.: *Optika*. SPN, Praha 1961.
- [2] Hänsel H., Neumann W.: *Physik*. Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg – Berlin – Oxford 1993.
- [3] Lhotský D., Hlavička A.: *Optika*. SPN, Bratislava 1963.

150 nositelů Nobelovy ceny za fyziku XII*

Miroslav Randa**, Pedagogická fakulta ZČU Plzeň

2005

GLAUBER, Roy J. (1925–)

* USA, Harvardská univerzita Cambridge

- za příspěvek ke kvantové teorii optické koherence

HALL, John L. (1934–)

* USA, JILA a Coloradská univerzita, Boulder, Národní institut standardů a technologií, Boulder

HÄNSCH, Theodor W. (1941–)

* SRN, Institut Maxe Placka pro kvantovou optiku Garching, Ludwig-Maximiliansova univerzita, Mnichov

- oba za příspěvek k rozvoji přesné laserové spektroskopie, včetně metody frekvenčního optického hřebene

R

RABI, Isidor Isaac	1944
RAINWATER, Leo James	1975
RAMAN, Chandrasekhara Venkata, Sir	1930
RAMSEY, Norman F.	1989
REINES, Frederick	1995
RICHARDSON, Owen Williams, Sir	1928
RICHARDSON, Robert C.	1996
RICHTER, Burton	1976
ROENTGEN, Wilhelm Conrad	1901
ROHRER, Heinrich	1986
RUBBIA, Carlo	1984
RUSKA, Ernst	1986
RYLE, Martin, Sir	1974

S

SALAM, Abdus	1979
SEGRE, Emilio Gino	1959
SHOCKLEY, William	1956
SHULL, Clifford G.	1994
SCHAWLOW, Arthur L.	1981

* pokračování z čísel 2/1996–97, 3/1996–97, 4/1996–97, 1/1998, 3/1998, 1/2000, 2/2000, 3/2000, 2/2001, 1/2004 a 2/2004.

** randam@kof.zcu.cz

SCHRIEFFER, J. Robert	1972
SCHRÖDINGER, Erwin	1933
SCHWARTZ, Melvin	1988
SCHWINGER, Julian S.	1965
SIEGBAHN, Kai M. B.	1981
SIEGBAHN, Karl Manne Georg	1924
STARK, Johannes	1919
STEINBERGER, Jack	1988
STERN, Otto	1943
STÖRMER, Horst L.	1998
STRUTT, John William, Lord Rayleigh	1904

T

TAMM, Igor Jevgenmviu	1958
TAYLOR, Joseph H., ml.	1993
TAYLOR, Richard E.	1990
THOMSON, George Paget, Sir	1937
THOMSON, Joseph John, Sir	1906
TING, Samuel C. C.	1976
TOMONAGA, Sin-Itiro	1965
TOWNES, Charles H.	1964
TSUI, Daniel C.	1998

V

VAN VLECK, John H.	1977
VELTMAN, Martinus J. G.	1999

W

VAN DER WAALS, Johannes Diderik	1910
WALTON, Ernest T. S.	1951
WEINBERG, Steven	1979
WIEMAN, Carl E.	2001
WIEN, Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz	1911
WIGNER, Eugene P.	1963
WILCZEK, Frank	2004
WILSON, Charles Thomson Rees	1927
WILSON, Kenneth G.	1982
WILSON, Robert W.	1978

Y

YANG, Chen Ning	1957
YUKAWA, Hideki	1949

Z

ZEEMAN, Pieter	1902
ZERNIKE, Frits (Frederik)	1953

Doplnění:

V průběhu roku 2005 zemřeli dva nositelé Nobelovy ceny za fyziku. Byli to HANS BETHE (Nobelova cena udělena v roce 1967) a JACK S. KILBY (Nobelova cena udělena v roce 2000). V roce 2006 zemřel nositel Nobelovy ceny za fyziku za rok 1959 Owen Chamberlain.

Na závěr:

Nobelova cena za fyziku byla ve své 105leté historii zatím udělena 99krát (nebyla udělena v letech 1916, 1931, 1934 a v letech 1940–1942). To zároveň znamená, že **v roce 2006 bude udělena jubilejní stá Nobelova cena za fyziku.**

Počet nositelů Nobelovy ceny za fyziku dosáhl v roce 2005 již 175 nositelů. Jen jediný **JOHN BARDEEN** získal Nobelovu cenu za fyziku dvakrát (nejdříve v roce 1956 společně s WILLIAMEM SHOCKLEYEM a WALTEREM H. BRATTAINEM za výzkumy v oblasti polovodičů a za objev tranzistorového jevu a v roce 1972 společně s LEONEM N. COOPEREM, a ROBERTEM J. SCHRIEFFEREM za teorii supravodivosti, obvykle nazývanou BCS-teorií).

Další známé osobnosti najdeme mezi nositeli Nobelovy cenu za chemii, například: 1908 Sir ERNEST RUTHERFORD za výzkumy rozpadu prvků a chemii radioaktivních látek

1911 MARIE SKLODOWSKÁ-CURIE za objev radia, polonia a další výzkum radia (NC za fyziku získala v roce 1903)

1920 WALTHER HERMANN NERNST za práci v termochemii

1935 FRÉDÉRIC JOLIOT a IRENE JOLIOT-CURIE za přípravu nových radioaktivních prvků

1944 OTTO HAHN za objev štěpení těžkých radioaktivních jader

1951 EDWIN MATTISON MCMILLAN a GLENN THEODORE SEABORG za objevy v chemii transuranových prvků

1954 LINUS CARL PAULING za výzkum podstaty chemické vazby a její aplikaci k vysvětlení struktury složitých sloučenin

1959 JAROSLAV HEYROVSKÝ za objev polarografické analýzy

1960 WILLARD FRANK LIBBY za objev metody využití uhlíku C14 pro stanovení stáří v archeologii, geologii, geofyzice a dalších vědách

Na internetu lze nalézt databázi nositelů Nobelovy ceny za fyziku na mnoha místech. Na závěr článku uvádím dva české a pět anglických zdrojů:

<http://www.caramba.cz/page.php?PgID=697>

http://cs.wikipedia.org/wiki/Nobelova_cena_za_fyziku

<http://www.slac.stanford.edu/library/nobel/>

<http://almaz.com/nobel/physics/physics.html>

<http://nobelprize.org/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Nobel_Prize_in_Physics

<http://www.britannica.com/nobel/table/phys.html>

Nabídka společnosti ČEZ, a.s. pro školy

zpracováno podle webových stránek www.cez.cz

TŘETÍ PÓL – ČASOPIS PRO STUDENTY GYMNÁZIÍ A TECHNICKÝCH STŘEDNÍCH ŠKOL A DALŠÍ ZÁJEMCE

Časopis Třetí pól popularizuje vědu a techniku. Vychází jako dvouměsíčník, kromě prázdnin, v rozsahu 16–20 stran. Připravuje ho studentská redakční rada. Obsahuje články z oblasti fyziky, energetiky a astronomie, technické zajímavosti, upozornění na nové vzdělávací materiály, soutěže a výstavy, rady studentům, kvízy, články o sci-fi, hudbě, filmu atd. Podrobné informace najdete na webové adrese časopisu <http://www.tretipol.cz/>.

Můžete jej odebírat pro školu bezplatně, zásilka jednoho čísla obsahuje 20 výtisků a je na uvážení pedagoga, jak je studentům rozdělit nebo použije. Na požádání zašleme ukázky.

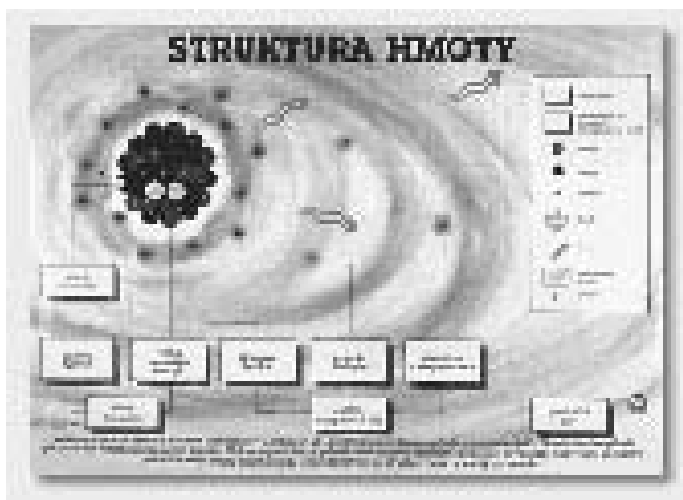
Objednávejte na adrese ČEZ, a. s., oddělení komunikace, Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4, mail: info@mail.cez.cz. Pro jednotlivce za úhradu poštovného a manipulačních poplatků objednávejte mailem na: tretipol@volny.cz.



PLAKÁTY

Plakáty jsou barevné, formátu A1 a složeny na A4, oboustranné. Jsou zaměřeny na následující témata:

- Struktura hmoty (stavba atomu a typy základních interakcí, které působí ve hmotě)
- Typy radioaktivních rozpadů (alfa, beta, gama a spontánní štěpení včetně vysvětlení a rovnic)
- Skleníkový efekt
- Palivový cyklus elektrárny s tlakovodním reaktorem
- Člověk a záření (přírodní a umělé zdroje záření)



FÓLIE NA ZPĚTNÝ PROJEKTOR

ČEZ nabízí soubory fólií pro zpětný projektor, které jsou na školách velmi oblíbené. Soubory fólií pro školy jsou doporučeny také Jednotou českých matematiků a fyziků. Jedná se o následující soubory fólií:

Atomy a jaderná energie

Soubor obsahuje 15 fólií s těmito náměty:

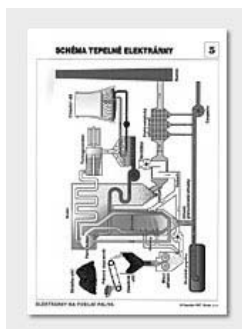
- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. Stavba atomu | 9. Jaderná elektrárna |
| 2. Izotopy | 10. Jaderná elektrárna |
| 3. Typy radioaktivních přeměn | 11. Jaderná elektrárna |
| 4. Vazebná energie | 12. Hospodaření s vyhořelým palivem |
| 5. Štěpení jádra a fúze | 13. Hospodaření s vyhořelým palivem |
| 6. Poločas přeměny | 14. Hospodaření s vyhořelým palivem |
| 7. Uranový palivový cyklus | 15. Zdroje přírodního a umělého záření |
| 8. Jaderný reaktor | |

Na fóliích jsou obrazová a textová část odděleny, aby bylo možno text zakrýt a použít fólie jak pro výklad, tak pro testování znalostí. Doplnkové popisy k jednotlivým fóliím jsou podrobněji rozvedeny v doprovodné brožuře, která je součástí nabídky.

Elektrárny na fosilní paliva

Soubor obsahuje 15 fólií s těmito náměty:

- | | |
|--|--|
| 1. Vznik střídavého proudu | 9. Schéma parní turbíny |
| 2. Carnotův cyklus | 10. Atmosférický fluidní kotel s cirkulující vrstvou |
| 3. Cesta elektřiny | 11. Mokrý vápencová vypírka |
| 4. Schéma tepelné elektrárny | 12. Odlučovače popílku |
| 5. Schéma tepelné elektrárny | 13. Složení uhlí |
| 6. Elektrárna Chvaletice | 14. Elektrárny na fosilní paliva |
| 7. Schéma elektrárny s paroplynovým cyklem | 15. Přenosová soustava ČR |
| 8. Kogenerace | |



Doprovodná brožura obsahuje vysvětlivky a podrobnější texty k jednotlivým tématům.

Obnovitelné zdroje energie

Soubor obsahuje 15 fólií s těmito náměty:

- | | |
|---|---|
| 1. Zdroje obnovitelné energie | 9. Voda – využití energie moře |
| 2. Slunce – světelné záření | 10. Biomasa |
| 3. Slunce – tepelné záření | 11. Biomasa – bioplyn |
| 4. Slunce – sluneční tepelné elektrárny | 12. Tepelné čerpadlo |
| 5. Vítr – princip větrné elektrárny | 13. Geotermální energie |
| 6. Vítr – příklady | 14. Palivový článěk – princip |
| 7. Voda – akumulací vodní elektrárna | 15. Palivový článěk – příklady aplikací |
| 8. Voda – přečerpávací vodní elektrárna | |

Doplnkové popisy k jednotlivým fóliím s vysvětlením principu, funkce a příkladů jednotlivých zdrojů jsou podrobněji rozvedeny v doprovodné brožuře, která je součástí nabídky.

Úspěšní řešitelé FO 2004/2005 kategorie E v regionech

JIHOČESKÝ KRAJ

1. Kubů Jan	G Strakonice	38,0
2. Veselý Pavel	ZŠ Strakonice, Dukelská	35,0
3.–5. Kratochvíl Jiří	ZŠ České Budějovice, Nerudova	33,0
3.–5. Matějka Jan	G České Budějovice, Jírovčova	33,0
3.–5. Veřtát Petr	ZŠ Chýnov	33,0
6. Holub Marek	ZŠ Strakonice, Dukelská	27,0
7. Šmejkal Pavel	ZŠ Český Krumlov, Za Nádražím	26,0
8. Lukáš Martin	ZŠ Písek, Tylova	25,0
9.–10. Pučelíková Helena	G Milevsko	24,0
9.–10. Wimmer Jan	G Český Krumlov	24,0

11. Štěpaník Radim (ZŠ Strakonice, Dukelská, 23,0) **12. Zahradník Martin** (ZŠ Suchdol nad Lužnicí, 21,0) **13. Daněk Lukáš** (OA a G Vimperk, 20,0) **14.–15. Blatský Martin** (ZŠ Strakonice, Dukelská, 19,0) **14. až 15. Konečná Marie** (ZŠ Čkyně, 19,0) **16.–17. Klimeš Roman** (ZŠ Slavonice, 19,0) **16.–17. Nováková Bára** (Česko-anglické G České Budějovice, 18,0) **18.–19. Horejsek Jan** (ZŠ České Budějovice, nám. Mikuláše z Husi, 16,0) **18.–19. Kučera Martin** (ZŠ Čkyně, 16,0)

JIHOMORAVSKÝ KRAJ

1. Petrů Andrea	G Břeclav	31,0
2. Perutka Ondřej	ZŠ Blatnice pod Svatým Antonínkem	29,5
3. Mitošíňková Klára	G Mikulov	27,0
4. Hlouša Ondřej	ZŠ Brno, Sirotkova	26,5
5. Klečka Adam	Klvaňovo G Kyjov	25,5
6. Bílek Tomáš	G Šlapanice	25,0
7. Procházka Martin	ZŠ Znojmo, Pražská	24,5
8. Dvořák Lubomír	ZŠ Znojmo, Pražská	22,5
9. Farka Zdeněk	G Brno, T. Novákové	22,0
10.–11. Macek David	ZŠ Hodonín, U Červených domků	20,0
10.–11. Král Jan	ZŠ Brno, Sirotkova	20,0

12. Netopil Vladimír (Masarykova ZŠ Ždánice, 19,5) **13. Šťastný David** (G M. Lercha Brno, 19,0) **14. Dračková Jana** (ZŠ Pohořelice, 18,5) **15.–17. Štěrbová Petra** (G J. Blahoslava Ivančice, 18,0) **15.–17. Šimonová Soňa** (G M. Lercha Brno, 18,0) **15.–17. Laštůvka Zdeněk** (ZŠ Brno, Laštůvkova, 18,0) **18. Lobová Denisa** (G M. Lercha Brno, 17,0) **19. Nekvapilová Eliška** (Gymnázium Vyškov, 16,5) **20. Janík Pavel** (ZŠ Letovice, 15,5)

KARLOVARSKÝ KRAJ

1. Toman Lukáš	G Cheb	kvarta A	Mgr. Vítězslav Kubín	31,5
2. Chromý Jan	Svobodná chebská škola	kvarta	Ing. Jindřich Papež	25,0
3. Nguyen Tomáš	Svobodná chebská škola	kvarta	Ing. Jindřich Papež	24,0
4.–6. Hynek Jan	G Ostrov	V4A	Mgr. Marcela Sachlová	23,0
4.–6. Mezek Petr	ZŠ Březová	IX.A	Mgr. Jana Novotná	23,0
4.–6. Rajtmajer Jakub	G Cheb	kvarta A	Mgr. Vítězslav Kubín	23,0
7. Papež Jakub	Svobodná chebská škola	kvarta	Ing. Jindřich Papež	21,0
8. Přáda Jan	G Ostrov	V4A	Mgr. Marcela Sachlová	18,0

KRAJ VYSOČINA

1. Nečada Marek	ZŠ O. Březiny Jihlava	38,0
2. Koutný Michal	G Třebíč	36,0
3. Hernová Zuzana	ZŠ Hořepník	35,0
Nevoral Jan (mimo soutěž)	G Jihlava	33,0
4.–6. Šrůtková Svatava	G Pelhřimov	31,0
4.–6. Kolman Martin	ZŠ Jihlava, Kolárova	31,0
4.–6. Nováček Petr	ZŠ T. G. Masaryka Třebíč	31,0
7.–8. Růžička Adam	G Třebíč	29,0
7.–8. Karásek Luboš	ZŠ Radostín nad Oslavou	29,0
9. Sobotka Jiří	ZŠ Nové Veselí	28,0
10.–11. Kašík Josef	ZŠ Žďár nad Sázavou, Palachova	27,0
10.–11. Pilský Michal	ZŠ Pelhřimov, Komenského	27,0

12. Cuchý Petr (ZŠ Lukavec, 26,0) **13. Váňa Jan** (ZŠ Pelhřimov, Komenského, 23,0) **14.–15. Čech Bohuslav** (G Jihlava, 22,0) **14.–15. Janoušek Martin** (ZŠ T. G. Masaryka Třebíč, 22,0) **16.–18. Glajc Petr** (G Žďár nad Sázavou, 21,0) **16.–18. Pařízek Dominik** (ZŠ O. Březiny Jihlava, 21,0) **16.–18. Hyrš Jan** (ZŠ Havlíčkův Brod, V Sadech, 21,0) **19. Zima Michal** (ZŠ Třebíč, Benešova, 19,0) **20. Lerch Ondřej** (ZŠ O. Březiny Jihlava, 18,0) **21.–22. Hraniček Antonín** (ZŠ Pelhřimov, Krásovy domky, 17,5) **21.–22. Kruchňa Lukáš** (ZŠ Pelhřimov, Krásovy domky, 17,5) **23. Čečák Michal** (ZŠ Hořepník, 17,0)

KRÁLOVÉHRADECKÝ KRAJ

1. Šubr Martin	G Nový Bydžov	Zilvar	33,0
2. Hanousek Vít	G Trutnov	Červená	28,5
3.–4. Kopelent Petr	ZŠ Třebechovice	Urban	28,0
3.–4. Smetana Jiří	G B. Němcové Hradec Králové	Vízková	28,0
5. Miletín Miroslav	ZŠ Hradec Králové, SNP	Špína	27,5

Úspěšní řešitelé FO 2004/2005 kategorie E v regionech

6. Moravec Daniel	G Trutnov	Červená	26,0
7.–8. Lochman Jan	G Nový Bydžov	Zilvar	25,5
7.–8. Zelenka Tomáš	G B. Němcové Hradec Králové	Vízková	25,5
9. Čížek Lukáš	ZŠ Hradec Králové, SNP	Špína	24,5
10. Blanař Roman	G B. Němcové Hradec Králové	Vízková	23,5

11.–12. Bereščák Vojtěch (G Nový Bydžov, Zilvar, 23,0) **11.–12. Šustková Hana** (G Trutnov, Červená, 23,0) **13. Hnyk Michal** (G Broumov, Šleis, 22,5) **14.–15. Heneberk Ondřej** (G B. Němcové Hradec Králové, Vízková, 21,0) **14.–15. Koldrt Lukáš** (ZŠ Smiřice, Tobišková, 21,0) **16. Stonjek Patrik** (ZŠ Hronov, Jankovičová, 20,5) **17. Blažek František** (ZŠ Častolovice, Kalousek, 20,0) **18. Kopecká Markéta** (Jiráskovo G Náchod, Zikmundová, 17,0) **19.–20. Sommer Tomáš** (ZŠ Dvůr Králové, Schulzovy sady, Špurová, 16,0) **19.–20. Stiehllová Kateřina** (ZŠ Trutnov, Komenského, Žalský, 16,0) **21. Franc Stanislav** (ZŠ Nové Město, Komenského, Milt, 14,0)

LIBERECKÝ KRAJ

1. Zelenková Radka	ZŠ Jablonec, Liberecká	31,5
2. Moravec Marek	Gymnázium F. X. Šaldy Liberec	31,0
3. Bohuslávka Michal	ZŠ Liberec, Vesec	30,5
4. Hladík Jiří	ZŠ Turnov, Skálova	28,5
5. Pusztai Martin	ZŠ Desná	27,5
6. Beneš Vojtěch	ZŠ Nový Bor, nám. Míru	27,0
7. Lufinka Ondřej	Gymnázium F. X. Šaldy Liberec	26,5
8.–9. Hudský Marek	Gymnázium I. Olbrachtova Semily	22,5
8.–9. Kluch Matěj	ZŠ Liberec, Vesec	22,5
10.–11. Duchoslav Vojtěch	ZŠ Nový Bor, nám. Míru	21,5
10.–11. Křeček Štěpán	ZŠ Liberec, Lesní	21,5

12. Ježek Vojtěch (ZŠ Jablonné v Podještědí, 19,0) **13. Navrátil Lukáš** (ZŠ Liberec, Vesec, 17,0) **14. Pleskot Vít** (ZŠ Dr. F. L. Riegra Semily, 16,0) **15. Dvořáková Iva** (ZŠ Liberec, Na Žižkově, 14,5) **16. Eisnerová Tereza** (ZŠ Liberec, Na Žižkově, 14,0)

MORAVSKOSLEZSKÝ KRAJ

1. Bajer Jan	G P. Bezruč Frýdek-Místek	39,0
2. Stolarz Dominik	ZŠ Karviná, Borovského	34,0
3. Hons Petr	G Ostrava-Zábřeh, Volgogradská	33,0
4.–6. Bílková Hana	G Frenštát pod Radhoštěm	32,0
4.–6. Gráf Lukáš	Mendlovo G Opava	32,0
4.–6. Kaláb Roman	ZŠ Ostrava-Poruba, Bulharská	32,0
7. Koždoň Jakub	ZŠ Třinec, Slezská	30,0
8.–10. Janeček Michal	G Havířov, Studentská	29,0

Úspěšní řešitelé FO 2004/2005 kategorie E v regionech

8.–10. Miketa Tomáš	G Hlučín	29,0
8.–10. Uherek Jiří	G P. Bezruče Frýdek-Místek	29,0

11.–13. Kaděra Petr (G P. Bezruče Frýdek-Místek, 28,0) **11.–13. Kusý Jan** (G M. Koperníka Bílovec, 28,0) **11.–13. Žwak Jan** (G Orlová, 28,0) **14. Rylko Vojtěch** (ZŠ Mosty u Jablunkova, 27,0) **15. Cimpl Lukáš** (G Frenštát pod Radhoštěm, 26,0) **16.–17. Chlebounová Zuzana** (G Fr. Hajdy Ostrava-Hrabůvka, 25,0) **16. až 17. Valušík Jan** (Masarykova ZŠ Bohumín, 25,0) **18. Czeczotka Andrej** (Polská ZŠ Český Těšín, 24,0) **19. Valigura Jakub** (G P. Bezruče Frýdek-Místek, 23,0) **20.–21. Brada Viktor** (Polská ZŠ Vendryně, 22,0) **20.–21. Šrubař Štěpán** (ZŠ Vítkov, Opavská, 22,0) **22.–23. Latoňová Věra** (ZŠ E. Beneše Opava, 21,0) **22.–23. Mlčoch Jiří** (ZŠ Opava, Otická, 21,0) **24. Štětka Robert** (ZŠ Orlová, Dvořáčka, 18,0) **25.–27. Češková Veronika** (ZŠ Bruntál, Cihelní, 17,0) **25.–27. Koutný Lukáš** (ZŠ E. Beneše Opava, 17,0) **25.–27. Mecner Jacek** (Polská ZŠ Trinec, Nádražní, 17,0) **28. Koupilová Lenka** (ZŠ Bruntál, Cihelní, 16,0) **29.–30. Mátl Roman** (ZŠ Odry, Pohořská, 15,0) **29.–30. Rymlová Silvie** (ZŠ E. Beneše Opava, 15,0)

OLOMOUCKÝ KRAJ

1.–2. Kašpárek Tomáš	G J. Škody Přerov	35,0
1.–2. Okénko Libor	G Zábřeh	35,0
3. Sedlář Lubomír	G J. Opletala Litovel	33,0
4. Fešar Marek	G Hranice	31,5
5. Jankuj Petr	G J. Škody Přerov	30,0
6. Vrzal Radek	ZŠ Lutín	28,0
7. Plháková Dagmar	G J. Škody Přerov	27,5
8. Zajac Dalibor	ZŠ Olomouc, 8. května	26,0
9. Mazák Tomáš	ZŠ Šumperk, Šumavská	24,5
10.–11. Dunka Marek	ZŠ Olomouc, Fr. Stupky	24,0
10.–11. Hudec Jan	G Šternberk	24,0

12. Horčíčka Jiří (G Jeseník, 22,5) **13.–14. Procházka Ondřej** (ZŠ Lutín, 21,0) **13.–14. Wranová Markéta** (G Šternberk, 21,0) **15. Mišák Jan** (ZŠ Lutín, 20,0) **16. Coufal Pavel** (G Zábřeh, pracoviště Mohelnice, 19,0) **17.–18. Raška Jiří** (ZŠ Bohuňovice, 17,5) **17.–18. Skalický Michal** (ZŠ Stíty, 17,5) **19. Škopíková Michaela** (G Zábřeh, pracoviště Mohelnice, 17,0) **20.–22. Klímeček Ondřej** (ZŠ Olomouc, Fr. Stupky, 15,5) **20.–22. Němečková Martina** (ZŠ Litovel, Vítězná ul., 15,5) **20.–22. Vágner Petr** (G Zábřeh, 15,5)

PARDUBICKÝ KRAJ

1. Tóth Michal	ZŠ Pardubice, Dubina	35,0
2. Tichý Jan	ZŠ Pardubice, Resslova	34,0
3. Bednář Vojtěch	ZŠ Polička, Masarykova	33,0
4. Morávek Martin	ZŠ Ústí nad Orlicí, Třebovská	30,0
5.–6. Kalous Roman	Gymnázium Žamberk	29,0
5.–6. Stodolová Magda	ZŠ Polička, Masarykova	29,0
7.–8. Bartoš Adam	Gymnázium Hlinsko	28,0
7.–8. Ulbrich Marek	Gymnázium Žamberk	28,0

9. Nožka Radek	Gymnázium Žamberk	27,0
10.–11. Grombří Jan	ZŠ Žamberk, Nádražní	25,0
10.–11. Král Jan	Gymnázium Litomyšl	25,0

12. Loskot Radim (ZŠ Pardubice, Resslova, 24,0) **13. Rejent Tomáš** (ZŠ Žamberk, Nádražní, 23,0) **14. až 16. Adámek Pavel** (Gymnázium Hlinsko, 22,0) **14.–16. Demjančuk Martin** (ZŠ Pardubice, Resslova, 22,0) **14.–16. Hrabáň Václav** (ZŠ Pardubice, Gorkého, 22,0) **17.–19. Jílek Jindřich** (Gymnázium Polička, 20,0) **17.–19. Petrásek Filip** (Gymnázium Polička, 20,0) **17.–19. Skalický Jakub** (ZŠ Dolní Dobrouč, 20,0) **20. Zrůst Vlastimil** (Gymnázium Polička, 19,0)

PLZEŇSKÝ KRAJ

1. Čechura Tomáš	G Mikulášské nám. Plzeň	kvinta A	Mgr. Petr Zrostlík	31,0
2.–3. Halva Jakub	G Stříbro	kvinta	Mgr. Jitka Soukupová	27,0
2.–3. Vlasáková Jana	G Klatovy	kvinta A	Mgr. Josef Veselý	27,0
4. Richter Vladislav	G Mikulášské nám. Plzeň	kvinta A	Mgr. Petr Zrostlík	26,0
5.–7. Eckstein Robert	G Domažlice	kvinta	Mgr. Marie Fajtová	25,0
5.–7. Šklebená Karolína	G Klatovy	1.B	Mgr. Vladimíra Jílková	25,0
5.–7. Vališ Jakub	G Mikulášské nám. Plzeň	kvinta B	Mgr. Pavel Růžička	25,0
8.–9. Hrudička Lukáš	G Klatovy	1.B	Mgr. Vladimíra Jílková	24,0
8.–9. Jůzová Markéta	G Mikulášské Plzeň	1.A	Mgr. Tomáš Havlíček	24,0
10. Vrátníková Kateřina	G Mikulášské nám. Plzeň	kvinta A	Mgr. Petr Zrostlík	23,0

11. Vondra Aleš (G Mikulášské Plzeň, 1.A, Mgr. Tomáš Havlíček, 22,0) **12.–13. Chroost Petr** (G Klatovy, kvinta A, Mgr. Josef Veselý, 21,0) **12.–13. Vomáčka Miroslav** (G Mikulášské nám. Plzeň, kvinta A, Mgr. Petr Zrostlík, 21,0) **14. Janský Michael** (G Mikulášské Plzeň, 1.A, Mgr. Tomáš Havlíček, 20,0) **15. Veit Matěj** (G Domažlice, kvinta, Mgr. Marie Fajtová, 17,0) **16. Punčochář Jiří** (Masarykovo G Plzeň, 1.B, RNDr. Václav Soukup, 15,0)

PRAHA

1.–2. Heller Martin	G Praha 4, Písnická	38,0
1.–2. Houska Václav	G Praha 9, Špitálská	38,0
3. Lejsek Tadeáš	G Praha 4, Opatov	37,0
4. Töpfer Jakub	G Jana Keplera Praha 6	36,0
5. Peterka Tomáš	ZŠ Praha 4, Jílovská	35,5
6. Večeřa Jakub	ZŠ Praha 8, U Školské zahrady	31,5
7. Humpál Vít	ZŠ Praha 4, Jílovská	30,0
8. Janeček Petr	ZŠ Praha 3, Lupáčova	29,0
9. Chaloupka Tomáš	G Praha 4, Opatov	28,5
10. Jelínek Martin	G Praha 4, Opatov	28,0

11. Rezková Karolína (G Praha 10, Voděradská, 27,0) **12.–13. Váter Ondřej** (ZŠ Praha 1, Uhelný trh, 26,0) **12.–13. Mixová Kristýna** (ZŠ Praha 9, Hostivař, 26,0) **14. Lacina David** (G Praha 9, Litoměřická, 25,5)

15. Davidová Jana (G Jana Nerudy Praha 1, 23,5) **16. Grošup Tomáš** (G Praha 7, Nad Štolou, 22,5) **17. Krupka Matěj** (ZŠ Praha 3, Lupáčova, 19,5) **18. Kühpastová Martina** (G Praha 9, Voděradská, 19,0) **19. Podolská Markéta** (G Praha 9, Omská, 18,0) **20. Kolář Petr** (G Praha 4, Opatov, 17,5) **21.–22. Hošek Petr** (G Praha 7, Nad Štolou, 16,0) **21.–22. Přechová Barbora** (G Praha 7, Nad Štolou, 16,0)

STŘEDOČESKÝ KRAJ

1. Masopust Ondřej	G Slaný	39,5
2. Krejčíková Martina	ZŠ Potěhy	34,0
3. Jeřábek Filip	G Kutná Hora	27,5
3. Čermák Martin	ZŠ Kladno	27,5
5.–6. Staněk Jan	ZŠ Mělník	24,5
5.–6. Mikeš Karel	4. ZŠ Kolín	24,5
7. Klos Jan	G Čelákovice	24,0
8.–9. Polma Richard	Osmileté G Mladá Boleslav	22,5
8.–9. Kadlec Jiří	Církevní G Kutná Hora	22,5
10. Štembergová Adéla	G Beroun	22,0

11.–13. Pavlíková Adéla (ZŠ Pečky, 21,0) **11.–13. Borovec Ondřej** (G Slaný, 21,0) **11.–13. Bajer Martin** (G Hořovice, 21,0) **14. Majer Martin** (G Čelákovice, 20,5) **15.–16. Vopička Jan** (2. ZŠ Dobříš, 20,0) **15. až 16. Fencel Pavel** (ZŠ Lysá, 20,0) **17. Gajdová Adéla** (Osmileté G Mladá Boleslav, 19,0) **18. Veselý Luděk** (2. ZŠ Kolín, 18,5) **19. Mudra Karel** (G Benešov, 17,5) **20. Kučera Martin** (G Hořovice, 17,0) **21. Králíčková Petra** (2. ZŠ Rakovník, 15,0)

ÚSTECKÝ KRAJ

1. Matouš Bohuslav	ZŠ Teplice, Buzulucká	37,8
2. Heřmánek Jan	Gymnázium Most	28,9
3. Grošup Tomáš	Gymnázium F. Schillera Pirna	28,7
4. Zatloukal Tomáš	ZŠ Teplice, Buzulucká	27,7
5. Lehman Zdeněk	ZŠ Žatec, Komenského alej	26,7
6. Vorobel Jiří	Gymnázium J. Jungmanna Litoměřice	26,0
7. Nguyen Cong Quan	ZŠ Děčín, Máchovo nám.	24,8
8. Stáně Radim	Gymnázium Lovosice	24,7
9. Ryčl Luboš	3. ZŠ Litvínov	22,6
10. Dung Le Xuan	ZŠ Rumburk, Tyršova	22,2

11. Vytasil Jiří (3. ZŠ Chomutov, Na Příkopech, 22,1) **12.–13. Bradáč Ondřej** (ZŠ Teplice, Buzulucká, 20,7) **12.–13. Kudláček Jiří** (Gymnázium Podbořany, 20,7) **14. Alt Petr** (Gymnázium Děčín, 20,2) **15. Trnovská Jana** (Gymnázium Most, 19,8) **16. Fibigr Jakub** (Gymnázium Lovosice, 18,7) **17. Běrová Monika** (Gymnázium Kadaň, 17,7) **18. Klimeš Ladislav** (3. ZŠ Chomutov, Na Příkopech, 17,3) **19. Lancingerová Kristýna** (Gymnázium T. G. Masaryka Litvínov, 17,0) **20. Kotík Tomáš** (ZŠ Děčín, Máchovo nám., 14,9)

Řešení úloh 1. kola 47. ročníku FO kategorie E a F

Jan Thomas, 1. české gymnázium Karlovy Vary

1. Sousední stanice

$$a) v = \frac{s}{t} = \frac{4000 \text{ m}}{300 \text{ s}} = 13,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 48 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

b) Pro konstrukci grafu je třeba vypočítat rychlost na 2. úseku. Celková dráha:

$$s = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t_1 + v \cdot t_2 + \frac{1}{2} \cdot v \cdot t_3.$$

Odtud určíme neznámou rychlost

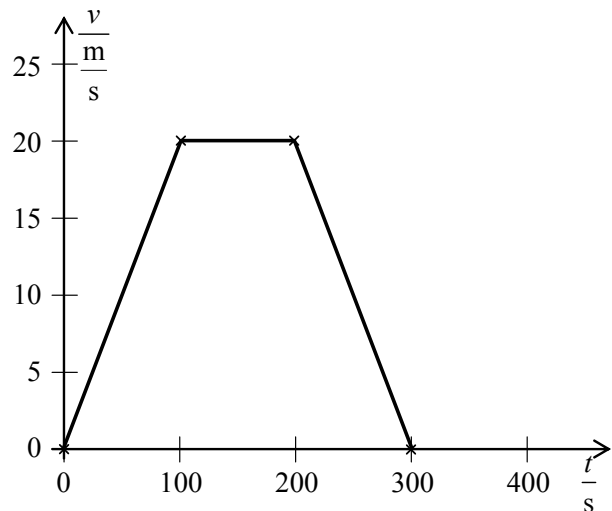
$$v = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

c) Délka 2. úseku (při stálé rychlosti):

$$s_2 = v \cdot t_2 = 2000 \text{ m}.$$

Délka 1. a 3. úseku:

$$s_1 = s_3 = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t_1 = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t_3 = 1000 \text{ m}.$$



2. Vlak projíždí

$$a) v = \frac{l_1}{t} = \frac{250 \text{ m}}{20 \text{ s}} = 12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 45 \frac{\text{km}}{\text{h}} \text{ (rychlost vlaku).}$$

$$t_1 = \frac{l_1 + l_2}{v} = \frac{(250 + 150) \text{ m}}{12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 32 \text{ s}.$$

$$b) t = \frac{l_2}{v} = \frac{150 \text{ m}}{12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 12 \text{ s}.$$

$$c) s = l_1 + l_2 + \frac{1}{2} \cdot v \cdot t = \left(250 + 150 + \frac{1}{2} \cdot 12,5 \cdot 50 \right) \text{ m} = 712,5 \text{ m}.$$

3. Zkouška motoru

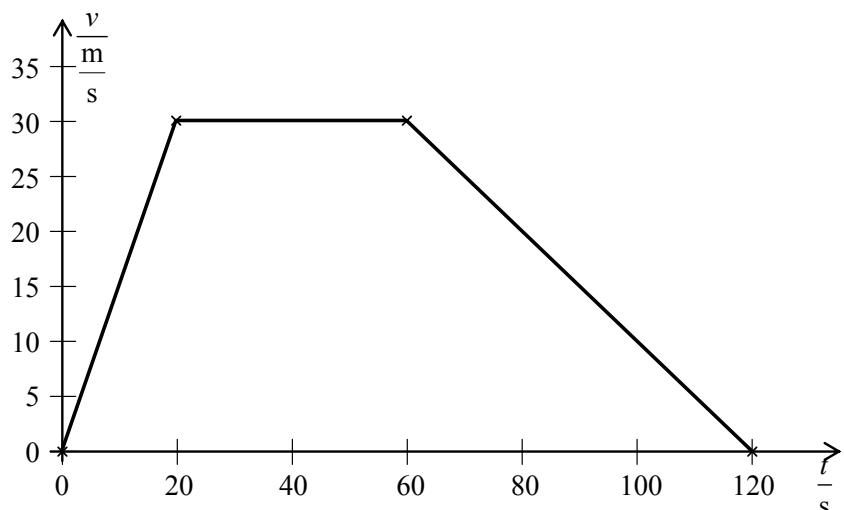
a)

$$b) v = \frac{s_2}{t} = \frac{1200 \text{ m}}{40 \text{ s}} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 108 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

c) Dráha při rozjíždění:

$$s_1 = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t_1 = 15 \cdot 20 \text{ m} = 300 \text{ m}.$$

Dráha při brzdění:



$$s_3 = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t_3 = 15 \cdot 60 \text{ m} = 900 \text{ m}.$$

$$\text{d) } v_p = \frac{s}{t} = \frac{(300 + 1200 + 900) \text{ m}}{120 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

4. Na dálnici

$$v_1 = 162 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 45 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v_2 = 126 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 35 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v_3 = 144 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

a) Dráha auta během zpomalování:

$$s_1 = v_a \cdot t = 40 \cdot 40 \text{ m} = 1600 \text{ m}.$$

Dráha policistů během rozjíždění:

$$s_2 = v_p \cdot t = 20 \cdot 20 \text{ m} = 400 \text{ m}.$$

b) Do 8 km chybí řidiči 6 400 m, tuto dráhu ujede za

$$t_1 = \frac{s}{v_2} = \frac{6400 \text{ m}}{35 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \doteq 183 \text{ s},$$

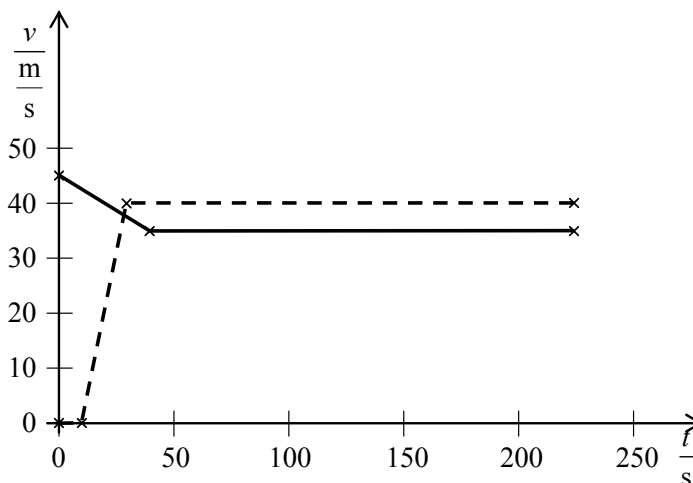
celkový čas řidiče k výjezdu

z dálnice je 223 s.

Policii chybí ujet 7 600 m, tuto dráhu ujedou za

$$t_2 = \frac{s}{v_3} = \frac{7600 \text{ m}}{40 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 190 \text{ s},$$

celkový čas policie od spatření řidiče k výjezdu z dálnice je 220 s, policie bude tedy u výjezdu z dálnice dříve.



5. Osobní výtah

a) $F_1 = m \cdot g = 1500 \text{ N}$ u prázdného výtahu,

$F_2 = \dots = 4000 \text{ N}$ u plně zatíženého výtahu.

b) Při rozjíždění směrem nahoru se zvětšuje, při zastavování se zmenšuje.

Při jízdě dolů je tomu naopak.

c) Polohová energie se při pohybu vzhůru zvětšuje. Ve sklepě zvolíme $E_{p0} = 0 \text{ J}$.

V nejvyšším podlaží $E_{p1} = m \cdot g \cdot h = 1500 \cdot 45 \text{ J} = 67,5 \text{ kJ}$ pro prázdný výtah,

$E_{p2} = \dots = 4000 \cdot 45 \text{ J} = 180 \text{ kJ}$ pro plně zatížený výtah.

Stejně velkou práci musí vykonat elektromotor.

$$\text{d) } P_1 = \frac{W}{t} = \frac{67500}{90} \text{ W} = 750 \text{ W} \text{ pro prázdný výtah,}$$

$$P_2 = \dots = \frac{180000}{90} \text{ W} = 2000 \text{ W} \text{ pro plně zatížený výtah.}$$

$$\text{e) Užitečná práce } W_1 = E_{p2} - E_{p1} = 112,5 \text{ kJ}; \quad \text{Celková práce: } W_2 = E_{p2} = 180 \text{ kJ};$$

$$\text{Užitečný výkon: } P_1 = \frac{W_1}{t} = 1,25 \text{ kW}; \quad \text{Celkový výkon } P_2 = P_2 = \frac{W_2}{t} = 2000 \text{ W}.$$

6. Hydroelektrárna

$$\text{Platí } P = \frac{m \cdot g \cdot h}{t \cdot \eta} \Rightarrow h = \frac{P \cdot t}{m \cdot g \cdot \eta} = \frac{2540 \cdot 10^6}{8000 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,6} \text{ m} = 53 \text{ m}.$$

7. Skříňka s knihami

Tíha poličky $F_G = 2400 \text{ N}$.

$$\text{Tlak } p = \frac{F}{S} \quad \text{na 4 nožkách } p_1 = \frac{2400 \text{ N}}{16 \text{ cm}^2} = 150 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 1,5 \text{ MPa},$$

$$\text{na 4 podložkách } p_2 = \frac{2400 \text{ N}}{60 \text{ cm}^2} = 40 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 0,4 \text{ MPa},$$

$$\text{na 2 lištách } p_3 = \frac{2400 \text{ N}}{160 \text{ cm}^2} = 15 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 0,15 \text{ MPa},$$

$$\text{na 4 lištách } p_4 = \frac{2400 \text{ N}}{624 \text{ cm}^2} = 3,8 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 38 \text{ kPa}.$$

Tlaková síla je rovna tíze poličky $F = p \cdot S = 2400 \text{ N}$.

$$\text{Poměry tlaků: } \frac{p_1}{p_2} = 3,75 \quad \text{tlak je 3,75krát menší,}$$

$$\frac{p_1}{p_3} = 10 \quad \text{tlak je 10krát menší,}$$

$$\frac{p_1}{p_4} = 39,5 \quad \text{tlak je 39,5krát menší.}$$

8. Tepelná elektrárna

a) Celkový výkon elektrárny je 550 MW.

Teplo, které je potřeba dodat za 1 den při účinnosti 100 %:

$$Q = P \cdot t = 550 \cdot 10^6 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ J} = 4,75 \cdot 10^{13} \text{ J} = 47,5 \text{ TJ}.$$

Teplo, které je potřeba dodat za 1 den při účinnosti 36 %:

$$Q_1 = Q = \frac{Q}{\eta} = 1,32 \cdot 10^{14} \text{ J} = 132 \text{ TJ}.$$

$$\text{Je třeba spálit uhlí s hmotností } m = m = \frac{Q_1}{H} = \frac{1,32 \cdot 10^{14}}{12 \cdot 10^6} \text{ kg} = 11 \cdot 10^6 \text{ kg} = 11000 \text{ t}.$$

b) Provoz jaderné elektrárny uspoří každý den 44 000 tun uhlí.

9. Rozmarná společnost

$$\text{a) } \eta \cdot P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta t}{t}$$

$$t_1 = \frac{m \cdot c \cdot \Delta t}{\eta \cdot P} = \frac{1,2 \cdot 4200 \cdot 85}{0,85 \cdot 2000} \text{ s} = 252 \text{ s}.$$

b) Skupenské teplo tání $L_t = m_2 \cdot l_t = 0,15 \cdot 330 \text{ kJ} = 49,5 \text{ kJ}$.

$$\text{Voda může dodat teplo } Q = m_1 \cdot c \cdot \Delta t = 1,2 \cdot 4200 \cdot 15 \text{ J} = 75,6 \text{ kJ} > L_t$$

$\Rightarrow$ všechno led roztaje a teplota bude vyšší než 0°C .

Z kalorimetrické rovnice $m_1 \cdot c \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot l_t + m_2 \cdot c \cdot (t - t_0)$

$$t = \frac{m_1 \cdot c \cdot t_1 - m_2 \cdot l_t}{(m_1 + m_2) \cdot c} = \frac{1,2 \cdot 4200 \cdot 15 - 0,15 \cdot 330\,000}{1,35 \cdot 4200} ^\circ\text{C} = 4,6 ^\circ\text{C}.$$

$$\begin{aligned} \text{c) } t_2 &= \frac{Q}{\eta \cdot P} = \frac{m_1 \cdot c \cdot (t_2 - t_1) + m_2 \cdot l_t + m_2 \cdot c \cdot (t_2 - t_0)}{\eta \cdot P} = \\ &= 252 \text{ s} + \frac{49\,500 + 0,15 \cdot 4200 \cdot 100}{0,85 \cdot 2\,000} \text{ s} = 318 \text{ s}. \end{aligned}$$

10. Ultralehké letadlo

b) Přesnost určení vzdáleností záleží na zvoleném měřítku.

Kansas – 2 000 km – Montreal – 5 000 km – Londýn – 340 km – Paříž – 1 125 km – Řím – 2 200 km – Káhira – 2 000 km – Manama – 1 800 km – Karáči – 2 400 km – Kalkata – 3 600 km – Šanghaj – 1 800 km – Tokio – 6 800 km – Honolulu – 3 600 km – Los Angeles – 2 400 km – Kansas.

Celkem: 35 065 km, přibližně 35 000 km. Fosset by tedy musel počítat s pomocí větru.

c) Délka 38. rovnoběžky: $l = 2 \cdot \pi \cdot R_Z \cdot \cos 38^\circ = 31\,580 \text{ km}$.

$$\text{Doba letu } t = \frac{l}{v} = \frac{31\,580 \text{ km}}{440 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 71,8 \text{ h}.$$

11. Cesta z kopce do kopce

$P_1 = F \cdot v_1 + F_1 \cdot v_1$, $P_2 = F \cdot v_2 - F_1 \cdot v_2$, F_1 je složka tíhy, která působí do kopce proti pohybu, z kopce autu pomáhá. Musíme zjistit odporovou sílu F , z rovnic tedy musíme vyloučit složku

$$\text{tíhy } F_1: F_1 = \frac{P_1 - F \cdot v_1}{v_1}, \quad P_2 = F \cdot v_2 - \frac{P_1 - F \cdot v_1}{v_1} \cdot v_2,$$

$$\text{odtud } F = \frac{P_1 \cdot v_2 + P_2 \cdot v_1}{2 \cdot v_1 \cdot v_2} = \frac{20\,000 \cdot 20 + 10\,000 \cdot 15}{2 \cdot 20 \cdot 15} \text{ N} = 917 \text{ N}.$$

Výkon po rovině: $P = F \cdot v_3 = 917 \cdot 17,5 \text{ W} \doteq 16 \text{ kW}$.

12. Atmosférický tlak

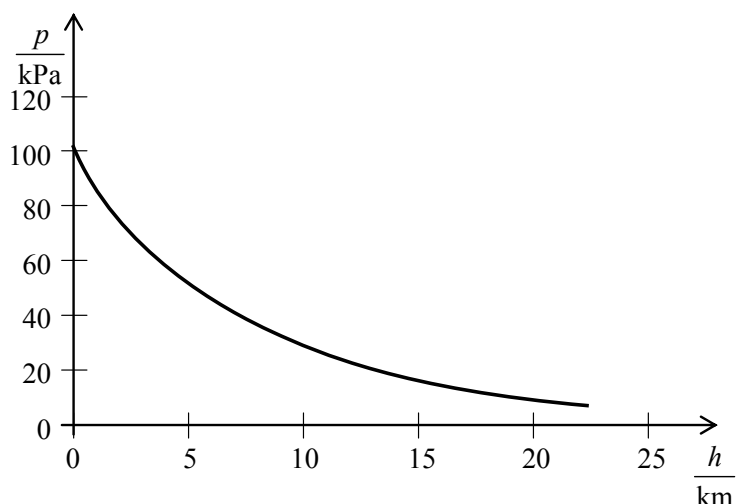
a) $p = 0,5028 \cdot p_0$ tvrzení platí,

b) $p = 0,2528 \cdot p_0 = 25,6 \text{ kPa}$.

c) $p = 0,417 \cdot p_0 = 42,2 \text{ kPa}$.

d)

$\frac{h}{\text{km}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\frac{p}{\text{kPa}}$	101,3	89,4	78,9	69,6	61,4	54,2	47,8	42,2	37,3	32,9	29,0	25,6
$\frac{h}{\text{km}}$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
$\frac{p}{\text{kPa}}$	22,6	20,0	17,6	15,5	13,7	12,1	10,7	9,4	8,3	7,3	6,5	



13. Drátěný čtverec

a) Průřez drátu o průměru 0,4 mm $S = \pi \cdot r^2 = 0,126 \text{ mm}^2$.

$$\text{Odpor 1 m drátu } R = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{0,126 \cdot 10^{-6}} \Omega \doteq 4 \Omega.$$

Odpor strany čtverce $R_1 = 24 \Omega$.

Odpor úhlopříčky $R_2 = 34 \Omega$.

b) Připojení k bodům A a B:

$$\frac{1}{R_{AC}} = \frac{1}{2 \cdot R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{48 \Omega} + \frac{1}{34 \Omega} \Rightarrow R_{AC} = 20 \Omega,$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1 + R_{AC}} = \frac{1}{24 \Omega} + \frac{1}{(24 + 20) \Omega} \Rightarrow R_{AB} = 15,5 \Omega,$$

$$I_{AB} = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{12}{15,5} \text{ A} = 0,8 \text{ A}.$$

Připojení k bodům A a C:

$$\frac{1}{R_{AC}} = \frac{1}{2 \cdot R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{2 \cdot R_1} = \frac{1}{48 \Omega} + \frac{1}{34 \Omega} + \frac{1}{48 \Omega} \Rightarrow R_{AC} = 14,1 \Omega,$$

$$I_{AC} = \frac{U}{R_{AC}} = \frac{12}{14,1} \text{ A} = 0,85 \text{ A}.$$

Připojení k bodům A a D odpovídá připojení k bodům A a B.

c) Mezi body A a C proud neprochází, odpor R_2 můžeme vynechat.

$$R_{BD} = R_1 = 24 \Omega,$$

$$I_{BD} = \frac{U}{R_{BD}} = \frac{12}{24} \text{ A} = 0,5 \text{ A}.$$

Fyzik detektivem

Marek Veselý*, ZŠ a MŠ Kladno, Vodárenská 2115

MOTIVACE

Moje nejoblíbenější autorka detektivní literatury Agatha Christie kdysi řekla, že v dětství slyšela jednu hádanku, která ji přiměla k rozhodnutí psát detektivní romány. Hádanka zní: „**Jistý muž měl v kalhotách díru a v důsledku toho zemřel.**“ Vysvětlení? Až na konci.

VELETRH

Pro 8. Veletrh nápadů učitelů fyziky v Českých Budějovicích jsem byl rozhodnutý připravit vystoupení, které by neslo název „*Fyzika v detektivkách*“. Jak už jsem podotkl, jsem sice velkým fandou detektivek, ale číst všechno jenom kvůli tomu, abych zjistil, že autoři pro své knižní mordy sahají raději po osvědčených jedech, či ostrých nástrojích, než po využití fyzikálních zákonů, to se mi opravdu nechtělo. Ale jak z toho ven, přeci účastníky nezklamou úplně. Tak jsem je zklamal jen částečně. Přišel jsem totiž na to, že lepší než hledat nějakou fyzikální „*narážku*“, či fyzikální problém v knížce a potom ho využít ve výuce, bude jednodušší si nějaký takový příběh vymyslet sám.

INSPEKTOR KOPŘIVA

Lidé mají rádi příběhy s otevřeným koncem, pokud text skýtá dostatek indicií k tomu, aby přišli na to, kdo zločin spáchal, případně jak, apod. Slovem lidé nemám na mysli pochopitelně jenom dospělé, ale i děti. Protože se bavíme o fyzice, jsou moje příběhy napsány tak, aby zápletky byla rozluštitelná pro žáky základní školy. Vytvořil jsem postavu – inspektora Kopřivu, který má kromě policejní, nebo lépe řečeno kriminalistické erudice ještě fyzikální „*fištrón*“. A proč zrovna Kopřiva? Inu proto, že každý zločinec, který s ním bude mít co do činění, se musí zákonitě „*spálit*“ a – jak ještě poznamenal jeden z účastníků Veletrhu – „*ani mráz kopřivu nespálí*“. Povídky jsou k dispozici na internetové adrese www.volny.cz/fyzik.detektivem. Budu rád za zaslání nejen názorů, postřehů a výtek, ale také za posílání námětů, nebo celých povídek. Věřím, že se povídky hodí ke zpestření hodin a k motivaci žáků pro náš předmět.

POVÍDKY

Neexistující vražda?

Do kanceláře inspektora Kopřivy nakoukl strážmistr Petráň: „Pane inspektore, pojd'te si něco poslechnout. Na stopadesátosmičce jsme nahráli zajímavou věc.“

Inspektor se posadil a zaposlouchal se do hlasů z magnetofonu. Jeden patřil službu konajícímu policistovi na dispečinku, druhý hlas byl neznámý. Byl to hlas mužský a zněl značně rozrušeně.

„Haló, policie?“

„Ano, co si přejete?“

„Chci ohlásit vraždu.“

„Kde se stala, kdo ji spáchal, viděl jste čin na vlastní oči?“ dával policista rutinní otázky.

* vesely.marek@seznam.cz

„Stalo se to v garážích u ruzyňského letiště v patře H, na stání označeném 81. Zaparkoval jsem vůz a podíval se do zrcátka. Naproti taky zastavilo auto, vystoupil z něj nějaký muž a než stačil auto zamknout, tak přiběhli dva maskovaní muži a zastřelili ho. Potom utekli.“

„Zůstaňte na místě, posíláme tam výjezdovku.“

„To bohužel nemohu, za chvíli mi odlétá letadlo.“

Inspektor ani moc dlouho neváhal a zavelel: „Vemte techniky s sebou a jedem.“

„To ale není zapotřebí, my jsme tam jeli, a na té H 81 žádné auto nebylo, ani žádná krev, prostě nic. Musel to být fór nebo co!“ namítal strážmistr Petráně.

„Jenže ono se to také nestalo na H 81, ale ...“

Víte, kde došlo k vraždě?

Smrtící plyn

Inspektor Kopřiva se dostavil na místo, kde bylo nalezeno tělo mrtvého zahraničního dělníka. Ležel nahoře na palandě. Vypadal, jakoby usnul. Bohužel navěky. V místnosti kromě postele byl už jen stůl a dvě židle, pak také propan-butanový vaříč a malá lednička. Spodní lůžko pod mrtvým bylo rozestlané.

„Tady taky někdo spal?“ zeptal se inspektor.

„Ano, já,“ ozvalo se z hloučku, který se díval dveřmi do místnosti.

„Pojďte sem a řekněte mi, co se tady stalo,“ pozval dovnitř inspektor Kopřiva dělníka, zjevně také zahraničního.

„Měl jsem štěstí, že jsem spal tady dole,“ vychrlil ze sebe dělník. „Kdybych spal nahoře, jako Vaska, tak je se mnou ámen.“

„A to jako proč, co se vlastně stalo? Já myslel, že zemřel ve spánku?“

„On se udusil plynem. Než jsem zjistil, že nám utíká z vaříče, tak dost plynu uteklo. To víte plyn – pfff – rovnou nahoru,“ ukázal směrem vzhůru dělník.

„To já znám, myslíte jako balónky na pouti.“

„Jo, přesně to mám na mysli. A protože Vaska spal nahoře, tak se chudák udusil.“

„Jako pohádka to bylo výborné, a jako výpověď to také nebylo špatné – aspoň vím, že jste se nám snažil lhat. Pokud byste měl čisté svědomí, nebylo zapotřebí lži. Jste zatčen.“

V čem dělník lhal?

Svěddek

„Tak vy tvrdíte, že jste tu vraždu viděl?“ zeptal se ošuntělého staršího muže sedícího na židli v kanceláři inspektor Kopřiva.

„Ano, pane inšpektór, na vlastní voči jsem ten mord viděl,“ dušoval se pobuda.

„Prosím vás, jak jste to mohl vidět, když byl mráz až praštělo a okna byla zamrzlá!“ křičel na něj inspektor.

„Ale jak jsem šel vokoło toho baráku, tak jsem slyšel nějaký křik, tak jsem přistoupil k voknu, protože bylo zamrzlý, tak jsem na něj dejchnul a rukou utřel takový malý kolečko, abych viděl dovnitř. Tam ten mužskej škrtil tu ženskou.“

„Já vám povím jiný příběh, vám někdo zaplatil, vsadil bych se, že bratr zavražděné, abyste svědčil proti manželovi. Oni dva se totiž přímo nesnášeli. Jenže vaše výpověď má dost závažnou trhlínu.“

„Jakou trhlínu, proboha, já mluvím čistou pravdu.“

„Kdybyste ve škole ve fyzice dával pozor, tak byste musel přeci vědět, že ...“

Co by měl pobuda z fyziky vědět?

Případ z dovolené

Strážmistr Petráně se právě vrátil od moře a vyprávěl svému nadřízenému – inspektoru Kopřivovi –, jaký případ se stal na jeho dovolené.

„Šéfe, představte si: dva mladíci si vyjeli na lodi na volné moře. Rozhodli se, že budou z lodi skákat do vody. Ten jeden se rozběhl, ale zamotalo se mu lodní lano kolem nohy, a tak přeletěl palubu a za tu nohu zůstal viset. Ten jeho kamarád říkal, že prý visel tak, že měl hlavu jen taktak nad vodou. Když mu tenhle druhý kamarád šel pomoci, tak uklouzl po mokré palubě, upadl a omdlel. Mezitím, co byl omdlelej, tak přišel příliv,“ tady strážmistr Petráně poklechl hlasem a snad že nic inspektor Kopřiva neříkal, tak ještě dodal: „Zvedla se voda.“

„Petráně, já samozřejmě vím, co je to příliv. Proboha, tak hloupej zase nejsem,“ loupł po strážmistrovi očima Kopřiva.

Strážmistra to nijak nevyvedlo z míry a klidně pokračoval: „Takže potom, co se ten omdlelej probral, tak ten první mladík, co visel za tu nohu z lodi, už měl kvůli tomu přílivu hlavu pod vodou. Prostě se utopil,“ skončil své vyprávění strážmistr Petráně.

„Doufám, že toho druhého zatkli pro vraždu?“ vyzvídal inspektor Kopřiva.

„No, zatkli. Ale jak to můžete vědět, šéfe?“ divil se strážmistr.

Jak to mohl inspektor vědět?

Neúmyslná krádež

Inspektor Kopřiva se rozhlížel po nádherně zařízeném pokoji, nebo spíše pracovně. Patřila panu Vavruškovi, který se v krásných (zejména starožitných) věcech nejen vyznal, ale také s nimi obchodoval.

„Co jste říkal, že se vám ztratilo, pane Vavruško?“ zeptal se inspektor.

„Nikoliv ztratilo, ale bylo ukradeno, nebo jak vy, policisté, říkáte, odcizeno. Byl to krásný měděný nůž používaný k otvírání obálek,“ odpověděl inspektorovi starožitník Vavruška.

„A kde jste ho měl?“ ptal se dál Kopřiva.

„Právě na tomto stole, běžně jsem ho používal. A poté, co odešel ten opravář – víte, měl jsem porouchaný telefon – tak nůž byl prostě fuč,“ uzavřel pan Vavruška.

Inspektor Kopřiva se vydal za opravářem. Ten, když viděl, že se obvinění nezbaví a že mu nejspíš udělají domovní prohlídku, tak se přiznal, že nůž má u sebe.

„Pane inspektore, ale chtěl jsem ho vrátit. Čestně. Já ho neukradl. To mi nemůžete dokázat!“ křičel opravář Loubal.

„Ale jděte, a kdo ho tedy ukradl? A jak se nakonec nůž dostal k vám? Vždyť pan Vavruška říkal, že v bytě jste byl pouze vy,“ podivil se inspektor Kopřiva.

„To jo, ale byla to nešťastná náhoda, víte?“

„Nešťastná náhoda? Prosím vás, jak může být krádež nešťastná náhoda?“

„Já jsem měl totiž v brašně magnet, ten mám pořád s sebou u náradí. Občas se stane, že je potřeba, třeba když se mi rozsypou někde šroubky; kdo to má hledat a sbírat. No, a tu brašnu jsem si položil na stůl k tomu pánovi. Von na něm měl tenhle kovovej nůž, který se přitáhl k magnetu a zůstal na brašně – zespodu – přicucnutej,“ dokončil své vysvětlení Loubal.

Inspektor Kopřiva se začal smát. Teprve když se dostatečně pobavil, tak opraváře Loubala obvinil z krádeže.

Co dokazuje, že opravář lže?

Hustý olej

Jmenuju se Petr Hanák a jsem automechanik. Pracuju v jedné dílně, kde připravujeme auta na závody. To víte, mezi závodníma stájema (jak jim říkáme), je velký boj. Každý chce vyhrát, to je bez vší diskuze. My jsme chtěli letos hrozně moc vyhrát, a že prej proto musíme udělat maximum. Ale stejně to vypadalo, že nejspíš vyhraje Franta Vomáčka z vedlejší stáje. Náš vedoucí to asi taky čul, a tak za mnou přišel, abych prej k nim – teda jako k Vomáčkovicům – vlezl do dílny a vyměnil tam olej v motoru. Že stejně nikdo nic nepozná, auto sice pojede, ale ne tak rychle, a nám to zajistí vítězství. Na konci závodů, že k nim zas mám vlézt a olej vyměnit zpátky za ten, co tam měli, aby se toho jako nikdo nedomákl.

Já ten volej vyměnil a fakt jsme vyhráli. Ten jejich jsem měl v garáži, ale než jsem ho zase stačil vyměnit, tak Vomáčkovi se to nějak nezdálo a zavolal svému známému – nějakému inspektorovi Kopřivovi. Vsadím boty, že Kopřiva nic nevěděl, jen mě přišel znervózňovat. To se mu povedlo. Já zpanikařil a když jsem viděl, jak se blíží ke mně do dílny, tak sem ten jejich volej potřeboval někam zašít. Jenže kam. V poslední chvíli jsem odklopil víko sudu, kde byla jen špinavá voda a zavřenou plechovku plnou oleje jsem tam vhodil. Volej je přece jenom hustší než voda (a k tomu ještě v plechovce), takže zůstane hezky u dna. Jenom jsem slyšel, jak to šplouchlo, pak jsem přibouchl víko od sudu, protože Kopřiva už bral za kliku u dveří dílny. Inspektor vešel a čmuchal, teda jako hledal, co by mu asi tak přišlo podezřelý. Taky v odklopil víko u sudu, mrknul tam, pak mrknul na mě a už jsme šli. Do dneška nevím, co tam moh vidět, když ta voda byla špinavá a plechovka s volejem byla přece na dně. No, rozumíte tomu?

Co inspektor Kopřiva viděl v sudu?

ROZLUŠTĚNÍ

Tím mužem, který v důsledku díry v kalhotách zemřel, byl potápěč ve skafandru.

Neexistující vražda

Obraz v zrcátku je stranově převrácený, takže pokud viděl v zrcátku H81, tak ve skutečnosti se jednalo o stání označené 18H.

Smrtící plyn

Propan-butan je plyn s větší hustotou než vzduch, takže nestoupá vzhůru, ale naopak klesá dolů.

Svědék

Okna zamrzají zevnitř místnosti, nikoliv zvenku.

Případ z dovolené

Současně s vodou se samozřejmě zvedne i loď. Hlavu musel mít stále nad vodou.

Neúmyslná krádež

I kdyby měl v brašně magnet, tak se měděný nůž k němu nemohl přitáhnout, protože měď není magnetem přitahována (na rozdíl např. od železa).

Hustý olej

Průměrná hustota běžné plechovky s několika litry oleje je menší než hustota vody. Plechovka se proto vůbec neponořila. To, že olej „špatně teče“, nesouvisí s jeho hustotou, ale viskozitou.

Pokusy z elektrostatiky v heuristické výuce fyziky 1

Milan Rojko*, Matematicko-fyzikální fakulta UK v Praze

ELEKTROVÁNÍ TĚLES

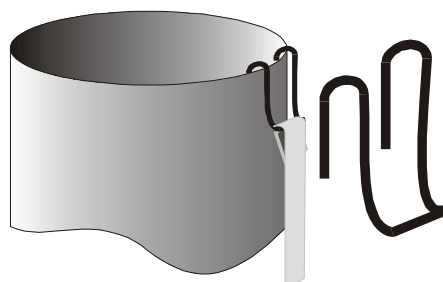
Potřeby: skleněná tyč, amalgamovaná kůže, novodurová tyč, srst, izolanty (porcelánové talíře a hrnečky na kávu), plechovky se staniolovými lístky na závěsech, indikátor elektrického náboje (nebo malá doutnavka s drátovými elektrodami či Goerkeho doutnavka), elektrometr, spojovací vodiče, zdroj vysokého napětí, elektrické konduktory k elektroskopu, pingpongové míčky na vláknech, plechová lopatka.

1. DVA DRUHY ELEKTRICKÝCH NÁBOJŮ

1.1 Elektrování třením

Provedení: Plechovku se staniolovým lístkem na závěsu postavíme na suchý porcelánový talíř a zelektrovanou novodurovou tyčí přeneseme podélným tahem na plechovku v těsné blízkosti lístku „něco z tyče“ Lístek na plechovce se vychýlí. „Něco“ z tyče přešlo na plechovku s lístkem.

Otázky pro žáky: Co jsme z tyče seškrábli na plechovku? (elektřina, elektrický náboj, ...) Zůstalo to jen na místě, kam jsme to setřeli, nebo se to rozlezlo po plechovce? Jak bychom to mohli zjistit? (Rozmístíme-li vně na plechovku další staniolové lístky, ty se všechny vychýlí.) Proč se lístek odtáhnul od plechovky? (Elektřina na plechovce a elektřina na pásku se odpuzují.) Co se asi stane, když k lístku přiblížíme tyč? (Také bude od sebe odtlačovat pásek, je na ní elektřina jako na pásku, pásek se přitlačí blíž k plechovce.)



obr. 1 drátěný závěs ze sponky k zavěšení staniolového pásku

Závěr: Třením tyče srstí se na ní něco objevilo (elektřina, elektrický náboj), co přešlo při seškrábnutí z tyče na plechovku a rozlezlo se po ní. Lístek, na kterém byla elektřina, byl odtrháván od plechovky, na které byla elektřina, i od tyče s elektřinou.

1.2 Elektrování třením

Provedení: Stejný pokus provedeme se skleněnou tyčí třenou kůží. Výsledky jsou stejné. Ukážeme na závěr, že přiblížená novodurová tyč nyní lístek přitahuje.

Otázky pro žáky: Proč se nyní lístek k novodurové tyči přitahuje? (Na lístku je jiná elektřina než na tyči. Tyto dvě různé elektřiny se přitahují.)

Závěr: Třením skla kůží „vzniká“ jiná elektřina než třením novoduru srstí. Lístek nabitý jedním druhem elektřiny je stejnou elektřinou odpuzován, druhou přitahován.

Výzva pro žáky: Navrhněte pojmenování pro dva druhy elektřiny. (Akceptujeme návrh *kladná* a *záporná*.)

Mnemotechnická pomůcka: Skleněná tyč je s **k**ladným nábojem. Novodurová tyč má náboj **z**áporný.

* milan.rojko@atlas.cz

Ukázka funkce indikátoru polarity elektrického náboje –

kladná polarita	svítí červená LEDka
záporná polarita	svítí modrá LEDka

Jako indikátor polarity lze použít i doutnavku s drátovými elektrodami v malém nebo velkém (Goerkeho) provedení



obr. 2 doutnavka sufitová

doutnavka Goerkeho

Při dotyku nabitého vodiče elektrodou doutnavky, jejíž druhou elektrodu zemníme držením v ruce, zasvítí záporná elektroda.

1.3 Nenabitý stav – stav rovnováhy nábojů opačné polarity

Provedení: K nenabitě plechovce s lístkem přiblížíme novodurovou tyč, lístek se vychýlí směrem k tyči.

Otázka pro žáky: Jaká elektřina je na lístku? (Kladná; opačná než na tyči, protože ji tyč přitahuje.)

Provedení: K nenabitě plechovce s lístkem přiblížíme skleněnou tyč, lístek se opět vychýlí směrem k tyči.

Otázka pro žáky: Jaká elektřina je na lístku? (Záporná; opačná než na skleněné tyči, protože ji tyč přitahuje.)

Na *nenabitě* plechovce se objevila kladná i záporná elektřina, stačilo jen přiblížit k ní nabitou tyč. Jak je možné, že se ta plechovka při dotyku rukou chová, jako by tam žádná elektřina nabyla? (Je tam kladná a záporná elektřina, ale obou je stejně, takže se navzájem ruší.)

Závěr: V plechovce je záporná i kladná elektřina, ale vzájemně se ruší. Projevují se jen tehdy, jestliže je jedné víc než té druhé. Elektřinu tedy nevyrábíme, ale jen od jedné oddělíme tu druhou.

1.4 Elektrování – oddělování nábojů opačné polarity

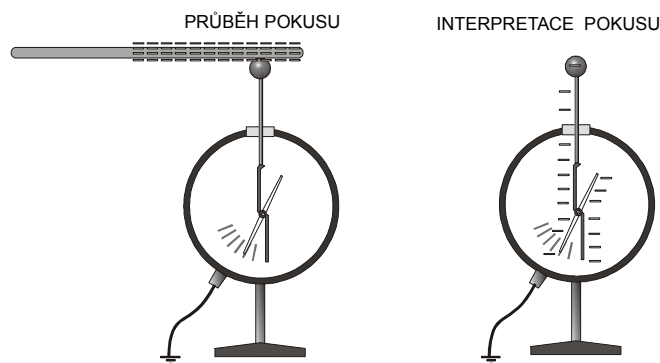
Otázka pro žáky: Když třeme srstí nenabitou novodurovou tyč, kam pravděpodobně utekla kladná elektřina, zůstala-li na tyči převaha záporné? (Kladná elektřina přešla na srst a na naši ruku.)

Provedení: Předvedeme pomocí indikátoru elektrického náboje. Kladný náboj signalizuje LEDka červená, záporný náboj poznáme ze svitu modré LEDky. Při tření skleněné tyče kůží svítí indikátor při dotyku tyče červeně a při dotyku kůže modře. Při tření novodurové tyče srstí se projeví při dotyku záporný náboj na tyči zářením modré LEDky indikátoru a na srsti indikátor prokáže kladný náboj svitem červené LEDky. Pokud nemáme indikátor náboje, ukážeme opačnou polaritu náboje na novodurové tyči a na srsti, kterou jsme ji třeli, přiblížením k záporně nabitě plechovce se staniolovým páskem. Tyč pásek odpuzuje, srst přitahuje.

1.5 Elektroskop

Otázky pro žáky: Žákům ukážeme elektroskop, předvedeme jeho funkci nabitím zelektrovanou tyčí a vyzveme je k vysvětlení, proč se vychyluje jeho ručka. Můžeme připojit další problémové úkoly pro žáky – vyslovit předpověď, jak se změní výchylka nabitěho elek-

troskopu, jestliže k němu přiblížíme souhlasně nebo nesouhlasně nabitou tyč. (Nabití elektroskopu například záporně nabitou tyčí způsobí odpuzování záporně nabitých nosných tyček a záporně nabitých ruček elektroskopu. Přiblížením kladně nabité tyče se část záporných nábojů ze spodní oblasti elektroskopu přesune nahoru k tyči s kladným nábojem, a tím se náboj spodní měřicí části zmenší. Obráceně, při přiblížení záporně nabité tyče se záporné náboje přesunou působením odpudivých sil do vzdálenější měřicí části – výchylka se proto zvětší.)



obr. 3 Brownův elektrometr

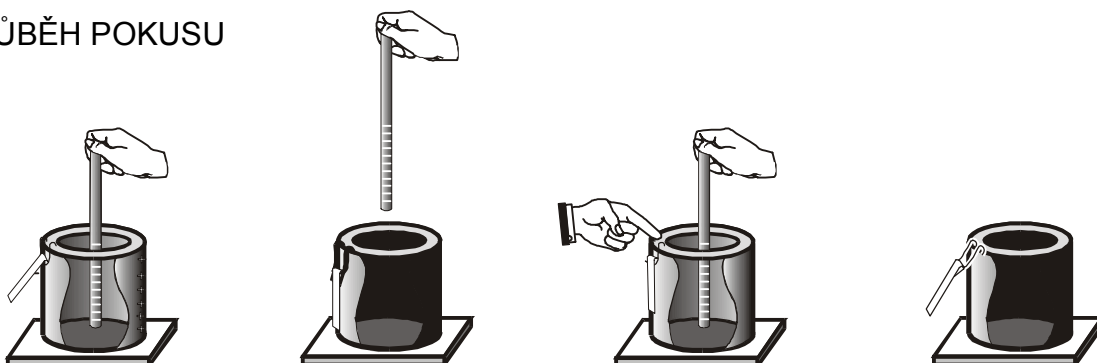
Podobně můžeme požadovat od žáků prognózu chování *nenabitého* elektroskopu při přiblížení nabité tyče.

1.6 Elektrování kovu

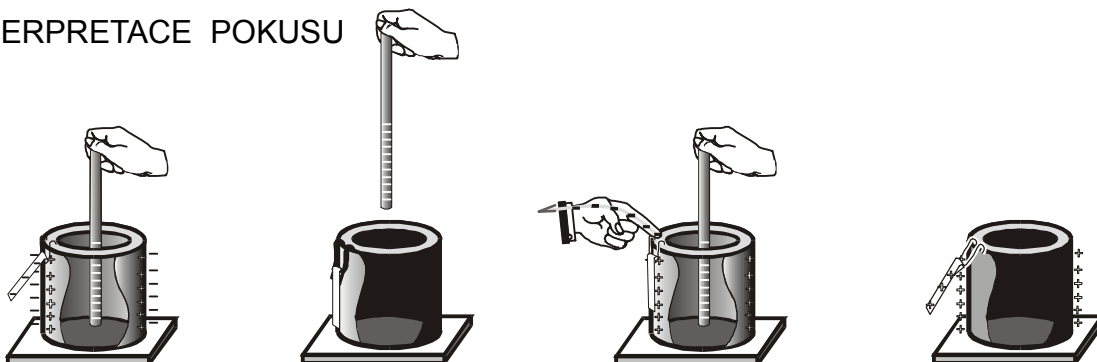
Provedení: Ukážeme šleháním elektroskopu srstí, nebo třením plastem, že lze ze elektrovat třením i kovy.

2. ELEKTROVÁNÍ ELEKTROSTATICKOU INDUKCÍ

PRŮBĚH POKUSU



INTERPRETACE POKUSU



obr. 4 nabíjení elektrostatickou indukcí

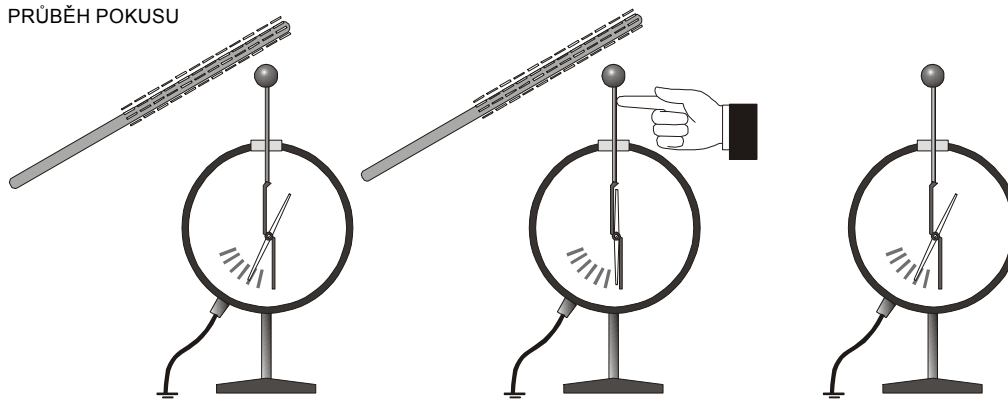
2.1 Nabíjení elektrostatickou indukcí

Provedení: Do plechovky zasuneme bez dotyku nabitou novodurovou tyč, staniolový lístek se vychýlí. Dotkneme se rukou plechovky, lístek poklesne, ale po vytažení tyče se lístek opět oddálí.

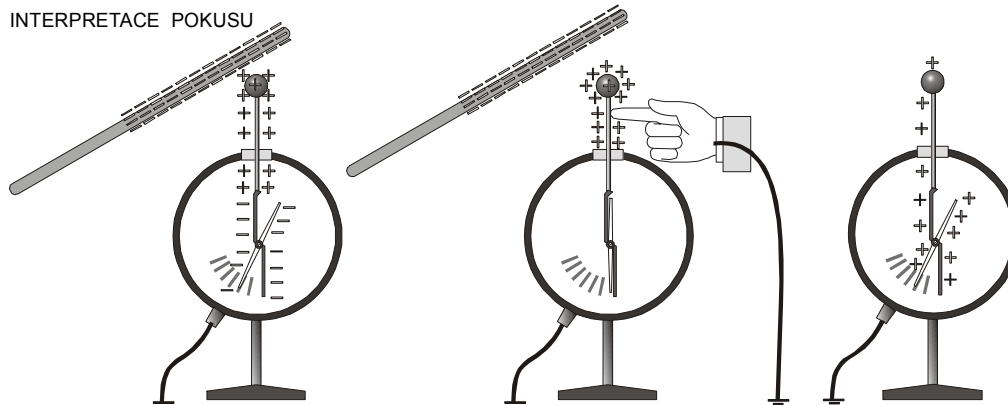
Otázky pro žáky: Proč se lístek choval takovým způsobem? (Vysvětlení na schematickém obrázku, jehož interpretaci dotváříme ve spolupráci se žáky.) Jak bychom mohli potvrdit správnost našeho výkladu? (Náboj na plechovce by měl být opačného znaménka než náboj na tyči. To lze ukázat jednak přiblížením tyče – lístek se k ní přitahuje –, jednak indikátorem polarity – svítí červená LEDka signalizující kladný náboj na plechovce a záporný náboj na tyči.) Proč při dotyku prstu neutekl z plechovky i kladný náboj? (Držel ho – vázal ho k sobě svou silou – záporný náboj na tyči. Necháme žáky navrhnout název pro náboj, který je připoutaný nabitou tyčí, akceptujeme všechna výstižná označení jako například připoutaný, přidržovaný, držený atd. a pokud se v návrzích žáků neobjeví termín *vázaný náboj*, sdělíme ho sami. Protože se nejedná o významný termín, nemusíme ho po žácích striktně vyžadovat. Obdobně necháme hledat žáky jakékoli výstižné označení pro náboj, který utekl rukou do země – *volný náboj*). Jak se změní průběh pokusu, jestliže se dotkneme prstem zevnitř plechovky? (I v tomto případě odvedeme volný náboj souhlasné polarity jako má zasunutá tyč, což prokážeme pokusem. Při všech obdobných pokusech na elektrostatickou indukci tedy nezáleží na tom, kde se rukou dotkneme.)

2.2 Nabíjení elektroskopu elektrostatickou indukcí

PRŮBĚH POKUSU



INTERPRETACE POKUSU



obr. 5 nabití elektroskopu indukcí

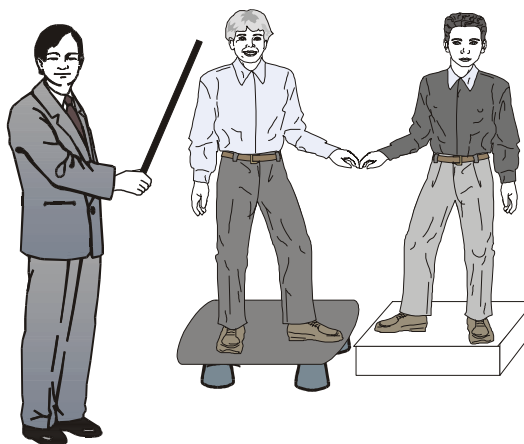
Provedení: Nabijeme elektroskop indukcí obdobně jako při pokusu s plechovkou a indikátorem ukážeme polaritu výsledného náboje na elektroskopu.

Úkol pro žáky: Vysvětlete pokus obdobně jako v předcházejícím případě. Proč se výchylka elektroskopu neobjeví, jestliže nejdříve od elektroskopu vzdálíme nabitou tyč a teprve potom přerušíme dotyk prstu? (Náboj vázaný opačným nábojem na tyči se oddálením zeledrované tyče uvolní a je rukou odveden do země. Elektroskop zůstane nenabitý.)

2.3 Nabíení žáků elektrostatickou indukcí

Provedení: Postavíme dva žáky na dva izolované podstavce (například na dvě desky na čtveřicích hrnečků na kávu, na zavařovacích lahvích, nebo na polystyrenu) a ti si podají ruce. Poté k jednomu z nich přiblížíme zeledrovanou novodurovou tyč, žáci se přestanou držet a tyč oddálíme.

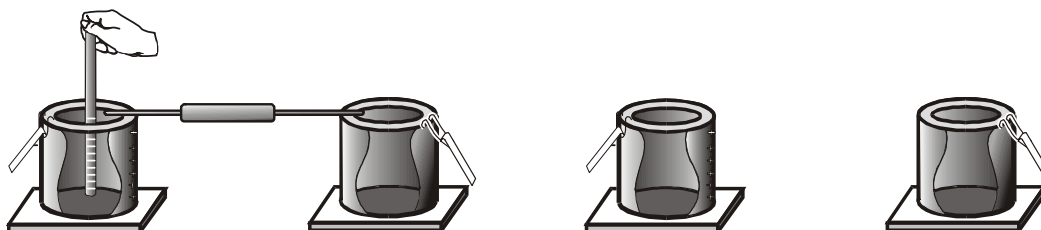
Úkol pro žáky: Popsat očekávaný výsledek pokusu a podat jeho výklad. (Žák, který byl blíže nabitě tyči, bude nabít nesouhlasným vázaným nábojem, vzdálenější žák bude nabít souhlasným nábojem. Polaritu lze prokázat indikátorem polarity.)



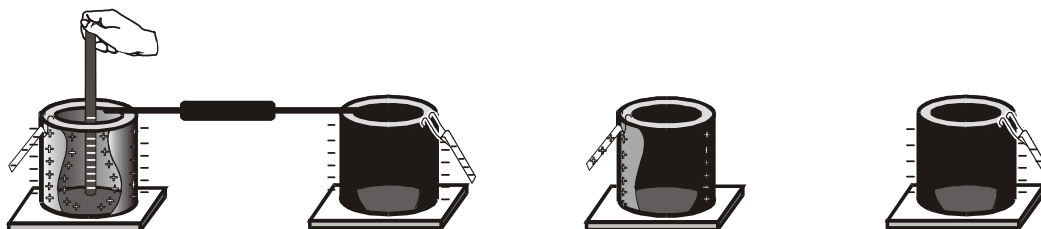
obr. 6 oddělení nábojů elektrostatickou indukcí

2.4 Nabíení plechovek elektrostatickou indukcí

PRŮBĚH POKUSU



INTERPRETACE POKUSU

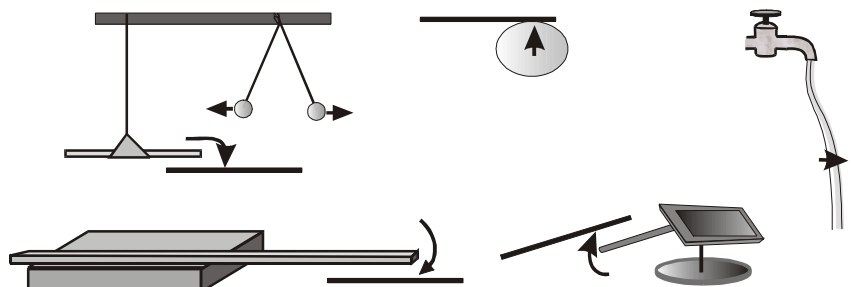


obr. 7 oddělení indukovaných nábojů

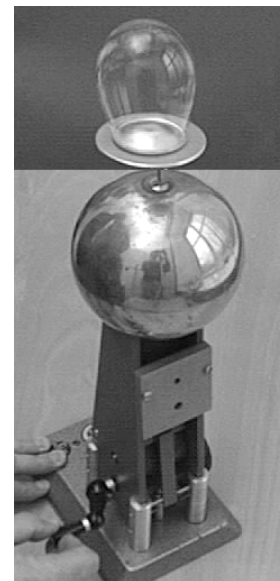
Provedení: Obdobný pokus jako s dvojicí žáků můžeme provést s dvojicí plechovek se staniolovými lístky, nebo s dvojicí elektroskopů. Plechovky (elektroskopy) vodivě spojíme kovovou tyčkou, přiblížíme k jedné z nich nabitou tyč a vodivé spojení izolantem shodíme. Lístky na plechovkách ukáží, že i po oddálení nabitě tyče zůstaly plechovky nabité. Indikátorem náboje, nebo odlišným pohybem lístků při přiblížení nabitě tyče, prokážeme, že jsou na plechovkách náboje opačné polarity.

3. SILOVÉ PŮSOBENÍ ELEKTRICKÝCH NÁBOJŮ

Potřeby: skleněná tyč, amalgamovaná kůže, novodurová tyč, srst, závěs, smeták, kovová lopatka na uhlí, hrotové ložisko, metalizované nebo grafitem potřené pingpongové míčky, dlouhá dřevěná lať, poutový balonek, antistatický sprej, spojovací vodiče.



obr. 9 silové působení



obr. 8 silové působení na nabitou bublinu

3.1–3.6 Silové působení mezi nabitými tělesy

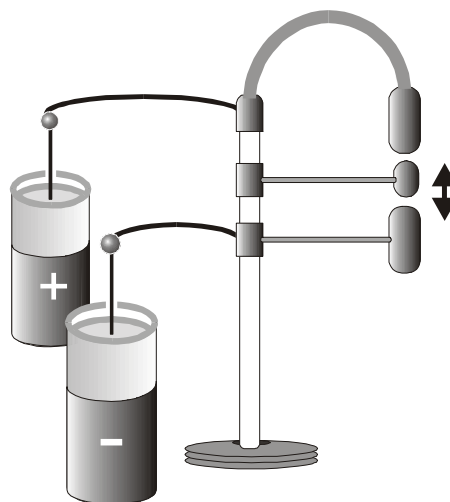
Provedení: Běžně známé způsoby demonstrace silového působení nabitých vodičů ukazuje obrázek. U působení nabitých tyčí a nenabitých předmětů se v první fázi omezujeme na předměty z vodivých materiálů, aby bylo možno efekty popisovat pohybem elektrických nábojů (elektrostatickou indukcí) a nikoli polarizací.

Úkol pro žáky: Popsat očekávaný výsledek a podat výklad efektu na základě přitažlivých sil mezi nesouhlasnými náboji a odpuzivých sil působících na souhlasné náboje.

3.7 Silové působení na nabitou bublinu

(Autorem všech pokusů s nabitými bublinami je Mgr. Břetislav Patč ze ZŠ Brandýs nad Labem.)

Provedení: Na konduktor van de Graaffova generátoru nasadíme misku vystřihnutou ze dna plechovky od piva nebo kokakoly, zvlhčenou bublifukovým roztokem. Je možné připravit si vlastní bublinový roztok dle následující receptury (1 lžice koncentrátu Jar, 1 lžice cukru nebo lépe medu, 1 lžice glycerinu, 250 ml destilované vody). Na misku vyfoukneme mýdlovou bublinu a nabijeme ji van de Graaffovým generátorem nebo připojenou indukční elektrikou. Působením elektrostatického náboje konduktoru na bublinu se začne bublina deformovat, až se nakonec odpoutá od podložky. Nabitou bublinu pak můžeme opačně nabitou tyčí nebo rukama (indukují se na nich při přiblížení k bublině opačné náboje) honit po třídě.



obr. 10 elektrické ťukátko

Otázky pro žáky: Proč dochází k protahování bubliny do výšky? (Bublina je nabitá nábojem stejného znaménka jako kulový konduktor generátoru, proto je od podložky odtlačována.) Proč se bublina hned neodtrhne, co ji drží? (Mýdlový roztok drží u podložky mezimolekulové přitažlivé síly působící mezi bublinou a podložkou.) Jaký je náboj na konduktoru a na bublině, jestliže ji novodurová tyč přitahuje? (opačný, tedy kladný) S jakou tyčí bychom dosáhli odpuzování bubliny? (s kladně nabitou, tedy skleněnou)

Poznámka: Obdobný pokus můžeme provést s nenabitou mýdlovou bublinou vyfouknutou brčkem, kterou můžeme ovládat nabitou tyčí.

3.8 Elektrostatický „zvonek“

Provedení: Elektrody „elektrického ťukátka“ nastavené do vhodné vzdálenosti připojíme k leidským lahvím indukční elektriky. Mezi elektrodami a středním kladívkem na pružném pásku začnou zpočátku přeskakovat jiskrové výboje, poté se kladívko elektrickými silami rozkmitá a pokračuje v kmitání i po přerušení otáčení elektriky, pokud se leidské láhve nevybijí.

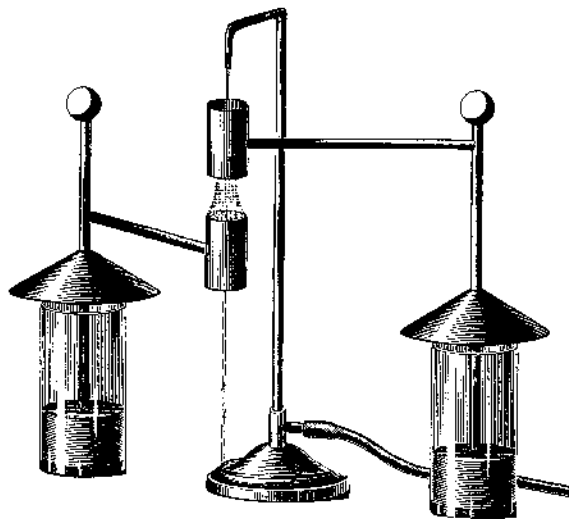
Úkol pro žáky: Vysvětlit chování kladívka. (Nejdříve dojde přeskokem jiskry k nabití kladívka, které se elektrickým působením nabitých elektrod rozkmitá, a poté se střídavým nabíjením kladným a záporným nábojem udržuje v kmitavém pohybu, dokud kladívkem přenášené náboje nevyrovnají opačné náboje leidských lahví.

Poznámka: Pokus lze předvést i s dvojicí opačně nabitých leidských lahví nebo plechovek a zavěšeného pingpongového míčku, jehož povrch jsme potřeli grafitem.

3.9 Silové působení na vodní paprsek

Provedení: Sestavíme pokus dle obrázku. Duté válcové vodiče (průměr asi 4 cm) připojíme například k leidským lahvím a osou válečků necháme protékat tenký čůrek vody. Při průchodu prvním válečkem – např. s kladným nábojem –, se proud vody u spodního okraje tříští, druhý, záporně nabitý váleček proud vody opět zceluje.

Úkol pro žáky: Vysvětlit rozdílné působení válečků na proudící vodu. (Elektrostatickou indukcí se u okrajů válečku kapičky vody trhají a nabíjí. U vnější části vodní spršky jsou částice záporně nabitě – opačně než váleček –, u osy mají náboje stejnou polaritu. Při průchodu druhým válečkem, který má záporný náboj, jsou záporně nabitě vnější kapky tlačeny opět k ose, proud vody se zceluje.)



obr. 11 působení elektrického pole na čůrek vody

4. ROZLOŽENÍ NÁBOJE NA VODIČI

4.1 Absence náboje na vnitřním povrchu dutého vodiče

Otázky pro žáky: Při přenášení elektrického náboje na plechovku jsme viděli, že se náboj rozprostřel po plechovce a nezůstal jen na místě, kde jsme tyč setřeli. Protože jde o náboj stejného znaménka, budou se přenesené náboje od sebe odtlačovat a vzdalovat co nejvíce. Kde se tedy asi elektrický náboj rozprostře a kde nikoli? (Na vnitřní stěně plechovky by byl náboj víc u sebe a proto se dá očekávat, že ho odpudivé síly odtlačí dál na vnější povrch.) Jak bychom mohli tuto předpověď potvrdit, nebo vyvrátit? (Zavěšením staniolových polepů na vnitřní stěnu plechovky.)

Provedení: Plechovku na izolovaném podstavci opatříme staniolovými lístky na vnější i vnitřní straně a nabijeme ji ze elektrovanou tyčí. Vnitřní lístky se nevychýlí, vnější ano.

4.2 Přejed náboje z vnitřního povrchu na vnější povrch

Provedení: Do vnitřku plechovky se staniolovými lístky přenášíme zkusmou kuličkou náboj z elektriky nebo z van de Graaffova generátoru. Následujícím dotykem kuličky s elektroskopem ukážeme, že je kulička nenabitá.

Úkol pro žáky: Vysvětlíte, proč se o náboj kuličky plechovka s kuličkou nepodělila, ale celý náboj zůstal na plechovce? (Při dotyku přešel celý náboj kuličky na vnější povrch plechovky, takže na kuličce uvnitř nezůstal žádný náboj, stejně jako žádný nezůstal na vnitřním povrchu.)

4.3 Přejed náboje z vnitřního povrchu na vnější povrch u van de Graaffova generátoru

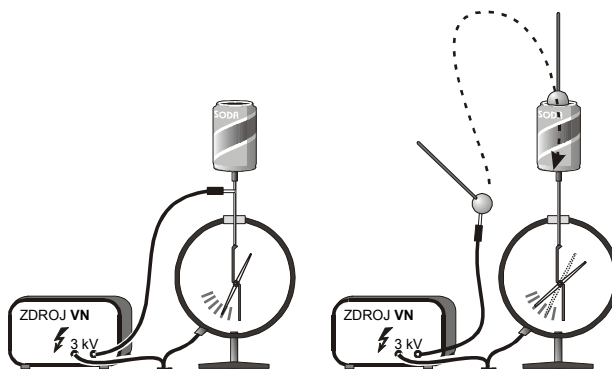
Provedení: Sejmeme konduktor z van de Graaffova generátoru a ukážeme, jak se náboj z pásu přenáší na vnitřní povrch konduktoru.

Otázka pro žáky: Vysvětlíte, proč je výhodné přenášet elektrický náboj z pásu generátoru do vnitřku konduktoru. (Přenesený elektrický náboj odkud okamžitě přechází na jeho povrch, takže přestupu dalších nábojů z pásu nebrání žádné elektrické odpudivé síly.)

4.4 Přebíjení vodiče na větší potenciál, než má zdroj

Skutečnost, že se náboj z vnitřního povrchu dutého vodiče přemísťuje na vnější povrch, umožňuje nabít vodič na větší potenciál, než je potenciál zdroje.

Provedení: Elektroskop s konduktorem (plechovka od piva) nabijeme dotykem nabitě leidenské láhve nebo zdrojem vysokého napětí na takový potenciál, aby byl lístek odkloněn asi do jedné třetiny stupnice (cca 3 kV). Poté spojení přerušíme a do vnitřku konduktoru přenášíme ze zdroje kuličkou na izolačním držáku další náboje. Náboje se přemísťují na povrch a potenciál roste nad úroveň potenciálu zdroje. Tak můžeme ze zdroje 3 kV nabít elektroskop na potenciál třeba dvojnásobný.



obr. 12 nabíjení vodiče na větší potenciál, než má zdroj

Následujícím spojením s nabitým zdrojem (nerozhoduje, zda spojení uděláme s vnějším povrchem, nebo s vnitřní stěnou konduktoru) se potenciály opět vyrovnají.

Otázka pro žáky: Jak je možné, že na povrchu vodiče je větší náboj než při připojení ke zdroji? (Přenesené elektrické náboje z vnitřku vodiče přecházejí na povrch, takže vnitřní povrch je stále nenabitý. Při přenášení náboje ovšem koná naše ruka práci, když nabitou kuličku přibližujeme k souhlasně nabitě plechovce, která na ni působí odpuzivými silami. Tyto síly, přestože jsou tak malé, že je prakticky nepocítíme, musíme překonávat, dokud kuličku nevsuneme dovnitř plechovky. Vznik energie nabíjené plechovky je tedy na úkor práce ruky.)

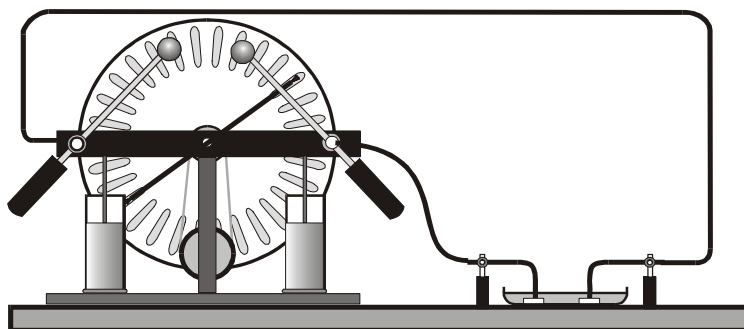
ELEKTRICKÉ POLE

Potřeby: izolanty (porcelánové talíře a hrnečky na kávu), van de Graaffův generátor nebo indukční elektrika, Petriho miska, elektrody různých tvarů, vysokonapěťové kabely, krupice, ricinový olej, zpětný projektor, elektrické chocholy, kovový kbelík, bateriový přijímač, PET-láhev, kovové autíčko, směs éteru s benzínem, vatička, 2 kovové mřížky s proužky papíru, bezové kuličky, kovový hrot, elektrostatický motor, svíčka, elektrofor.

5. MODELOVÁNÍ ELEKTRICKÉHO POLE

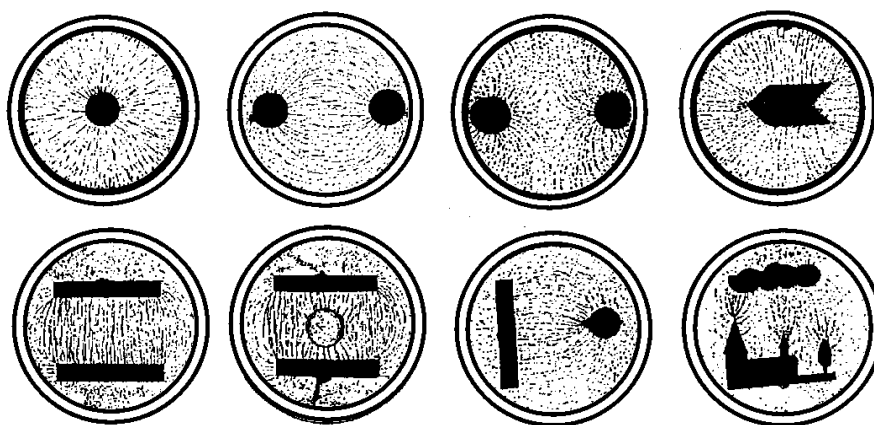
5.1 Modelování elektrických siločar krupicí v oleji

Provedení: Uspořádání pokusu je zřejmé z obrázku. Přívodní vodiče by měly vést vzduchem a vzájemně se nekřížit. Olej by měl sahát přibližně do výšky 3–5 mm a měl by být krupicí jemně posypán až před demonstrací. Vhodné je promítat vykreslené siločáry zpětným projekto-rem.



obr. 13 modelování elektrických siločar krupicí v oleji

Poznámka: Při demonstraci radiálního pole kolem kruhové elektrody, dvou kruhových elektrod se souhlasným nábojem a Kolbeova vodiče vložíme do misky obvodovou kruhovou elektrodu a vodič ji spojíme s druhým pólem.



obr. 14 modely elektrostatického pole krupicí v ricinovém oleji pro různé elektrody

Otázka pro žáky (Otázku zařadíme až po diskusi o chování nevodiče v elektrickém poli): Proč se řetězí zrnka krupice v elektrickém poli? (Zrnka se v elektrickém poli stanou dipóly, které se opačnými náboji zřetězí.)

pokračování v dalším čísle

INFORMACE ÚV FO

Úspěšní řešitelé FO 2004/2005 kategorií A–D v regionech

JIHOČESKÝ KRAJ

kategorie A

1. Čunát Vladimír	G České Budějovice, Jírovcova	4.A	17,0
2. Vácha Karel	G Český Krumlov	oktáva	15,0

kategorie B

1. Lehečková Eliška	G České Budějovice, Česká	34,0
2. Trnka Tomáš	G České Budějovice, Jírovcova	30,0
3. Křepela Martin	G České Budějovice, Jírovcova	28,0
4. Benhák Pavel	(G České Budějovice, Jírovcova	26,0)

5. Krčmář Jindřich (G České Budějovice, Jírovcova, 21,0) **6. Chval David** (OA a G Vimperk, 19,0) **7.–8. Němec Martin** (G P. de Coubertina Tábor, 15,0) **7.–8. Zálaha Jan** (G Písek, 15,0) **9.–11. Brabec Václav** (G P. de Coubertina Tábor, 14,0) **9.–11. Hanzl Jiří** (G Písek, 14,0) **9.–11. Štěpánek Ladislav** (G Písek, 14,0)

kategorie C

1.–2. Pavelka Michal	G Strakonice	39,0
1.–2. Blažek Jiří	G J. V. Jirsíka České Budějovice	39,0
3.–4. Pihera Josef	G Strakonice	37,0
3.–4. Vošta Zdeněk	G České Budějovice, Jírovcova	37,0

5. Chuchel Karel (G České Budějovice, Jírovcova, 36,0) **6. Kabela Adam** (G České Budějovice, Jírovcova, 34,0) **7. Hošek Radim** (G České Budějovice, Jírovcova, 25,0) **8. Chaloupka Miloš** (G Tábor, 22,5) **9. Loucký Jakub** (G Písek, 22,0) **10. Dušilová Adéla** (G České Budějovice, Česká, 21,5) **11. Jindrová Tereza** (G České Budějovice, Česká, 19,5) **12. Pětivlas Filip** (G Týn nad Vltavou, 19,0) **13. Špak Josef** (G České Budějovice, Jírovcova, 17,5) **14. Marková Jana** (G Tábor, 15,5)

kategorie D

1. Hermann Jan	G Český Krumlov	37,0
2. Timr Štěpán	G J. V. Jirsíka, ČB	36,0
3. Batysta František	G J. V. Jirsíka, ČB	30,0

4.–5. Vacek Miroslav (G České Budějovice, Jírovcova, 27,0) **4.–5. Beňas Petr** (G Tábor, 27,0) **6.–7. Míka Luděk** (G Strakonice, 26,0) **6.–7. Kopp Matyáš** (G České Budějovice, Jírovcova, 26,0) **8.–9. Pacovský Matěj** (G Tábor, 24,0) **8.–9. Růžička Aleš** (G Tábor, 24,0) **10. Mizera Petr** (G J. V. Jirsíka České Budějovice, 23,0) **11. Měkuta Kryštof** (G České Budějovice, Jírovcova, 22,0) **12. Říha Roman** (G Prachatice, 21,0) **13. Fous Jiří** (G České Budějovice, Jírovcova, 20,0) **14. Škoda Dominik** (G J. V. Jirsíka České Budějovice, 19,0) **15. Letko Ivan** (G Tábor, 18,0) **16. Mareš Lukáš** (G České Budějovice, Jírovcova, 17,0) **17. Soukup Ondřej** (G České Budějovice, Jírovcova, 16,0) **18.–19. Kuna Michal** (G J. V. Jirsíka České Budějovice, 14,0) **18.–19. Valek Jiří** (G Týn nad Vltavou, 14,0)

JIHOMORAVSKÝ KRAJ

kategorie A

1. Procházka Vojtěch	G Brno, tř. Kpt. Jaroše	30,0
-----------------------------	-------------------------	------

kategorie B

1. Smital Petr	G Brno, tř. Kpt. Jaroše	34,0
-----------------------	-------------------------	------

Úspěšní řešitelé FO 2004/2005 kategorií A–D v regionech

2. Hrubý Miroslav	G Brno, Barvičova	30,0
3. Herzánová Lenka	G Brno, tř. Kpt. Jaroše	24,5

4. Růžička Jiří (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 23,0) **5. Opršal Jakub** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 21,5) **6. Podolník Aleš** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 20,5) **7. Konečný Martin** (G Boskovice, 14,5)

kategorie C

1. Buršík Petr	G Brno, tř. Kpt. Jaroše	33,5
2. Kočí Martin	G Brno, tř. Kpt. Jaroše	30,5
3. Konečný Zbyněk	G Brno, tř. Kpt. Jaroše	29,5

4. Rozbořil Filip (G Boskovice, 28,0) **5. Chvátal Martin** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 26,5) **6.–7. Garšicová Beata** (G Brno, Vídeňská, 24,0) **6.–7. Kaleta Marek** (G Brno, T. Novákové, 24,0) **8. Potůček Jiří** (G Blansko, 19,5) **9. Krejčová Kristýna** (G Tišnov, 19,0) **10. Koupý Petr** (G Blansko, 18,5) **11. Krejčová Ilona** (G Zastávka, 17,5) **12. Jirků Hana** (G Brno, T. Novákové, 17,0) **13. Janíčková Milena** (G Bučovice, 16,5) **14. Černý Michal** (G Brno, Barvičova, 15,5) **15. Patzelová Martina** (G Brno, Vídeňská, 14,5)

kategorie D

1. Kolář Adam	Klvaňovo G Kyjov	35,0
2. Knoflíček Jakub	Klvaňovo G Kyjov	34,5
3.–4. Fiala Petr	G Brno, tř. Kpt. Jaroše	32,5
3.–4. Šmíd Jaroslav	G Brno, tř. Kpt. Jaroše	32,5

5. Kovář Jan (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 32,0) **6. Talanda Tomáš** (G Tišnov, 30,0) **7. Pospíšilová Lucie** (G Brno, Žižkova, 29,5) **8. Orava Tomáš** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 29,0) **9.–10. Novotný Jaroslav** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 28,5) **9.–10. Sedlo Petr** (G Židlochovice, 28,5) **11. Hrbáček Radek** (G Brno, T. Novákové, 28,0) **12. Páral Jan** (G Brno, Žižkova, 27,5) **13. Durna Jaromír** (G Židlochovice, 27,0) **14. Frodl Martin** (G Brno, Barvičova, 24,5) **15. Vais Zdeněk** (G Boskovice, 23,5) **16.–18. Barák Martin** (G Boskovice, 21,0) **16.–18. Mikulka Jiří** (Klvaňovo G Kyjov, 21,0) **16.–18. Vlček Tomáš** (G K. Polesného Znojmo, 21,0) **19. Jermolajev Štěpán** (G Boskovice, 20,0) **20. Skalský Martin** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 19,5) **21.–22. Baťovský Jaromír** (G Brno, T. Novákové, 18,5) **21.–22. Horák Stanislav** (G K. Polesného Znojmo, 18,5) **23. Janíková Veronika** (G Boskovice, 16,5) **24. Báča Jan** (G Brno, tř. Kpt. Jaroše, 15,0) **25. Pospíšil Pavel** (SPŠS Brno, Sokolská, 14,5)

KARLOVARSKÝ KRAJ

kategorie A

1. Černožorská Eva	První české G Karlovy Vary	septima A	RNDr. Jan Thomas	24,0
---------------------------	----------------------------	-----------	------------------	------

kategorie B

1. Černožorská Eva	První české G Karlovy Vary	septima A	RNDr. Jan Thomas	19,0
2. Heczko Jan	G Cheb	septima B	Mgr. Vítězslav Kubín	17,0

kategorie C

1. Král Jiří	První české G Karlovy Vary	sexta A	RNDr. Jan Thomas	23,0
2. Beňák Tomáš	První české G Karlovy Vary	sexta A	RNDr. Jan Thomas	22,0
3. Pekáček Zdeněk	První české G Karlovy Vary	sexta B	RNDr. Věra Sikorová	21,5

4. Hájek Radek (G Cheb, sexta A, Mgr. Vítězslav Kubín, 17,0) **5. Pacosová Lucie** (G Sokolov, sexta A, Mgr. Marcela Chlupová, 15,0)

kategorie D

1. Vítovec Lukáš	První české G Karlovy Vary	kvinta A	RNDr. Milena Pacáková	37,0
-------------------------	----------------------------	----------	-----------------------	------

Úspěšní řešitelé FO 2004/2005 kategorií A–D v regionech

2. Žák Jaroslav	První české G Karlovy Vary	kvinta A	RNDr. Milena Pacáková	33,0
3. Kos Martin	První české G Karlovy Vary	kvinta B	RNDr. Jan Thomas	31,0

4. Nguyen Sonny Dac (Svobodná chebská škola, kvinta, Ing. Jindřich Papež, 27,0) **5. Kvíz Martin** (Svobodná chebská škola, kvinta, Ing. Jindřich Papež, 25,5) **6. Bejr Aleš** (Svobodná chebská škola, kvinta, Ing. Jindřich Papež, 25,0) **7. Konkol Michal** (Svobodná chebská škola, kvinta, Ing. Jindřich Papež, 24,0) **8. Fečík Michal** (První české G Karlovy Vary, 1.B, RNDr. Milena Pacáková, 23,0) **9.–10. Šús Miroslav** (G Sokolov, kvinta A, RNDr. Hana Veselá, 22,0) **9.–10. Rovný Martin** (První české G Karlovy Vary, 1.B, RNDr. Milena Pacáková, 22,0) **11. Cimbala Aleš** (G Sokolov, 1.D, Mgr. Gabriela Zalubilová, 21,0) **12.–13. Pospíšil Marek** (G Cheb, kvinta B, Mgr. Vítězslav Kubín, 20,0) **12.–13. Čapková Michala** (První české G Karlovy Vary, 1.B, RNDr. Milena Pacáková, 20,0) **14. Böhm Marek** (První české G Karlovy Vary, 1.B, RNDr. Milena Pacáková, 18,5) **15.–16. Tomeš Jiří** (G Sokolov, kvinta A, RNDr. Hana Veselá, 17,0) **15.–16. Matička Jan** (G Cheb, kvinta A, Mgr. Vítězslav Kubín, 17,0)

KRAJ VYSOČINA

kategorie A

1. Houštěk Petr	G Pelhřimov	oktáva	28,0
2. Novotný Jan	G Havlíčkův Brod	4.	22,0
3. Kváš Rostislav	G Jihlava	4.B	1,5

kategorie B

1. Musil Petr	G Moravské Budějovice	kvinta C	15,5
2. Hamerský Jaroslav	G Bystřice nad Pernštejnem	septima	14,5

kategorie C

1. Děchtěrenko Filip	G Jihlava	sexta	40,0
2. Jirka Martin	G Jihlava	2.A	37,0
3. Procházka Pavel	SPŠ Jihlava	2.	32,5

4. Bulant Martin (G Jihlava, sexta, 31,5) **5. Dvořák Petr** (G Nové Město nad Moravě, 2.B, 30,0) **6. Dvořák Milan** (G Nové Město nad Moravě, 2.A, 28,0) **7. Sobotka Miloslav** (G Žďár nad Sázavou, 2., 23,0) **8. Homola Petr** (G Žďár nad Sázavou, 2.B, 19,0) **9. Khirnov Anton** (G Pelhřimov, sexta A, 18,5) **10. Ptáček Filip** (G Žďár nad Sázavou, sexta, 17,0) **11. Krejčová Bohuslava** (G Žďár nad Sázavou, 2.A, 16,0)

kategorie D

1. Hyrš Martin	G Havlíčkův Brod	kvinta	33,5
2. Niedermertl Jakub	G Žďár nad Sázavou	1.B	31,5
3. Pejchal Tomáš	G Žďár nad Sázavou	kvinta	31,0

4. Dajč Jiří (SPŠT Třebíč, EPA1, 30,5) **5.–6. Klusáček Matěj** (G Třebíč, kvinta G, 30,0) **5.–6. Kubíček Jan** (G Pelhřimov, 1.A, 30,0) **7. Součková Darina** (G Telč, kvinta, 27,0) **8.–9. Barták Karel** (G Ledeč nad Sázavou, 26,5) **8.–9. Mojrová Barbora** (SPŠ Jihlava, A 1, 26,5) **10. Nožička Tomáš** (G Jihlava, 1.B, 25,5) **11. Šteberl Jan** (G Žďár nad Sázavou, kvinta, 2,5) **12. Matějů Zuzana** (G Pelhřimov, kvinta, 24,5) **13. Živkovič Ivo** (G Žďár nad Sázavou, 1.A, 24,0) **14.–15. Švika Jan** (G Jihlava, kvinta, 23,0) **14.–15. Zhaňal Pavel** (SPŠT Třebíč, TLB1, 23,0) **16. Holub Matěj** (G Žďár nad Sázavou, 1.A, 22,5) **17.–18. Dovol Josef** (G Humpolec, 21,0) **17.–18. Štrbák Martin** (SPŠT Třebíč, TLB1, 21,0) **19. Kalčík Vojtěch** (G Jihlava, 1.B, 20,0) **20. Cvrček Vojtěch** (G Telč, 1.A, 19,5) **21.–22. Kuchaříková Eva** (G Moravské Budějovice, 1.A, 17,5) **21.–22. Švec Martin** (G Jihlava, kvinta, 17,5) **23. Kalný Jan** (G Jihlava, 1.A, 17,0)

Úspěšní řešitelé FO 2004/2005 kategorií A–D v regionech

KRÁLOVÉHRADECKÝ KRAJ

kategorie A

1. Kvasničák Josef	G Trutnov	Budárek	19,0
2. Jíša Jan	G Trutnov	Budárek	14,0

kategorie B

1. Voltr Jan	G J. K. Tyla Hradec Králové	Kratochvíl	19,0
2. Valášek Jan	G Broumov	Šleis	15,0

kategorie C

1. Šourek Gustav	Jiráskovo G Náchod	Polák	40,0
2. Šimůnek Dominik	Lepařovo G Jičín	Jodasová	38,0
3. Dundálek Jakub	Jiráskovo G Náchod	Polák	32,0

4. Petr Martin (G J. K. Tyla Hradec Králové, Kratochvíl, 30,0) 5. Novotný Lukáš (G J. K. Tyla Hradec Králové, Kratochvíl, 29,0) 6. Suchánková Petra (Jiráskovo G Náchod, Polák, 24,0) 7. Naglová Martina (Jiráskovo G Náchod, Polák, 23,0) 8. Navrátil Michal (Lepařovo G Jičín, Jodasová, 20,0) 9. Mudroňová Kateřina (G J. K. Tyla Hradec Králové, Kratochvíl, 17,0) 10. Polák Adam (G J. K. Tyla Hradec Králové, Kratochvíl, 16,0) 11. Svatoš Jiří (Jiráskovo G Náchod, Brát, 14,0)

kategorie D

1. Polák Petr	Jiráskovo G Náchod	Sršňová, Klemenc	35,0
2. Michálek Martin	G J. K. Tyla Hradec Králové	Kratochvíl	32,0
3.–4. Borna Jan	G J. K. Tyla Hradec Králové	Šedivý	31,0
3.–4. Kaplan Jakub	G J. K. Tyla Hradec Králové	Kratochvíl	31,0

5.–8. Bartoniček Jan (G Hořice, Čípová, 29,0) 5.–8. Doškář Martin (Lepařovo G Jičín, Bureš, 29,0) 5.–8. Dovol Martin (Lepařovo G Jičín, Bureš, 29,0) 5.–8. Peterová Alena (G Dobruška, Veselá, 29,0) 9. Zajíc Jakub (G J. K. Tyla Hradec Králové, Kratochvíl, 28,0) 10. Komárková Hana (G B. Němcové Hradec Králové, Vizková, 26,0) 11.–12. Vítvar Pavel (G J. K. Tyla Hradec Králové, Kratochvíl, 25,0) 11.–12. Výravská Zdeňka (G Jaroměř, Dolejší, 25,0) 13. Řičař Jiří (G J. K. Tyla Hradec Králové, Kratochvíl, 24,0) 14.–15. Bednář Jan (G Trutnov, Turek, 22,0) 14.–15. Šmídová Adriana (G J. K. Tyla Hradec Králové, Kratochvíl, 22,0) 16.–18. Borůvková Veronika (G Jaroměř, Dolejší, 20,0) 16.–18. Celbová Petra (Jiráskovo G Náchod, Brát, 20,0) 16.–18. Hartman Juraj (Jiráskovo G Náchod, Sršňová, 20,0) 19. Vydra Pavel (Jiráskovo G Náchod, Brát, 18,0) 20.–21. Cabalková Petra (G Jaroměř, Dolejší, 17,0) 20.–21. Mědílková Klára (Jiráskovo G Náchod, Polák, 17,0) 22.–23. Dvořák Jiří (G Trutnov, Turek, 15,0) 22.–23. Rýdl Pavel (Jiráskovo G Náchod, Polák, 15,0)

LIBERECKÝ KRAJ

kategorie A

1. Vosolobě Stanislav	G Jablonec, U Balvanu	25,0
-----------------------	-----------------------	------

kategorie B

1. Kudláček Ondřej	G Liberec, Jeronýmova	34,0
2. Koštejn Martin	G Liberec, Jeronýmova	24,0
3.–4. Mixánek Bohdan	G Jablonec, U Balvanu	22,0
3.–4. Hrnčíř Jan	G F. X. Šaldy Liberec	22,0

kategorie C

1. Bendová Hana	G Česká Lípa	35,0
2. Duchoslav Miloš	G Česká Lípa	22,0
3.–4. Pavlů Petr	SPŠSE Liberec	21,0
3.–4. Hoskovec Antonín	G Jablonec, U Balvanu	21,0

5. Verner Michal (G Česká Lípa, 20,0) **6. Schaabová Hana** (G a Sportovní G Jablonec, 16,0) **7. Kohút Imrich** (G a Sportovní G Jilemnice, 15,0)

kategorie D

1. Kettner Miroslav	G Liberec, Jeronýmova	34,0
2. Jakimiv Vít	SPŠSE Liberec	30,0
3. Červinková Tereza	G Liberec, Jeronýmova	29,5

4.–5. Náčovský Tomáš (G Liberec, Jeronýmova, 29,0) **4.–5. Pošepný Tomáš** (G I. Olbrachtova Semily, 29,0) **6. Fojtík Martin** (G a Sportovní G Jablonec, 24,0) **7. Vodňanská Zuzana** (G Liberec, Jeronýmova, 22,0) **8. Makara Ondřej** (G Liberec, Jeronýmova, 19,5) **9. Beran Pavel** (G Jablonec, U Balvanu, 17,0) **10. Vališka Michal** (G Turnov, 16,0)

MORAVSKOSLEZSKÝ KRAJ

kategorie A

1. Motloch Pavel	G P. Bezruče Frýdek-Místek	4.A	Mgr. M. VACLÍK	27,0
2. Jaroň Zdeněk	G F. Živného Bohumín	oktáva A	Dr. J. Kunzová	19,0

kategorie B

1. Josieková Monika	G Český Těšín, Havlíčkova	3.C	Mgr. A. Sladeczková	25,0
2. Motloch Pavel	G P. Bezruče Frýdek-Místek	4.A	Mgr. M. VACLÍK	24,0
3. Graf Miroslav	Mendelovo G Opava	septima B	Mgr. M. Klapková	23,0

4. Kajzar Petr (G Vítkov, septima, Mgr. P. Ambrož, 20,0) **5. Vansa Radim** (Matiční G Ostrava, septima B, Mgr. St. Tichý, 18,0) **6. Holík Miloslav** (G M. Koperníka Bílovec, tercie C, Mgr. J. Fojtů, 14,0)

kategorie C

1.–2. Hromádka Jakub	G Frýdlant nad Ostravicí	kvarta A	Mgr. J. Svoboda	30,0
1.–2. Karlický Jan	G Frýdlant nad Ostravicí	kvarta A	Mgr. J. Svoboda	30,0
3. Princ Tomáš	G Ostrava-Poruba, Čs. exilu	2.D	Mgr. A. Balnar	27,0

4.–5. Kaděra Miroslav (G P. Bezruče Frýdek-Místek, kvarta A, Mgr. M. VACLÍK, 25,0) **4.–5. Kniho Jan** (G Český Těšín, Frýdecká, sexta A, Mgr. P. Hulva, 25,0) **6. Josiek Robert** (G Český Těšín, Havlíčkova, 2.A, Mgr. W. Samková, 22,0) **7. Posker Jiří** (G Český Těšín, Frýdecká, 2.A, Mgr. J. Černošský, 21,0) **8. Štufka Miroslav** (G M. Koperníka Bílovec, 2.C, Mgr. A. Münstrová, 18,0) **9.–11. Dluhoš Petr** (Mendelovo G Opava, sexta A, 16,0) **9.–11. Franek Lešek** (G Český Těšín, Havlíčkova, 2.A, 16,0) **9.–11. Orava Vít** (G M. Koperníka Bílovec, 2.C, Mgr. A. Münstrová, 16,0) **12.–14. Andrášik Richard** (G Karviná, 2.A, 15,0) **12.–14. Bartusek Petr** (G Havířov, Komenského, 2.A, 15,0) **12.–14. Matura Dalibor** (G M. Koperníka Bílovec, 2.C, Mgr. A. Münstrová, 15,0) **15. Pustelník Aleš** (G Hlučín, 2.B, 14,0)

kategorie D

1. Hrtoň Martin	G M. Koperníka Bílovec	1.C	Mgr. J. Fojtů	33,0
2. Vopalecký Daniel	G Ostrava-Hrabůvka	kvinta B	Mgr. P. Kolašín	31,0
3.–4. Klaus Jakub	G M. Koperníka Bílovec	1.C	Mgr. J. Fojtů	30,0

3.–4. Sova Václav	G Havířov, Studentská	kvinta A	Mgr. D. Pazdiorová	30,0
--------------------------	-----------------------	----------	--------------------	------

5.–6. Pindejová Kristina (G Český Těšín, Frýdecká, kvinta A, Mgr. P. Hulva, 29,0) **5.–6. Toufar Tomáš** (G M. Koperníka Bílovec, 1.C, Mgr. J. Fojtů, 29,0) **7.–8. Mrozková Tea** (G Karviná, kvinta A, Dr. J. Bochenková, 28,0) **7.–8. Thiemel Jiří** (SPŠ stavební Ostrava-Zábřeh, 1.L, Dr. Z. Klečková, 28,0) **9. Bordovský Patrik** (G Frenštát pod Radhoštěm, 1.B, 26,0) **10.–11. Beránek Jan** (G Ostrava, Matiční, kvinta A, 25,0) **10.–11. Novák Tomáš** (G Krnov, kvinta, 25,0) **12.–16. Hlinka Josef** (G Nový Jičín, 1.B, 24,0) **12.–16. Lička Lukáš** (G P. Bezruč Frýdek-Místek, tercie B, 24,0) **12.–16. Raček Tomáš** (G M. Koperníka Bílovec, 1.C, 24,0) **12.–16. Šmejkal Libor** (Mendelovo G Opava, 1.C, 24,0) **12.–16. Vodráda Tomáš** (G Třinec, tercie C, 24,0) **17. Karásek Martin** (G P. Bezruč Frýdek-Místek, tercie B, 23,0) **18.–20. Čermák Michal** (Mendelovo G Opava, 1.C, 22,0) **18.–20. Ivanský Adam** (G M. Koperníka Bílovec, 1.C, 22,0) **18.–20. Švecová Marcela** (G Nový Jičín, 1.B, 22,0) **21.–22. Kramoliš David** (Masarykovo G Příbor, 1.B, 21,0) **21.–22. Kubina Jiří** (G Hlučín, tercie, 21,0) **23. Horný Vojtěch** (Mendelovo G Opava, kvinta A, 20,0) **24. Kubica Ondřej** (Mendelovo G Opava, kvinta A, 19,0) **25.–27. Fürst Lukáš** (G Frýdek-Místek, Cihelní, 1.A, 17,0) **25.–27. Kubala Tomáš** (SPŠ Frýdek-Místek, 28. října, 1.A, 17,0) **25.–27. Pavlíková Terezie** (G P. Bezruč Frýdek-Místek, tercie A, 17,0) **28. Holík Lukáš** (G M. Koperníka Bílovec, 1.C, 16,0)

OLOMOUCKÝ KRAJ

kategorie B

1. Bednárik Tomáš	Masarykovo G Vsetín	3.C	Jan Kadula	26,0
2. Süč Jiří	G Zábřeh na Moravě	septima A	Pavla Macháčková	20,0
3. Prchal Aleš	SPŠ Přerov	L3	Jana Pavlíčková	18,5

4. Karlík Ondřej (G J. Škody Přerov, septima B, Marta Lupačová, 17,0)

kategorie C

1. Linhart Pavel	G Šternberk	sexta A	Miroslav Komsa	40,0
2. Mořka Libor	G J. Škody Přerov	2.A	Jaromír Fiurášek	33,0
3.–4. Faltýnková Anežka	G J. Škody Přerov	2.A	Jaromír Fiurášek	27,5
3.–4. Kulatá Tereza	G Šternberk	sexta A	Miroslav Komsa	27,5

5.–6. Sedlář Martin (G J. Opletala Litovel, 2.A, Dana Baránková, 26,5) **5.–6. Tábořský Jiří** (Slovanské G Olomouc, sexta E, Romana Lachnitová, 26,5) **7. Hopjan Miroslav** (G Zábřeh na Moravě, sexta A, Pavlína Horáčková, 25,5) **8. Labounek René** (G J. Wolkera Prostějov, sexta A, Petr Janeček, 25,0) **9. Paloncyová Markéta** (G Šumperk, 2.C, Marie Talandová, 23,5) **10. Kozák Štěpán** (G Jeseník, sexta A, Milena Králová, 23,0) **11. Javůrek Tomáš** (G Jeseník, sexta B, Marie Matějovská, 21,0) **12. Pechová Tereza** (Masarykovo G Vsetín, sexta A, Jarmila Vyškovská, 20,5) **13. Navrátil Vít** (Slovanské G Olomouc, sexta E, Romana Lachnitová, 20,0) **14. Faltíčko Martin** (Slovanské G Olomouc, 2.B, Martina Malínková, 19,5) **15. Klikáč Jan** (Městské osmileté G Bruntál, sexta A, Dagmar Hisemová, 19,0) **16.–18. Pechal Radim** (SPŠE Rožnov pod Radhoštěm, S2, Anna Konečná, 18,0) **16.–18. Řepka Filip** (G J. Wolkera Prostějov, 2.B, Marie Jančíková, 18,0) **16.–18. Šimara Michal** (G F. Palackého Valašské Meziříčí, 2.C, Jan Jašek, 18,0) **19. Žák Tomáš** (G J. Wolkera Prostějov, sexta A, Petr Janeček, 17,5) **20. Blechta Václav** (G Jeseník, sexta B, Marie Matějovská, 16,0) **21. až 22. Beneš Daniel** (G Jeseník, sexta B, Marie Matějovská, 15,0) **21.–22. Novotný Marek** (G Hranice, kvarta A, Kolářová, 15,0) **23.–25. Daněk Jiří** (G J. Wolkera Prostějov, sexta A, Petr Janeček, 14,0)

kategorie D

1. Kadrmanová Lucie	G Jeseník	kvinta B	Marie Matějovská	35,0
2. Šebesta Filip	G Šumperk	kvinta A	Marie Talandová	34,5
3. Bednárik Lukáš	Slovanské G Olomouc	1.D	Martina Malínková	34,0

4. Vysloužil Libor (G J. Wolkera Prostějov, kvinta A, Marie Jančíková, 31,0) **5. Šefl Martin** (G Úničov, kvinta, Karel Tesař, 29,5) **6.–7. Kosová Pavla** (G Šternberk, kvinta A, Miroslav Komsa, 28,0) **6.–7. Mička David** (VOŠ a SPŠ Šumperk, TL1, Rudolf Málek, 28,0) **8.–10. Knotek Martin** (G J. Wolkera Prostějov, kvinta A, Marie Jančíková, 26,0) **8.–10. Macháček Jan** (G Jeseník, kvinta B, Marie Matějovská, 26,0) **8.–10. Prášilík Jiří**

Úspěšní řešitelé FO 2004/2005 kategorií A–D v regionech

(G Olomouc-Hejčín, 1.A, Ladislav Sedláček, 26,0) **11. Slaný Jan** (G J. Škody Přerov, kvinta A, Jaromír Fiurášek, 24,5) **12. Havlíček Jan** (G Zábřeh na Moravě, kvinta A, Pavla Macháčková, 24,0) **13.–14. Pohanka Martin** (Slovanské G Olomouc, kvinta F, Gabriela Hlačíková, 23,0) **13.–14. Pompe Patrik** (G Jeseník, 1.C, Marie Matějovská, 23,0) **15. Stadlbauer Petr** (G J. Opletala Litovel, kvinta, Hana Kupková, 21,0) **16.–17. Juřen Martin** (G Kojetín, kvinta, Karel Kozmík, 20,0) **16.–17. Polcr Pavel** (G Šternberk, kvinta A, Miroslav Komsa, 20,0) **18.–19. Güttner Ondřej** (G Jeseník, kvinta B, Marie Matějovská, 19,0) **18.–19. Trněný Michal** (G Kojetín, 1., Jana Pekařová, 19,0) **20. Juránek Jan** (G Zábřeh na Moravě, kvinta A, Pavla Macháčková, 18,0) **21. Matouš Petr** (Slovanské G Olomouc, kvinta F, Gabriela Hlačíková, 16,5)

PARDUBICKÝ KRAJ

kategorie A

1. Morávek Petr	G Pardubice, Dašická	RNDr. Vícha	31,5
2. Kučera Pavel	G Pardubice, Dašická	RNDr. Vícha	23,0
3. Scholleová Barbora	G Pardubice, Dašická	Mgr. Herudková, RNDr. Vícha	21,0

4. Dvořák Filip (G Pardubice, Dašická, RNDr. Vícha, 17,0) **5. Daněk Kamil** (G Pardubice, Dašická, RNDr. Vícha, 15,5)

kategorie B

1. Klimošová Tereza	G Lanškroun	Ing. Bůžková	26,5
2. Šediváková Helena	G Pardubice, Dašická	Mgr. Geřábková	24,5
3.–4. Hruška Petr	G Pardubice, Dašická	RNDr. Vícha	23,5
3.–4. Skořepa Jan	G Pardubice, Dašická	Mgr. Šrollová	23,5

5. Rybička Jan (G Chrudim, Mgr. Svačinková, 17,5)

kategorie C

1. Štěpánek Lubomír	G Pardubice, Dašická	Mgr. Pochobradský, Mgr. Křišťanová	38,5
2.–3. Havran Jiří	G Polička	Mgr. Jílek	35,0
2.–3. Scholle Marek	G Pardubice, Dašická	Mgr. Šrollová	35,0

4. Bartoš Ondřej (G Jevíčko, Mgr. Janeček, 21,0) **5. Veselá Jana** (SPŠS Chrudim, Mgr. Jarešová, 19,5) **6. Šrámek Přemysl** (G Pardubice, Dašická, Mgr. Pochobradský, PaedDr. Eliášová, 18,5) **7. Kolek František** (G Chrudim, Mgr. Runštuk, 17,0) **8. Kápoňský Petr** (G Pardubice, Dašická, Mgr. Pochobradský, PaedDr. Eliášová, 15,5)

kategorie D

1. Junková Tereza	G Polička	Mgr. Sigl	31,5
2. Boháčová Soňa	G Pardubice, Dašická	Mgr. Kycl	28,0
3. Jakl Tomáš	G Moravská Třebová	Mgr. Vacek	27,5

4. Šedivý Petr (G Pardubice, Dašická, Mgr. Kycl, 26,5) **5. Kopecký Martin**, SPŠS Chrudim, Mgr. Jarešová, 25,0) **6. Boleček Luboš** (G Pardubice, Dašická, RNDr. Vícha, Mgr. Kycl, 24,0) **7. Slabý Jiří** (G Pardubice, Dašická, Mgr. Kycl, 20,5) **8. Osmík Štěpán** (SPŠE Pardubice, Mgr. Zelená, Ing. Švadlenka, 20,0) **9.–10. Hromádka Matyáš** (G Pardubice, Dašická, Mgr. Kycl, 19,0) **9.–10. Talacko Aleš** (G Žamberk, Mgr. Zahrádková, Mgr. Vych, 19,0) **11. Marek Ondřej** (G Ústí nad Orlicí, Mgr. Hellmuthová, 16,0)

PLZEŇSKÝ KRAJ

kategorie A

1. Turnovec Aleš	G Mikulášské nám. Plzeň	4.A	Pavel Růžička	15,5
-------------------------	-------------------------	-----	---------------	------

kategorie B

1. Lukáš Petr	G Mikulášské nám. Plzeň	3.AA	Jan Hosnedl	24,0
2. Janda Tomáš	G Klatovy	septima B	Josef Veselý	16,0

kategorie C

1. Touška Kryštof	G Klatovy	sexta B	Miroslav Panoš	25,0
2. Baxa Jan	G Mikulášské nám. Plzeň	2.AA	Jan Hosnedl	22,0
3. Šácha Petr	G Tachov	kvarta B	Zdena Kutláková	16,0

4. Špeta Michal (G Stříbro, sexta, Jitka Soukupová, 15,0)

kategorie D

1. Čechura Tomáš	G Mikulášské nám. Plzeň	kvinta A	Mgr. Petr Zrostlík	31,0
2.–3. Halva Jakub	G Stříbro	kvinta	Mgr. Jitka Soukupová	27,0
2.–3. Vlasáková Jana	G Klatovy	kvinta A	Mgr. Josef Veselý	27,0

4. Richter Vladislav (G Mikulášské nám. Plzeň, kvinta A, Mgr. Petr Zrostlík, 26,0) **5.–7. Eckstein Robert** (G Domažlice, kvinta, Mgr. Marie Fajtová, 25,0) **5.–7. Šklebená Karolína** (G Klatovy, 1.B, Mgr. Vladimíra Jílková, 25,0) **5.–7. Vališ Jakub** (G Mikulášské nám. Plzeň, kvinta B, Mgr. Pavel Růžička, 25,0) **8.–9. Hrudíčka Lukáš** (G Klatovy, 1.B, Mgr. Vladimíra Jílková, 24,0) **8.–9. Jůzová Markéta** (G Mikulášské Plzeň, 1.A, Mgr. Tomáš Havlíček, 24,0) **10. Vrátníková Kateřina** (G Mikulášské nám. Plzeň, kvinta A, Mgr. Petr Zrostlík, 23,0) **11. Vondra Aleš** (G Mikulášské Plzeň, 1.AA, Mgr. Tomáš Havlíček, 22,0) **12.–13. Chroost Petr** (G Klatovy, kvinta A, Mgr. Josef Veselý, 21,0) **12.–13. Vomáčka Miroslav** (G Mikulášské nám. Plzeň, kvinta A, Mgr. Petr Zrostlík, 21,0) **14. Janský Michael** (G Mikulášské Plzeň, 1.A, Mgr. Tomáš Havlíček, 20,0) **15. Veit Matěj** (G Domažlice, kvinta, Mgr. Marie Fajtová, 17,0) **16. Punčochář Jiří** (Masarykovo G Plzeň, 1.B, RNDr. Václav Soukup, 15,0)

PRAHA

kategorie A

1. Lachnitt Jan	G Ch. Dopplera Praha	22,0
2. Hlaváč Miroslav	G Ch. Dopplera Praha	22,0
3. Čermák Petr	G J. Heyrovského Praha	17,0

4.–5. Sedlák František (G E. Krásnohorské Praha, 16,0) **4.–5. Peksa Mikuláš** (G Ch. Dopplera Praha, 22,0)

kategorie B

1. Přenosil Adam	G Praha, Sladkovského	26,5
2.–3. Munzarová Helena	G J. Keplera Praha	14,0
2.–3. Mocný Ondřej	G Praha, Arabská	14,0

kategorie C

1. Sýkora Jiří	G Praha, Nad Alejí	37,5
2. Brožek Pavel	G Praha, Písnická	35,0
3. Benda Jakub	G J. Nerudy Praha	29,0

4. Kessler Jiří (G J. Nerudy Praha, 26,0) **5. Gregorová Šárka** (G Praha, Nad Alejí, 25,5) **6. Rolínek Michal** (G J. Keplera Praha, 24,5) **7. Jelínek Jan** (G Praha-Opatov, 24,0) **8. Odstrčil Michal** (G Praha, Postupická, 22,5) **9. Roneš Jan** (G Praha, Postupická, 22,0) **10. Bělka Tomáš** (G Praha, Voděradská, 21,0) **11. Přech Jan** (G Praha, Nad Štolou, 20,0) **12. Pávek Jan** (G Praha, Voděradská, 18,5) **13.–14. Páv Oldřich** (Arcibiskupské G Praha, 17,5) **13.–14. Široký Jan** (G Praha, Postupická, 17,5)

kategorie D

1. Michálek Jakub	G J. Keplera Praha	39,0
2. Kudláček Jan	G Praha, Písnická	38,5
3. Svobodová Helena	G Ch. Dopplera Praha	35,0

4. Valášek Jan (G Ch. Dopplera Praha, 34,5) **5. Peterka Matěj** (G Praha, Nad Alejí, 33,0) **6. Vinšová Jana** (G Ch. Dopplera Praha, 32,0) **7.–8. Malý Pavel** (G Ch. Dopplera Praha, 31,5) **7.–8. Smrž Roman** (G Praha, Ohradní, 31,5) **9. Čemus Karel** (SPŠST Praha, Panská, 29,5) **10. Cerman Jiří** (G Praha, Korunní, 29,0) **11. Popelová Markéta** (G Praha, Nad Alejí, 28,0) **12. Janský Petr** (G Praha, Mezi Školami, 27,5) **13. Novák Jan** (G Praha, Voděradská, 26,5) **14. Dušek Pavel** (G Praha, Nad Alejí, 26,0) **15. Černohorský Jan** (G Praha, Voděradská, 24,0) **16. Kloc Michal** (G Praha, Botičská, 22,5) **17. Voříšek Jan** (G Ch. Dopplera Praha, 21,0) **18. Rucký Pavel** (G Ch. Dopplera Praha, 18,5) **19. Hahl Michal** (G Ch. a Dopplera Praha, 18,0) **20. Hedvábný Petr** (G Ch. Dopplera Praha, 17,5) **21. Škvára Jakub** (G Praha, Voděradská, 16,5) **22. Hála Jindřich** (G Praha, Arabská, 15,0) **23.–24. Jankovský Petr** (G Praha, Nad Alejí, 14,5) **23.–24. Macháč Jan** (G Praha, U Libeňského zámku, 14,5)

STŘEDOČESKÝ KRAJ

kategorie A

1. Soukup Jindřich	G Kladno	14,5
2. Macků Emil	G Benešov	14,0

kategorie B

1. Chalupník Vitalij	G V. B. Třebízského Slaný	29,0
2. Severa Lukáš	G Benešov	27,0
3. Hermann Lukáš	G J. Pekaře Mladá Boleslav	21,0

4. Štorch Vít (G Kladno, nám. E. Beneše, 18,0)

kategorie C

1. Libovický Jindřich	G Kladno, nám. E. Beneše	27,0
2. Rosa Rudolf	G Kladno, nám. E. Beneše	21,0
3. Broulík Miloš	Osmileté G Mladá Boleslav	20,0

4.–5. Myšáková Eva (G Kolín, 18,0) **4.–5. Stratil Petr** (Sportovní G a G Kladno, 18,0) **6. Červinka Ctirad** (Osmileté G Mladá Boleslav, 17,0)

kategorie D

1.–2. Kukral Ota	G J. Pekaře Mladá Boleslav	34,0
1.–2. Muller Josef	G J. Pekaře Mladá Boleslav	34,0
3. Dvořák Jan	G J. Pekaře Mladá Boleslav	32,0

4. Beneš Martin (G J. Palacha Mělník, 29,0) **5. Šrámek Pavel** (G Příbram, 28,0) **6. Čech Jaroslav** (G Kolín, 25,0) **7.–10. Balíková Pavla** (G Příbram, 22,0) **7.–10. Sokolohorský Anatolij** (G a SPgŠ Čáslav, 22,0) **7. až 10. Šípek Miloslav** (G Benešov, 22,0) **11. Palečková Alena** (G Benešov, 21,0) **12. Čokrt Václav** (G Český Brod, 19,0) **13.–15. Zavadilová Jana** (G Čelákovice, 18,0) **13.–15. Korejtko Jiří** (G Kolín, 18,0) **13.–15. Svátý Zdeněk** (Sportovní G a G Kladno, 18,0) **16. Vlach Tomáš** (G Benešov, 17,0) **17.–18. Hanousek Milan** (G J. Ortena Kutná Hora, 15,0) **17.–18. Kadleček Jiří** (G Vlašim, 15,0)

ÚSTECKÝ KRAJ

kategorie B

1. Vlček Petr	G Děčín	Mgr. M. Myšík	21,0
----------------------	---------	---------------	------

2. Nemravů Saša	G Roudnice	Mgr. Hana Hrádková	14,0
------------------------	------------	--------------------	------

kategorie C

1. Jan Pavlovský	G Most	Mgr. Prokopová	29,0
2. Petr Tríletý	G Děčín	Mgr. Švecová	23,0
3. Michal Jeníček	G Litvínov	Mgr. Ulrichová	21,0

4. Daniel Šimsa (G Litoměřice, PaedDr. A. Lorenc, 20,0) **5. Josef Nový** (SPŠS a D Děčín, Mgr. T. Denkstein, 19,0)

kategorie D

1. Jan Šťovíček	G Teplice	Mgr. Bohumil Fišer	28,0
2. Jan Čapek	G Duchcov	Mgr. Eva Talacová	26,0
3. Jaroslav Zuckerstein	G Lovosice	Mgr. Jana Štyksová	23,0

4. Lukáš Jeníček (G Chomutov, Ing. Tomáš Hák, 19,0) **5. Martin Korec** (G Teplice, Mgr. Ilona Kuboňová, 18,0) **6. Renata Tryhubová** (G Rumburk, Mgr. Lenka Laubrová, 18,0) **7. Adam Hamáček** (G Teplice, Mgr. Zdeněk Vácha, 17,0) **8. Klára Pištěková** (G Rumburk, Mgr. Lenka Laubrová, 16,0) **9. Jitka Slaninová** (G Rumburk, Mgr. Lenka Laubrová, 15,0) **10. Edita Knížová** (G Chomutov, Ing. Tomáš Hák, 14,0)

ZLÍNSKÝ KRAJ

kategorie A

1. Pechal Marek	G Zlín, Lesní čtvrť	37,0
2. Konopecký František	G Holešov	19,0
3. Bílka Ondřej	G Zlín, Lesní čtvrť	14,0

kategorie B

1. Trčka Martin	G Rožnov	19,0
------------------------	----------	------

kategorie C

1.-2. Formánek Martin	G Uherské Hradiště	24,0
1.-2. Haloda Petr	G Uherské Hradiště	24,0
3. Šatný Marek	G Uherské Hradiště	22,0

4. Pavelka Roman (G Zlín, Lesní čtvrť, 21,0) **5. Trňák Petr** (G Uherské Hradiště, 19,0) **6. Raiskup Pavel** (SPŠ Uherské Hradiště, 17,0)

kategorie D

1. Čechovič Petr	G Uherské Hradiště	35,0
2. Rosíková Martina	G Zlín, Lesní čtvrť	27,0
3. Dostál Marek	G Zlín, Lesní čtvrť	25,0

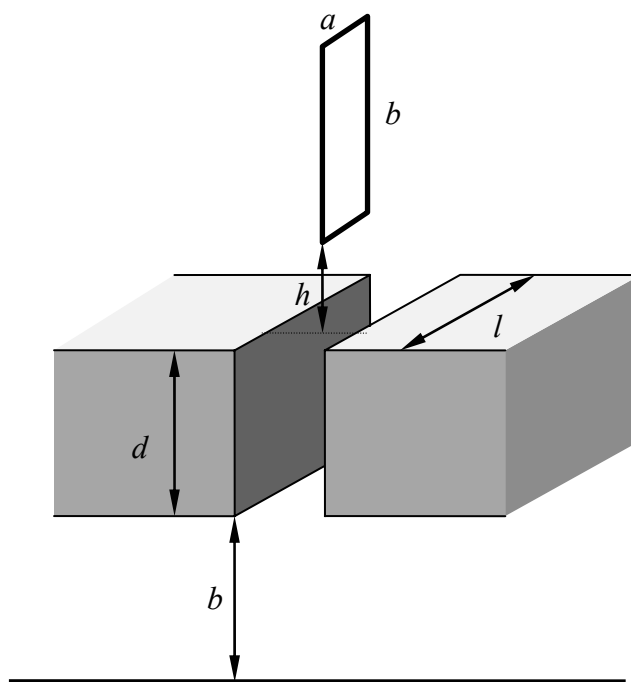
4. Navrátil Ondřej (G Zlín, Lesní čtvrť, 24,0) **5. Pečeňa Rastislav** (G Zlín, Lesní čtvrť, 23,0) **6.-7. Beníčková Magdaléna** (G Uherský Brod, 21,0) **6.-7. Jančařík Miroslav** (G Uherský Brod, 21,0) **8.-9. Ivanová Marika** (SPŠ Zlín, 20,0) **8.-9. Pechová Alžběta** (G Valašské Klobouky, 20,0) **10. Bedřich Marek** (G Uherský Brod, 19,0) **11.-12. Divín Radek** (G Rožnov, 18,0) **11.-12. Štěpánek Ivo** (G Uherský Brod, 18,0) **13.-15. Doleček Jan** (G Kroměříž, 17,0) **13.-15. Silný František** (G Uherské Hradiště, 17,0) **13.-15. Slušík Michal** (SPŠ Zlín, 17,0) **16. Kalužová Iveta** (G Strážnice, 16,0) **17. Popelka Jakub** (G Uherský Brod, 15,0)

Pád vodivého rámečku v magnetickém poli

Karel Rauner*, Pedagogická fakulta ZČU v Plzni

Příklad:

Obdélníkový rámeček z vodivého drátu má rozměry a, b , hmotnost m a odpor R . Je zavěšen ve výšce h nad horním okrajem pólových nástavců elektromagnetu. Pólové nástavce mají výšku d , pro kterou platí $d < b$, a šířku l : ($l > a$). Vzdálenost mezi pólovými nástavci je tak malá, že magnetické pole mezi nimi lze považovat za homogenní a bezrozptylové s magnetickou indukcí B . Spodní okraj pólových nástavců je ve výšce b nad podložkou – obr. 1. V čase $t = 0$ rámeček uvolníme. Vyjádřete časovou závislost polohy a rychlosti rámečku do okamžiku, ve kterém protne spodní strana rámečku rovinu určenou spodními okraji pólových nástavců, pak popište další pohyb rámečku slovně. Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $a = 10$ cm, $b = 1$ m, $m = 0,01$ kg, $R = 0,1$ Ω, $h = 0,2$ m, $d = 0,2$ m, $B = 1$ T. Rámeček považujte za ne-deformovatelný. Určete číselně hodnotu energie, která se indukovaným proudem v rámečku přemění na teplo a porovnejte tuto hodnotu s bilancí mechanické energie rámečku.



Obr. 1

Řešení:

Označíme okamžitou polohu rámečku souřadnicí x popisující jeho vzdálenost od původní polohy. V čase $t = 0$ je $x = 0$, $v = \frac{dx}{dt} = 0$. Řešení je nutné rozdělit do několika kroků:

1. Do jistého okamžiku t_1 padá rámeček volným pádem. Proto pro $t \in \langle 0, t_1 \rangle$ platí:

* rauner@kof.zcu.cz

$$x = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2, \quad v = g \cdot t. \quad (1)$$

Ze vztahů (1) lze určit okamžik t_1 , ve kterém rámeček vstupuje do magnetického pole i rychlost, se kterou tam vstupuje:

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_1^2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}, \quad v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}. \quad (2)$$

2. V časovém intervalu $t \in \langle t_1, t_2 \rangle$ prochází magnetickým polem spodní strana rámečku. V této části se indukují elektromotorické napětí $U_e = B \cdot v \cdot a$, které vyvolá v rámečku proud $I = \frac{U_e}{R}$. Na spodní stranu rámečku bude proto působit síla $F = -B \cdot I \cdot a$, jejíž záporné znaménko označuje působení proti gravitační síle. Po dosazení z předchozích vztahů je

$$F = -\frac{B^2 \cdot a^2}{R} \cdot v \quad (3)$$

Pro zrychlení rámečku $\frac{dv}{d\tau}$ (protože řešený děj začíná časem $t = t_1$, zavedeme novou časovou proměnnou $\tau = t - t_1$) proto platí

$$m \cdot \frac{dv}{d\tau} = -\frac{B^2 \cdot a^2}{R} \cdot v + m \cdot g. \quad (4)$$

Řešíme nejprve homogenní rovnici (rovnici, ve které je vynechán člen nezávislejší na rychlosti a čase) $m \cdot \frac{dv_h}{d\tau} = -\frac{B^2 \cdot a^2}{R} \cdot v_h$. Separací proměnných dostaneme rovnici

ci $\frac{dv_h}{v_h} = -\frac{B^2 \cdot a^2}{m \cdot R} \cdot d\tau$, kterou je již možné integrovat:

$$v_h = K \cdot e^{-f \cdot \tau}, \quad (5)$$

kde je pro stručnost zavedeno označení $f = \frac{B^2 \cdot a^2}{m \cdot R}$.

Partikulárním řešením (jedním z možných řešení s členem $m \cdot g$) rovnice (4) je na první pohled konstanta $v_p = \frac{g}{f}$. To je také minimální rychlost, se kterou by rámeček padal rovnoměrným pohybem v případě velmi vysokých hodnot d a b . Konstantu K určíme z počáteční podmínky: $t = t_1$ ($\tau = 0$) $\Rightarrow v = v_h + v_p = v_1$:

$K = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} - \frac{g}{f}$, celkové řešení je po dosazení za τ proto:

$$v = \left(\sqrt{2 \cdot g \cdot h} - \frac{g}{f} \right) \cdot e^{-f \cdot (t-t_1)} + \frac{g}{f}. \quad (6)$$

Další integrací dostaneme časovou závislost souřadnice x :

$$x = \left(\frac{g}{f^2} - \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot h}}{f} \right) \cdot e^{-f \cdot (t-t_1)} + \frac{g}{f} (t-t_1) + X.$$

Konstantu X určíme z počáteční podmínky: $t = t_1 \Rightarrow x = l$, pak

$$x = \left(\frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot h}}{f} - \frac{g}{f^2} \right) (1 - e^{-f \cdot (t-t_1)}) + \frac{g}{f} (t-t_1) + h. \quad (7)$$

Tato fáze pohybu skončí v čase t_2 , při kterém $x_2 = h + d$. Analytické vyjádření tohoto časového okamžiku je obtížné, výhodnější je nalézt jeho hodnotu pro zadané číselné údaje.

3. Označíme časem t_3 okamžik, ve kterém vstupuje do magnetického pole horní strana rámečku. V časovém intervalu $t \in \langle t_2, t_3 \rangle$ padá rámeček opět volným pádem, v žádné části rámečku se neindukuje napětí, proud rámečkem je nulový. Je-li v_2 rychlostí vypočítanou ze vztahu (6) pro čas t_2 , je další závislost rychlosti rámečku dána vztahem

$$v = v_2 + g \cdot (t - t_2) \quad (8)$$

a souřadnice

$$x = h + d + v_2(t - t_2) + \frac{1}{2} \cdot g \cdot (t - t_2)^2. \quad (9)$$

Čas t_3 je určen vztahem (9) pro hodnotu $x_3 = h + b$. Odpovídající rychlost je $v_3 = v_2 + g \cdot (t_3 - t_2)$.

4. V poslední fázi pohybu prochází magnetickým polem horní strana rámečku a situace je obdobná druhému bodu řešení. Proto v intervalu $t \in \langle t_3, t_4 \rangle$, kde t_4 je okamžik dopadu rámečku na podložku, jsou hledaným řešením vztahy:

$$v = \left(v_3 - \frac{g}{f} \right) \cdot e^{-f \cdot (t-t_3)} + \frac{g}{f}, \quad (10)$$

$$x = \left(\frac{v_3}{f} - \frac{g}{f^2} \right) (1 - e^{-f \cdot (t-t_3)}) + \frac{g}{f} (t-t_3) + h + b. \quad (11)$$

Rámeček dopadne na podložku v čase t_4 , pro který bude ve vztahu (11) x rovno $h + d + b$.

Číselné řešení

Pro zadané hodnoty je ze vztahů (2) $t_1 = 0,2$ s, $v_1 = 2$ m·s⁻¹. Hledanými závislostmi v časovém intervalu $t \in \langle 0$ s, $0,2$ s) jsou po dosazení do (1) ($g = 10$ m·s⁻²) vztahy:

$$\{v\} = 10 \cdot \{t\}, \quad \{x\} = 5 \cdot \{t\}^2. \quad (12)$$

V další fázi pohybu získáme ze vztahů (6) a (7):

$$\{v\} = 1 + e^{-10(\{t\}-0,2)}, \quad \{x\} = 0,1 + \{t\} - 0,1 \cdot e^{-10(\{t\}-0,2)}. \quad (13)$$

Numerickým řešením poslední rovnice pro $\{x\} = 0,4$ je čas $t_2 = 0,328$ s. Z této hodnoty získáme $v_2 = 1,28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Vztahy (13) jsou proto hledaným řešením v časovém intervalu $t \in \langle 0,2 \text{ s}, 0,328 \text{ s} \rangle$.

Ve třetí fázi pohybu jsou hledanými závislostmi vztahy (8), (9), které po dosazení nabývají tvaru:

$$\{x\} = 5 \cdot \{t\}^2 - 2 \cdot \{t\} + 0,518. \quad (14)$$

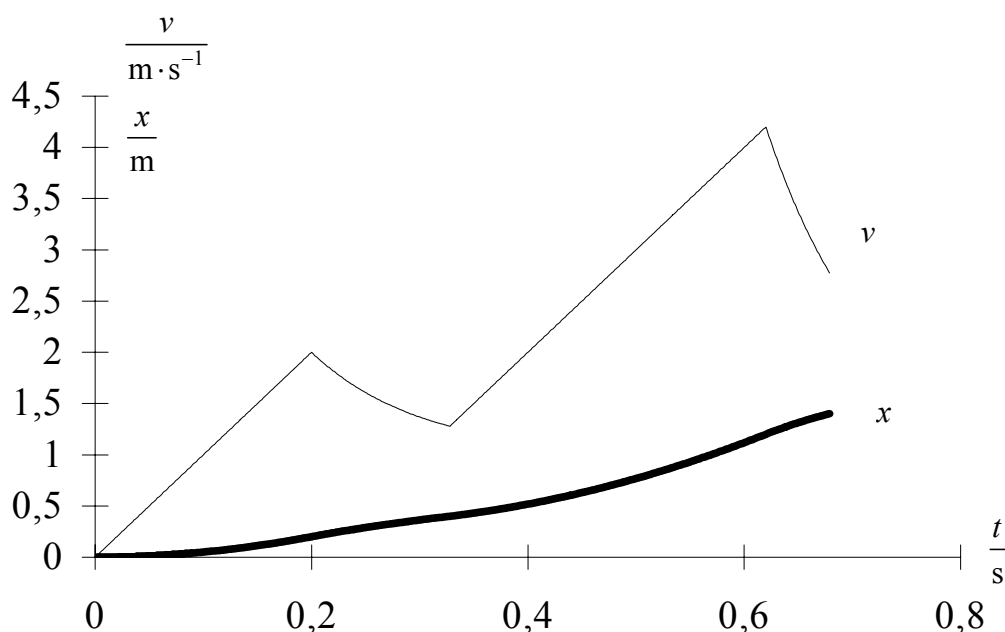
Z poslední rovnice lze řešením kvadratické rovnice pro $\{x\} = 1,2$ získat časový okamžik $t_3 = 0,620$ s. Vztahy (14) jsou proto hledaným řešením v intervalu $t \in \langle 0,328 \text{ s}, 0,620 \text{ s} \rangle$. Konec rámečku vstupuje do magnetického pole rychlostí $v_3 = 4,20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Pro poslední fázi pohybu jsou řešením vztahy (10), (11), které po dosazení mají tvar

$$\{v\} = 1 + 3,20 \cdot e^{-10(\{t\}-0,62)}, \quad \{x\} = 0,9 + \{t\} - 0,32 \cdot e^{-10(\{t\}-0,62)}. \quad (15)$$

Z posledního vztahu je možné získat $t_4 = 0,679$ s. Znamená to, že vztahy (15) jsou hledaným číselným řešením v časovém intervalu $t \in \langle 0,620 \text{ s}, 0,679 \text{ s} \rangle$. Rámeček dopadne na podložku rychlostí $v_4 = 2,77 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Výsledné řešení znázorňuje graf na obr. 2 sdružující všechny uvedené číselné závislosti.



Obr. 2

Příkon rámečku dodávaný indukovaným napětím v 2. a 4. fázi pohybu je dán výrazem $\frac{U_e^2}{R} = \frac{(B \cdot a \cdot v)^2}{R}$. Ve zbývajících částech pohybu se v rámečku žádné napětí neindukuje. V teplo se proto přemění celková energie

$$E = \frac{(B \cdot a)^2}{R} \cdot \left[\int_{t_1}^{t_2} v^2 \cdot dt + \int_{t_3}^{t_4} v^2 \cdot dt \right]. \quad (16)$$

Do prvního integrálu dosadíme k číselnému řešení rychlost ze vztahů (13), do druhého integrálu ze vztahů (15):

$$\{E\} = 0,1 \cdot \left\{ \int_{0,2}^{0,328} \left[1 + e^{-10 \cdot (t-0,2)} \right]^2 \cdot dt + \int_{0,620}^{0,679} \left[1 + 3,2 \cdot e^{-10 \cdot (t-0,62)} \right]^2 \cdot dt \right\}. \quad (17)$$

Po jednoduchém výpočtu získáme $E = 0,102 \text{ J}$. Kdyby rámeček nepadal v magnetickém poli, musela by jeho kinetická energie při dopadu být rovna potenciální energii v počáteční výšce: $E_1 = m \cdot g \cdot (h + d + b)$, což je číselně $0,14 \text{ J}$. Protože po průchodu magnetickým polem dopadá rámeček s nižší rychlostí, bude jeho kinetická energie při dopadu $E_2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_4^2$, což je číselně $0,038 \text{ J}$. Získaný výsledek můžeme považovat za

kontrolu správnosti řešení, protože platí zákon zachování energie: $E_1 = E + E_2$. Při hledání odpovědi na otázku ze zadání jsme samozřejmě mohli postupovat jednodušším postupem, který by vycházel přímo ze zákona zachování energie. Vyhnuli bychom se sice pracné integraci, neprovedli bychom však kontrolu správnosti řešení.

Literatura

[1] Ungermann Z.: *Matematika a řešení fyzikálních úloh*. SPN, Praha 1990.

Projekty z fyziky?

Ivo Volf, Univerzita Hradec Králové*

Naše školství hledá stále nové cesty, jak odhalovat skryté zájmy žáků, jejich často dřímající schopnosti a následně nato je rozvíjet. Současně hledáme i nové metody práce se žáky, které by je dokázaly vyburcovat z přirozené letargie. Žáci sedí v lavicích, víceméně dávají pozor, snaží se odpovídat na učitelovy dotazy, podle jeho příkazů pracují při procvičování vyloženého učiva, v hodinách laboratorních prací podle učitelovy ústní nebo písemné instrukce získávají dovednosti. Doma si (někdy) přečtou předepsaný text k výkladu na několika stránkách v učebnici, eventuálně ze sbírky vyřeší typové úlohy, zadané za domácí úkol. V současnosti, kdy fyzice je na vyšším gymnáziu věnováno jenom 200 vyučovacích hodin, jsou tyto přístupy zcela obvyklé. Vcelku je tedy žák považován učitelem za pasivní doprovod svého pedagogického působení ve výuce fyziky, jehož činnost musí neustále organizovat a také neustále přemáhá jeho přirozený odpor k náročnému předmětu.

Při své výuce v hodinách fyziky v kvintě (první ročník vyššího gymnázia, pátý ročník osmiletého gymnázia) se snažím, aby dostali žáci příležitost projevit se při řešení zajímavých a složitějších problémů, než jsou jen typové úlohy. Proto dostávají žáci – kromě řešení problémových úloh a experimentálních cvičení – možnost zpracovat „projekt“, tj. dlouhodobé samostatné cvičení, na jehož řešení dostanou jen zcela obecnou instrukci a spíše oni sami si organizují svou studijní činnost, aby dobrovolně vybraný úkol splnili.

Náměty projektů dávám třídě k dispozici v listopadu, kdy žáci již poznali, co je to středoškolská fyzika, a téma si mohou zodpovědně vybrat. Během výkladu se žákům stále ozřejmuje, o jaké problematice daný projekt bude pojednávat. Při zpracování mohou využít základního východiska, kterým je výklad nebo text v učebnici, jež však neposkytují dostatek informací, a proto musejí navštívit studovnu, knihovnu, navštěvují svého učitele na konzultacích; potřebné vědomosti mohou najít také na internetu. Témata jsou zvolena z učiva, jež je sice obsahem výuky fyziky v kvintě, ale jsou volným navázáním na toto učivo, jsou rozvíjena především do praktických aplikací. Jde o práce, které silně připomínají SOČku; počítáme také s tím, že některé z nich do této kategorie žákovských činností mohou přerůst.

Zpracovat projekt z fyziky není na naší škole pro žáka povinností. Jde o dobrovolnou mimoškolní činnost, a to ještě v oblasti, která zrovna nepřekypuje přemírou žáků s hlubším zájmem. Žák je za odevzdaný projekt pozitivně hodnocen (asi 10 % pololetního hodnocení), a tak se mnoho žáků účastní na projektech zcela z vypočítavosti. Jsem však toho názoru, že práce navíc musí být učitelem odměněna, a to dodržuji. S nejlepšími projekty seznamují autoři své spolužáky formou referátu nebo školní nástěnky v posluchárně fyziky. Letos bychom chtěli závěrem školního roku uspořádat přehlídku nejlepších prací, na níž by vystoupilo několik žáků z kvinty.

V dalším textu uvádíme jako přílohu této informace dvě části úvodní instrukce pro kvintány: úvodní slovo o zpracování projektu a náměty projektů. Budu rád, když se mi ozvete se svými názory na e-mailovou adresu: ivo.volf@uhk.cz.

* ivo.volf@uhk.cz

Projekty z fyziky – kvinta

Výuka fyziky v kvintě se značně odlišuje od výuky na základní škole. Především se zvýšila matematická náročnost, klade se větší důraz na samostatné studium fyzikální problematiky. Kromě toho, že si student musí pamatovat základní poznatky, musí být také schopen nové poznatky vyvozovat a naučené znalosti a postupy umět využívat při řešení řady problémů. Přistupuje také novinka – využití různorodých matematických metod a prostředků (včetně kalkulačů či počítače) k tomu, aby student co nejrychleji a s dostatečnou přesností zadané problémy vyřešil. Student by také měl od počátku pochopit, že fyzika – obdobně jako matematika a další přírodovědné disciplíny – je stejná na celém světě bez ohledu na jazyk, v němž se ve škole vykládá, přičemž ve fyzikální vědě je vedoucím komunikačním prostředkem angličtina – nemělo by proto být pro něj obtížné se seznamovat s anglickou terminologií.

Nejdůležitějším závěrem ze studia fyziky v kvintě by však mělo být to, že fyzika poskytuje lidem možnosti vysvětlovat děje a jevy, které nás obklopují, že fyzika je základem moderní techniky a že není jen souhrnem nudných a pro život zbytečných vzorečků, zákonů a pouček, které jsou do programu střední školy zařazeny k procvičování paměti nebo ke ztížení cesty pro získání maturity. Tohoto pochopení však student nabyde pouze tehdy, když bude přemýšlet o tom, co vyučující u tabule povídá, vysvětluje, aplikuje, předvádí, vyvozuje, matematizuje a zase zlidšťuje výpočtem získané závěry a především, když se sám pokusí o to, že promyšlené závěry využije k řešení problémů. K tomu slouží navržené **projekty z fyziky**.

Projekt z fyziky představuje samostatné zpracování problematiky, opřené o výsledky výuky, doplněné o samostatnou činnost s literaturou, internetem a především o vlastní uvažování. Student si vybere námět – uvádíme třicítku námětů proto, aby si student nemusel vymýšlet, ale mohl vybírat podle svého zájmu. To však neznamená, že student nemůže přijít se svým námětem pro zpracování. Doporučujeme, aby po základním seznámení s problematikou navštívil student svého vyučujícího a projednal s ním celý námět. Dozví se záměr zadavatele, tj. vyučujícího, základní doporučenou literaturu. Je vhodné sednout k počítači a zeptat se, co už bylo v této oblasti uděláno. Teprve pak dojde student k závěru, zda jenom nově zpracuje to, co již zpracovávalo bylo, nebo zda se pustí do nějakého zkoumání a pokusí se přijít na něco pro něj nebo pro nás nového.

Projekt z fyziky není na chvíli – do problematiky se musíme „ponořit“, chvíli s ní a v ní žít a prožívat tvořivý proces objevování. Musíme se seznámit se základní literaturou, vytyčit si cíl práce, způsoby, jak budeme problematiku zpracovávat. Postupně je třeba si dělat poznámky do bloku, který si na práci vymezíte, postupně psát koncept zprávy, kterou celá činnost bude zakončena. Některé náměty si vyžádají činnost několika odpolední, jiné nás budou trápit třeba půl roku, než se nám podaří vyřešit je tak, aby řešitel s nimi byl spokojen.

Zpráva o řešení projektu z fyziky bude mít rozsah 12–20 stránek. Bylo by vhodné, kdyby byla napsána na počítači, můžeme však využít psacího stroje, ale může být psána i rukou. Je nutno ji doplnit obrázky, fotografiemi, xeroxovanými ilustracemi, tabulkami a grafy, s výsledky vlastních měření či vlastního (nového) přístupu. Až si přečtete náměty, zjistíte, jak velké možnosti nám dávají mezipředmětové pohledy, tj. fyzikální pohled na zeměpis, biologii, techniku, aj. Když budou práce pěkné, mohou být prvním krokem ke středoškolské odborné činnosti a třeba i cestou k nalezení budoucího povolání. Úkolem střední školy je nejen rozšířit obzory, ale naučit strategiím tvořivé práce, tj. vychovávat budoucí vědce, vynálezce, novináře či spisovatele, učitele, ...

Hlavně si pamatujte – cíl je stejně důležitý jako hledání cesty.

Náměty:

1. Fyzikální pohled na zeměpisné jevy

Pochopit řadu zeměpisných jevů znamená dobře využívat fyzikálních vědomostí, které student postupně získal na základní škole, ale především v mechanice v 1. ročníku gymnázia. Prohlédněte si učebnici tzv. matematického či fyzického či astronomického zeměpisu očima člověka, který byl poučen o pohybech, silách, energii, vyberte si několik jevů a vysvětlete je.

2. Fyzikální základy meteorologie

O meteorologii jste se toho ve fyzice na základní škole moc nenaučili, přesto jste snad pochopili, že jde o využití fyzikálních poznatků k měření charakteristik ovzduší a o vysvětlení změn, k nimž dochází. Vyberte si některé charakteristiky (může to být podle vašeho zájmu, tj. nejen z mechaniky) k tomu, abyste lépe pochopili fyzický zeměpis.

3. Fyzikální jevy v okolí zeměpisného pólu a jejich popis

Zeměpisný pól si fyzik představuje jako bod, v němž je umístěna pomyslná osa rotace Země. S tím jsou spojeny některé jevy, které např. v Hradci Králové neregistrujeme. Přesuňte se tedy myšlenkově na severní nebo jižní zeměpisný pól a vymyslete situace, které jste schopni svými fyzikálními znalostmi vyřešit.

4. Železniční doprava a fyzika

Dopravní prostředky a jejich pohyb nám dávají mnohostranné možnosti k využívání fyzikálních zákonů o pohybech, silách, energii, výkonu aj. Můžete zůstat jen u mechaniky, ale ve skutečnosti jde o mnoho problémů z termiky, elektřiny a magnetismu. Nezapomeňte ani na grafikony dopravy, otázky grafického řešení fyzikálních dopravních problémů.

5. Jízda na kole a fyzika

Jízdní kolo je založeno na využití mnoha fyzikálních zákonů – jde jen o to, abyste se na své kolo podívali ze správného pohledu. Začněte fyzikálním popisem samotného bicyklu, potom popište jeho pohyb – to je samá mechanika – rychlost, dráha, zrychlení, síly, sklon v zatáčce, výkon, energie. Nezapomeňte si řadu parametrů sami změřit nebo odpozorovat.

6. Fyzika a lyžování

Obdobně jako na kole se lyžař rozjíždí a zpomaluje, určujeme, rychlost, zrychlení, jevy tření a odpor vzduchu, mezní rychlost, ale také zatáčky; můžete zařadit i skok z můstku. Nemíme zapomenout na síly, včetně setrvačných, prostě bez dobré znalosti fyzikálních zákonů není radno na lyže vyrazit.

7. Fyzika na pouťových atrakcích

Když jste jeli na řetízkovém kolotoči a různých drahách, setkali jste se s rychlostí, zrychlením, silami, energií apod. Pokuste se navštívit pouťové atrakce jako lidé, kteří jsou o fyzice poučeni a mohou ledacos odhadnout a vypočítat.

8. Malý slovníček fyzikální angličtiny

Pokuste si vypůjčit si nějakou středoškolskou, ve Velké Británii nebo v USA vydanou učebnici fyziky a seznamte se s fyzikálním vyjadřováním. Pokuste se vyrobit odborný slovníček fyzikální terminologie porovnáváním vazeb v anglicky psané a české učebnici fyziky. Můžete navrhnout třeba i počítačovou formu slovníčku.

9. Automobil a fyzika

Při jízdě automobilem se setkáváme s mnoha praktickými aplikacemi mechaniky, s nimiž se student seznamuje při výuce – průměrná rychlost, zrychlování a zpomalování, předjíždění, sklon silnice v zatáčce, stoupání a klesání silnice, odpor prostřední, valivý odpor aj. Obecné úvahy je třeba doplnit konkrétními, číselně zadanými problémy i využitím grafů.

10. Základy fyziky létání

Vysvětlit létání pomocí balónů, bezmotorových i motorových letadel, princip vrtulníku. Školní vědomosti doplnit o materiály získané četbou odborné literatury. Při zpracování sehnat konkrétní číselné údaje, využít grafů pro řešení problémů, jež se běžně řeší užitím tzv. vyšší matematiky. Hodně využít instruktivních obrázků.

11. Fyzika a sportovní činnosti (I)

Mezi sportovní činnosti patří vrhy, hody, skoky. Popsat tyto činnosti z pohledu mechaniky a ve sportovních materiálech najít konkrétní údaje, které se stanou základem číselně zadávaných problémů, jež v práci budou vyřešeny. Nezapomeňte, že jak zadání, tak řešení může obsahovat vhodné obrázky a grafy.

12. Fyzika a sportovní činnosti (II)

V řadě sportovních činností vystupuje člověk (lidské tělo) jako těleso, které lze popsat pomocí těžiště při posuvných pohybech, pomocí momentu setrvačnosti při rotačních pohybech. Tak můžeme zákony mechaniky využít při popisu řady sportovních činností. Odhadněte, popř. ve sportovní odborné literatuře najděte vhodné číselné údaje nutné pro formulaci problémů.

13. Letní olympijské hry v Austrálii jako zdroj fyzikálních úloh

Fyzikální úlohy, umožňující nácvik užití zákonů mechaniky, by měly vycházet ze zajímavých reálných situací; zdrojem informací, z nichž lze vycházet při řešení problémů mohou být tabulky výsledků z LOH a další zajímavé události. Cílem práce je soustředit vhodné informace a sestavit úlohy pro 1. ročník vyššího gymnázia.

14. Grafy v mechanice

Bez matematiky si nelze fyziku představit – jen slovy není možno vyjádřit fyzikální veličiny a nacházet vztahy mezi nimi. Vzorce jsou však někdy příliš složité a funkční závislosti v nich se obtížně nacházejí. Zde poslouží grafický záznam. Na druhé straně grafické řešení pomáhá dostat se rychleji a snadněji k výsledkům. V práci ukázat vhodné náměty pro gymnazisty.

15. Fyzika u nás doma

Fyzikální zákony vyjadřují, jak se chovají tělesa kolem nás – to platí i ve vaší domácnosti. Podívejte se proto doma kolem sebe a najděte příklady pro volbu problémů z mechaniky, které by tuto pravdu dokumentovaly. Doma najdete jednoduché stroje, případy užití zákonů zachování hybnosti i energie, posuvné i rotační pohyby. Odhadněte nebo změřte potřebné veličiny a formulujte problémy, které podrobně vyřešíte.

16. Těžiště a jeho určování

Těžiště je velmi důležitý pojem pro techniky, sportovce, ale i v řadě dalších oborů lidské činnosti. Pokuste se prostudovat různé metody určování těžiště a formulovat problémy, měřit

a určovat těžiště. Svá měření doplňte tabulkami, použijte hodně obrázků a grafů. Vhodně spojte obecné postupy a konkrétní měření.

17. Odstředivá síla a její užití

S odstředivou silou se setkáváme v mnoha případech běžného života – v dopravních prostředcích, na pouťových atrakcích, v domácích přístrojích, ale i ve sportu – na hrazdě i při míčových hrách – nebo v řadě technických činností. Pokuste se vytipovat vhodné náměty, odhadnout fyzikální veličiny a potom formulovat problémy k řešení. Nezapomeňte na obrázky a grafy.

18. Praktická hydrostatika a aerostatika

Zákony hydrostatiky a aerostatiky (zejména Pascalův a Archimédův zákon) nacházejí užití při řešení mnoha problémů, abychom pochopili jevy a děje, které nás obklopují. Pokuste se najít situace, které dokážete popsat i číselnými hodnotami veličin, využijte různých tabulek z učebnic zeměpisu i technických předmětů a navrhnete problémy k řešení.

19. Užitečná hydrodynamika

Pohyb ideální i viskózní kapaliny potrubím je vhodným modelem pro vysvětlení mnoha jevů a dějů, které nás obklopují. V technických či jiných tabulkách najdete číselné hodnoty veličin, jež vám umožní formulovat problémy k řešení. Přestože tato problematika je obsahem až předprázdninového tématu, neváhejte prostudovat učivo dříve – určitě to pochopíte sami.

20. Kdo stál u kolébky mechaniky?

Drobná studie z dějin fyziky, seznamující studenta se životem a dílem vědců, kteří se zasloužili o rozvoj mechaniky jako samostatné části fyziky. Prostudujte staré učebnice fyziky (např. Čeněk Strouhal: Mechanika), které vás dovedou k vhodným námětům. Práci můžete také spojit se svými znalostmi z dějepisu.

21. Historické jednotky a měřidla

Ve starých učebnicích fyziky nacházíme většinou jiné jednotky fyzikálních veličin, než ve výuce fyziky, kde se zásadně používá Mezinárodní soustavy jednotek. Vytvořte srovnávací studii, v níž ukážete vývoj některých jednotek. Vhodným východiskem pro další studium jsou starší vysokoškolské učebnice z konce 19. a začátku 20. století.

22. Jak se vyvíjela Mezinárodní soustava jednotek?

Sestavte materiály, které ukáží, jak se postupně měnily definice jednotek pro základní i odvozené fyzikální veličiny v mechanice i jejich realizace, nutné pro vytváření standardů pro následná měření. Porovnejte soustavy jednotek CGS, MKS, SI, a to jak na úrovni základních, tak i odvozených jednotek.

23. Starověká měření v planetární astronomii

Přestože ve starověku neměli přesné měřicí přístroje, vznikly zajímavé teorie o struktuře planetární soustavy a byly určeny údaje, popisující Zemi, Měsíc. Prostudujte literaturu z dějin fyziky a techniky a sestavte zajímavý studijní text doplňující výuku dějepisu i fyziky. Nezapomeňte zařadit měření do rámce světových dějin.

24. Planetární soustava

Kromě Slunce, planet a jejich souputníků obsahuje naše planetární soustava mnoho dalších přirozených i umělých těles. Po prostudování vhodné literatury, včetně využití informací z in-

ternetu sestavte přehlednou studii o planetární soustavě, doplněnou zdroji informací pro volbu fyzikálních problémů, které lze formulovat a řešit.

25. Newtonův gravitační zákon a jeho užití

Isaac Newton podal základy dynamiky, užitečné i v astronomii. Ukažte cestu, po níž se Newton vydal při vyvození gravitačního zákona, a současně ukažte, které (do té doby zatím nevysvětlené) jevy se mu podařilo objasnit použitím tohoto principu. Doplněte konkrétními ukázkami.

26. Fyzika na měsíci Phobos

Měsíc Phobos je jednou z družic Marsových – jde o nevelké tělísko, jehož malé rozměry a oproti planetám nicotná hmotnost ovlivní řadu jevů a dějů, které se mohou přihodit budoucím kosmonautům. Popište historii objevování Phobosu, jeho parametry a uvažte problémy, které zcela konkrétně (tedy i číselně) popíšete a vyřešíte. Při popisu můžete být na měsíci nebo i na povrchu Marsu.

27. Cestou k Měsíci

Lidstvo své vyslance na Měsíc mělo již před více než 30 lety – o cestě na Měsíc se psalo v literatuře již dříve. Spojte své znalosti o světové literatuře, fakta z dějin kosmonautiky i své fyzikální poznatky, abyste popsali některé problémy, jež je nutno v souvislosti s cestou na Měsíc vyřešit.

28. Na cestě k Marsu

Jak se letos píše v novinách, Mars je další etapou v dobývání kosmu: za 15 let by měla být uskutečněna expedice s lidmi na povrch této planety. Vyjděte ze znalostí, jež o Marsu víme dnes, prostudujte odbornou literaturu i knížky z oblasti sci-fi a vytvořte studii, obsahující fakta i vyřešené problémy, související s cestou na Mars, případně s pobytem expedice na této planetě.

29. Jules Verne a dnešní fyzika

Je fascinující, o jakých takřka dnešních problémech psal fantasta Jules Verne před více než sto lety ve svých knížkách. Prostudujte spisy francouzského autora sci-fi a vypište ty problémy, které by zajímaly člověka – studenta fyziky v kvintě. Uveďte úryvky z literatury a současně se pokuste formulovat příslušné fyzikální problémy.

30. Dějiny kosmonautiky

Většina lidstva se narodila po 4. říjnu 1957, kdy se do okolí Země dostala první umělá družice – jsme tedy generací věku kosmonautiky. Víme však, jak probíhala historie „dobývání“ planetární soustavy? Pokuste se nejen sestavit klíčové body v tomto vývoji, ale porovnat cíle, jež byly v minulosti plánovány, se skutečnými výsledky.

31. Užitečná kosmonautika

Každý daňový poplatník přispěl v posledních padesáti letech na rozvoj vědy a výzkumu, včetně kosmonautiky. Čím však přispěla kosmonautika lidstvu kromě prestižního „dobývání“ Měsíce a planet? Ukažte přehled užitečných aplikací družic a dalších úspěchů kosmonautiky.

32. Jak se měří čas a jak vznikl kalendář

Studie z dějin vědy a techniky, v níž je třeba do obecné historie lidstva zařadit problémy, spojené s měřením času. S jakými úskalími při měření času se lidé museli vyrovnat a jaké technické prostředky museli postupně vymyslet?

Mechanická energie

Ivo Volf, Univerzita Hradec Králové*

Tento článek nemá být ani vyčerpávající analýzou pojmu energie a způsobů jejího zavádění, ani radou pro učitele, jaký nejlepší didaktický postup zvolit při výuce fyziky na střední škole. Jde spíše o úvahy, které ovlivnily můj osobní přístup k výuce této problematiky. Vycházejí z více než 35leté zkušenosti z práce se žáky střední školy a s vysokoškolskými studenty.

V učebnicích pro základní a střední školu, v populárně vědecké literatuře i v encyklopedických slovnících se většinou zavádí energie jako schopnost tělesa konat práci. Tímto přístupem pak je žák, který bude chápat energii v tomto smyslu, ovlivňován po celý život. Pokud jde o energii mechanickou, je možné, že mu tento přístup příliš nevádí, ale s prvním vstupem do oblasti termiky začne žák zaměřovat navzájem teplo, práci a vnitřní energii, a v tom se ukáže, že pojmu energie nerozumí.

Ve fyzice často hovoříme o tom, že těleso energii má či nemá, že má různé druhy energie, jedna energie (např. polohová) se při volném pádu přeměňuje v jinou energii (např. pohybovou). Výuka fyziky pak korunuje svůj přístup principem jednoduchosti – učitel volí ty nejjednodušší situace k vyvození pojmu energie, jež k výše uvedenému vymezení – energie je práce “schovaná” v tělese – přímo navádějí. K tomu dodáme, že slovo energie proniklo z fyziky i do obecné mluvy, kde však ztratilo svůj původní fyzikální význam (člověk plný energie = člověk neposedný, tj. neustále se pohybující, člověk s duševní energií = člověk produkující myšlenky). Ani učebnice fyziky se nesprávnému pojetí pojmu energie nevyvarovaly – běžně se jedna energie přeměňuje v jinou, aniž bychom však měli my jako učitelé fyziky přesnou představu, že nejde o nějaké fluidum, které těleso má či nemá, ale o fyzikální veličinu, a žáci si odnášejí ze školy zcela nesprávné představy.

Při výuce v I. ročníku vyššího gymnázia jsem se proto rozhodl opustit zjednodušený postup zavádění pojmu energie, vedoucí k výše uvedeným důsledkům, ale přesto dosti přesně tento pojem vyvodit, aby žáci pochopili, že jde o fyzikální veličinu, vyjadřující polohový nebo pohybový stav tělesa. U fyzikální veličiny pak nezjišťujeme, zda těleso tuto veličinu má či nemá, ale sledujeme její hodnotu – je nenulová či nulová, zvětšuje se či zmenšuje, nemůže se přeměňovat. Zpravidla žákům uvádím tento příklad (pozor: příklady vždy kulhají!): Při volném pádu tělesa se polohová i pohybová energie mění; polohová energie se zmenšuje, pohybová energie tělesa se zvětšuje. Jde však o dvě různé fyzikální veličiny (jedna popisuje polohový stav tělesa, druhá pohybový stav tělesa), i když obě vyjádřené v týchž jednotkách. Ale při volném pádu se výška tělesa nad podložkou zmenšuje a rychlost tělesa vzrůstá. Přesto netvrdíme, že výška se mění na rychlost a je to pravda.

Podívejme se tedy, jak s těmito pojmy pracuji v 1. ročníku střední školy.

1. Maminka potřebuje přemístit květináč ze stolku na skříň. Fyzikálně tedy tvrdíme, že těleso o hmotnosti m musíme z výšky h_1 přemístit do polohy dané výškou h_2 nad podložkou proti tíhové síle. Určíme proto práci, kterou musíme vykonat.

$$W = F \cdot s = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1) = m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1.$$

* ivo.volf@uhk.cz

Veličina $E_p = m \cdot g \cdot h$ je funkcí polohy (dané výškou h nad podložkou, pro niž je $h = 0$ m) tělesa o hmotnosti m v homogenním tíhovém poli Země, popsáném intenzitou g ($g = \frac{F_G}{m}$), a nazýváme ji polohová (potenciální) energie.

Hladina polohové energie spojuje všechna místa, jež mají stejnou výšku nad podložkou, která je nulovou hladinou polohové energie.

2. Cyklista se rozjíždí se zrychlením a , po určité době se jeho rychlost zvětší o $\Delta v = v - v_0$. Fyzikálně popíšeme tuto situaci v určitém zjednodušení. Změnu rychlosti způsobí síla $F = m \cdot a$, na dráze s se změní rychlost z hodnoty v_0 na hodnotu v za dobu t . Platí $s = v_p \cdot t = \frac{1}{2} \cdot (v + v_0) \cdot t$, $a = \frac{v - v_0}{t}$, kde v_0 je počáteční rychlost a v_p průměrná rychlost. Proto pro práci síly F na dráze s lze psát:

$$W = F \cdot s = m \cdot a \cdot s = m \cdot \frac{v - v_0}{t} \cdot \frac{1}{2} \cdot (v + v_0) \cdot t = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2.$$

Veličina $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ je funkcí rychlosti tělesa o hmotnosti m , vzhledem ke vztažné soustavě a nazývá se pohybová (kinetická) energie. Tato energie dosahuje nulové hodnoty pro tělesa, která jsou vzhledem ke vztažné soustavě v klidu.

3. Při volném pádu tělesa z výšky h na povrch Země se polohová energie tělesa o hmotnosti m zmenšuje, pohybová energie se zvětšuje. Na počátku je polohová energie $E_p = m \cdot g \cdot h$, pohybová energie $E_k = 0$ J. Při dopadu je polohová energie $E_p = 0$ J, pohybová energie $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$, ale z kinematiky víme, že $v^2 = 2 \cdot g \cdot h$, a proto $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h = E_p$.

Když necháme těleso padat po dráze x , dosáhne rychlosti $v_x = \sqrt{2 \cdot g \cdot x}$, pohybová energie $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_x^2 = m \cdot g \cdot x$, těleso je ve výšce $h - x$ nad povrchem Země, a proto bude jeho polohová energie rovna $E_p = m \cdot g \cdot (h - x) = m \cdot h \cdot g - m \cdot g \cdot x$.

Součet polohové a pohybové energie

na počátku pohybu $E = E_k + E_p = m \cdot g \cdot h$,

na konci pohybu $E = E_k + E_p = m \cdot g \cdot h$,

v libovolném místě $E = m \cdot g \cdot x + m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot x = m \cdot g \cdot h$.

Při volném pádu se polohová energie tělesa zmenšuje, jeho pohybová energie se zvětšuje, ale výsledná mechanická energie $E = E_k + E_p = m \cdot g \cdot h$ zůstává stejná. Proto je třeba porovnávat změny ΔE_k a ΔE_p pohybové a polohové energie. Protože $E = \text{konst.}$, je $\Delta E = 0$ a platí $\Delta E_k = -\Delta E_p$.

Poznámka 1: V učebnicích se výklad provádí pro případ, že se těleso zvedá přímo z hladiny $h_0 = 0$ m a potřebná práce $W = m \cdot g \cdot h = E_p$, nebo se těleso rozjíždí

z klidu, takže $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$, $v = a \cdot t$, takže

$$W = F \cdot s = m \cdot a \cdot \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (a \cdot t)^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = E_k.$$

Zjednodušené odvození však vede k nesprávnému pojetí, že práce je rovna energii ($\Delta E = E - 0 = E$).

Poznámka 2: Zavedení kinetické energie lze provést později i v případě libovolného jednorozměrného pohybu, neboť

$$W = \int_{s_0}^s F \, ds = \int_{s_0}^s m \cdot \frac{dv}{dt} \cdot ds = \int_{v_0}^v m \cdot v \, dv = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 = E_k - E_{k_0} = \Delta E_k.$$

4. Podobně dospějeme k energii napjaté pružiny. Když pružinu částečně napneme silou F_0 , platí za zjednodušujících podmínek $F_0 = k \cdot x_0$. Napínáme-li pružinu dále, dosáhne výchylky x , tahová síla $F = k \cdot x$. Na dráze $s = x - x_0$ působí síla poměrné velikosti, lineárně závislá výchylce, takže lze určit průměrnou sílu

$$F_p = \frac{1}{2} \cdot (F + F_0) = \frac{1}{2} \cdot k \cdot (x + x_0).$$

Pro výpočet práce

$$W = F_p \cdot s = \frac{1}{2} \cdot k \cdot (x + x_0) \cdot (x - x_0) = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 - \frac{1}{2} \cdot k \cdot x_0^2.$$

Veličinu $E_p = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$, závislejší na prodloužení pružiny x i na veličině k pružinu charakterizující, nazveme potenciální energií pružnosti.

5. Uvažme vzduch o počátečním tlaku p_0 ve válci objemu V_0 , který je uzavřen vzduchotěsně pístem plošného obsahu S . Stlačením pístu vzniká ve vzduchu uzavřeném ve válci přetlak $p - p_0$. Vzduch ve válci tlačí na píst zpočátku silou $F_0 = S \cdot p_0$, na konci silou $F = S \cdot p$, píst se přesune z polohy x_0 do polohy x , tedy po dráze $x - x_0$. Tady již nemůžeme zjednodušeně dospět ke vztahu pro výpočet práce (síla už není lineární funkcí polohy). Uvedeným případem se však dostáváme do další oblasti fyziky, kterou je molekulová fyzika a termika, kde pochopení vztahu práce a energie je zkomplikováno další veličinou – teplo.

Ze zákona zachování energie pak dovedeme dospět k řešení řady problémů, při nichž zavedením pojmu energie podstatně zjednodušíme výpočty. Tomu věnujeme další článek. Prosím učitele fyziky na středních školách, aby mi sdělili své osobní zkušenosti z didaktiky zavádění a používání pojmu energie.

Závěrem chci znovu zdůraznit, že malá změna při vyvození pojmu energie může mít značné důsledky pro pochopení tohoto, v celé fyzice použitelného pojmu, který žák pak chápe jako fyzikální veličinu, funkci polohy a pohybového stavu, bude se správněji vyjadřovat a opustí pojetí energie jakožto nějakého fluida, jak k tomu vede někdy výuka fyziky.