

OBSAH

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

Společná část

Novotný: O jednom povolání	3
Eckertová: Mezinárodní rok fyziky 2005	4
Randa: Neutrino astronomie	5
Scholtz: Úloha vztážnej sústavy v klasickej elektrodynamike	12
Houšková: Brouzdáme po internetu 2	19
Štefl: Mikuláš Koperník v současné výuce astronomie na základ- ních a středních školách	23
Bláha: Obavy pramení z neznalosti	26
Novotný: Dvakrát o vesmíru	29
Informační centrum vodní elektrárny Lipno vás zve k návštěvě!	31
Sobotka: Bouřící Slunce	33
Randa: 150 nositelů Nobelovy ceny za fyziku X	36
Stach, Straňák: Veletrh nápadů učitelů fyziky 8 v Č. Budějovicích	40

Část pro ZŠ

Fyzikální olympiáda

Volf, Randa: Výsledky řešení úloh 45. ročníku FO, kat. E, F	41
Termínovník FO, kategorie E, F	45
Termínovník FO, kategorie G	45
Volf, Hladík: Analogické úlohy (45. ročník FO, kat. E, F)	46

Obecná část

Piskač: Ostrov opic – díl první	56
Randa: Astronomické novinky 18	61
Česal: Astronomie přichází za vámi	68

Část pro SŠ

Fyzikální olympiáda

Kepka, Randa: Celostátní kolo FO – Olomouc 2003	69
Volf, Vybíral: 34. MFO – Tchaj-pej (Tchaj-wan)	74
Kepka: Péče o talentované studenty v Plzeňském kraji	80

Obecná část

Vícha, Pošta, Seiner: Setrvačník na supravodivém ložisku	81
Podpěra: Využití setrvačných sil 1	88
Veverka: K hodinové dotaci gymnaziálního kurzu fyziky	95
Jirů: K hodinové dotaci gymnaziálního kurzu fyziky	97

Verze ZŠ obsahuje strany 1–68; verze SŠ strany 1–40 a 69–100

číslo

1

VIII.

ročník

2004

ŠKOLSKÁ FYZIKA

Ročník VIII.

2004

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 Jihoceské univerzity v Českých Budějovicích, dalšími fakultami připravujícími učitele fyziky a Českou nukleární společností pod patronací Jednoty českých matematiků a fyziků

Šéfredaktor: Václav Havel (email: havely@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 Křížková, Aleš Lacina, Miroslav Randa, Karel Rauner, Milan Rojko, Ivo Volf.

Rozšířená redakční rada: Jan Bečvář, Václav Bláha, Josef Blažek, Zdeněk Bochniček, Ivo Čáp, Jiří Erhart, Gerhard Höfer, Jan Hrdý, František Kamenčák, Zdeněk Klubík, Daniel Kluvanec, Václav Kohout, Jana Krsková, Václav Křivohlavý, Vítězslav Kubín, Vladislav Kvapil, Dušan Novotný, Jan Novotný, Jitka Prošová, Jan Slavík, Václav Soukup, František Špulák, Rudolf Šup, Josef Trnček, 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://www.pef.zcu.cz/pef/kof/sk_fy/

ISSN 1211-1511

Toto číslo bylo odesláno k tisku 19. 12. 2003.

O jednom povolání

Jan Novotný, Přírodovědecká fakulta MU, Brno

Profesor

Proč mám rád své povolání? Otázka příliš osobní; dejme napřed slovo mrtvému. Matematik Lerch o svých šedesátých narozeninách také si předložil tuto otázku a shrnul své názory asi v tento smysl:

„Jsem se svým životem spokojen, neboť matematika podávala mi nejčistší požitky duševní. A kdybych měl znova prožívat svůj život a znova stál před volbou povolání, nechtěl bych být zase něčím jiným, než matematikem.“

Bohužel ani obecná relativita nepřipouští návrat k času jednou minulému a nebude tedy nikdo z nás znova postaven před takovouto volbu. Ale kdyby přece... tož bych si zase zvolil fyziku. V ranném mládí mne původně lákala matematika (*Gaussova „královna věd“*), ale při vši její architektonické krásy, přes její úzasnou hloubku přesného myšlení a přes její vrcholky v oboru obecnosti přece jen zdála se mi suchou, šedou, příliš vzdálenou přírody a života. Tehdy mne Koláček ve svých znamenitých přednáškách zasvěcoval do vědy, o níž jsem na střední škole neměl ani tušení, do teoretické fyziky, již by vlastně lépe příslušel starý Newton v názvu, přírodní filosofie. Kdyby tento název nebyl znevážen. A v té vědě jsem nalezl, po čem jsem neujasněně toužil, snahu po pochopení přírody z jednotného stanoviska, spojenou s myšlenkovou přísností matematiky a na každém kroku kontrolovanou přímým pozorováním přírody. Dobře chápou povzdech chemika Nernsta v dobách světové války, že mu byla tehdy teoretická fyzika zátiší, v němž nalézal zapomenutí denních strastí a povznesení do jiného Království, jež není z tohoto světa.

Ale vlastně jsem odbočil od otázky; jsem totiž ztroskotaná existence, neboť jsem se nestal teoretickým fyzikem, nanejvýš milovníkem této vědy. Jsem pouze učitelem obou sousedních oborů, matematiky a pokusné fyziky. I tak jsem zcela spokojen, neboť v učitelství spařuju nejvznešenější povolání vůbec, protože zpracovává nejvzácnější materiál, lidskou duši. Učím rád, mám rád duševní vzruch v přednáškové síni, kdy pozoruj, jak na mě myšlenkové pochody resonuje duše posluchačů. To každý učitel dobré zná. Jsou to zvláště, nepopsatelné ohničky, jež planou v očích posluchačů a jimž se projevuje zájem posluchačů na výkladu a očekávání dalšího myšlenkového postupu. A zase tyto ohničky zpětně působí na přednášče, jsou mu zárukou, že zrno padá na úrodnou půdu, a vzpruhou, aby nejlepší ze sebe vydal. Který učitel při výkladu nehledí do očí posluchačů, připravuje se o nejkrásnější odměnu svého povolání; ostatně soudím, že pak není dobrým učitelem. Jak jsem uvedl, rád učím, mám rád toto přelévání myšlenkového fluida s učitele na posluchače a zase zpět, ale všeho s mírou. Nebyl bych zcela upřímným, kdybych neuvedl ještě jednu neocenitelnou výhodu: prázdniny, zlaté prázdniny, vždy pravidelně se vracející s astronomickou přesností.

Jen zkoušení by nemělo být ...

(*O lidských povoláních*, svazek II, oddíl „Ti, kteří nás učí“. Aventinum, Praha 1931, str. 71.)

* novotny@physics.muni.cz

Upřímné vyznání našeho neznámého kolegy z doby, od níž nás dělí tři čtvrtě století, nepotřebuje komentář. Rád bych však dodal několik slov o knize, z níž je převzato a kterou objevil v antikvariátu můj přítel. Jmenuje se *O lidských povoláních* a vyšla jako druhý u třetí vydání Knihovny životní moudrosti, kterou redigoval Karel Čapek a vydalo Aventinum v Praze roku 1931. Obsahem knihy je pět set padesát odpovědí na anketu Lidových novin z roku 1924, v níž byli lidé nejrůznějších povolání vyzváni, aby napsali o své práci.

Z celkového počtu více než dvou tisíc dopisů je vybral známý český novinář František Gel. Vytvořil tak z dodaného materiálu podivuhodné panorama lidských životů, osudů a názorů, jak se obrázejí ve vztahu člověka ke svému povolání. Soubor je říděn podle druhu činnosti, uspořádáatel nezapomněl ani na „ženy a maminky“. Každá kategorie však podává pestré spektrum stylů vyjadřování a životních postojů. Jak píše Gel v předmluvě: „mezi soustružníky kovů jsou básníci a mezi umývači mrtvol filosofové“. Za další poznatek označuje, že „nás blíží za přepážkou, za kovadlinou, za pultem nebo ve strojírně má svůj svět, své ideály, dokonce i nadprůmerné, a přemýšlí o své práci“. Je vskutku príznačné, jak téměř všichni respondenti mluví o hodnotě své práce pro společnost a pro své bližní více než o prospechu, který z ní mají, a bez zábran se vyznávají z radosti, kterou jim práce přináší. Stížnosti na ni skoro nenajdeme, možná jedinou výjimkou je úspěšný vědec, který se cítí být podveden životem, protože si přál vyniknout ve sféře umění. Jak by asi obdobná anketa vyzněla dnes?

Mezinárodní rok fyziky 2005

Ludmila Eckertová, Jednota českých matematiků a fyziků, Praha

Evropská fyzikální společnost navrhla UNESCO, aby se rok 2005 stal mezinárodním rokem fyziky (vzhledem k zásadním objevům, které jsou spojaty s rokem 1905). Měl by podtrhnout význam fyziky pro vývoj lidské kultury a civilizace a přiblížit ji co nejširším vrstvám obyvatel.

Jednota českých matematiků a fyziků se hodlá k oslavám připojit řadou akcí: Chce tomuto výročí věnovat Konferenci českých a slovenských fyziků, pořádat různé semináře a setkání, snaží se o vydání speciálních známk, navazuje styky s českým rozhlasem a televizí, aby do svého programu zařazovaly v tomto roce více pořadů s fyzikální tematikou, plánuje spolupráci s Národním technickým muzeem při pořádání výstavy, počítá s vydáním několika publikací atd. Bylo by záhadno, aby se i pobočky JČMF a jednotlivé školy připojily k témtoto snahám a projevily iniciativu při hledání nových možností, jak fyziku propagovat.

Na mezinárodním festivalu TECHFILM 2002 byla v oboru výukových filmů udělena hlavní cena videokazetě „Všudypřítomná gravitace“, která vyšla jako 8. díl série „Cesty k vědění“, vydané Fyzikální vědeckou sekcí Jednoty českých matematiků a fyziků. Realizace kazety byla podpořena grantem MŠMT v rámci projektu LP01.

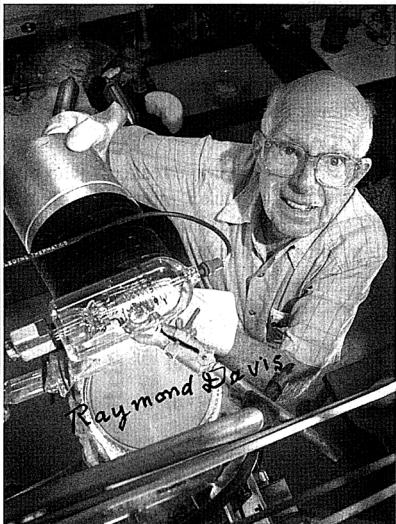
Kazetu včetně doprovodné brožury se snímků řady zajímavých vesmírných objektů je možno objednat v sekretariátě Fyzikálního ústavu AV (Sekretariát Fyzikálního ústavu AV, Cukrovarnická 10, Praha 6, 162 00, Dr. Nadrchal) Stojí 350 Kč (+ poštovné a balné).

Neutrinová astronomie

Miroslav Randa*, Pedagogická fakulta ZČU Plzeň

Královská švédská akademie věd udělila Nobelovu cenu za fyziku pro rok 2002.

Jednu polovinu (5 milionů švédských korun) získali společně



Raymond Davis (*1914 Washington; emeritní profesor katedry fyziky a astronomie, Pennsylvánská univerzita, Filadelfie, USA)

„za průkopnické příspěvky k astrofyzice, speciálně za detekci kosmických neutrín.“



Masatoši Košiba (*1926 Tojohaši; emeritní profesor Mezinárodního střediska pro fyziku elementárních částic, Tokijská univerzita, Japonsko)

„Dnes jsem učinil cosi, co by teoretik neměl ve svém životě nikdy udělat. Pokusil jsem se nevysvětlitelné objasnit nepozorovatelným.“

W. Pauli

Když si tato památná slova zapisoval 4. prosince 1930 Wolfgang Pauli do svého deníku, netušil, že svou předpověď existence nepatrné nenabité částice (v roce 1933 ji Enrico Fermi nazval *neutrino*, čili cosi jako malý neutron) odstartuje mnohaleté pátrání po těchto částicích a jejich vlastnostech a umožní budoucím pokolením fyziků za toto pátrání udělit několik Nobelových cen za fyziku. Pauli sám získal Nobelovu cenu v roce 1945 za objev vylučovacího principu, který dnes nese jeho jméno. Ještě dalších 10 let však trvalo, než byla existence neutrín dokázána experimentálně. Objevem se pyšní Frederick Reines (nositel Nobelovy ceny za fyziku za rok 1995), který společně s Clydem L. Cowanem a dalšími spolupracovníky pozorovali za pomocí Geigerova-Müllerova počítáče scintilace způsobené antineutrínami ve 400 lit-

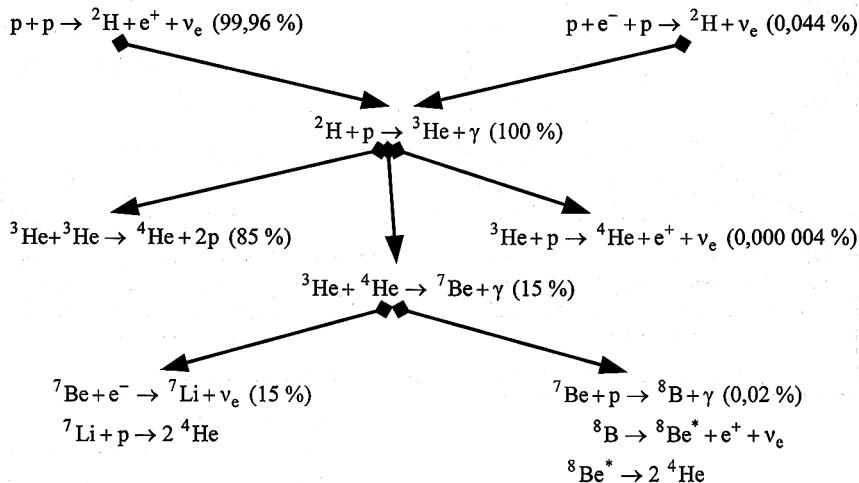
*randam@kof.zcu.cz

rech vodního roztoku chloridu kademnatého umístěnáho v nádrži poblíž jaderného reaktoru v Savannah River v Jižní Karolině (USA).

Obtížnost detekce neutrin souvisí s velice malým účinným průřezem neutrínou (10^{-46} cm^2), tedy s tím, že neutrino hladce proniká veškerou hmotou. Kdybychom chtěli s jistotou dané neutrino zachytit, museli bychom mu podle [2] do cesty vložit ocelovou desku s tloušťkou několika tisíc světelných let.

Naštěstí neutrino je ve vesmíru ohromné množství. Pocházejí jednak z jaderných reakcí ve hvězdách (samozřejmě vznikají i ve Slunci), jednak z procesů probíhajících při výbušných supernov; kromě toho velké množství neutrín ve vesmíru pochází z dějů, které se uskutečnily již v raných fázích vývoje. Další neutrino vznikají při interakcích částic kosmického záření v atmosféře i při dalších procesech. Jenom než jste článek dočetli do tohoto místa, prolétlo vám řádově 10^{15} neutrín, aniž byste jediné z nich mohli zachytit.

Nejbližším vydatným zdrojem neutrín je tedy Slunce, přesněji jaderné reakce v jeho nitru. Z teorii jaderných reakcí vyplývá, že v jádře Slunce dochází k produkci záření díky přeměně protonů na jádro hélia (tzv. pp-cyklus). Proces probíhá v několika krocích, jak je znázorněno na následujícím schématu (jednotlivé větve procesu probíhají s různými pravděpodobnostmi, jak ukazují uvedené číselné hodnoty):



Pro detekci neutrín na Zemi se od roku 1969 používá sluneční neutrinová jednotka SNU** (Solar Neutrino Unit): $1\text{SNU} = 10^{-36}$ interakcí připadajících na jeden atom (terč) za sekundu. Číslo 10^{-36} je součinem toku slunečních neutrín ($10^{10} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a účinného průřezu neutrín (10 $^{-46} \text{ cm}^2$). Z uvedeného způsobu zavedení jednotky vyplývá, že 1 interakce neutrín za den připadá na zhruba 10–1 000 tun látky.

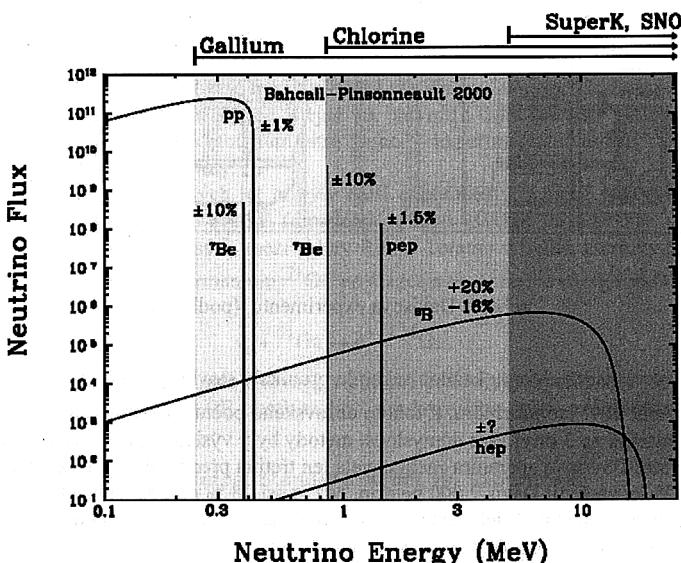
Při jednotlivých reakcích pp-cyklu vznikají neutrina (elektronová) s různou energií a v různých počtech daných pravděpodobností příslušné větve cyklu:

- *pp-neutrino* ($E < 420\text{keV}$, tok 6 SNU);
- *pep-neutrino* ($E = 1,442\text{MeV}$, tok 0,014 SNU);

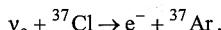
**Jednotku SNU navrhl spíše jako slovní hříčku („snew“) John Bahcall ve Physical Review Letters 23, 251 (1969).

- *hep-neutrina* ($E \leq 18,77$ MeV, tok 0,000 000 80 SNU);
 - *Be-neutrina* ($E = 861$ keV (90 %), resp. $E = 383$ keV (10 %), celkový tok 0,47 SNU, je úměrný T_c^8);
 - *B-neutrina* ($E < 14$ MeV, tok 0,000 58 SNU, je úměrný T_c^{18});
- kde T_c je teplota v nitru Slunce.

Graficky jsou energie a tok jednotlivých typů slunečních neutrín vyznačeny na následujícím grafu, a to včetně citlivosti galiových, chlórových experimentů a experimentů sledujících Čerenkovovo záření.



Přes velké technické obtíže se záchytem neutrín se mezi fyziky našlo několik nadšenců, kteří se od poloviny minulého století pokoušeli konstruovat jejich důmyslné lapače. První obří past na sluneční neutrín postavil čerstvý laureát Nobelovy ceny **Raymond Davis** v nepoužívaném zlatém dole Homestake v USA (stát Jižní Dakota) 1,5 km pod povrchem. Válcovou nádrž o průměru 6,1 m a délce 14,6 m naplnil 615 tunami tetrachloretylu C₂Cl₄. Již předtím, v roce 1946, totiž Bruno Pontecorvo navrhl použít pro zachycení neutrín s energií větší než 0,814 MeV jádro chlóru, které se může po srážce s neutrínem přeměnit na radioaktivní jádro argonu reakcí



V další fázi nechal Davis nádrž s C₂Cl₄ probublávat helium, které s sebou strhlo vzniklé atomy radioaktivního argonu a odvedlo je z nádoby. Pomocí dřevěného uhlí a kapalného dusíku (-196 °C) pak byl argon od hélia oddělen (kontrolní měření ukázala, že účinnost extrakce atomů argonu z nádrže je nejméně 95 %). Radioaktivní rozpad argonu s poločasem rozpadu 34 dní pak Davis zaznamenával pomocí Augerových elektronů proporcionálním čítačem. Je jasné, proč byla celá nádrž umístěna hluboko pod zemí: bylo třeba odstínit kosmické záření, které by mohlo způsobovat stejný efekt.

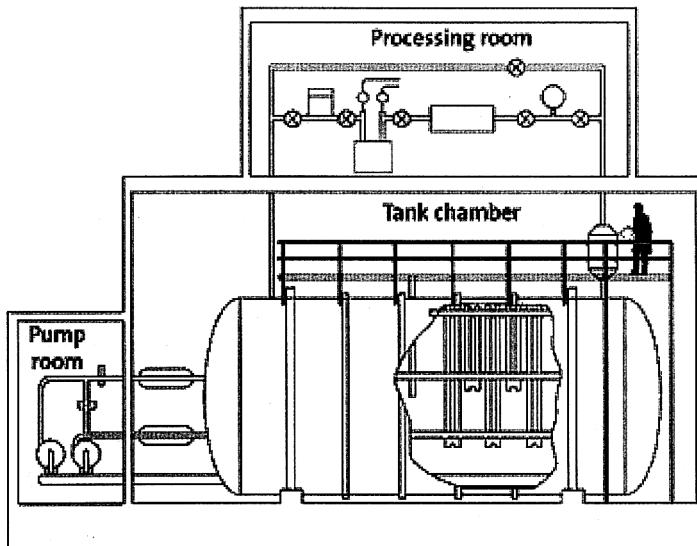


schéma Davisova experimentu (podle [1])

V Davisově nádrži, kterou každou sekundu pronikaly stovky bilionů (10^{14}) neutrín, se nacházelo téměř 10^{31} atomů chlóru. Z tohoto obrovského počtu měl Davis zachytit pouze zhrušbu dvě neutrina za 3 dny! Přes důmyslnost metody byly výsledky pozorování ještě horší, než se očekávalo: Davisova aparatura zachycovala jen třetinu předpovězených neutrín! Celkem za více než 25 let zachytily Davis 2 000 neutrín, což je asi 28 % předpokládaného počtu. Vzniklý deficit zachycených slunečních neutrín byl označen jako *neutrino skandál*.

Davisovy výsledky prověroval od poloviny 80. let druhý laureát Nobelovy ceny **Masatoši Košiba** s detektorem Kamiokande založeným na pozorování Čerenkovova záření. Detektor byl původně zkonstruován v roce 1980 s cílem pozorovat rozpad protonu na pion a pozitron pomocí reakce

$$p \rightarrow \pi^0 + e^+,$$

pro který ze standardní teorie elementárních částic vychází střední doba života fantastických 10^{32} let, doba, která mnohonásobně převyšuje dobu existence vesmíru. Proto musel detektor obsahovat gigantické množství protonů (jader vodíku) a samozřejmě být odstíněn od kosmického záření. Za vhodné místo byl proto vybrán opuštěný zinkový důl Takajama (Japonsko) poblíž městečka Kamioka, v němž Košiba umístil v hloubce 1,7 km pod zemí nádrž s 2 140 tunami čisté vody. I když očekávaná energie záblesků byla vysoká (maximálně 940 MeV z jednoho rozpadlého protonu), použil Košiba větší a citlivější fotonásobiče s prahovou energií podstatně nižší (30 MeV). Tento nestandardní krok ho vlastně přivedl až na výsluní vědy, protože umožnil využít detektoru i k zachytění slunečních neutrín s vysokou energií, tedy tzv. *B-neutrín*.

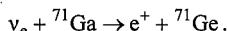
V roce 1986 vybudoval pokračování experimentu **Kamikande II**, který byl již zaměřen na detekci neutrín. Zvětšil nádobu s vodou (na 3 000 tun) a dále zvýšil citlivost detektoru. Při průchodu vodou se mohlo neutrino (s energií větší než 7,5 MeV) srazit s elektronem a předat

mu energii postačující k tomu, aby se elektron začal ve vodě pohybovat nadsvětelnou rychlosťí (ovšem menší než rychlosť světla ve vakuu!). Při takovém pohybu vzniká kužel slabého Čerenkovova záření, který připomíná rázovou vlnu od nadzvukového letadla a umožňuje tak určit i směr pohybu neutrina. Další obrovskou výhodou detektoru bylo sledování interakcí neutrín v reálném čase.

Ještě ve zkušebním provozu došlo k senzaci: během 20 s intervalu 23. února 1987 naznačenaly fotonásobiče nečekanou spršku 12 neutrín a druhý den se ukázalo, že původcem spršky byla jedna hvězda v sousední galaxii, Velkém Magellanově mračnu, která vybuchla jako supernova (SN 1987A). Zpětně bylo spočteno, že detektorem prolétlo celkem 10 trilionů (10^{16}) neutrín ze supernovy. Ze zpoždění dopadu neutrín vůči okamžiku exploze bylo určeno, že hmotnost neutrina je nepatrná – menší než $24 \text{ eV} \cdot c^{-2}$ (v současné době jsou odhady ještě nižší – méně než $0,2 \text{ eV} \cdot c^{-2}$ [3]).

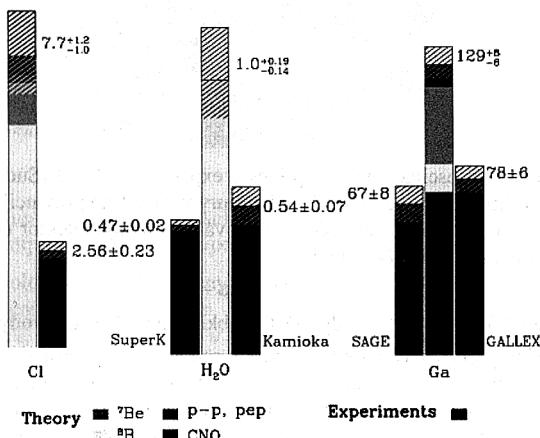
Košiba díky směrové citlivosti detektoru ověřil, že většina neutrín, které mohl v Kamionkande zaregistrovat, přichází ze Slunce. Stejně tak potvrdil i další Davisův výsledek: neutrín je výrazně méně, než odpovídá modelům nitra Slunce – experimentálně určený počet neutrín byl pouze 46 % teoretické hodnoty.

V první polovině devadesátých let přibyly další experimenty, z nichž zvláštní pozornost zasluhují galiové experimenty SAGE (umístěný v údolí Baksan na Kavkaze v Rusku) a GALLEX (pod horou Gran Sasso, mezi městy Rím a Teramo v Itálii), které využívaly přeměnu ^{71}Ga na radioaktivní germanium ^{71}Ge po srážce s neutrínem s energií vyšší než 0,233 MeV:



Poločas rozpadu ${}^{71}\text{Ge}$ je 11,4 dne. Rovněž v případě galiových experimentů jsou udivující jejich rozměry: experiment SAGE obsahoval 57 tun kovového galia, experiment GALLEX

Total Rates: Standard Model vs. Experiment
Bahcall-Pinsonneault 98

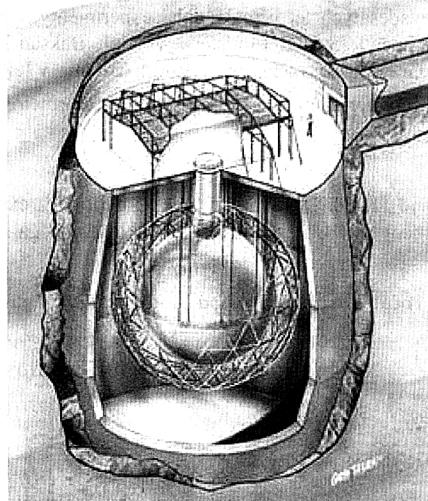


100 tun kapalného trichloridu galia (v něm je 30,3 t galia, z toho 12 t ${}^{71}\text{Ga}$). Výhodou obou

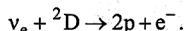
detektorů byla citlivost i na méně energetická neutrina produkovaná při hlavní reakci proton-protonového cyklu ve Slunci. I tyto experimenty potvrdily deficit slunečních neutrín objevený Davisem, protože zachytily 53 % (SAGE), resp. 76 % (GALLEX) předpokládaného počtu neutrín.

Výsledky všech uvedených neutrinových experimentů shrnuje graf na předchozí straně.

V roce 1996 byl týmem vedeným Košíbou rozšířen experiment Kamiokande na 50 000 t vody a přejmenován na **SuperKamiokande**. Tím se počet detektovatelných neutrín podstatně zvýšil. Fotonásobiče, kterých je více než 10 000, denně registrovaly asi milion záblesků Čerenkovova záření. Z toho sice byla většina způsobena radioaktivitou pozadí, ale celých 30 záblesků vytvořila sluneční neutrín a 10 neutrín vzniklých v zemské atmosféře. V červnu 1998 vědci na základě studia atmosférických neutrín – z různého počtu neutrín přicházejících z oblohy nad detektorem a neutrín prošlých Zemí – ohlásili dva související objevy: jednak změřili, že mionová neutrín (a pravděpodobně i ostatní dva typy neutrín, tedy neutrina elektronová a tauonová) mají nenulovou hmotnost, jednak ověřili, že neutrín oscilují, neboli během letu se přeměňují na jiné typy neutrín. Tím vysvětlili, proč v Davisově i všech ostatních experimentech bylo zachycováno méně neutrín, než by odpovídalo bezoszcilačním modelům.



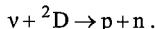
Definitivní potvrzení oscilace neutrín přinesly experimenty SNO (Sudbury Neutrino Observatory) v niklovém dole Creighton poblíž Sudbury v kanadské provincii Ontario (viz obr.). V hloubce 2 km pod povrchem zde vědci vybudovali ohromný detektor neutrín založený na detekci Čerenkovova záření v těžké vodě



Zařízení obsahuje 1 000 tun těžké vody (D_2O) obklopené 7 000 tun vody „lehké“ (H_2O) a na rozdíl od většiny popisovaných experimentů je schopno zaregistrovat neutrín všech typů. Již první výsledky publikované v dubnu 2002 skutečně oscilace potvrdily.

V detektoru se neutrín mohou projevit trojím způsobem. Prvním je pružný rozptyl neutrín na elektronu doprovázený vyzářením Čerenkovova záření. Tak byla neutrín pozorována i v experimentu SuperKamiokande. Tato reakce však neprobíhá stejně intenzivně pro všechny tři typy neutrín; neutrín mionová a tauonová se rozptylují podstatně méně často než neutrín

elektronová. Druhou reakcí je srážka neutrina s deuteronem (jádrem deuteria tvořeným protónem a neutronem) vedoucí k rozpadu deuteronu na elektron a dva protóny. Tato interakce se v částicové fyzice označuje jako „nabitý proud“, protože částice, která ji zprostředkovává, nese elektrický náboj (jde o vion W^+ či W^-). Klíčovou pro potvrzení oscilací se stala třetí reakce, při níž se po srážce s neutrinem deuteron rozpadne na proton a neutron:



Částice zprostředkovávající tuto interakci je nenabitá (jde o vion Z^0), proto se interakce označuje slovy „neutrální proud“. Z její podstaty je zřejmé, že je stejně pravděpodobná pro všechny tři typy neutrín, hodí se proto k porovnání jejich počtu. Z měření neutrinového toku vyplynulo, že **tok elektronových neutrín** ($1,7 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) je **poloviční oproti celkovému toku mionových a tauonových neutrín** ($3,4 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

Experiment SNO potvrdil oscilace neutrín naměřením různého neutronového toku při poloze slunce nad obzorem a pod obzorem. Při noční detekci totiž musejí neutrina projít Zemí, která oscilace neutrín ovlivňuje (oscilace závisí na hustotě látky, kterou neutrina prochází). Z rozdílných výsledků ve dne a v noci se pak odvozuje rozdíl hmotností jednotlivých typů neutrín (bohužel pouze rozdíl). Podle posledních zveřejněných výsledků je rozdíl hmotnosti elektronového a mionového neutrina $0,01 \text{ eV} \cdot c^{-2}$.

Kromě toho probíhají po celém světě i další experimenty na záchyt neutrín, například v projektu AMANDA probíhajícím pod povrchem ledu v Antarktidě jsou od roku 1997 pozorovány záblesky Čerenkovova záření vyvolané interakcemi neutrín. Projekt je velmi ambiciózní: v pomyslném válci o průměru 120 cm je na 10 kabelech v ledu v hloubkách 1,5–2 km zavěšeno 300 fotónásobičů. Velmi známé je rovněž italské pokračování galiového experimentu GALLEX, nyní s názvem GNO (Gallium Neutrino Observatory) se 100 tunami galia.

Davis a Košiba svými objevy vytvořili nové odvětví astronomie, neutrinovou astronomii. Ta má již dnes velký význam pro jadernou fyziku, astrofyziku a kosmologii, ale i pro další vědecké obory.

Literatura:

1. <www.nobel.se/physics/laureates/2002/press.html> *The 2002 Nobel Prize in Physics* (anglicky).
2. Grygar J.: *Vesmír, jaký je*. Praha, Mladá fronta 1997.
3. Blümner J.: *The Smallest Particles And The Largest Structures In The Universe*. Přednáška, Praha 4. 6. 2003.

Pozn. 1: Barevné ilustrační obrázky k článku ve velkém rozlišení a s popisky jsou k dispozici na adrese <http://www.pef.zcu.cz/pef/kof/pom/nc2002/>

Pozn. 2: Druhou polovinu Nobelovy ceny za fyziku za rok 2002 získal Riccardo Giacconi (Sdružení univerzit, Washington, USA, narozen v Itálii) „za průkopnické příspěvky k astrofyzice, které vedly k objevu kosmických rentgenových zdrojů“. Tématu rentgenové astronomie bude věnován článek v následujícím čísle Školské fyziky.

Úloha vzťažnej sústavy v klasickej elektrodynamike

Elo Scholtz*, Gymnázium Košice

Formovanie predstavy o elektromagnetickom poli vo vyučovaní stredoškolskej fyziky je zložitý a náročný proces. Výber poznatkov a metodika výkladu javov, ktoré sú predmetom elektrodynamiky a sú zaradené do gymnaziálneho kurzu fyziky, má svoju dlhú a zaužívanú tradíciu. Táto sa odvíja aj v súčasných učebných osnovách a učebničiach pre druhý a tretí ročník štvorročného gymnázia. Zahŕňuje základné poznatky elektrostaticity, poznatky o stacionárnom elektrickom a magnetickom poli, javy súvisiace s nestacionárnym elektrickým a magnetickým polom ako aj modernejšie spracované kapitoly o vzniku, vlastnostiach a šírení elektromagnetického pola.

Ak má poznávací proces v rámci štúdia zákonov klasickej fyziky vyústiť do pochopenia základných ideí a dôsledkov špeciálnej teórie relativity (ŠTR), je potrebné uskutočňovať a postupne rozvíjať relativistický prístup v chápaní a opise fyzikálnych javov nielen v mechanike, ale oveľa dôslednejšie aj v elektrodynamike.

Poznatky, ktoré patria do elektrodynamiky sú v učebných osnovách pre gymnázium rozložené do 2. až 4. ročníka. Absencia akýchkoľvek náznakov informácií o vplyve volby vzťažnej sústavy na hodnotenie a opis elektrodynamických javov v učebnicových textoch nedáva žiakom príležitosť k tomu, aby si uvedomili ich vzájomnú jednotu, a v konečnom dôsledku aby pochopili východiská a závery ŠTR v oblasti elektrodynamiky.

Tento príspevok samozrejme nepredstavuje ucelený a vyčerpávajúci výklad a riešenie danej problematiky. Ide skôr o stručné poznámky k metodiike rôzvijania pojmu elektromagnetického pola v nerelativistickej elektrodynamike na úrovni gymnaziálneho kurzu fyziky. Poukazuje sa v nich hlavne na potrebu zvýraznenia úlohy vzťažnej sústavy v elektrodynamike, a naznačuje sa možnosť používania modelových myšlienkových experimentov.

1. ETAPY FORMOVANIA POJMU ELEKTROMAGNETICKÉHO POĽA V KLASICKEJ ELEKTRODYNAMIKE.

- Prvotné poznatky o pojme materiálneho poľa ako takého – druhy vzájomného pôsobenia v prírode, charakteristiky jednotlivých druhov interakcie na konkrétnych javoch, prejavy existencie elektromagnetického poľa (základná škola, 1. ročník gymnázia).
- Štúdium javov spojených s existenciou stacionárneho elektrického a magnetického poľa, charakteristiky týchto polí, ich silové túčinky na nabité častice a telesá, možnosti indikácie prítomnosti elektrického a magnetického poľa. Poukázanie na relativistický charakter elektrických a magnetických javov z hľadiska rôznych vzťažných sústav rozbohom bežne dostupných experimentov (2. a 3. ročník gymnázia).
- Nestacionárne elektrické a magnetické pole – štúdium javu elektromagnetickej indukcie, opis a vysvetlenie týchto javov z hľadiska rôznych vzťažných sústav, vzájomná jednota elektrických a magnetických javov a ich relativny charakter. Elektromagneticke pole ako pole elektrodynamické, ktoré má dva relatívne prejavy závislé na volbe vzťažnej sústavy (3. ročník gymnázia).
- Štúdium vzniku tlmených a netlmených elektromagnetických kmitov, vznik a šírenie elektromagnetického vlnenia. Niektoré poznatky a závery Maxwellovej teórie elektromagnetického poľa (3. ročník gymnázia).

* scholtz@ns.srobarka.sk

- e) Elektromagnetické žiarenie – spektrum elektromagnetického žiarenia, svetlo a optika. Neinvariantnosť teórie elektromagnetického poľa vzhľadom na Galileiho transformáciu. Úloha elektromagnetického (svetelného) signálu v špeciálnej teórii relativity, elektrodynamika a elektromagnetické pole z hľadiska tejto teórie (3. a 4. ročník gymnázia).
- f) Kvantové vlastnosti žiarenia, súvislosť vlnových a časticových vlastností elektromagnetického žiarenia (4. ročník gymnázia).

2. PREJAVY EXISTENCIE ELEKTROMAGNETICKÉHO POĽA (EMP).

- a) EMP môžeme registrovať jedine na základe jeho účinkov na čästice s elektrickým nábojom, alebo na elektricky nabité telesá. Iné možnosti nie sú.
- b) Silové účinky EMP charakterizujú tzv. silové vektory – elektrická intenzita \vec{E} a magnetická indukcia \vec{B} .

Elektrické pole s intenzitou \vec{E} pôsobí na čästicu s nábojom Q elektrickou silou

$$\vec{F}_e = Q \cdot \vec{E}, \quad (1)$$

ktoej smer je podľa vzťahu (1) určený smerom elektrickej intenzity a znamienkom náboja. Elektrická sila pritom pôsobí nielen na čästicu, ktorá je v pokoji, ale aj na pohybujúcu sa čästicu.

Na **elektrický dipól** s bodovými nábojmi o veľkosti Q a dipólovou vzdialenosťou d , umiestnený v homogénnom elektrickom poli s intenzitou \vec{E} , pôsobí dvojica elektrických sôl, ktoré majú veľkosť danú vzťahom (1). Ich otáčavý účinok na dipól je vyjadrený momentom dvojice sôl, pre veľkosť ktorého platí vzťah

$$M = \vec{E} \cdot Q \cdot d \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

kde α je ostrý uhol zovretý smerom spojnice nábojov a smerom intenzity elektrického poľa. Dvojica elektrických sôl orientuje elektrický dipól do smeru intenzity elektrického poľa.

Magnetické pole s indukciami \vec{B} pôsobí na čästicu s nábojom Q a rýchlosťou \vec{v} , zvierajúcou s indukciami uhol α , magnetickou silou \vec{F}_m o veľkosti

$$\vec{F}_m = B \cdot Q \cdot v \cdot \sin \alpha. \quad (3)$$

Vektor \vec{F}_m je kolmý na rovinu určenú vektorovými priamkami vektorov \vec{v} a \vec{B} , jeho smer je určený smerom vektorového súčinu vektorov \vec{v} a \vec{B} a znamienkom náboja. Keď vektorov \vec{B} a \vec{v} majú rovnaký smer, magnetická sila je nulová.

Zo skúsenosti vieme, že otočne uložený tyčový magnet (magnetka) sa v homogénnom magnetickom poli správa podobne, ako elektrický dipól v elektrickom poli. Nazvime ho **magnetický dipól**. Homogénne magnetické pole pôsobí na magnetický dipól dvojicou magnetických sôl, ktorá má na tento dipól orientujúci účinok. Uvažovaný magnetický dipól sa v dôsledku toho natočí do smeru magnetickej indukcie.

Analogický efekt pozorujeme, ak do homogénneho stacionárneho magnetického poľa umiestníme otočne uložený rovinný závit s prúdom (žiaci gymnázia sú oboznámení s pôsobením magnetického poľa na vodiče s prúdom i s pojmom magnetického momentu závitu s prúdom). Ak má závit tvar obdĺžnika so stranami o dĺžke a, b (plošným obsahom $S = a \cdot b$), prechádza ním prúd I a normálkový vektor plochy zviera s indukciami \vec{B} magnetického poľa ostrý uhol α , pôsobí naňho dvojica magnetických síl. Moment dvojice týchto síl má veľkosť

$$M = B \cdot I \cdot S \cdot \sin \alpha \quad (4)$$

a má na závit orientujúci účinok. Závit sa otocí do polohy, v ktorej normálkový vektor plochy závitu je rovnobežný s magnetickou indukciami.

Elektromagnetické pole má elektrickú zložku s intenzitou \vec{E} a magnetickú zložku s indukciami \vec{B} .

Pre elektrodynamickú (elektromagnetickú) silu \vec{F} (Lorentzova sila) pôsobiacu na časti cu s nábojom Q platí vo všeobecnosti vzťah

$$\vec{F} = \vec{F}_e + \vec{F}_m = Q \cdot [\vec{E} + (\vec{v} \times \vec{B})]. \quad (5)$$

Táto sila a jej rozdelenie na elektrickú a magnetickú zložku závisí od voľby vzťažnej sústavy. Nerelativistická fyzika založená na Galileiho transformácii to nie je schopná opísť uspokojivým spôsobom. Problém transformácie zložiek elektromagnetického poľa pre inerciálne vzťažné sústavy správne rieši až špeciálna teória relativity.

V predchádzajúcim texte sme sa zaoberali reakciu indikátorov na pole. Náboje a dipóly sú zároveň zdrojmi poľa. Toto pôsobenie sa nedá vo všeobecnosti opísť ako výsledok okamžitej interakcie častíc na diaľku. Problém súvislosti medzi poľom a zdrojmi rieši Maxwellova teória elektromagnetického poľa, ktorej hlbšie pochopenie umožňuje až špeciálna teória relativity. V ďalšom však budeme potrebovať iba najjednoduchšie prípady tejto súvislosti. Medzi rovnobežnými doskami, ktoré sú elektricky nabité alebo slúžia ako póly magnetu, vzniká stacionárne (časovo nepremenné) elektrické či magnetické pole, ktoré je (v idealizácii, keď dosky sú dostatočne rozsiahle) na tieto dosky kolmá a homogénne (konštantné v priestore). Charakter týchto polí je možné vysvetliť z Coulombovho zákona pre elektrické pole nehybného náboja a z Biotovho-Savartovho zákona pre magnetické pole stacionárneho prúdu – za predpokladu, že magnet je vlastne sústavou elementárnych prúdových okruhov, ako to naznačuje skôr opisaná analógia medzi pôsobením magnetického poľa na magnetický dipól a na závit s prúdom.

- c) Opísané experimentálne poznatky motivujú k úvahе o možnom indikátore charakteru elektromagnetického poľa vo zvolenej vzťažnej sústave, založeného na jeho experimentálne pozorovateľných účinkoch na elektrický, alebo magnetický dipól.

Uvažujme o modelových indikátoroch elektrického a magnetického poľa, napr. podľa obrázka 1 pre

elektrické pole – dve guľové, opačne elektricky nabité telieska s malým polomerom, tvoriace otočne uložený elektrický dipól,

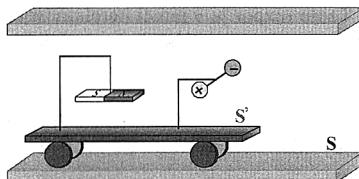
magnetické pole – malý, otočne zavesený permanentný magnet, alebo elektromagnet, predstavujúci magnetický dipól.

Tieto modely môžeme používať ako indikátory elektromagnetického poľa v rôznych myšlienkových pokusoch a urobiť rozbor ich správania z hľadiska rôznych inerciálnych vzťažných sústav. To nám umožní rozhodnúť, aký charakter má toto pole vzhľadom na zvolenú vzťažnú sústavu a zdôvodniť pozorované správanie sa indikátorov. Napríklad ak pole pôsobí z hľadiska zvolenej vzťažnej sústavy na nehybné aj na pohybujúce sa nabité

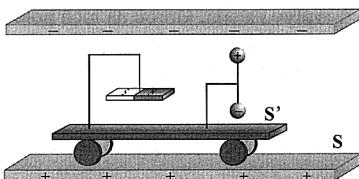
častice a veľkosť pôsobiacej sily závisí od smeru vektora ich rýchlosťi, tak toto pole má nenulovú elektrickú aj magnetickú zložku.

- d) Štúdium významu vzťažnej sústavy v elektrodynamike – rozbor myšlienkových pokusov opierajúcich sa o skúsenosti z reálnych experimentov v homogénnom stacionárnom poli nabitého kondenzátora, alebo magnetu. S kondenzátorom spojime vzťažnú sústavu S a s vozíkom, na ktorom sú umiestnené indikátory, spojime vzťažnú sústavu S'.

- A) Situácia pred nabitím kondenzátora (obrázok 1) a po jeho nabití (obrázok 2), keď indikátory a kondenzátor sú vzhľadom k sebe nehybné.



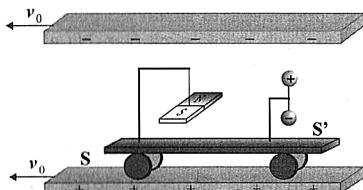
Obr. 1



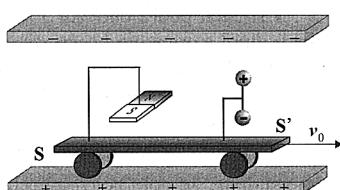
Obr. 2

Indikátory po nabití kondenzátora svojim správaním svedčia o prítomnosti elektrostatického poľa – elektrický dipól sa orientuje do smeru elektrických siločiar, magnet svoju polohu nezmení.

- B) Kondenzátor sa vzhľadom na vozík pohybuje stálou rýchlosťou \bar{v}_0 (obrázok 3), t.j. vozík má vzhľadom na kondenzátor rovnako veľkú rýchlosť opačného smeru (obrázok 4).



Obr. 3



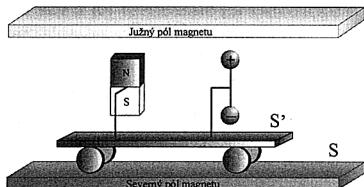
Obr. 4

Pri relatívnom pohybe indikátorov a kondenzátora zostáva elektrický dipól v rovnakej polohe ako v kľúdu, zatiaľ čo magnetka sa vychýli. Hodnotenie príčin tohto javu je z hľadiska inerciálnych sústav S a S' rôzne:

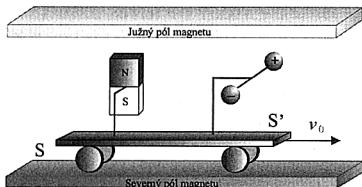
S': Z hľadiska sústavy vozíka môžeme pootočenie magnetu vysvetliť tak, že náboje pohybujúceho sa kondenzátora vytvárajú konvekčný prúd, ktorý budí stacionárne magnetické pole. Dvojica magnetických síl orientuje magnetku kolmo na smer rýchlosťi \bar{v}_0 pohybu kondenzátora a kolmo na vektor \vec{E} . V sústave spojenej s vozíkom budia rovnomerne priamočiaro sa pohybujúce elektrické náboje kondenzátora stacionárne elektrické aj magnetické pole.

S: Z hľadiska sústavy kondenzátora je príčinou pootočenia dipólu rovnako, ako v sústave vozika, elektrické pole kondenzátora. Vysvetliť interakciu pohybujúceho sa magnetu s nehybnými nábojmi nabitého kondenzátora a z toho vyplývajúce pootočenie podľa obrázka 4 je ľahšie. Z výsledku pokusu je evidentné, že elektrické pole pôsobí na pohybujúci sa magnet. Ale prečo? Je možné využiť analógie. Magnetické pole podľa (3) zrejme pôsobí na pohybujúce sa náboje elektrického dipólu silami rovnakej veľkosti a opačného smeru, čím vzniká dvojica síl. Preto by malo aj elektrické pole podobne pôsobiť na pohybujúci sa magnetický dipól. Presvedčivejšie by však bolo založiť vysvetlení v súlade s predchádzajúcim na tom, že magnet je vlastne sústava elementárnych prúdov. Pretože však pôsobení elektrického poľa na nabité časticie nezávisí na ich rýchlosťi, zdalo by sa, že pohyb prúdových okruhov v elektrickom poli nemá vplyv na silu, ktorou na nich pole pôsobí. Tento rozpor je v rámci nerelativistickej fyziky neriešiteľný a nás pokus tak poukazuje na to, že pre dôsledné vysvetlenie elektromagnetických javov je nevyhnutná špeciálna teória relativity.

- C) Indikátory sú v homogénnom poli magnetu (sústava S), voči ktorému sú bud' v pokoji (obrázok 5), alebo sa voči nemu rovnomerne priamočiaro pohybujú (obrázok 6).



Obr. 5



Obr. 6

S': V situácii podľa obrázka 5 magnetické pole magnetu sústavy S pôsobí na magnetický dipól a orientuje ho do smeru magnetických indukčných čiar. Na elektrický dipól, ktorého náboje sú v pokoji, magnetická sila nepôsobí (na rozdiel od predchádzajúcich obrázkov je tu ako východzia poloha elektrického dipólu za neprítomnosť polí zvolená poloha zvislá). V poli pohybujúceho sa magnetu podľa obrázka 6 sa elektrický dipól orientuje kolmo na vektor \vec{v}_0 a zároveň kolmo na vektor \vec{B} poľa magnetu. Z toho usúdime, že pole pohybujúceho sa magnetu má aj elektrickú zložku tohto smeru. To naznačil už predchádzajúci pokus. Videli sme, že elektrické pole nabitych dosiek pôsobí na pohybujúci sa magnet. Podľa zákona akcie a reakcie aj pohybujúci sa magnet pôsobí na nehybné dosky. To však môže robíť iba prostredníctvom elektrického poľa, ktoré vyvoláva.

S: Ako už bolo povedané v rámci rozboru predchádzajúceho experimentu, pole nehybného magnetu pôsobí na pohybujúci sa elektrický dipól dvojicou síl a preto sa elektrický dipól pootočí.

Ukázali sme, že pre úplný opis elektromagnetických javov je treba brať do úvahy nielen pôsobenie poľa na zdroje, ale aj to, ako zdroje vyvolávajú pole. Charakter poľa častic s elektrickým nábojom, alebo poľa elektricky nabitého telesa, závisí od volby vzťažnej sústavy. V sústave, v ktorej je častica v pokoji, má jej pole povahu elektrického poľa. Avšak vzhľadom na vzťažnú sústavu, voči ktorej sa táto častica pohybuje, jej pole má mimo elektrickej zložky aj

magnetickú zložku. Práve to umožňuje vysvetliť magnety ako sústavy elektrických prúdov, ktoré budia magnetické pole, a zároveň mu podliehajú. Vo vzťažnej sústave, v ktorej sa nabity kondenzátor pohybuje, je jeho pole doplnené o magnetickú zložku. Rovnako pole permanentného magnetu vo vzťažnej sústave, v ktorej sa pohybuje, je magnetické pole doplnené o elektrickú zložku. Uvedené skutočnosti vedú k predstave o elektrodynamickom poli budenom elektricky nabitymi časticami, pričom jeho pôsobenie hodnotíme v závislosti od volby vzťažnej sústavy. Preto pre elektrodynamické pole používame názov *elektromagneticke pole*. Problém úplného opisu elektrodynamického pola z hľadiska rôznych inerciálnych vzťažných sústav teoreticky rieši špeciálna teória relativity.

3. JAV ELEKTROMAGNETICKEJ INDUKCIE.

- a) Rozbor pozorovaní pri experimentoch, v ktorých dochádza k javu elektromagnetickej indukcie (EMI), viedie k odlišeniu dvoch rôznych procesov, ktoré indukované napätie vyvolali. Je to
- pohyb vodiča v stacionárnom magnetickom poli;
 - zmena magnetického poľa v okolí vodiča.

Tieto dva procesy je treba od seba odlišiť aj napriek tomu, že po zovšeobecnení ich môžeme vyjadriť rovnakým zákonom v tvare

$$u_i = -\frac{\partial \Phi}{dt}, \quad (6)$$

kde u_i je napätie indukované vo vodiči pri časovej zmene magnetického indukčného toku Φ .

Tento vzťah je v gymnaziálnej učebnici fyziky vyjadrený v tvare

$$u_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}. \quad (7)$$

Príčinou zmeny magnetického indukčného toku, pre veľkosť ktorého v jednoduchom prípade homogénneho magnetického poľa a rovinnej plochy S platí vzťah

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha, \quad (8)$$

kde α je uhol medzi vektormi \vec{B} a \vec{S} , je zmena veľkosti S plochy, ktorou magnetické pole prechádza, alebo zmena veľkosti B magnetickej indukcie (nestacionárne pole).

Spoločný princíp, ktorým sa javy dvoch zodpovedajúcich skupín experimentov riadia, nie je na prvý pohľad zrejmý, preto je potrebné príslušné súvislosti žiakom objasniť.

Podstatu javov prvej skupiny experimentov môžeme vysvetliť pôsobením elektrodynamickej sily, ktorá je vyjadrená vzťahom (5) a závisí od volby vzťažnej sústavy. Pre úplné pochopenie javov, ktoré súvisia s pohybom vodiča v elektrickom alebo v magnetickom poli, je treba poznať, ako sa transformujú vektoru \vec{E} a \vec{B} pri prechode od jednej inerciálnej vzťažnej sústavy (IVS) ku druhej. Tento problém rieši ŠTR.

Pre uskutočnenie príslušných experimentov je potrebné vytvoriť homogénne magnetické pole. V nehomogénnom poli magnetu sa totiž zároveň s efektom vyvolaným relativným pohybom vodiča vzhľadom na magnet uplatní aj efekt, spôsobený zmenou magnetickej indukcie poľa, v ktorom sa vodič nachádza.

V učebnici fyziky pre 3. ročník gymnázia sa dospieva ku vzťahu (2) rozborom situácie, v ktorej na volné elektróny v pohybujúcej sa časti obdĺžnikového kovového závitu pôsobí magnetická sila a v dôsledku toho dochádza k rozdeleniu elektrických nábojov. Tým sa vysvetluje vznik indukovaného napäťia na koncoch tejto časti závitu. Vzťah vyjadrujúci Faradayov zákon elektromagnetickej indukcie je vyvodený s použitím úvahy o

tom, akú intenzitu by malo mať elektrické pole, ktoré by na elektróny pôsobilo rovnako veľkou elektrickou silou.

- b) Javy druhej skupiny experimentov súvisia podľa Maxwellovej teórie elektromagnetického poľa so skutočnosťou, že pole s premennou magnetickou indukciami vyvoláva vznik elektrického poľa, ktoré nemá svoje zdroje v elektrických nábojoch (tzv. výrové pole). V tom prípade uvažujeme, že na voľné elektróny vo vodiči pôsobí indukované elektrické pole, ktoré v uzavretej slučke vytvorí indukovaný prúd. Je to prejav vzájomnej späťosti a neoddeliteľnosti elektrických a magnetických javov.

V prípade, že obvod nie je uzavretý, rozdelenie elektrických nábojov účinkom vzniknutého (indukovaného) elektrického poľa umožní registrovať na koncoch vodiča rozdiel potenciálov

$$u_i = |\varphi_2 - \varphi_1|, \quad (9)$$

ktorý nazývame *indukované napätie*.

Ak je d dĺžka vodiča a E veľkosť intenzity homogénneho elektrického poľa, tak

$$u_i = E \cdot d. \quad (10)$$

Indukované napätie má veľkosť rovnakú vzhľadom na všetky IVS a je určené veľkosťou práce súčinu sile príslušného poľa, ktorá je potrebná na premiestnenie jednotkového náboja.

V sústave spojenej s vodičom pôsobí na náboj Q elektrická sila o veľkosti $F_e = Q \cdot E$ a v sústave spojenej s magnetom, vzhľadom na ktorý sa vodič pohybuje rýchlosťou \vec{v} kolmo na vektor \vec{B} , pôsobí magnetická sila, ktorá má veľkosť $F_m = Q \cdot v \cdot B$. Pritom platí vzťah

$$E = B \cdot v. \quad (11)$$

Brouzdáme po internetu 2

Jitka Houfková*, MFF UK Praha

V minulém díle této rubriky jsme se ve stručnosti seznámili s fyzikálními informacemi na internetu, s obecnými možnostmi jejich využití ve výuce fyziky a uvedli jsme několik příkladů www-stránek s fyzikální tematikou. Dnes budeme v načatém přehledu pokračovat.

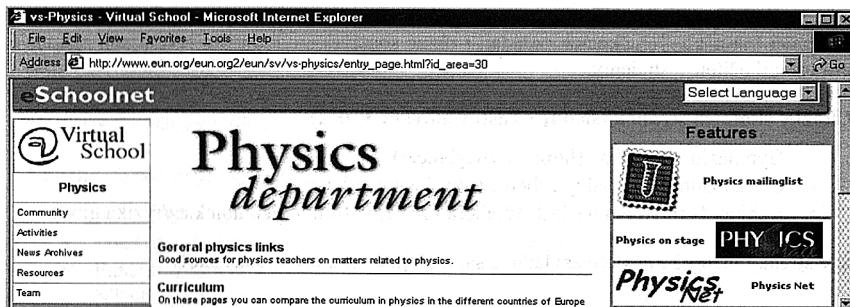
Připomínáme, že tuto rubriku můžete nalézt též na internetu na adresu <http://fyzweb.cuni.cz/knihovna/brouzdame/> a že velice uvítáme Vaše komentáře a připomínky k popisovaným stránkám i Vaše náměty a zkušenosti s používáním internetu ve výuce.

FYZIKÁLNÍ WEBY

Specializované fyzikální weby jsou připravovány týmy odborníků na fyziku a její výuku. Fungují jako internetový fyzikální rozcestník, ale navíc přináší řadu vlastních materiálů použitelných pro zlepšení porozumění fyzice, poskytují prostor pro dotazy (odpovědny, Ask the Expert), výměnu názorů a spolupráci. Na rozdíl od stránek fyzikálních institucí, které také obsahují řadu zajímavých informací, jsou stránky fyzikálních webů pravidelně aktualizovány a doplňovány, podobně jako v časopisech bývají členěny na jednotlivé rubriky, které pravidelně přináší nové informace.

Ukázky zahraničních fyzikálních webů:

- PhysLink (<http://physlink.com/>)
- Physics Department of European SchoolNet (http://www.eun.org/eun.org2/eun/sv/vs-physics/entry_page.html?id_area=30)
- PhysicsNet (<http://www.physicsnet.at/>) (německy)
- Institute of Physics (<http://www.iop.org/>)



Obr. 1: Vstupní stránka oddělení fyziky na European SchoolNetu (<http://www.eun.org/>)

Protože jazykové znalosti studentů středních škol (a bohužel často ani nás, učitelů) nejsou takové, aby mohli samostatně pracovat s cizojazyčnými texty a nebylo to na úkor porozumění fyzikální podstatě, je pro práci ve škole vhodnější používat materiály v rodném jazyce. Navíc nestačí jen pouhý překlad, ale zvláště pro menší děti je důležitá i tzv. lokalizace učiva, tj. jeho přizpůsobení okolí, na které jsou děti zvyklé.

* houfkova@mbox.troja.mff.cuni.cz

Český fyzikální web:

Asi nejobsáhlejším českým fyzikálním webem je v současné době FyzWeb (<http://fyzweb.cuni.cz>), který je připravován na Katedře didaktiky fyziky Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy ve spolupráci s dalšími institucemi zabývajícími se fyzikou a s učiteli z praxe a je určen všem zájemcům o fyziku.

STRÁNKY FYZIKÁLNÍCH INSTITUCÍ

Na stránkách fyzikálních institucí bývají vedle základních informací o dané instituci, jako je adresa a kontakt, personální složení, obor činnosti, i mnohé zajímavé materiály vztahující se k fyzikální podstatě práce dané instituce. Odborné články a publikace bývají mnohdy doplněny výkladem určeným pro veřejnost a popularizaci fyziky. Někdy zde bývají i informace o tom, jak fyzikové v dané instituci pracují, což může učitelům pomoci ve snaze přiblížit žákům vědeckou práci.

Ukázky stránek fyzikálních institucí a pracovišť:

- Evropská laboratoř pro výzkum čisticové fyziky CERN (<http://www.cern.ch>), mimo- chodem místo, kde vznikl web se svým jazykem HTML
- Národní úřad pro letectví a kosmonautiku NASA (<http://www.nasa.gov>)
- Fyzikální ústav Akademie věd ČR (<http://www.fzu.cz>)
- Hvězdárna a planetárium Hradec Králové (<http://www.astrohk.cz>)
- Katedra meteorologie a ochrany prostředí (<http://kmop.mff.cuni.cz/>)

STRÁNKY ŠKOL

V současnosti má své vlastní stránky většina středních škol v České republice. Mnohé z nich mají části věnované jednotlivým předmětovým komisím, tedy i fyzice. Zde bývají vedle přehledu vyučujících a základních organizačních informací většinou materiály pro studenty dané školy. Učitelům například mohou posloužit jako inspirace tematické plány výuky v jednotlivých ročnících. Jsou-li tyto stránky doplněny seznamem zajímavých odkazů, námětu pro práci (na některých školách pořádají i různé soutěže) a odborných textů, jsou zajímavé i pro ostatní učitele a studenty.

Ukázky školních stránek (sledujte části věnované fyzice):

- Gymnázium Benešov (<http://www.gbn.cz>)
- Gymnázium F. X. Šaldy Liberec (<http://www.gfxs.cz>)
- Kabinet fyziky Gymnázia J. Wolkera Prostějov (<http://web.quick.cz/fyzika.gjw/>)

Své stránky mají již i některé základní a samozřejmě všechny vysoké školy.

OSOBNÍ STRÁNKY

Ze školních stránek často vedou přímé odkazy na stránky, které podle svých zájmů a zkušeností vytvářejí jednotliví učitelé. Úročí na nich své zkušenosti s výukou. Na osobních stránkách učitelů fyziky jsou většinou různé odborné materiály připravené daným učitelem, návody na pokusy a náměty na práci v hodině i mimo školu, často tu bývají řešení různých problémů, se kterými se učitel při své praxi setkává, tipy a triky, jak úspěšně provést nějaký pokus, a podobně. Snad každý učitel fyziky má na svých stránkách i různě obsáhlý seznam odkazů na fyziku na internetu.

Ukázky osobních stránek učitelů fyziky:

- Petr Brabec, Gymnázium Benešov (<http://www.gbn.cz;brabec/>)
- Josef Duhajský, Gymnázium Brandýs nad Labem-Stará Boleslav (<http://www.gbl.cz/profesor/duhajsk/duhajsky.htm>)
- Petr Koritina, Gymnázium Kadaň (<http://www.gymnazium-kadan.cz/html/petr/index.htm>)
- Václav Piskač, Gymnázium Brno, třída Kapitána Jaroše 14 (<http://www.jaroska.cz/zamest/piskac/>)
- Jaroslav Reichl, SPŠ Panská, Praha 1 (<http://vyuka.panska.cz/reichl>)

Své osobní stránky si ale vytvářejí i odborní fyzikové. Na svých stránkách většinou prezentují obor své činnosti, takže se tam můžete dočíst, co se v daném fyzikálním oboru a na daném pracovišti dělá. Tyto popisy jsou často doplněny i výkladem přístupným nefyzikům. A samozřejmě, většinou ani zde nechybí odkazy na fyzikálně zajímavá místa na internetu.

Ukázky osobních stránek odborných fyziků:

- Jiří Dolejší (<http://www-ucjf.troja.mff.cuni.cz/~dolejsi/dolejsi.html>)
- Jiří Grygar (<http://www.astro.cz/win/~grygar/>)

VIRTUÁLNÍ LABORATOŘE

Virtuální laboratoř umožňuje provádět počítačové simulace, u kterých uživatel může interaktivně měnit různé parametry pozorovaných fyzikálních dějů, a pracovat s daty, která nemá možnost sám naměřit. Mnoho virtuálních laboratoří je vystavěno na základě appletů napsaných v jazyce Java. Přibývá ale i virtuálních laboratoří, které jsou tvořeny animacemi a simulacemi v jazyce Flash. Ať je však programovací jazyk jakýkoliv, základní myšlenka zůstává stejná: appety a simulace je možné prohlížet pomocí webovského prohlížeče a změnami parametrů demonstrovaného děje zasahovat do jejich průběhu. Toto zasahování může spočívat v zadávání a změnách hodnot fyzikálních veličin (přímo napsáním čísla, popořazením ukazatele, atd.), v různém natáčení a zoomování pohledu na demonstrováný jev, v zpomalování, zastavování, krokování a vrácení časového průběhu a jeho zobrazení.

Řadu odkazů na virtuální laboratoře a vybrané appety a simulace naleznete na FyzWebu v částech Knihovna a Dílna.

Ukázky virtuálních laboratoří:

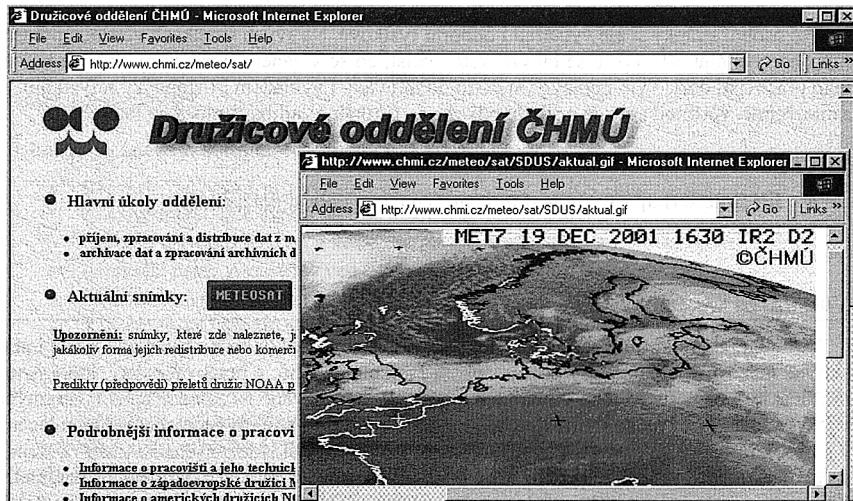
- Java-Applets zur Physik (<http://www.walter-fendt.de/ph11d/>)
- JavaLab univerzity v Oregonu (<http://jersey.uoregon.edu/vlab/index.html>)
- Fun@learning.physics (<http://www3.adnc.com/~topquark/fun/fun.html>), i ke stažení
- NTNU Virtual Physics Laboratory (<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/>)
- Optics Bench Applet (<http://www.hazelwood.k12.mo.us/~grichert/optics/intro.html>)
- Urychlování častic (http://www-hep2.fzu.cz/adventure/accel_anifast.html)
- Control The Nuclear Power Plant (<http://www.ida.liu.se/~her/npp/demo.html>)

VZDÁLENÁ POZOROVÁNÍ A VZDÁLENÉ LABORATOŘE

Vzdálená pozorování a měření umožňují přístup k aktuálním informacím ze vzdálených či nedostupných míst a přístrojů, které provádějí vlastní, uživatelem neovlivněná pozorování a měření.

Ukázky vzdálených pozorování:

- snímky z meteorologických družic (<http://www.chmi.cz/meteo/sat>)
- EarthKam (<http://www.earthkam.ucsd.edu/>)



Obr. 2: Snímek z družice Meteosat na stránkách ČHMÚ (<http://www.chmi.cz/meteo/sat/>)

Vzdálená laboratoř umožňuje prostřednictvím internetu provést připravený pokus, u kterého uživatel může volit vlastní parametry. Naměřená data pak obdržíte třeba e-mailem. Někdy je možné i on-line sledovat průběh pokusu. Provoz vzdálených laboratoří je velice náročný, a proto jich po počátečním boomu před několika lety výrazně ubylo. Pokud fungují, jsou většinou uzavřené a slouží pouze pro studenty dané školy.

Ukázky přístupných vzdálených laboratoří:

- WebLab (<http://weblab.iit.edu/>)
- Interaktivní internetové laboratorní studio iSES (<http://kdt-14.karlov.mff.cuni.cz>) je rozbíhající se projekt, který umožňuje provádět na dálku pokusy v laboratoři vybavené ISESem. V současné době si v něm můžete vyzkoušet například rozsvítit žárovku nebo s pomocí čerpadla řídit výšku hladiny. Pokusy je možné sledovat prostřednictvím webkamery.

CO NÁS ČEKÁ PŘÍŠTĚ

V příštím díle rubriky Brouzdáme po internetu se seznámíme s optickými úkazy v atmosféře a s interaktivní optickou lavicí a pro pobavení se podíváme na optické klamy.

Mikuláš Koperník v současné výuce astronomie na základních a středních školách

Vladimír Štefl^{*}, Ústav teoretické fyziky a astrofyziky, MU Brno

V roce 2002 v nakladatelství Prometheus vyšla knížka Mikuláš Koperník [1]. Následující článek ukazuje, jak lze její obsah využít ve výuce na základních a středních školách. Do fyzikální výuky vybereme textové ukázky z Koperníkových děl – **Malého komentáře a Oběhů**, ve kterých můžeme demonstrovat jeho názory jak astronomické, tak i osobní lidské.

Přibližně kolem roku 1508 Koperník sepsal a rozeslal svým přátelům po Evropě dílo s úplným názvem *Nicolai Copernici de hypothesisibus motuum caelestium a se constitutis commentariolus*, česky **Mikuláše Koperníka malý komentář o jím vypracovaných hypotézách nebeských pohybů**, pro které se u nás vžil zkrácený název **Commentariolus - Malý komentář**.

Tato několikastránková rozprava uváděla sedm stručných principů heliocentrismu, v nichž se Koperník přidržoval výkladu pohybů planet prostřednictvím skládání rovnoramenných kruhových pohybů, obdobně jak to činila starořecká astronomie.

1. Není jednoho bodu, který by byl středem všech nebeských drah nebo sfér.
2. Střed Země není středem světa, je pouze středem tíže a středem měsíční dráhy.
3. Všechny sféry obíhají kolem Slunce jako svého středu, proto je Slunce položeno v blízkosti středu světa.
4. Vzdálenost Země od Slunce je nepatrná ve srovnání s velikostí nebeské klenby. Změna polohy pozorovatele, způsobená ročním pohybem Země kolem Slunce, působí zdánlivé posuvání hvězd. Je však příliš malá vzhledem k nesmírné vzdálenosti nebeské klenby, aby takový pohyb mohl být pozorován.
5. Všechny pohyby, které pozorujeme na hvězdné obloze, vznikají z pohybu Země. To totiž ona spolu s nejbližšími živly – vodou a vzduchem – se otáčí denně kolem nehybných pólů. Hvězdná obloha je nepohyblivá.
6. Vše, co se zdá být pohybem Slunce, nepochází z jeho pohybu, ale z pohybu Země a její sféry. Země obíhá kolem Slunce tak jako každá jiná planeta. Země vykonává zároveň několik různých pohybů.
7. Průměr i zpětný pohyb planet není jejich vlastním pohybem, ale klamem vznikajícím při pohybu Země. Její pohyb dostačuje k výkladu mnoha jevů na obloze.

Již při psaní **Malého komentáře** Koperník uvažoval o sepsání systematického výkladu heliocentrické teorie, opírajícího se o astronomická měření a jejich matematické zpracování. Zamýšlenou velkou knihou se stal spis s plným názvem *Nicolai Copernici Torinensis De Revolutionibus Orbium coelestium Libri sex* (**Mikuláše Koperníka Toruňského šest knih o obězích nebeských sfér**), který vyšel v roce 1543. Titulní strana rukopisu se nezachovala, je velmi pravděpodobné, že Koperník spis nazval kratším způsobem, například *De Revolutionibus*.

Dnes používaný název **De Revolutionibus Orbium coelestium**, česky **O obězích nebeských sfér**, pochází od vydavatele. Jak asi chápá název Koperník a jak by ho vyložila současná astronomie? Již pojem **De Revolutionibus**, polsky **O obrotach**, česky **O obězích**, zaslouhuje detailnější rozbor. Termín oběhy, který je snad nejvíce blízký tomu, jak jej chápal Koperník, v sobě zahrnuje jak rotační pohyb tělesa kolem osy, tak i postupný kruhový pohyb hmotného bodu kolem určitého středu. V mechanice Koperníkovy doby nebyly tyto pojmy

* stefl@astro.sci.muni.cz

definovány, tím spíše rozlišovány. Rovněž i druhý pojem *orbium* vyzaduje zpřesnění. V textu díla Koperník píše *orbis vel sphaera*, tedy svět nebo sféra, termín *orbis* chápe jako *sféru*. Z další ukázky „*orbes, quibus sidera feruntur errantia*“, česky „*sféry, kterými jsou planety nesené*“, je zřejmé, že planeta je sférou v jeho konstrukci unášena.

V předmluvě díla Koperník vysvětlil vznik heliocentrické teorie a předvídá názorovou revoluci: „*Zajistě s určitostí mohu počítat s tím, Svatý Otče, že někteří, jakmile se doslechnou, že jsem v této knihách, které jsem napsal o oběžích sfér světa, přisoudil Zemi některé pohyby, ihned strhnou pokřik, že si zasloužím, abych byl pro takovou domněnku rázně umlčen. Nejsem totiž zdaleka natolik zahleděn do svých názorů, abych pečlivě nevážil, co o nich budou soudit jiní...*“

Jednu ze základních myšlenek své teorie, řečeno současnou terminologií, kinematický princip relativity, popisuje Koperník následujícím způsobem: „*A tak já při tom uspořádání pohybů, které Zemi dále ve svém díle připisuji, jsem konečně po mnohem a dlouhém pozorování shledal, že jestliže se pohyby ostatních planet přenesou na oběh Země a to se stane základem pro oběh kterékoli planety, nejen že tak vyjdou jejich zdánlivé pohyby, ale i pořadí a velikosti všech planet a sfér a celé nebe se tak dokonale navzájem propojí, že v žádné jeho části není možno cokoliv přemístit, aniž by se uvedly v nepořádek všechny ostatní části a celý svět.*“

Dále Koperník uvádí: „*všechna změna místa totíž, která se jeví, se děje bud' proto, že se pohybují pozorovaná věc nebo pozorovatel, nebo že se různým způsobem pohybují oba.*“

Důležitý názor na přitažливost, v Koperníkově interpretaci na tihu, formuluje takto: „*Myslím, že těha není nic jiného, než jakési přirozené úsilí části se shlukovat, které jim dala božská prozretelnost tvůrce světa, aby se seskupováním do tvaru koule spojovaly do své jednoty a úplnosti. Můžeme věřit, že tuto vlastnost mají jak Slunce, tak Měsíc a ostatní planety, takže jejím působením zůstávají ve sférickém tvaru a uskutečňují přitom různé kruhové pohyby.*“ U Koperníka je tříha určitá snaha přírody, přičemž ji chápá nejenom na Zemi, ale také na Slunci, Měsíci i planetách. K zobecňující myšlence, že všechna tělesa se vzájemně přitahují, však nedospěl.

Významným byl pro Koperníka **argument estetický**, vyzdvihující harmonii heliocentrického celku i jednotlivých částí: „*Avšak uprostřed všech spočívá Slunce. Vždyť kdo by v tomto překrásném chrámu vložil tuto svitilnu do jiného a lepšího místa, než odkud by zároveň všechno mohla osvětlovat? Jistě nikoliv nevhodně některí nazývají Slunce lucernou světa, jiní jeho mysl, jiní jeho vládcem. ... Shledáváme tedy v tomto uspořádání podivuhodnou symetrii světa a pravé harmonické spojení pohybu sfér s jejich velikostí, jaké žádným jiným způsobem nemůže být nalezeno.*“

Stručně shrnuto složité pozorované přímé a zpětné pohyby planet objasnil jako výsledek skladání dvou skutečných pohybů, planety a Země po jejich drahách kolem Slunce. Denní pohyb kosmických těles po obloze interpretoval jako rotaci Země kolem vlastní osy. Roční pohyb Slunce po ekliptice pokládal za zdánlivý, vyvolaný skutečným pohybem Země v prostoru kolem Slunce.

Jako astronom se Koperník zamýšlel nad nenalezením paralaktických posuvů hvězd, což komentoval slovy: „*Přestože poloměr zemské dráhy je velký, přesto je nicotně malý ve srovnání se vzdáleností nehybných hvězd.*“ Uvědomoval si, že tehdejší přesnost pozorování lidským okem, zhruba 5', nedovolovala stanovení malých parallax.

Hlavní pracovním nástrojem Koperníka bylo lidské oko a primitivní přístroje, které si sám zhotovil. Z toho důvodu nám zřejmě Koperník zanechal přesné popisy svých observačních přístrojů v Obězích. Prvním a nejjednodušším používaným přístrojem byl **paralaktický instrument, tzv. trikvetrum**. Skládal se ze tří dlouhých latí, z nichž svislá zavěšená na stojanovém sloupu byla otáčecí. Lať-rameno byla dlouhá 1,6 m, centrální sloup měl výšku 2,5 m. Paralaktický přístroj sloužil k určování paralaxy Měsice a tedy vzdálenosti Měsice od Země a dále k určování vzdálenosti hvězd od zenitu. Přesnost měření odhadujeme na 5'.

Pro určování výšky Slunce, zeměpisné šířky a úhlu sklonu ekliptiky užíval Koperník **ptolemaiovský kvadrant**. Napříč vodorovnou cihlovou plošinou – pavimentem – probíhal

kovový poledník pevně do ní zasazený. Na tento pás se upínal a zaměřoval v poledníkovém směru tzv. sluneční kvadrant. Skládal se z větší čtvrtcové desky o výšce 1,7 m, z mědi či mosazi, na kterou byla vyryta úhlová stupnice od 0 do 90 stupňů, každý stupeň byl dále ještě rozdělen na šest dílků. Do středního bodu této stupnice byl zasazen sloupek, čímž vznikl gnómon, obdoba slunečních hodin. Gnómonový sloupek ukazoval svým stínem výšku Slunce v poledne, což umožňovalo Koperníkovi stanovit zeměpisnou šířku např. Fromborku, jakož i sklon ekliptiky vzhledem k rovníku, přesnost přístroje dosahovala zhruba $5'$.

Nejsložitějším používaným pozorovacím přístrojem Koperníka byl **astroláb**, který umožňoval pozorování objektů na obloze v libovolné poloze a měření úhlové vzdálenosti dvou objektů. Jednalo se o **armilární sféru** s vizíry pro pozorování, otvory v kovových destičkách zasazených na pohyblivou lištu. Skládal se z šesti soustředných dřevěných kruhů – obruče – opatřených úhlovými měřítky a průzory. Každý z kruhů odpovídal určitému kruhu nebeské sféry, například jeden odpovídá ekliptice, tudíž tak bylo možné určovat ekliptickální délku, případně i šířku. Průměr největšího kruhu byl 0,7 m. Určování souřadnic hvězd tímto přístrojem bylo nepřesné, přesnost odhadujeme na asi $10'$.

Koperník byl pečlivým pozorovatelem, jeho pozorovací program však spíše doplňoval údaje starých astronomů, rozsáhlější soubory pozorování nezískal. Na druhé straně si však byl vědom významu pozorování, což v rukopise Oběhů charakterizoval takto: „*Kdo chce sledovat pomocí číselných výpočtů charakter pohybů a rotaci, říkám nezíská nic.*“

Výsledkem přijetí heliocentrismu bylo zavedení pojmu **siderické oběžné doby planety** a stanovení její hodnoty ze synodické oběžné doby určené z pozorování a ze známé siderické oběžné doby Země. Ještě významnější bylo **stanovení relativních vzdáleností planet od Slunce, vyjádřených v jednotkách vzdálenosti Země–Slunce**. Celkově heliocentrická teorie zmenšila téměř dvojnásobně chybu efemerid planet v důsledku upřesnění siderických oběžných dob planet a pohybu Slunce. Avšak chybu spojené s odchylkami tvarů drah zůstaly.

Pro zařazení do výuky na základní a střední škole lze použít následující úlohy:

- Určete poloměr dráhy Venuše, vyjádřený v jednotkách vzdálenosti Země–Slunce, jestliže víme, že uvnitřní planety Venuše Koperník stanovil z pozorování maximální elongaci $\varphi_e = 46^\circ$. Nalezněte rovněž poloměr dráhy vnější planety Marsu, u které Koperník zjistil, že nastává kvadratura Z_2M_2 průměrně 106 dní po opozici Z_1M_1 . Při znalosti siderické oběžné doby Země 365 dní a Marsu 687 dní znal střední úhlový pohyb obou planet: Země za 106 dní urazila úhel $\alpha = 104,5^\circ$, Mars úhel $\beta = 55,5^\circ$. Využijte obrázek na str. 41 v [1].

Řešení: V prvním případě $r = \sin \varphi_e \cdot r_{ZS} = 0,72 \cdot r_{ZS}$,

$$\text{v druhém } r = \frac{1}{\cos(\alpha - \beta)} = \frac{1}{\cos 49^\circ} = 1,52 \cdot r_{ZS}.$$

- V jedné z věží opevněného kláštera ve Fromborku je dnes zavěšeno Foucaultovo kyvadlo s délkou závěsu 28 m a hmotnosti kyvadla 46,5 kg, demonstrující i Koperníkem hlásanou rotaci Země kolem vlastní osy. Zjištěná doba úplné otočky roviny kmitu kyvadla o 360°

činí zhruba $T = 29 \text{ h } 27 \text{ min}$. Pomocí vztahu $T = \frac{T_p}{\sin \varphi}$, kde $T_p = 23 \text{ h } 56 \text{ min}$ lze ověřit,

že Koperník správně určil astronomickým měřením pomocí ptolmaiovského kvadrantu zeměpisnou šířku Fromborku $\varphi = 54^\circ 21' 34''$.

Literatura:

- [1] Štefl V.: *Mikuláš Koperník*. Prometheus, Praha 2002.
- [2] Koperník M.: *Obehy nebeských sfér*. Veda, Bratislava 1974.

Obavy pramení z neznalosti

Václav Bláha, viceprezident České nukleární společnosti

Motto: „*Člověk má mít pro strach uděláno, praví lidová moudrost. Co má mít člověk uděláno, to již lidová moudrost nepraví. V tom je asi právě ta moudrost. Ať si udělá každý co chce, jen aby měl uděláno.*“

Na tato slova části monologu herce a zpěváka Jiřího Suchého ze slavného období divadla Semafor jsem si v minulých dnech vzpomněl, když jsem pročítal výsledky průzkumu postoje občanů Evropské unie k životnímu prostředí.

ENERGETIKA V OCÍCH EVROPANŮ

Evropská komise – direktoriát pro výzkum – zadal organizaci EORG (The European Opinion Research Group) úkol provést průzkum veřejného mínění (takzvaný Eurobarometr): „*Co si občané EU myslí o energetice a energetických technologiích*“ [1]. Při tomto průzkumu vyšlo najevo, že lidé jsou ve velké většině buď neinformovaní nebo chybně informováni o těchto oblastech. Ukázalo se, že Evropané sice dávají otázkám životního prostředí a radioaktivním odpadům vysokou důležitost, ale například velká většina si chybně myslí, že jaderné elektrárny významně přispívají k celkovému oteplování planety a změnám klimatu. Výzkum přinesl mnoho zajímavých informací a výše uvedený názor dokumentuje následující tabulka s výsledky průzkumu, kdy občané označovali jednotlivé položky seznamu podle svého názoru: „*obávám se příliš*“, „*trochu se obávám*“, „*neobávám se*“. V tabulce jsou uvedeny sestupně výsledky odpovědí „*obávám se příliš*“ v procentech.

Položka	Procento odpovědí „obávám se příliš“
Jaderná energetika a radioaktivní odpady	50
Nehody způsobené průmyslovými činnostmi	45
Znečištěné ovzduší	44
Živelné pohromy	44
Znečištění vody ve vodovodech	43
Znečištění podzemních vod	43
Znečištění moří a pobřeží	42
Znečištění řek a jezer	42
Ubývání deštných pralesů	41
Ozónové díry	39
Globální oteplování	39
Používání chemických produktů	38
Vymírání živočišných druhů	37
Odpady z průmyslu	37
Používání pesticidů	36
Využívání nenahraditelných přírodních zdrojů	35
Znečištění způsobené zemědělskou činností	31
Používání geneticky upravovaných potravin	30
Kyselé deště	29
Městské odpady a odpady z domácností	22
Městské problémy (doprava, nedostatek zeleně, ...)	21
Hluk	18
Střelné zbraně	17
Nehody související s turistikou	17

JADERNÁ ENERGETIKA V OČÍCH ČECHŮ

Aby si tedy mohl každý Evropan (a tím myslím i Čech), pro „*strach z jaderné energetiky udělat*“, potřebuje bezpodmínečně dostatečné a kvalitní informace, aby měl znalosti a byl vzdělaný a mohl tak v budoucnu přijímat správná rozhodnutí o různých energetických možnostech.

Podle červnového výzkumu Střediska empirických výzkumů (STEM) 56 % dotázaných občanů v České republice souhlasí s rozvojem jaderné energetiky naší zemí. Podpora jaderné energie je mezi českou veřejností stabilní a pohybuje se v posledních třech letech mezi 56 a 63 procenty dotázaných občanů. Nejvyšší podporu má jaderná energie u vysokoškoláků [2].

Šíření informací o jaderné energetice nelze začít nikde jinde než u problematiky záření a jeho účincích. Toto je jeden ze základních aspektů, jehož se neinformovaná veřejnost obává, jako něčeho, co na Zemi nikdy nebylo. Navíc fyzika podle mých zkušeností nepatřila ve škole k nejoblibějším předmětům, a tak i poznatky zde získané se rychle vyratí z mysli. Osobně mám daleko větší obavy z účinků elektromagnetického vlnení na buňky lidského organismu způsobovaného gigantickým rozvojem mobilní telefonní sítě. Z tohoto pohledu jsou naše generace svým způsobem „*pokusnými králiky*“ lidského druhu, co s ním tato změna prostředí postupně udělá. A co když mizení vrabců z lidských sídlišť je již prvním příznakem tohoto působení na živý organismus? Ale vraťme se zpět k našemu tématu.

ZDROJE ZÁŘENÍ

Všechno živé na Zemi je od nepaměti vystavováno záření z přírodních zdrojů, které pochází ze čtyř hlavních oblastí: z kosmického prostoru, zemské kůry, ze vzduchu a z potravin. Před kosmickým zářením nás částečně chrání atmosféra, proto je jeho složka nejnižší při mořské hladině, a naopak, každá cesta letadlem nebo výlet do hor znamená vyšší ozáření. Zemská kůra obsahuje různé koncentrace radioaktivních prvků, jako je uran, thorium nebo radium, ty jsou proto obsaženy ve stavebních materiálech, v uhlí, ropě apod. Rozpadem radia vzniká radon, který z podloží proniká do budov a pitné vody. Významným přírodním izotopen je dále draslík 40. Obsahuje ho téměř všechny potraviny a také naše tělo. Kromě záření z přírodních zdrojů jsme v posledních desetiletích vystavováni též záření z umělých, člověkem vytvořených zdrojů. Patří sem televizní a počítačové obrazovky, svítící ciferníky hodinek, spad po zkouškách jaderných zbraní, mírové využívání jaderné energie a lékařské aplikace. Z umělých zdrojů záření přispívají nejvíce lékařské aplikace, tj. rentgenová vyšetření či používání radioaktivních látok při vyšetřování nebo léčení nádorových onemocnění ozařováním. Spalováním fosilních paliv a hutnickou činností se naše civilizace navíc významně podílí na přenosu přirozených radioizotopů ze zemské kůry do atmosféry a na povrch Země.

ÚČINKY ZÁŘENÍ

Radioaktivní záření je proud nejmenších částic hmoty s obrovskou rychlostí. Prolétají-li tyto částice našim tělem, zanechávají za sebou stopu v podobě řetízku iontů, které jsou chemicky agresivní. Ionty obvykle vybíjejí svoji agresivitu neškodnou chemickou reakcí. Někdy však chemicky poškodí složité organické molekuly, které řídí životní pochody buněk našeho organizmu. Nejdůležitější organická molekula, šroubovice DNA, která přenáší genetickou informaci a řídí život buněk, je naštěstí dvojitá a poškození jedné její části je okamžitě opravováno podle části druhé. Teprve když je ozáření velmi intenzivní, může být šroubovicová molekula neopravitelně poškozena z obou stran. Buňka pak chyběně pracuje, chyběně se množí, případně umírá. Radiace je jen jednou z mnoha příčin poškozování buněk a každý organizmus je schopen podobné ztráty nahrazovat, ovšem jen do jisté míry. Zajímá nás proto, při jakých radiačních dávkách dochází k poškozování zdraví či dokonce úmrťi.

MĚŘENÍ RADIAČNÍ DÁVKY, JEJÍ SLOŽKY A KLASIFIKACE

Základní veličinou popisující účinek záření je dávka, jejíž jednotkou je gray (Gy). Jeden gray je taková dávka, při které záření předává jednomu kilogramu látky jeden joule energie. Různé druhy záření (alfa, beta, gama, neutrony) mají při shodné dávce různé účinky na organismus. Proto byla zavedena veličina, která všechny tyto efekty zahrnuje: efektivní dávkový ekvivalent, jehož jednotkou je sievert (Sv). Vliv radioaktivního záření na lidský organismus je tedy vyčíslen tímto dávkovým ekvivalentem, a protože sievert je velká jednotka, používá se pro praktické účely jednotka tisíckrát menší – milisievert (mSv). Podle rozboru Vědecké výboru OSN pro účinky atomového záření je velikost dávkového ekvivalentu, který v průměru za rok obdrží každý obyvatel naší planety, asi 2,5 mSv. Ve světě existují oblasti, kde jsou tyto průměrné radiační dávky mnohokrát překročeny, a přesto zde nebyly zaznamenány žádné zdravotní potíže.

Jednotlivé složky se na celkové dávce podílejí následovně

Kosmické záření	8 %
Radon	44 %
Záření zemské kůry	10 %
Konzumace potravin	21 %
Lékařské aplikace	16 %
Ostatní malé zdroje	1 %
Jaderná energetika	0,01 %

Za nízké radiační dávky považuje většina radiologů dávky, které jsou až stonásobně vyšší, než jsou průměrné roční dávky ve světě, tj. 200–250 mSv za rok. V rámci výzkumu bylo zjištěno, že k prvním příznakům zdravotních potíží dochází při dávkách vyšších než 500 mSv. Velmi však záleží na tom, zda došlo k ozáření celého těla nebo jen jeho jednotlivých částí a zda ozáření bylo jednorázové, nebo k němu docházelo v průběhu delšího časového období. Rizika zdravotních následků jsou vyšší při ozáření celého těla a při jednorázovém ozáření.

ZÁVĚR

Nízká hladina radioaktivního záření je přirozená a naše organismy jsou k tomu dobře přizpůsobeny. Neexistuje žádný důkaz pro tvrzení, že nízká úroveň záření je zdraví škodlivá. Naopak, podle teorie radiační hormeze může mít dokonce příznivé účinky. Podle této teorie jsou nízké radiační dávky stimulujícím faktorem, který příznivě ovlivňuje funkce imunitního systému, tj. zvyšuje odolnost vůči záření, infekcím a toxinům a urychluje hojení ran. Tato teorie není nová. Již na počátku 20. století bylo v Jáchymově zjištěno, že některé v podzemí zastižené prameny důlní vody vykazují vysoký obsah radonu a že působí příznivě na léčení různých nemocí a poranění a v roce 1906 bylo zahájeno praktické využití v lázeňství [3]. Dalším příkladem jsou léčivé prameny v Bad Brambachu, které byly zmínovány již počátkem 15. století. Zvláštností těchto pramenů je jejich specifická mineralizace a obsah radonu [4].

Z uvedeného je zřejmé, že normální provoz jaderných elektráren může mít z toho pohledu pozitivní vliv pro omezený okruh profesionálních pracovníků, kteří jsou vystaveni pravidelným účinkům radioaktivního záření a jsou pod přísným lékařským dohledem, a má zcela zanedbatelný negativní vliv na ostatní obyvatelstvo.

LITERATURA

- [1] <<http://www.csvts.cz/cns/zprav/0303>> Česká nukleární společnost (česky).
- [2] <<http://www.ceskaenergetika.com>> Česká energetika (česky).
- [3] <<http://www.laznejachymov.cz>> Lázně Jáchymov (česky).
- [4] <<http://www.kurhezeeuropas.com/cz>> Kurherz Europas (česky).

Dvakrát o vesmíru

Jan Novotný, Přírodovědecká fakulta MU, Brno

Brian Greene: *Elegantní vesmír. Superstruny, skryté rozměry a hledání finalní teorie.* (S předmluvou Jiřího Langra.) Mladá fronta, edice Kolumbus, Praha 2001. Přeložil Luboš Motl.

Timothy Ferris: *Zpráva o stavu vesmíru.* (S úvodem Jiřího Grygara.) Aurora, Praha 2000. Přeložili Jiří Adam a Dagmar Adamová.

Na přelomu tisíciletí obohatily naši literaturu překlady dvou knih amerických autorů, které jsou obecně považovány za špičková díla populárně vědecké literatury. Obě nás informují o stavu poznání vesmíru na konci dvacátého století, pohlížejí však na vesmír jakoby z protilehlých bodů a volí také hodně odlišný styl výkladu. Lze proto čtenáři kterékoli z nich doporučit také přečtení druhé, poučení se mu tím doplní a prohloubí a současně může být inspirován k úvahám o poslání a možnostech literatury, která se snaží bez vzorců a výpočtů přiblížit čtenáři vrcholy současné exaktní přírodoní vědy.

Brian Greene je jakožto fyzik bojovníkem přední linie – zabývá se teorií superstrun. Ve své knize chce čtenáři vysvětlit, proč se mu tato teorie jeví jako přirozené vyústění vývoje fyziky, které jednou dospěje ke sjednocení zdánlivě neslučitelných představ obecné teorie relativity a kvantové mechaniky a vytvoří tak kýzenou „teorii všechno“, v níž budou zatím jen empiricky určované parametry světa elementárních částic i světa galaxií zákonitě provázány. Vesmír zajímá autora především jako dějiště univerzálních zákonů přírody, ukazuje se však, že teorie superstrun a na ni navazující „M-teorie“ vrhají světlo i na jeho stavbu a vývoj. Přináší ohromující domněnky o skrytých dimenzích vesmíru, o relativitě pojmu „malé“ a „velké“, „počátek“ a „konec“. To vše se Greene v *Elegantním vesmíru* snaží ukázat čtenáři co možná prostým, někdy skoro hovorovým jazykem, s pomocí různých příběhů a přirovnání.

Autorova literární erudice (dobře přetlumočená překladatelem) je hodna obdivu a přinesla knize mnoho uznalých hodnocení. Protiváhu k nim tvoří stanovisko profesora Chýly z Fyzikálního ústavu AV ČR, jehož shrnutí může čtenář najít ve čtvrtém čísle letošního ročníku Československého časopisu pro fyziku a podrobné znění na adrese

<http://www-hep.fzu.cz/Centrum>.

Chýla vytyčká Greenovi nemístné zjednodušování historie fyziky a přecenění dosažených výsledků „strunařů“, které zatím zdaleka neprokazují, že právě oni znají správnou cestu k nejhlubším tajemstvím vesmíru; protože tyto výsledky nejsou inspirovány a zatím ani podpořeny experimenty, znamená jejich přehnaná chvála také přeceňování teorie na úkor experimentu.

Přečetl jsem si Greenovu knihu (která se mi při prvním čtení líbila) ještě jednou pod zorným úhlem Chýlový kritiky. Musím přiznat, že se mi líbí stále. Čtenář by ovšem od ní neměl očekávat rozbor všech zákrutů historie fyziky či kritickou analýzu jejího současného stavu, která by mu mohla být vodítkem při volbě směru studia. Neměl by se také domnívat, že mu přečtení knihy přinese pochopení teorie relativity a kvantové mechaniky a nutnosti jejich syntézy v rámci M-teorie. Z autorova textu cítíme, jak se chtěl o své nadšení z poznávání podělit s opravdu „laickými“ čtenáři a ukázat, že ani na jejich úrovni nejsou myšlenky nejmodernější vědy zcela nesdílitelné. Proto při nahlédnutí do dějin fyziky dává přednost partiím, které nevyžadují zavádění složitějších pojmu (mluví například o ekvivalenci mezi pobytom ve zrychleném systému a v gravitačním poli, ale už nikoliv o rovnosti těhové a setrvačné hmotnosti),

* novotny@physics.muni.cz

a užívá myšlenkových zkratek (například rozpory mezi mechanikou a elektrodynamikou na úsvitu vzniku teorie relativity se mu koncentrují v otázce, zda lze dohonit světlo). Při výkladu vývoje teorie strun se nijak netají svou osobní zaujalostí a přibližuje čtenáři radostné chvíle, které zažil se svými spolupracovníky při nečekaných objevech. Při větší pozornosti však vyčteme z knihy i to, že nedostatek experimentálního potvrzení činí teoretikům strun starostí.

Dík zvolenému přístupu může mít z knihy potěšení i čtenář, pro něhož by Einsteinova a Infeldova *Fyzika jako dobrodružství poznání* či Weinbergovo *Snění o finální teorii* byly těžko stravitelné. Tím ale nechci říci, že pro znalejšího čtenáře je četba knihy méně užitečná. Právě takový čtenář pochválí (nebo třeba i pokárá) autorovy nápady, jak převést myšlenky a výsledky moderní fyziky do obecně srozumitelných příběhů, analogií a metafor. Myslím, že v pasáži o obecné teorii relativity, která mne v této souvislosti nejvíce zajímala, je řada vynálezavých postupů a že i autorova svědomitost je v oblasti populárně vědecké literatury spíše nadprůměrná. Nespokojí se třeba s tím, že přirovná gravitační pole kolem Slunce k jámě, ale varuje čtenáře, aby toto přirovnání nebral příliš doslova a nemyslel si, že planeta se pohybuje stejně jako kulička obíhající po okraji dílku na zemském povrchu anebo že rýsuje v zakřiveném prostoru geodetickou čáru. Kniha také dobře poslouží jako zdroj nejzákladnější informace, o čem vlastně ta teorie strun je a co se v ní v posledních desetiletích odehrálo.

Timothy Ferris se zabývá astronomickými pozorováními a jejich interpretací, avšak nejznámějším se stal jako popularizátor vědy. *Zpráva o stavu vesmíru* je první jeho knihou přeloženou do češtiny. Ferris na rozdíl od Greena pohlíží na vesmír především dalekohledem, líčí nejprve jeho rozlohy, sestupuje pak k jeho počátkům v čase a zde se setkává s fyzikou elementárních částic a snahami o finální teorii. Nakonec se dotkne i problémů teologie. Kniha uvádí zvláště bohaté a přístupně podané informace o pokrocích, které přinesla nejnovější doba v „mapování“ vesmíru. Seznámí nás s rozličnými metodami zjišťování vzdáleností ve vesmíru a s pestrostí a bohatou strukturovaností světa galaxií. Je zde i mnoho zajímavých epizod z historie (i když ani Ferris neusiluje o její systematický přehled) a načrtnutých portrétů velkých osobností kosmologie. Z knihy je patrný autorův zájem o filozofii a její vztah k přírodním vědám, který se projevuje zejména v kapitolách a různých interpretacích kvantové mechaniky a o antropických principech. Lze říci, že na rozdíl od osobně zaujatého a na jeden slabný směr se soustředujícího podání Greenova chce Ferris o stavu poznání vesmíru informovat co možná nejvíce a nejobektivněji. Teorii strun se ovšem také nevyhne, věnuje jí několik stránek ukazujících její zrod a naděje s ní spojené. Ferrisův výklad je většinou standardnější než Greenův, i když je také osvěžován příběhy a metaforami. Jeho kniha patrně vyvolá méně kontroverzí, což ovšem neznamená, že by byla méně zajímavá. I když o kosmologii u nás vyšla v posledních době řada dobrých knih, Ferrisovu bych pro její využitost doporučoval zájemci o vesmír nejvíce.

Informační centrum vodní elektrárny Lipno vás zve k návštěvě!

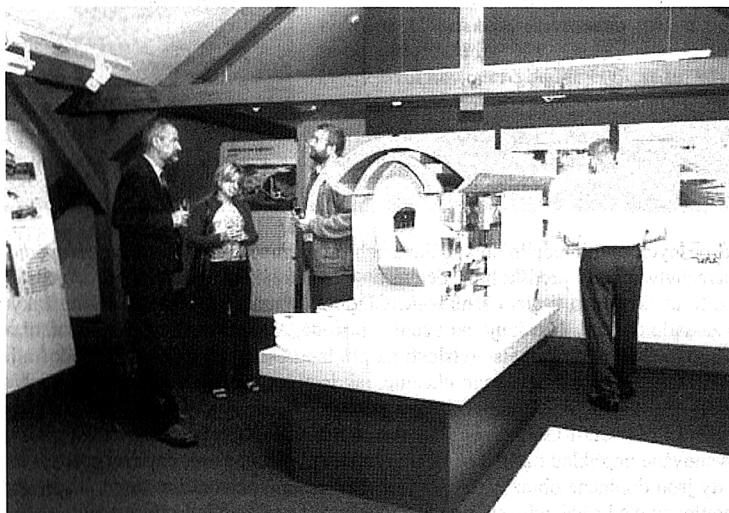
Otvírací hodiny: denně 10–18 hodin

Každou celou hodinu pro skupinu do 40 osob promítání filmů, odborný výklad, informační panely o výstavbě elektrárny a jejím okolí.

Vstupné: 20 Kč; děti a důchodci 10 Kč



ČEZ



DUHÁČEK

MULTIMEDIÁLNÍ CD

S PROGRAMEM O POZNÁNÍ A OCHRANĚ PŘÍRODY
PRO VAše DĚTI PŘINÁší
ENERGETICKÁ SPOLEČNOST ČEZ



Cena 195 Kč

Objednávejte na adresě:
ČEZ, a. s., oddíl komunikace
Duhová 2/1444
140 53 Praha 4

Podrobné informace o CD Duháček i o dalších materiálech vzdělávacího programu Energie pro každého získáte na www.cez.cz/vzdelavaciprogram.

Po úspěšných multimedialních vzdělávacích programech *Joulinka* a *Encyklopédie energií*, které byly určeny předškolním dětem a středoškolákům, přichází elektrárenská společnost ČEZ, a. s. s novým titulem **Duháček**. CD-ROM Duháček je zaměřen na žáky prvního stupně základních škol. Navazuje na učení o přírodě, ale míří nad rámec základního učiva a snaží se postihovat ekologické souvislosti na příkladu ekosystému lesa. Průvodcem je skřítek Duháček, který klukům a dívčatům ukazuje, jak jsou lesy rozmanité, uvádí příklady rostlin a živočichů, kteří v něm žijí, jejich vzájemné vztahy.

Didaktická část CD-ROMu Duháček nabízí tematické okruhy související s lesním společenstvím, věnované například nižším a vyšším rostlinám, živočichům, potravním řetězcům, péčí o les. Texty jsou doplněné obrázky, filmovými sekvencemi, některí i zvukem. Například v databázi obratlovců má každé zvíře svoji registrační kartu se základními informacemi a obrázkem.

Když žáci zvládnou určité téma, mohou hrát o Duháčkův ekologický diplom. Ten získají, pokud správně zodpoví *soubor úkolů a testů*. Kdo úspěšně zvládne všechn deset kapitol programu, si může vytisknout Duháčkův certifikát o ekologickém vzdělání. Držitelé certifikátů mohou svoje výsledky odeslat prostřednictvím internetu na server ČEZ, a.s., kde pro ně budou připraveny další akce. Třetí část programu je věnovaná *hrám*. Ovšem i při zdánlivě oddechových aktivitách si děti trénují paměť a logické myšlení. Wattikovo pexeso, puzzle, omalovánky k vytisknutí, ale také náročnější hra Bheliom, která chytí i dospěláka, trénují představivost, práci s pravděpodobnostmi i taktiku.

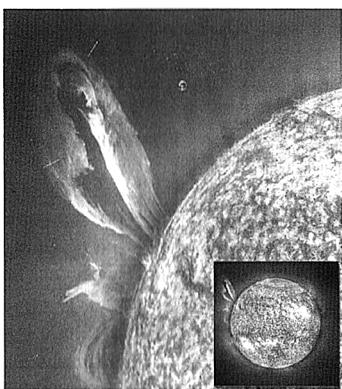
Na obrázkovém kvizu *Úspory energie* si děti vyzkouší, jestli umějí správně využívat různé zdroje energie v domácnosti a dozvěděj se, jak co nejfektivněji vařit, větrat, prát atd. Zábavnou formou se mladší školáci učí poznávat i různé zdroje energie a typy elektráren. Jednotlivci i třídní kolektivy ocení také kontakty a základní údaje o všech informačních centrech elektrárenské společnosti ČEZ.

Ekologický vzdělávací program Duháček najde uplatnění nejen jako zajímavý a názorný doplněk výuky ve školách, ale i v domácí knihovničce.

Scénář vzdělávacího CD-ROMu Duháček napsala RNDr. Danuše Kvasničková, autorka učebnic pro ZŠ a vedoucí několika projektů UNECSO zaměřených na problematiku ekologické výchovy.

Bouřící slunce¹

Petr Sobotka, Základní škola a Mateřská škola, Velim



Na přelomu října a listopadu nám o sobě Slunce dalo pořádně vědět. Večerní a noční obloha zaplavena úchvatnou polární září, pouhým okem pozorovatelné skvrny na slunečním povrchu, ale i výpadky radiového spojení, to vše způsobily mohutné výbuchy ve sluneční atmosféře.

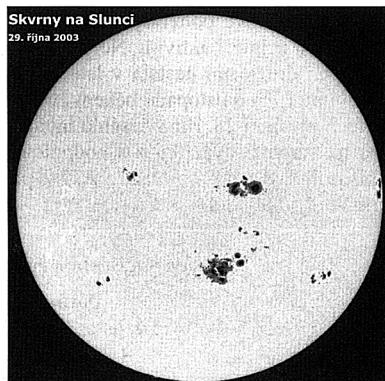
Přestože je od nás naše nejbližší hvězda, Slunce, vzdálena 150 milionů kilometrů, má na pozemský život zcela zásadní vliv. Bez Slunce by na Zemi žádný život nevznikl a neudržel by se tu, kdyby naše hvězda nebyla nevyčerpatelným zdrojem energie již více jak 5 miliard let. Slunce však není tak úplně klidné a neměnné jak by se při zběžném pohledu na něj mohlo zdát.

SKVRNITÉ SLUNCE

Slunce na obloze svítí tak silně, že bez slunečních brýlí se na něj nemůžeme vůbec podívat. Pokud si opatříme dalekohled a promítne si sluneční kotouč na papír, zjistíme, že na některých místech se nachází tmavé skvrny. Jak se Slunce otáčí, skvrny postupně mizí za pravý okraj a na levém se objevují nové. Právě sluneční skvrny jsou prvním hmatatelným důkazem, že se na Slunci něco děje.

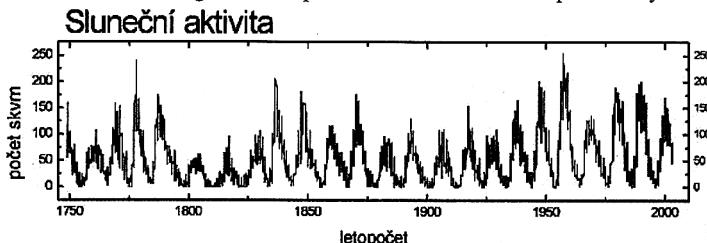
Pozorování velkými dalekohledy, a v posledních letech především družicemi, jasně ukazuje, že sluneční povrch doslova vře a překupuje výtrysky plazmatu, magnetickými výboji a erupcemi. Skvrny na Slunci jsou obrovské oblasti často několikanásobně převyšující svou velikostí průměr Země. Zdají se nám tmavé, protože mají o 1800 °C nižší teplotu než zbytek slunečního povrchu horký 6000 °C.

Skvrny jsou skvělými indikátory aktivity Slunce. Čím více jich na povrchu spatříme, tím aktivnější Slunce je a roste i pravděpodobnost, že dojde ke slunečním výbuchům, např. takovým, jaké nás zasáhly na přelomu října a listopadu. Výskyt slunečních skvrn je pravidelně a pečlivě zaznamenáván již od poloviny 18. století a vyjadřuje se pomocí relativního slunečního čísla. Jak je dobře vidět na schématu, střídají se období vysoké aktivity, kdy relativní číslo dosahuje hodnoty až 250, s obdobími nízké aktivity, kdy na povrchu nevidíme skvrnu žádnou. Mezi obdobími vysoké sluneční aktivity uběhne průměrně 11 let; jde o tzv. jedenáctiletý sluneční



¹ Článek přetiskujeme z webu České astronomické společnosti <http://www.astro.cz> s laskavým souhlasem autora.
• petr.sobotka@astro.cz

cyklus, jehož příčiny souvisí se změnami v magnetickém poli Slunce. Jednou za 11 let dojde k přepólování slunečního magnetu. Jeho příčinu se dosud vědcům nepodařilo vysvětlit.



Z grafu je patrné, že poslední maximum sluneční aktivity nastalo v roce 2000. Astronomové jsou současnou vysokou aktivitou Slunce zaskočeni, protože nyní, tři roky po maximu, by mělo být Slunce mnohem klidnější. Místo toho bylo letos možno pozorovat na Slunci hned několik skvrn pouhým okem!

VÝBUCH ZASÁHL ZEMI

Kromě skvrn se Slunce několikrát ročně projevuje obrovskými výbuchy, tzv. slunečními vzplanutími. K těm dojde, když se náhle uvolní energie z magnetických polí nad slunečními skvrnami. Svým tvarem plazma odtržené od Slunce připomíná smyčky lasa nebo roztáčející se banán o rozměrech statisíců a později mnoha milionů kilometrů. Od Slunce k Zemi dorazí tento zmagnetizovaný oblak za dva až tři dny. Kdyby Země neměla před těmito výbuchy žádnou ochranu, vážně by ohrožovaly život na planetě. Zemi naštěstí chrání její vlastní magnetosféra dosahující do vzdálenosti 90 000 km. Sluneční výbuch ji ovšem může stlačit až na 40 000 km, a to je výška, ve které už letají některé družice, takže jejich činnost může být vážně narušena.

Astronomové používají k hodnocení intenzity slunečního vzplanutí stupnici, kde nula znamená nejnižší aktivitu. Největší sluneční vzplanutí zaznamenaná od roku 1976 rentgenovými družicemi nastala v letech 1989 a 2001, kdy dosáhla na stupnici hodnoty 20. Na přelomu října a listopadu během čtrnácti dnů došlo nečekaně hned ke třem velkým vzplanutím. Vzplanutí 28. října dosáhlo intenzity 17,2, 29. října 10,0 a 4. listopadu dokonce přesáhlo na stupnici dvacítku a s hodnotou 28 se stalo největším zaznamenaným vzplanutím v historii. Bylo tak obrovské, že by pokrylo současnou celosvětovou spotřebu energie na příštích 10 000 let.

Nejsilnější sluneční vzplanutí zaznamenaná od roku 1976

datum	intenzita
4. listopadu 2003	28,0
4. února 2001	20,0
16. srpna 1989	20,0
28. října 2003	17,2
6. března 1989	15,0
11. července 1978	15,0

NEBEZPEČÍ PRO TECHNIKU

Současná civilizace se neobejde bez celé řady elektronických zařízení, které mohou být proudem částic ze Slunce ovlivněny, dočasně vyřazený z provozu či dokonce zničeny. Nej-

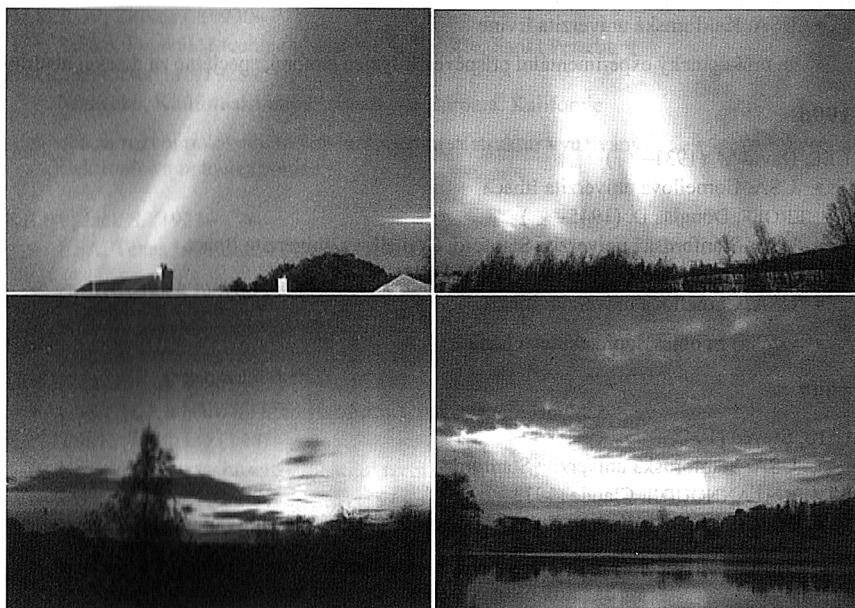
větší nebezpečí číhá vysoko nad povrchem Země a nejohroženější jsou tedy satelity. Při jednom takovém výbuchu ztratila NASA dočasně kontrolu nad 60 % všech družic. V ohrožení života jsou také kosmonauti pobývající na Mezinárodní vesmírné stanici obzvláště při výstupech do volného kosmického prostoru.

Problémy mohou nastat i v letadlech, zejména v jejich navigačních systémech. Magnetické bouře často ruší signál satelitních telefonů a problémy mají s rádiovým spojením například i vojáci. Úplně bezpečně se nemohou cítit ani lidé na povrchu Země. Příkladem budiž vzplanutí Slunce v roce 1989, při kterém byl zničen hlavní rozvaděč elektrického proudu v kanadské oblasti Quebec. Bez proudu tehdy bylo několik hodin 6 milionů lidí a následné opravy si vyžádaly miliardy dolarů.

POLÁRNÍ ZÁŘE I U NÁS

Když se částice vyvržené ze Slunce střetnou s atomy v atmosféře Země, začnou atomy využávat světlo a my můžeme sledovat překrásný úkaz zvaný polární záře. Jak už sám název napovídá, polární záře jsou často pozorovatelné z oblastí kolem zemských pólů, tedy z Antarktidy a Arktidy. Pokud je sluneční výbuch tak obrovský jako ten poslední, může být polární záře viditelná i z mírného pásmá, výjimečně dokonce také z oblastí kolem rovníku.

Polární záře je světelný úkaz vznikající ve vysokých vrstvách atmosféry od 60 do 1000 km nad povrchem. Nabité částice přilétající ze Slunce obrovskou rychlosťí až 800 km za sekundu naráží na atomy kyslíku a dusíku a nutí je tak zářit. Na podobném principu fungují třeba neonové reklamy. Za jasné noci polární záře na obloze tvorí prohnuté a pohybující se pásy různých barev. Pro člověka tak vzniká nezapomenutelný zážitek, který alespoň zčásti kompenzuje všechna nebezpečí, která jinak znamená pro techniku. Díky nezvykle vysoké sluneční aktivitě můžeme v posledních letech pozorovat polární záře i z našeho území.



150 nositelů Nobelovy ceny za fyziku X*

Miroslav Randa**, Pedagogická fakulta ZČU Plzeň

1994

BROCKHOUSE, Bertram N. (1918–)

- * Kanada, McMasterův jaderný reaktor McMasterovy univerzity Hamilton, Projekt atomové energie Národní výzkumné rady Kanady, Jaderné laboratoře Ottawa
- za průkopnický příspěvek k rozvoji metod rozptylu neutronů pro studium kondenzované hmoty, speciálně za rozvoj neutronové spektroskopie

SHULL, Clifford G. (1915–)

- * USA, Massachusettský institut technologií Cambridge, Národní laboratoř Oak Ridge
- za průkopnický příspěvek k rozvoji metod rozptylu neutronů pro studium kondenzované hmoty, speciálně za rozvoj metody neutronové difrakce

1995

PERL, Martin L. (1927–)

- * USA, Stanfordský lineární urychlovač Stanfordské univerzity Stanford
- za průkopnický experimentální příspěvek k fyzice leptonů, speciálně za objev tauonu

REINES, Frederick (1918–1998)

- * USA, Kalifornská univerzita Irvine
- za průkopnický experimentální příspěvek k fyzice leptonů, speciálně za detekci neutrín

1996

LEE, David M. (1931–)

- * USA, Cornellova univerzita Ithaca

OSHEROFF, Douglas D. (1945–)

- * USA, Stanfordská univerzita Stanford, Cornellova univerzita Ithaca

RICHARDSON, Robert C. (1937–)

- * USA, Cornellova univerzita Ithaca

- všichni za objev supratekutosti hélia 3

1997

CHU, Steven (1948–)

- * USA, Stanfordská univerzita Stanford,

COHEN-TANNOUDJI, Claude (1933–)

- * Francie (nar. v Alžírsku), Collège de France a École Normale Supérieure, Paříž

**pokračování z čísel 2/1996–97, 3/1996–97, 4/1996–97, 1/1998, 3/1998, 1/2000, 2/2000, 3/2000 a 2/2001.
randam@kof.zcu.cz

PHILLIPS, William D. (1948–)

- * USA, Národní úřad standardů a technologií, Gaithersburg
- všichni za rozvoj metod ochlazování a záchytu atomů pomocí laseru

1998

LAUGHLIN, Robert B. (1950–)

- * USA, Stanfordská univerzita Stanford,

STÖRMER, Horst L. (1949–)

- * Německo, USA, Kolumbijská univerzita New York

TSUI, Daniel C. (1939–)

- * USA (nar. v Číně), Princetoneská univerzita Princeton

- všichni za objev nové formy kvantové kapaliny se zlomkovými excitačními náboji

1999

T HOOFT, Gerardus (1946–)

- * Holandsko, Univerzita Utrecht

VELTMAN, Martinus J. G. (1931–)

- * Holandsko, Michiganská univerzita Ann Arbor, USA

- oba za objasnění kvantové struktury elektroslabé interakce ve fyzice

2000

ALFEROV, Zhores I. (1930–)

- * Rusko, Fyzikálně technický institut A. F. Ioffe, Sankt Peterburg

KROEMER, Herbert (1928–)

- * Německo, Kalifornská univerzita, Santa Barbara, Kalifornie

- oba za rozvoj polovodičových heterogenních struktur využívaných ve vysokofrekvenční elektronice a optoelektronice

KILBY, Jack S. (1923–)

- * USA, Texas Instruments, Dallas, Texas

- za příspěvek k rozvoji integrovaných obvodů

2001

CORNELL, Eric A. (1961–)

- * USA, JILA a Národní úřad standardů a technologií, Boulder

KETTERLE, Wolfgang (1957–)

- * Německo, Massachusettský institut technologií Cambridge

WIEMAN, Carl E. (1951–)

- * USA, JILA a Coloradská univerzita, Boulder

- všichni za dosažení Boseho-Einsteinových kondenzátů ve zředěných plynech alkalic-kých atomů a za dosavadní základní studie vlastností kondenzátů

2002

DAVIS, Raymond ml. (1914–)

* USA, Pennsylvánská univerzita, Filadelfie

KOŠIBA, Masatoši (1926–)

* Japonsko, Tokijská univerzita

• oba za průkopnické příspěvky k astrofyzice, speciálně za detekci kosmických neutrin

GIACCONI, Riccardo (1931–)

* USA (nar. v Itálii), Sdružení univerzit, Washington

• za průkopnické příspěvky k astrofyzice, které vedly k objevu kosmických rentgenových zdrojů

2003

ABRIKOSOV, Alexej A. (1928–)

* Rusko a USA, Národní laboratoř Argonne, Illinois

GINZBURG, Vitalij L. (1916–)

* Rusko, Lebeděvův fyzikální institut, Moskva

LEGGETT, Anthony J. (1938–)

* Velká Británie a USA, Illinoiská univerzita v Urbana-Champaign, Illinois

• všichni za průkopnické příspěvky k teorii supravodičů a supratekutin

ABECEDNÍ SEZNAM VŠECH DRŽITELŮ NOBELOVY CENY ZA FYZIKU

A

ABRIKOSOV, Alexej A. 2003

ALFEROV, Zhores I. 2000

ALFVÉN, Hannes Olof Gosta 1970

ALVAREZ, Luis W. 1968

ANDERSON, Carl David 1936

ANDERSON, Philip W. 1977

APPLETON, Edward V., Sir 1947

B

BARDEEN, John 1956, 1972

BARKLA, Charles Glover 1917

BASOV, Nikolaj Gennadijevič 1964

BECQUEREL, Antoine Henri 1903

BEDNORZ, J. Georg 1987

BETHE, Hans Albrecht 1967

BINNING, Gerd 1986

BLACKETT, Patrick M. S., Lord 1948

BLOCH, Felix 1952

BLOEMBERGEN, Nicolaas 1981

BOHR, Aage Niels	1975
BOHR, Niels Henrik David	1922
BORN, Max	1954
BOTHE, Walther W. G.	1954
BRAGG, William Henry, Sir	1915
BRAGG, William Lawrence, Sir	1915
BRATTAIN, Walter Houser	1956
BRAUN, Karl Ferdinand	1909
BRIDGMAN, Percy W.	1946
DE BROGLIE, Louis-Victor Pierre Raymond, Prince	1929
BROCKHOUSE, Bertram N.	1994

C

COCKCROFT, John D., Sir	1951
COHEN-TANNOUDJI, Claude	1997
COMPTON, Arthur Holly	1927
COOPER, Leon, N.	1972
CORNELL, Eric A.	2001
CRONIN, James W.	1980
CURIE, Marie (Skłodowska)	1903
CURIE, Pierre	1903

Č

ČERENKOV, Pavel Alexejevici	1958
-----------------------------	------

D

DALEN, Niels Gustaf	1912
DAVIS, Raymond ml.	2002
DAVISSON, Clinton Joseph	1937
DEHMELT, Hans G.	1989
DIRAC, Paul Adrien Maurice	1933

E

EINSTEIN, Albert	1921
ESAKI, Leo	1973

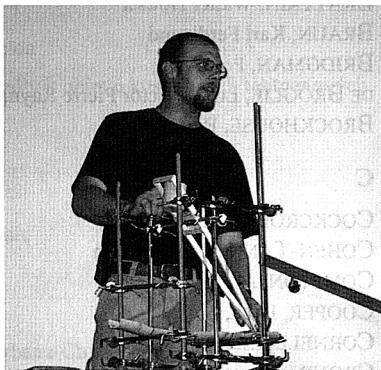
pokračování v příštím čísle

Veletrh nápadů učitelů fyziky 8 v Českých Budějovicích

Vojtěch Stach*, Vítězslav Straňák**, Pedagogická fakulta JU v Českých Budějovicích

Mezi učiteli fyziky se už stává témař tradicí, že poslední tři dny prázdnin jsou určeny pro Veletrh nápadů učitelů fyziky. Tento rok se Veletrh konal již po osmé, přesný termín byl 27.–29. 8. 2003, v aule Jihočeské univerzity ve Čtyřech Dvorech. Letos byla organizace Veletrhu zaštítěna katedrou fyziky Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích a garantem celé akce byl doc. RNDr. Vojtěch Stach, CSc. Na organizaci se dále podílela Fyzikální pedagogická sekce JČMF, zastoupená Prof. RNDr. Emanuelem Svbodou, CSc., a patronaci také převzala česká skupina programu Physics on Stage 3, zastoupená doc. RNDr. Josefem Trnou, CSc.

Na Veletrh 8 se do Českých Budějovic sjelo na sto účastníků z celé České republiky a nechyběli ani zahraniční hosté, kteří se na konferenci aktivně podíleli. Na Veletrhu se setkali učitelé fyziky ze všech stupňů škol, od základních až po vysoké, aby referovali o svých nápadech, demonstrovali zajímavé experimenty, představili většinou vlastnoručně vyrobené pomůcky a přinesli náomy, jak zpestřit výuku fyziky, která nebývá ve školách příliš oblíbená. Celá konference byla rozdělena do osmi bloků, které byly naplněny celkem 34 příspěvků. Účast-



J. Bartoš představuje svůj metací stroj



Hrátky s vodou L. Dvořáka

O tom, jaký byl Veletrh nápadů učitelů fyziky 8 v Českých Budějovicích, se můžete ještě více dozvědět na webové adrese <http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/fyz/veletrh/program.php>. Zde najdete několik desítek fotografií nejen samotných vystupujících, ale i některé momenty ze společenského večera a řadu dalších. Je možné si také prohlédnout příspěvky jednotlivých vystupujících, které jsou na uvedených stránkách umístěny ve formátu pdf. Z Veletrhu nápadů učitelů fyziky 8 bude vydán sborník, který obdrží všechni účastníci. Další zájemci se mohou přihlásit na katedře fyziky Pedagogické fakulty JU, Jeronýmova 10, 371 15 České Budějovice.

V roce 2004 se můžeme těšit na Veletrh nápadů učitelů fyziky v pořadí již devátý, plánovaný opět v posledním srpnovém týdnu. Předběžně je dohodnuto, že Veletrh 9 proběhne na Pedagogické fakultě MU v Brně (garant Doc. RNDr. J. Trna, CSc.). V časopisech Školská fyzika a v Rozhledech JČMF najdete v průběhu školního roku postupně upřesňující informace.

* stach@pf.jcu.cz; ** stranv00@centrum.cz

Výsledky řešení úloh 45. ročníku FO, kat. E, F

Ivo Volf[†], ÚV FO, Univerzita Hradec Králové

Miroslav Randa^{**}, ÚV FO, Pedagogická fakulta ZČU, Plzeň

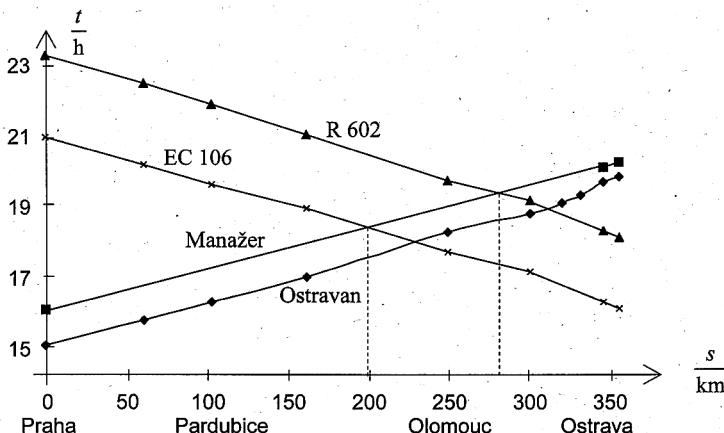
Jak je již v naší soutěži obvyklé, uvádíme pouze výsledky řešení úloh, zařazených do 45. ročníku fyzikální olympiády v kategoriích E, F.

Z uvedených 15 úloh vybere učitel fyziky **sedm** podle situace výuky fyziky na své škole tak, aby jeho žáci mohli úlohy vyřešit v závislosti na tom, jak bylo pro ně uspořádáno učivo. Podstatou řešení úloh je pak dospět ke správnému výsledku a zapsat podrobný záznam myšlenkových úvah, jimiž každý řešitel prochází. I když jsou úlohy zpravidla jednoduché, měl by mít učitel fyziky, tato řešení opravující, oporu pro svou korekturní činnost a pro hodnocení úloh právě v tomto normativním materiálu. Pokud učitelé fyziky budou mít přípomínky k řešení, popř. nějaké nejasnosti, prosíme, aby nás informovali na emailové adresy fyzikální olympiády, tj. ivo.volf@uhk.cz.

Řešitele fyzikální olympiády z řad žáků základních škol a nižších gymnázíí pak upozorňujeme, že pokud se k tomuto materiálu dostanou, nestačí uvést jako řešení úloh FO pouze výsledky – jejich řešení je nutné opatřit podrobnějším zápisem, který ukazuje, jakou cestou problémy zpracovali. Nelze tedy opřít řešení úloh ve fyzikální olympiadě pouze o tento materiál. Může jim však posloužit jako rychlá kontrola správnosti jejich postupů, popř. jako prostředek pro konzultování svých řešení.

1. Odpolední rychlíky

- a) Do grafu $s(t)$ zaznamenáme průjezd vlaků stanicemi a podle předpokladu nahradíme skutečný průběh jízdy modelem. Setkání je dáné průsečkem grafického záznamu.



(3 body)

[†] ivo.volf@uhk.cz

^{**} randam@kof.zcu.cz

- b) Největší průměrnou rychlosťí jedou vlaky na trase Praha–Pardubice:

Ostravan $83,2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, R 602 $75,2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, EC Praha $79,0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, Manager $87,5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ na celé trase.

(3 body)

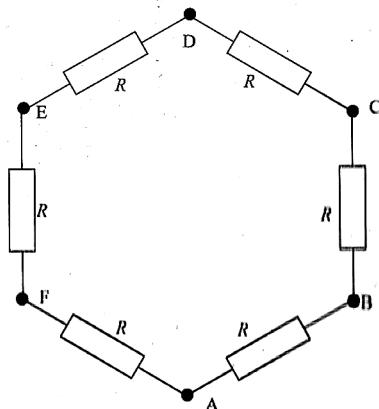
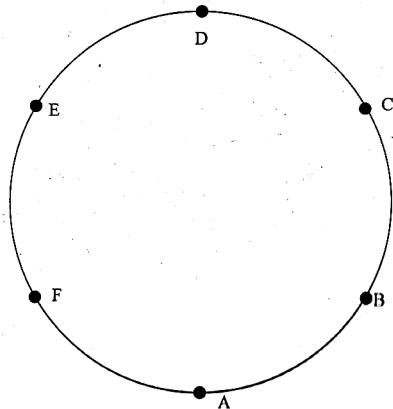
- c) Vlaky se potkají: Manažer–EC 106 Praha mezi Olomoucí a Českou Třebovou, Manažer–R 602 mezi Olomoucí a Hranicí na Moravě.

(2 body)

- d) Ostravan musí zvýšit svou rychlosť z průměrné hodnoty $81,1 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ na hodnotu $93,7 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

(2 body)

2. Rezistor s proměnným odporem



- a) Obrázek představuje kružnici s celkovým odporem $3,0 \Omega$, rozdelenou na úseky o délce, každý o odporu $0,5 \Omega$.
 (3 body)
- b) Existují 3 možnosti vzhledem k symetrii.
 (1 bod)
- c) Možnosti:

$$R_1 = 0,42 \Omega \quad I_1 = 0,60 \text{ A} \quad I_2 = 3,0 \text{ A} \quad I = 3,60 \text{ A}$$

$$R_2 = 0,67 \Omega \quad I_1 = 0,75 \text{ A} \quad I_2 = 1,5 \text{ A} \quad I = 2,25 \text{ A}$$

$$R_3 = 0,75 \Omega \quad I_1 = 1,0 \text{ A} \quad I_2 = 1,0 \text{ A} \quad I = 2,0 \text{ A}$$

(6 bodů)

3. Planety sluneční soustavy

- a) $47,8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $35,0 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $29,8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $24,1 \frac{\text{km}}{\text{s}}$

(3 body)

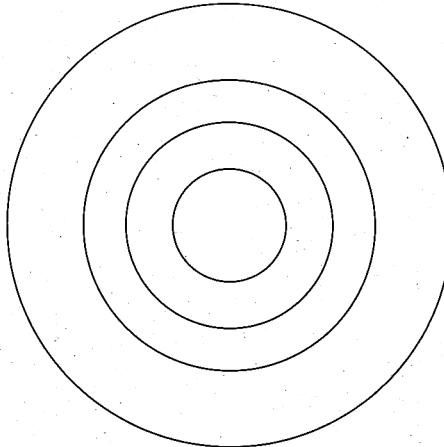
- b) $6,08 \cdot 10^{19} \text{ m}^3$, $92,8 \cdot 10^{20} \text{ m}^3$, $1,08 \cdot 10^{21} \text{ m}^3$, $1,65 \cdot 10^{20} \text{ m}^3$

$$5420 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, 5250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, 5520 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, 3900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

(4 body)

c) Nákres – soustředné kružnice.

(1 bod)



d)

Vzdálenost	Merkur,	Venuše,	Země,	Mars.
Rychlosť	Mars,	Země,	Venuše,	Merkur.
Objem	Merkur,	Mars,	Venuše,	Země.
Hmotnosť	Merkur,	Mars,	Venuše,	Země.
Hustota	Mars,	Venuše,	Merkur,	Země.

(2 body)

4. Olejový radiátorHmotnosť oleje $m = \rho \cdot V = 27,3$ kg.Teplo k zahřátí $Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta t$, dodané teplo $Q_2 = \frac{Q_1}{\eta}$, výkon $P = \frac{Q_2}{\tau}$. (3 body)a) Výkon $P = 1800$ W. (4 body)

b) Předané teplo 69,6 kJ. (3 body)

5. Na stavbě rodinného domku

$$\text{Budeme uvažovat } g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \left(9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \right).$$

a) $F = 800$ N (780 N). (1 bod)b) $E_{p1} = 1200$ J (1180 J), $E_{p2} = 8400$ J (8240 J), $\Delta E_p = 7200$ J (7060 J). (3 body)c) Práce $W = 7200$ J (7060 J), výkon 240 W (235 W). (3 body)d) Práce vykonané elektromotorem $W_1 = 9000$ J (8800 J), výkon $P_1 = 300$ W (290 W). (3 body)

6. Cyklista na trase

Cyklista jel tam průměrnou rychlostí $20,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, zpět průměrnou rychlosťí $36 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, celou trasu $26,2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.
(celkem 10 bodů)

7. Co je těžší?

- a) Podobně jako v kapalině i ve vzduchu působí na tělesa aerostatická vztaková síla $F_A = V \cdot \rho_V$. Protože tělesa mají různý objem, je i vztaková síla různá. (3 body)
- b) Přívázek 5,07 g je nutno dát de korkovému tělesu. (4 body)
- c) Vážit tělesa ve vakuu nebo zásadně provádět tzv. korekci na vakuum (vyložit výpočtem vztakové síly). (3 body)

8. Tepelná kapacita kalorimetru

- a) Teplota vody po ustálení 41°C . (3 body)
- b) Část tepla ohřívá kalorimetr, $C = 500 \frac{\text{J}}{\text{^\circ C}}$. (4 body)
- c) Kalorimetrická rovnice: $m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2) + C \cdot (t - t_2)$. (3 body)

9. V ordinaci očního lékaře

- a) Vysvětlení v učebnici optiky nebo např. na <http://www.bryle.cz>. (4 body)
- b) Krátkozraké oko -2 D , dalekozraké $2,25 \text{ D}$. (6 bodů)

10. Osobní vlak

- a) Grafem $v(t)$ je lomená čára, která má tři úseky: zrychlování (stoupající), rovnoměrný pohyb ($v = \text{konst.}$), zpomalení (klesající). (4 body)
- b) $s_2 = 3,0 \text{ km}$, $s_1 = 1,25 \text{ km}$, $s_3 = 0,50 \text{ km}$. (3 body)
- c) $s = 4,75 \text{ km}$, $t = 260 \text{ s}$. (3 body)

11. Nádoby na kapaliny

- a) Objem 3 l , hmotnost 3 kg , síla 30 N (pro $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$). (3 body)
- b) Tlaková síla na dno 30 N . (2 body)
- c) Tlaky $1,2 \text{ kPa}$, $0,80 \text{ kPa}$. (3 body)
- d) Objem, hmotnost, tlaková síla stejné, mění se tlak. (2 body)

12. Lyžař sjíždí z kopce

- a) Sklon svahu $p = 0,25$, tj. 25% . (1 bod)
- b) Polohová energie na počátku 901 kJ , na konci 741 kJ , rozdíl 160 kJ . (2 body)
- c) Působící síla 800 N . (1 bod)
- d) 160 kJ , $v = 63 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 228 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. (2 body)
- e) Délka svahu: 800 m , práce proti síle tření a odporu prostředí $W = 64 \text{ kJ}$, na pohyb zbyvá 96 kJ ; odtud rychlosť $49 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 176 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. (4 body)

13. Měření výšky svítidel

Experimentální úloha.

(10 bodů)

14. Spojené nádoby v praktickém životě

Úloha ze zkušenosti.

- a) V hadici je voda jako ve spojených nádobách. (2 body)
- b) Sloupec vody zabrání výstupu vzduchu z kanalizace (obrázek nutný). (3 body)
- c) Nasajeme hadičkou a využíváme tlaku vzduchu. (2 body)
- d) Obrázek najdeme ve vlastivědě či zeměpisu. (3 body)

15. Peltonova turbína

- a) Funkce turbíny např. <http://www.cink-turbiny.cz>. (3 body)
- b) Při 100% účinnosti 2,4 MW, při 92% účinnosti 2,2 MW. (4 body)
- c) Minimální výkon 1,1 MW, maximální 3,6 MW. Jezírko slouží jako zásobárna vody pro energetické špičky, ale i k rekreaci a rybolovu. (3 body)

Termínovník FO, kategorie E, F

I. kolo soutěže	do 19. 3. 2004
II. kolo soutěže	31. 3. 2004
III. kolo soutěže	14. 5. 2004

Termínovník FO, kategorie G

zahájení soutěže G	2. 2. 2004
I. kolo soutěže	do 7. 5. 2004
II. kolo soutěže (školní či okresní)	kolem 26. 5. 2004

Analogické úlohy (45. ročník FO, kat. E, F)Ivo Volf^{*}, Jan Hladík^{**}, Univerzita Hradec Králové

Tak jako v minulých letech, i letos chceme pro čtenáře Školské fyziky uvést úlohy, které mohou sloužit jako příprava před řešením problémů, zařazených do školního kola 45. ročníku fyzikální olympiády v kategoriích E, F. Metodický materiál je určen učitelům fyziky na základních školách a v nižších třídách víceletých gymnázíí. Obsahuje texty úloh, obdobných úlohám soutěžním, a výsledky, resp. i stručné komentáře k řešení. Kromě obvyklé „papírové formy“ ve Školské fyzice jsou tyto úlohy uveřejněny i na webové stránce FO na známé adrese, aby eventuální použití těchto úloh pro žáky talentované na fyziku, kteří se chtějí na soutěž lépe připravit, bylo pro učitele fyziky operativní (zejména pro vytváření dalších přípravných materiálů pro žáky).

Úlohy, zařazené do tohoto článku, jsou většinou nadstandardní a svou náročností odpovídají účelu, pro který byly vytvořeny. Učitel se nemusí přímo podílet na procesu řešení úlohy se žáky, může jim texty a návody k řešení rozdat pro domácí dobrovolnou činnost, ale jeho účast může být významnou pomůckou pro to, aby úlohy jejich žáci řešení lépe pochopili. Učitel se nemusí přímo podílet na procesu řešení se žáky, ale jeho účast může být významnou pomůckou pro to, aby řešení úloh jejich žáci lépe pochopili. Řazení úloh dle tematiky odpovídá číslování úlohám z Letáku FO pro 45. ročník. Je i dobrou přípravou pro okresní, eventuálně i krajské kolo této soutěže.

ÚLOHY:

1. Trať Hradec Králové–Praha je podle jízdního řádu dlouhá 116 km; 27 km do Chlumce nad Cidlinou jedou vlaky z Hradce Králové po jednokolejce, zbytek tratě po dvoukolejce.
Z Hradce Králové vyjel v 8.00 nákladní vlak stálou rychlosťí $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, z Prahy v 7.30 rychlík stálou rychlosťí $70 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ v protisměru. Kdy a kde může dojít k setkání vlaků? Úlohu řešte výpočtem, ale i graficky použitím grafu $s(t)$. Musí dispečer řešit křížování vlaků? (1.1)
 2. Rychlík vyráží z Hradce Králové směrem na Prahu (délka tratě 116 km) zpravidla v 6.05 a v Praze je v 7.45. Jakou průměrnou rychlosťí rychlík jede? Jednou měl rychlík zpoždění 20 min, avšak strojvůdci se podařilo dorazit do Prahy včas. Jak se musela změnit rychlosť vlaku? Dobu zastávky a změny rychlosťi vlaku během jízdy neuvažujeme. (1.2)
 3. Nákladní vlak o délce 540 m projel kolem výpravčího Českých drah ve stanici, kde ne stavěl, za dobu 30 s. Za jak dlouho vlak dojel do následující stanice, vzdálené 9 km, když jel stálou rychlosťí? (1.3)
- ***
4. Z drátu vytvořil Honzík čtverec ABCD o straně 1,2 m s úhlopříčkou o délce 1,7 m, přičemž 1 m délky tohoto drátu měl odpor 1,5 Ω. Potom připojil takto vzniklý rezistor v bozech A, C k ploché baterii o napětí 4,5 V. Jak velký je celkový odpor rezistoru při tomto zapojení a jak velký proud prochází jednotlivými částmi AB, BC, CD, AD, AC? Jaké napětí je mezi body A a B, A a C, A a D? (2.1)

^{*}ivo.volf@uhk.cz^{**}jan.hladik@uhk.cz

5. Honzíkovi se zdálo, že přívodní dráty od ploché baterie k místu zapojení jsou příliš dlouhé a nutně ovlivňují proudy i napětí v rezistoru. Proto připojil zdroj k bodům A, B. Změní se výsledný odpor a proud, procházející přívodními vodiči? (2.2)
6. Honzík zašel za tafínkem do skladu a pomohl mu vyřešit problém, jak zjistit délku smotaného drátu s izolací, přičemž znali odporník části drátu o délce 1,2 m. Vysvětlete, jaký přístroj byl zapotřebí ke zjištění délky drátu, aniž bylo nutné smotek rozmotat. (2.3)

7. Martin sedí na řetízkovém kolotoči a jeho nos opisuje kružnici o poloměru 5,5 m za dobu 6,0 s. Jakou rychlosť se pohybuje Martiniův nos? Nakreslete obrázek řetízkového kolotoče, vyznačte dráhu pohybu sedačky a znázorněte síly, působící na Martina. (3.1)
8. Marsův měsíc Phobos je velmi členité těleso. Chceme-li si však zjednodušit naše výpočty, můžeme ho považovat za kouli o poloměru 11,1 km a hmotnosti $1,1 \cdot 10^{16}$ kg. Urči objem měsice Phobos a jeho střední hustotu. Porovnej se žulou ($2500 - 3000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$), pískovcem ($1900 - 2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$), hlínou ($1500 - 1900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$). (3.2)
9. Seznam se s Keplerovými zákony a uvaž, jak se pohybují dvě sousední planety Země ($M = 1,00$ AU, $T = 1,00$ r) a Venuše ($T' = 0,615$ r). Užij svou kalkulačku a zjisti poloměr kružnice, po níž se Venuše pohybuje. V příslušném měřítku znázorní Slunce a trajektorie obou planet. (3.3)

10. Do varné konvice s výkonem na štítku 2 000 W jsme nalili 1,2 l studené vody o teplotě 15°C ; $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$. Pak jsme vodu zahřáli na teplotu varu, při níž se konvice sama

vypne. Jak dlouho trvá zahřívání vody? Ve skutečnosti bylo zahřívání o 30 s delší. Co z toho plyne? Zajímá vás někdy mechanismus automatického vypínání konvice? (4.1)

11. Do průtokového ohřívače přítéká voda o teplotě 15°C a vytéká voda na mytí nádobí o teplotě 85°C . Výkon zahřívacího zařízení je 3,0 kW, avšak na ohřátí vody se využije jen 90 % vzniklého tepla. Kolik teplé vody můžeme odčerpat za 30 minut? Jak velký může být přitom minutový průtok vody ohřívačem? (4.2)
12. Ve vaně bylo 80 l vychladlé vody o teplotě 25°C , když Matouš přestal telefonovat a chtěl se vykoupat. Na koupání však potřebuje vodu o teplotě 35°C , a tak nechal přítékat vodu z „červeného“ ventilu o teplotě 65°C . Kolik vody bylo ve vaně, když dosáhla požadované teploty, a jak dlouho musel Matouš čekat při přítoku teplé vody $6 \frac{1}{\text{min}}$? (4.3)

13. Listonoš – balíkonoš – o hmotnosti 80 kg musel doručit balíček o hmotnosti 4 kg do bytu v 6. poschodí ve výšce 20 m nad terénem v okolí domu. Bohužel výtah byl ten den v údržbě, nefungoval a balíkonoš musel jít po schodišti. Jakou práci vykonal při doručení, jaká práce z toho byla užitečná a jaká byla nutná, avšak zbytečná? Jaká byla účinnost jeho práce? (5.1)
14. Dva chlapci se rozhodli závodit. Honza po úrazu ještě chodí o berlích, a tak jel výtahem do 14. poschodí. Jirka běžel „jako o závod“ a dolehl nahoru ve stejném okamžiku, když se otvíral výtah v horní poloze. Ze sklepa je to do 14. poschodí 42 m, výtah jel rychlosť

$0,40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, Jirka měl hmotnost 45 kg, Honza hmotnost 55 kg. Jaká mechanická práce muse-

la být vykonána a jaký byl výkon při výstupu chlapců při tomto závodě? (5.2)

15. Když jede klec výťahu nahoru, musí elektromotor konat práci na zvedání nákladu i na zvedání klece výťahu, koná tedy „užitečnou“ i „neužitečnou“ práci. Je „neužitečná“ práce omezena v domě, kde bydlíte (nebo kde bydlí vaši známí či přibuzní)? Popište toto řešení a vysvětlete. (5.3)

16. Cyklista Fanda jel z města do vesnice vzdálené 24 km, kde bydlí jeho babička, tak, že nejprve jel přesně první polovinu dráhy po rovině stálou rychlostí $18 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ a pak druhou

polovinu v úseku s mírným stoupáním rychlostí $12 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Za jak dlouho dojel k babičce a jaká byla jeho průměrná rychlosť? (6.1)

17. Když si Fanda stopnul čas, za který se dostal k babičce, rozhodl se druhý den jet podle hodinek tak, že přesně první polovinu této doby pojede rychlostí $18 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, druhou polovinu doby rychlostí $12 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Tak se prý dostane k babičce. Měl pravdu? (6.2)

18. David s Radkou si půjčili v půjčovně loďku na jednu hodinu. Voda v řece plyne rychlosťí $0,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ vzhledem k břehům a rychlosť loďky vzhledem ke klidné vodě je $1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Jak dlouho a jak daleko mohou jet proti proudu, aby se vrátili do půjčovny včas, tedy za uvedenou jednu hodinu? (6.3)

19. Sportovec Pavel pomáhá otci opravovat na potoce ochrannou zídku. Ze dna potoka zvedá písankovcový kámen ($\rho = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) o hmotnosti 12 kg nejprve ve vodě a potom na vzduchu. Jakou silou musí Pavel kámen zvedat? (7.1)

20. Tlusťoučký Vláďa o hmotnosti 63 kg má objem 70 l, který si zjistil vlastním měřením. Popište, jak si Vláďa mohl zjistit ve vaně svůj objem, má-li k dispozici kbelík s litrovým dělením. Jak se bude chovat Vláďovo tělo, až vlezí Vláďa o prázdninách do rybníku?

Hustota vody $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. (7.2)

21. Korkový záchranný pás o hustotě $250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ má hmotnost 5,25 kg a používá se na říční osobní lodi. S jak velkou hydrostatickou vztlakovou silou můžeme počítat, když se záchranný pás zcela ponoří do vody? (7.3)

22. Porcelánový hrneček o hmotnosti 150 g může obsahovat až 250 ml čaje. Měrná tepelná kapacita porcelánu je $750 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, vody $4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$. Čaj v konvici po vyluhování má teplotu 85°C , hrneček má teplotu místoňosti 25°C . Jakou teplotu má čaj v hrnečku? (8.1)

23. Kája chtěl zjistit teplotu vody, vytékající z „červeného“ ventilu, ale měl k dispozici teploměr se stupnicí jen do 60°C . Katka navrhla, aby pro zjištění teploty nalil do plastové-

ho kbelíku jen půl objemu vody, zjistil teplotu t_1 , do druhého kbelíku druhou půlkou teplotě t_2 a pak oba objemy vody slil do jednoho kbelíku a teploty prostě sečetl $t = t_1 + t_2$. Vlasta mu zase navrhla, aby do plastového kbelíku nalil 4 l vody o teplotě 15 °C a přilihl 5 l vody neznámé teploty t , zjistil výslednou teplotu (bude 55 °C) a teplotu horké vodyypočítal. Podařilo se mu to zjistit? (8.2)

24. Když se pro malé děti připravuje rozpustný nápoj, je lepší, když užijeme vodu o teplotě 60 °C, avšak na pití je tato teplota příliš velká. A tak maminka přelévá nápoj z jednoho porcelánového hrnu do druhého a zpět, a čaj tak ochladí. Honza navrhl maminec, aby si vzala dva plecháčky, že ochlazování bude rychlejší. Sylva zase tvrdila, že lepší je před přeléváním prázdný hrneček vypláchnout ledovou vodou. Zorka se zase domnívala, že bude lepší vsunout nápoj na chvíli do mrazničky. Vysvětlete všechny nápadы! (8.3)

25. Vzdálený předmět se zobrazuje spojnou čočkou do tzv. *ohniska*. Vezměme proto spojku o optické mohutnosti 5–8 dioptrií a zobrazte ji protější dům nebo Slunce na stínítko z bílého papíru nebo na bílou svislou stěnu (u Slunce pozor na možnost zapálení). Vzdálenost od čočky ke stínítku je tzv. *ohnisková vzdálenost* f , optická mohutnost $D = \frac{1}{f}$, kde f se vyjadřuje v metrech. Sledujte, jak se mění poloha ohniska přidáním další čočky spojené či rozptylky. V diskusi tyto změny vysvětlete. (9.1)
26. Prohlédněte si dětské encyklopédie a najděte v nich, jaké vady může mít lidské oko. Lze také odkázat na internetové adresy.

27. Vlak metra se rozjíždí po dobu 80 s, až získá rychlosť $72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, dále po dobu 60 s jede toužto rychlostí a v posledním úseku na trase 600 m brzdí. Nakreslete graf závislosti rychlosti na čase $v(t)$ a určete, jak dlouho vlak metra jel, jak daleko jsou sousední stanice a jaká je průměrná rychlosť v_p vlaku. (10.1)
28. Rychlík projíždí stálou rychlosťí $90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ stanici a ve vzdálenosti 1 500 m od osoby výpravčího musí začít snižovat rychlosť. Po době 60 s se jeho rychlosť sníží na $36 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, toužto rychlostí projede úsek, kde se opravuje trať, za dobu 150 s a následujících 50 s zvyšuje rovnoměrně rychlosť na původní hodnotu, a pak po dalších 120 s projede následující stanici. Jak daleko jsou od sebe obě stanice? K řešení sestrojte graf závislosti rychlosti na čase $v(t)$. Sledujte po celou dobu pohyb předního nárazníku lokomotivy. (10.2)
29. Nákladní vlak o délce 540 m projel kolem výpravčího ve stanici, kde vlak nestaví, za dobu 60 s. Za jak dlouho přejede tento vlak most o délce 360 m? Těsně poté, co vlak opustí železniční most, musí začít zpomalovat a zastaví v následující stanici po 60 s brzdění. Doplňme, že když vlak vjíždí na most, jeho poslední vagón právě minul výpravčího. Jakou dráhu urazil nákladní vlak od výpravčího až do zastavení? (10.3)

30. Máme k dispozici dva kbelíky. Jeden má tvar válce o obsahu dna $3,7 \text{ dm}^2$, a o výšce 4,0 dm; druhý se ode dna do výšky rozšiřuje a horní otvor má obsah $4,5 \text{ dm}^2$. Do obou

nádob nalijeme vodu do stejné výšky 35 cm. Kolik vody je v každém kbelíku? Jaký je tlak u dna? Jak se výsledky změní, když do kbelíku nalijeme stejný objem 12 l vody? Řešení se snažte získat především úvahou, kterou podpoříte výpočtem tam, kde to bude nutné. (11.1)

31. Podle jedné fyzikální pohádky, tj. neověřené historky, která možná ani není pravdivá, ale hezky se poslouchá, přivedla Blaise Pascala ke studiu hydrostatického paradoxon tato skutečnost: když se dříve plnily sudy v zámeckém sklepě vínem, nalévalo se víno svislou trubkou dlouhou 15–20 m do sudů. Sudy se však ke konci plnění bortily po přilítit sotva jenom jednoho či dvou věder vína. Vysvětlete vznik hydrostatického paradoxon i tuto skutečnost. (11.2)
32. Vezmeme dva odměrné válce s vyznačeným objemem 1,000 l. Jeden má horní konec stupnice ve výšce 40 cm nade dnem, druhý jen 30 cm nade dnem. Když do válců nalijeme stejný objem vody, určete tlakovou sílu vody na dno i tlak na dně. Podruhé do užšího válce nalijeme líh o hustotě $800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, do širšího vodu o hustotě $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Porovnejte nyní tlakové síly na dno a tlaky u dna. (11.3)

33. Míček padá z terasy „věžáku“ ve výšce 42 m nad okolním terénem, hmotnost míčku je 60 g. Určete polohovou energii míčku na počátku, než začal padat. Jaká bude jeho pohybová energie v okamžiku dopadu? (12.1)
34. Výsadkář – o hmotnosti 90 kg i s padákem – vyskočil z letadla a otevřel padák. Ve výšce 1 600 m měl rychlosť $5,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ a touto rychlosťí se blížil k povrchu Země. Urči počáteční a koncovou polohovou energii výsadkáře během pádu z výšky 1 600 m. Co je příčinou rovnoměrného pohybu výsadkáře? Jaká průměrná odporová síla na výsadkáře působila? (12.2)
35. Automobil jede po horské silnici se stoupáním 12 % po trase 2,5 km. Do jaké výšky se při jízdě dostane, když právě dosáhl průsmyku? Jak se změnila jeho polohová energie, je-li hmotnost automobilu i s nákladem 900 kg? Jak velkou tahovou sílu musel při malé rychlosti vyvinout motor automobilu? (12.3)

36. Slunce je v létě v pravé poledne v našich zeměpisných šírkách asi 63° nad obzorem, ale v zimě dosahuje asi 17° nad obzorem. Věžák o výšce 42 m nechává za sebou stín. Určete, v jakých mezích je délka stínu tohoto domu. (13.1)
37. Stanovte postup, jak určit směr k zeměpisnému severu co nejpřesněji: vysvětlete, proč není nevhodnější zjišťovat tento směr v pravé poledne. Všimli jste si, že též délky stínu může nabývat tyč jednak dopoledne, jednak odpoledne? Proč se nemůžete stoprocentně spolehnout na údaj kompasu nebo buzoly? (13.2)

38. Najdete si knížku *Doplněk k učebnici fyziky pro sedmou třídu s rozšířenou výukou matematiky a přírodovědných předmětů* a prohlédněte si kapitolu Hydrostatika. (14.1)
39. Turbína v malé vodní elektrárně má výkon 250 kW a protéká jí voda se spádem 5 m. Jaký objem vody musí každou sekundu protéci turbínou? Jak se změní tento údaj, je-li účinnost turbíny jen 75 %? (15.1)
40. Najdi si v encyklopedických kapitolu *Vodní motory* a vysvětli, jak fungovala vodní kola a jak fungují vodní turbíny. (15.2)

VÝSLEDKY A KOMENTÁŘE K ŘEŠENÍ ÚLOH

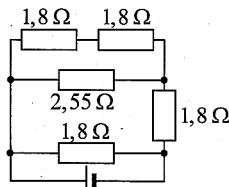
1. Vyjdeme ze vztahu $v_1 \cdot (t - t_1) + v_2 \cdot (t - t_2) = s$, odtud doba setkání 8 h 40 min 30 s.

Nákladní vlak jede po dobu 40 min 30 s, ujede trasu $s_1 = 33,75$ km, rychlík jede 1 h 10 min 30 s, ujede trasu $s_2 = 82,25$ km, celkem $s_1 + s_2 = 116$ km. Řešení doplníme grafem $s(t)$. Dispečer nemusí řešit křížování vlaků.

2. Průměrná rychlosť rychlíku $v_p = \frac{s}{t} = 69,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Ve druhém případě je doba jízdy kratší, $v_p = 87 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

3. Určíme nejprve rychlosť vlaku $v = \frac{l}{t_1} = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 64,8 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Další dobu určíme $t_2 = \frac{s}{v} = \frac{9\,000 \text{ m}}{18 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 500$ s. Problém nastane pouze se stanovením přesného začátku de-vítikilometrové vzdálenosti (zda ji měříme od začátku vlaku či od konce vlaku).

4. Odpor drátu tvořícího stranu čtverce je $1,8 \Omega$, odpor drátu tvořícího úhlopříčku je $2,55 \Omega$. Při zapojení zdroje k protějším vrcholům A, C je celkový odpor sítě $1,055 \Omega$ a původními dráty prochází proud $4,26$ A. Ten se rozdělí do tří větví: ABC ... $1,25$ A, AC ... $1,76$ A, ADC ... $1,25$ A. Napětí na rezistorech jsou $2,25$ V, $2,25$ V, $4,5$ V, $2,25$ V, $2,25$ V.
5. Nejprve si musíme nakreslit obvyklé elektrické schéma vzniklého obvodu; v něm se spojují prvky sériového i paralelního zapojení. Postupně určíme odpory částí obvodu: $3,6 \Omega$, $1,49 \Omega$, $3,29 \Omega$, $1,16 \Omega$; proud $3,87$ A.
6. Známe-li odpor R_l drátu o délce l_1 a odpor R_C smotaného drátu o délce l , potom $l = l_1 \cdot \frac{R_C}{R_l}$. Vycházíme



ze vztahu pro výpočet odporu drátu, $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$. Potřebovali tedy ohmmetr.

7. Martinův nos opíše při jedné otáčce dráhu $s = 2 \cdot \pi \cdot r = 34,6$ m. Pohybuje se rychlosťí $v = 2 \cdot \pi \cdot \frac{r}{t} = 5,76 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 20,7 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Na Martina působí tihová (gravitační) síla \bar{F}_g směrem dolů, odstředivá síla směrem od osy otáčení, tahové síly závěsů, jež zamezuje pád sedačky.

8. Objem koule $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = 5,73 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$; hmotnost Phobosu $m = 1,1 \cdot 10^{16} \text{ kg}$; hustota $\rho = \frac{m}{V} = 1920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Materiál Phobosu má oproti povrchu Země (žula, pískovec, hlína) přibližně stejnou hustotu.

Poznámka: Při výpočtech se naučte používat kalkulačku, zejména si v návodu najděte užívání funkce „EXP“.

9. Keplerovy zákony se uvádějí v učebnicích pro 9. ročník, najdeme je však třeba v encyklopediích. Planety se pohybují kolem Slunce po eliptických trajektoriích, průvodící planety opisuje za stejný čas plochu téhož obsahu a poměr $\frac{a^3}{T^2}$ je pro různé planety stejný. Proto $\frac{a_V^3}{a_Z^3} = \frac{T_V^2}{T_Z^2}$, bereme-li vzdálenost v AU, dobu oběhu v ročích, pak

$$a_V = a_Z \sqrt[3]{\frac{T_V^2}{T_Z^2}} = 0,723 \text{ AU} = 108,2 \cdot 10^6 \text{ km}.$$

10. Nejprve předpokládáme, že konvice poskytne za dobu τ teplo $P \cdot \tau$ při stoprocentním využití, k ohřátí vody je třeba teplo $m \cdot c \cdot \Delta t$. Odtud $\tau = m \cdot c \cdot \frac{\Delta t}{P} = 214 \text{ s} = 3 \text{ min } 34 \text{ s}$.

Při menší tepelné účinnosti (ztráty na zahřátí konvice) bude zahřívání trvat déle, a to 4 min 4 s = 244 s, teplo k ohřátí vody je stejné. Proto účinnost je $\frac{214}{244} = 87,7\%$.

11. Úlohy o průtokovém ohříváci se řeší lépe tak, že uvážíme situaci, kdy necháme vodu natéci do ohříváče naráz a zahřejeme ji. Nechť m je hmotnost vody, teplo k zahřátí na výslednou teplotu je $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$, což trvá $\tau = 0,50 \text{ h} = 1800 \text{ s}$, přičemž elektrická práce $W = P \cdot \tau$, vzniklé teplo $Q = \eta \cdot P \cdot \tau$ je ovlivněno 90% účinností. Potom $m = \frac{\eta \cdot P \cdot \tau}{c \cdot \Delta t} = 16,5 \text{ kg}$. Průtokovým ohříváčem proteče za půl hodiny 16,5 l vody o výstupní teplotě 85 °C, tj. minutový objem $0,55 \frac{1}{\text{min}}$.

12. Matouš stojí nad vanou, kde je $m_1 = 80 \text{ kg}$ vody o teplotě $t_1 = 25^\circ\text{C}$. Teplotu zvýší přítokem $m_2 = ?$ vody o teplotě $t_2 = 65^\circ\text{C}$ tak, že výsledná teplota bude $t = 35^\circ\text{C}$. Protože užijeme směšovací kalorimetrickou rovnici jen pro vodu, můžeme psát $m_1 \cdot (t - t_1) = m_2 \cdot (t_2 - t)$, tedy $m_2 = \frac{m_1 \cdot (t - t_1)}{(t_2 - t)}$, $m_2 = 26,7 \text{ kg}$. K získání vody přijatelné teploty ke koupání musí nechat příteli 26,7 l teplé vody, což bude trvat asi 4,5 minut. Ve vaně bude asi 107 l vody.
- ***

13. Hmotnost balíkonoše $m_1 = 80 \text{ kg}$, balíčku $m_2 = 4,0 \text{ kg}$, změna výšky $h = 20 \text{ m}$. Vykonaná práce celkem $W_C = (m_1 + m_2) \cdot g \cdot h = 16800 \text{ J}$, užitečná práce na zanesení balíčku $W_{uz} = m_2 \cdot g \cdot h = 800 \text{ J}$, další práce nutná, ale již neužitečná, spojená s výstupem balíkonoše $W_n = m_1 \cdot g \cdot h = 16000 \text{ J}$. Účinnost $\eta = \frac{800}{16800} = 0,048$, tj. 4,8 %.

14. Chlapci mají hmotnosti $m_H = 55 \text{ kg}$, $m_J = 45 \text{ kg}$, oba překonají týž výškový rozdíl, Honza výtahem, Jirka během po schodišti, vykonaná práce $W_H = m_H \cdot g \cdot h = 23100 \text{ J}$, $W_J = m_J \cdot g \cdot h = 18900 \text{ J}$. Oběma to trvalo $\frac{h}{v} = 105 \text{ s}$, výkony na přemístění jsou různé, $P_H = 220 \text{ W}$, $P_J = 180 \text{ W}$.

15. Klec výtahu je zpravidla přes kladku lanem spojena s tzv. „protizávažím“, jehož hmotnost vyrovňává hmotnost klece (jde o těžkou desku, jejíž pohyb vidíme v některých domech, kde se kolem výtahové šachty vine schodiště). Při zvedání prázdné klece elektromotor překonává jen odpory proti pohybu.

16. Fanda jel první polovinu trasy po dobu $t_1 = \frac{s}{2 \cdot v_1} = \frac{2}{3} h = 40 \text{ min}$, druhou polovinu tra-

sy po dobu $t_2 = \frac{s}{2 \cdot v_2} = 1,0 h = 60 \text{ min}$. K babičce jel $1 h 40 \text{ min} = 100 \text{ min}$, jeho prů-

měrná rychlosť $v_p = 240 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 14,4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

17. Podruhé si řekl, že pojede $t_1 = 50 \text{ min}$ rychlostí $18 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, ujel tedy 15 km , poté jel

$t_2 = 50 \text{ min}$ rychlostí $12 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, ujel 10 km . Celkem ujel 25 km a jel průměrnou rych-

lostí $15 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, při jízdě si nevšiml, že minul babičin dům a přejel o 1 km . Při řešení úloh tedy není jedno, za jakých podmínek problémy řešíme.

18. Lod'ka jede proti proudu rychlosť $v_1 = 0,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, po proudu $v_2 = 2,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Proti proudu

urazí lod'ka dráhu $v_1 \cdot t_1$, po proudu stejnou vzdálenost rychlosť větší, $v_2 \cdot (t - t_1)$, tedy

$$v_1 \cdot t_1 = v_2 \cdot (t - t_1) \quad \text{Výsledná doba jízdy proti proudu } t_1 = \frac{v_2 \cdot t}{v_1 + v_2} = 2 \cdot \frac{3600}{2,4} \text{ s} = 50 \text{ min}.$$

David s Radkou jeli proti proudu 50 min , urazili rychlosť $0,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ trasu $1\,200 \text{ m}$, pak

jeli 10 min po proudu a urazili vzdálenost $1\,200 \text{ m}$, takže byli zase u půjčovny. Uvážíme-li čas pro vypužení lod'ky a pro vrácení, museli jet proti proudu o něco kratší dobu a do menší vzdálenosti.

19. Pavel zvedá kámen o hmotnosti 12 kg silou 120 N na vzduchu. Objem kamene

$$V = \frac{m}{\rho} = 6 \text{ dm}^3, \text{ hydrostatická vztlaková síla působící na kámen ve vodě je } 60 \text{ N}, \text{ síla}$$

nutná ke zvednutí ve vodě je 60 N .

20. Když tlusťoučký Vláďa napustil vodu do vany až k přepadovému otvoru a celý se ponořil do vody, část vody vytékla a Vláďa čekal pod vodou (nebo střídavě se vynořoval k nadýchnutí), než voda přepadem přestala téci. Pak vylezl z vany, otřel se a doplnil vodu zase po přepadový otvor. Objem dolité vody je roven jeho objemu; $V = 70 \text{ dm}^3$.

Jeho hustota $\rho = \frac{m}{V} = 0,90 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ je menší než hustota vody, Vláďa tedy buď ve vodě v rybníku plovat.

21. Korkový pás má objem $V = \frac{m}{\rho} = 21 \text{ dm}^3$. Když ho celý ponoříme do vody, hydrosta-

tická vztlaková síla působící na pás je $F_{vz} = \rho_V \cdot g \cdot V = 210 \text{ N}$. Tato síla kompenzuje rozdíl mezi silou gravitační a vztlakovou, jež působí na lidské tělo, ponořené do vody.

22. Označme pro hrneček $m_1 = 0,15 \text{ kg}$, $t_1 = 25^\circ\text{C}$, $c_1 = 750 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, pro vodu v hrnečku

$$m_2 = 0,25 \text{ kg}, \quad t_2 = 85^\circ\text{C}, \quad c_2 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}. \quad \text{Potom } t = \frac{(m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot t_2)}{(m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2)},$$

$t = 79,2^\circ\text{C}$. Vlivem studenějšího hrnečku dojde ke snížení teploty čaje.

23. Návrh Katky je zřejmý nesmysl. Podle ní lze zvyšovat teplotu vody bez dalšího zahřívání ($m = m_1 + m_2$, tedy $t = t_1 + t_2$). Vlasta doporučila vyjít z kalorimetrické rovnice

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t), \quad \text{kde neznáme jen } t_2 = \frac{m_1 \cdot (t - t_1)}{m_2} + t = 87^\circ\text{C}.$$

24. Při přelévání nápoje z jednoho hrnku do druhého se má zahřát i chladnější hrnek, zatímco teplejší hrnek bez nápoje se ochladí. Plecháčky vychladnou rychleji (kovy mají menší tepelnou kapacitu než porcelán), ale také sníží teplotu nápoje o nižší hodnotu. Názor Sylvy je správný – při vypláchnutí hrnků nebo plecháčků studenou vodou jejich teplotu snížíme dalším vnějším zásahem. Zorka navrhla snížovat teplotu nápoje mrazicím účinkem mrazáku, v němž se teplo odebírá předmětem účinkem elektrické práce.

25. V úloze se užívá tzv. čočkové rovnice (viz leták FO), která zní $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$. Je-li

předmět hodně vzdálený, $a \rightarrow \infty$, potom obraz vznikne v ohniskové rovině, $b \rightarrow f = \frac{1}{D}$. Zobrazujeme-li Slunce, je opravdu $a \rightarrow \infty$, i pro protější dům je a dosti velké vzhledem ke vzdálenosti obrazu od čočky.

26. Úloha je nadstandardem k fyzikálnímu učivu, uskutečňujeme s ní však mezipředmětové vztahy mezi biologií a fyzikou, a tím umožníme pochopit žákům to, co se učí v biologii jako fakt.

27. Vycházíme-li z grafu $v(t)$; $t_1 = 80 \text{ s}$, $v = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $t_2 = 60 \text{ s}$, $s_3 = 600 \text{ m}$, dobu t_3 neznáme (proto sestrojujeme jen náčrt grafu, ukazující tendence průběhu). Dopočítáme:

$$s_2 = v \cdot t_2 = 1200 \text{ m}, \quad s_1 = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t_1 = 800 \text{ m}, \quad t_3 = 2 \cdot \frac{s_3}{v} = 60 \text{ s}, \quad \text{celková doba pohybu je } t = 200 \text{ s} = 3 \text{ min } 20 \text{ s}, \quad \text{dráha } s = 2600 \text{ m}, \quad \text{průměrná rychlos} \quad v_p = \frac{s}{t} = 13 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 47 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

28. Vycházíme z grafu $v(t)$, který je poněkud složitější, úloha navazuje na úlohu předcházející. Vycházejí hodnoty $s_1 = 1500 \text{ m}$, $t_1 = 60 \text{ s}$, $t_2 = 60 \text{ s}$, $s_2 = 1050 \text{ m}$, $t_3 = 150 \text{ s}$, $s_3 = 1500 \text{ m}$, $t_4 = 50 \text{ s}$, $s_4 = 875 \text{ m}$, $t_5 = 120 \text{ s}$, $s_5 = 3000 \text{ m}$, celková doba pohybu a dráha $t = 440 \text{ s} = 7 \text{ min } 20 \text{ s}$, $s = 7925 \text{ m} \doteq 7,9 \text{ km}$.

29. Rychlos nákladního vlaku $v = \frac{l}{t} = 9 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 32,4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, jeho délka 540 m. Jestliže budeme sledovat konec vlaku, potom přejede po mostě po 100 s. Do následující stanice dorazí po 60 s brzdění, tedy na dráze 270 m. Celkem urazí konec vlaku 1 170 m.

30. Když nalijeme vodu do téže výšky, potom bude tlak u dna v obou kbelících stejný, neboť $p = \rho \cdot g \cdot h$ nezávisí na objemu vody; $p = 3,5 \text{ kPa}$. V kuželovém kbelíku bude však vody více, neboť se do výšky rozšířuje. Když nalijeme do obou kbelíků vodu o témž objemu, v kuželovém kbelíku bude výška nižší, takže tlak u dna bude menší (zde je výpočet komplikovaný).

31. Když se sudy naplnily, potom příltím dalšího vína se hladina v trubkách zvyšovala více, a tím se zvětšil i tlak způsobený tímto sloupcem, $p = \rho \cdot g \cdot h$. Podle Pascala tlak $p = \rho \cdot g \cdot h$ nezávisí na objemu užité kapaliny, ale závisí na výšce sloupce kapaliny a její hustotě.

32. Voda o objemu 1 l vyvolá na dně tlakovou sílu 10 N, tlak pak nezávisí na obsahu dna, $p = \rho \cdot g \cdot h$, tj. pro užší válec $p_1 = 4,0 \text{ kPa}$, pro širší válec $p_2 = 3,0 \text{ kPa}$. Je-li v užším válci líh, tlaková síla na dno je 8 N, tlak $p_1 = 3,2 \text{ kPa}$; v širším válci je tlaková síla 10 N, tlak 3,0 kPa.

33. Míček o hmotnosti $m = 0,06 \text{ kg}$ má na počátku ve výšce $h = 42 \text{ m}$ polohovou energii $E_p = m \cdot g \cdot h = 25,2 \text{ J}$, v okamžiku dopadu je jeho pohybová energie $E_k = 25,2 \text{ J}$.

34. Výsadkář má na začátku sledovaného úseku $E_p = m \cdot g \cdot h = 1,44 \text{ MJ}$, na konci při dopadu $E_p = 0 \text{ J}$, práce odporových sil $W = 1,44 \text{ MJ}$. Aby bylo dosaženo rovnoramenného pohybu, je odporová síla rovna síle tříhové, $F_o = 900 \text{ N}$.

35. Stoupání $p = 12\% = 0,12$. Rozdíl výšek $\Delta h = p \cdot s = 300 \text{ m}$. Změna polohové energie $\Delta E_p = m \cdot g \cdot \Delta h = m \cdot g \cdot s \cdot p = 2,7 \text{ MJ}$. Při malé rychlosti neuvažujeme odpory proti pohybu, potom síla $F = p \cdot m \cdot g = 1080 \text{ N}$.

36. Výška domu je h , délka stínu $l = \frac{h}{\tan \alpha}$, v léti 21,5 m, v zimě 137,5 m.

37. V pravé poledne pozorujeme stín svíslé (např. metrové) tyče jen malé změny délky a obtížně se určuje okamžik, kdy stín bude nejkratší a bude směrovat přesně k severu. Lepší je pro tuto tyč zjistit, kdy odpoledne (t_1) dosáhne stín tyče též délky jako v určitý okamžik dopoledne – t_2 (sestojíme si pomocnou kružnicí). Potom určíme pravé poledne jako $t = \frac{1}{2} \cdot (t_1 + t_2)$; směr stínu je na sever (nebo rozpůlíme úhel mezi oběma směry stínu).

39. Neuvažujeme-li energetické ztráty, potom $P \cdot t = m \cdot g \cdot h$, tedy $m = \frac{P \cdot t}{g \cdot h} = 5000 \text{ kg}$;

průtočný objem je $5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$. Při účinnosti 75 % platí $P \cdot t = \eta \cdot m \cdot g \cdot h$, tedy hmotnost

$$m' = \frac{P \cdot t}{\eta \cdot g \cdot h} = 6670 \text{ kg}, \text{ průtočný objem } 6,67 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}.$$

40. Užijeme dětskou encyklopedii, popř. internetovou adresu.

Ostrov opic – díl první

Václav Piskač*, Gymnázium kpt. Jaroše, Brno

Toto vyprávění se snaží popsat jednu z půvabných částí fyziky – pásovou teorii vodivosti. Fyzikální pravdy jsou zde převedeny do podivného světa Ostrova opic. Doporučuji ti, milá čtenářko-milý čtenáři, přečíst si článek alespoň dvakrát. Nejprve samotné vyprávění, kdy budě přeskakovat rámy s kurzívou psanými poznámkami, poté souvisle celý text, kdy tě psané poznámky převedou od opic do neméně podivného světa atomů.

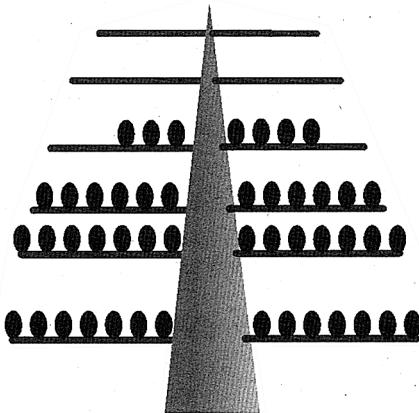
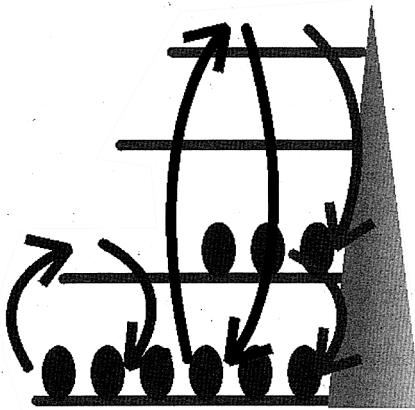
Na jednom tichomořském ostrově rostou stromy patřící do třech rodů:

- Conductus**, zastoupený hlavně druhy *Conductus aluminiosis* a *Conductus cuprumis*, vyznačující se značnou houževnatostí;
- Izolatus**, tvořený převážně mnoha poddruhy a místními varietami *Izolatus keramicus* a *Izolatus plastix*;
- velmi vzácný **Semiconductus**, až na výjimky zastoupený druhy *Semiconductus silicius* a *Semiconductus germanicus*.

Lesy jsou tvořeny monokulturami, na volných prostranstvích občas rostou solitéry.

Charakteristickým rysem ostrova jsou přemnožené opice – hustě obalují každý strom. Díky přílivu turistů značně zlenivěly, proto zaplňují větve stromů odspodu a bez výrazného vnějšího popudu odmítají zbytečně lézt výše, než je nutné.

Stojí-li strom osaměle, tvoří jeho větve jednotlivá patra, odspodu obsazená opicemi. Opice vyskočí na vyšší volné místo jen tehdy, když do ní něco vrazí, např. kámen vržený některým z domorodců.



Tento náraz však musí odpovídat převýšení větví – je-li menší, opice nereaguje. Při velkém nárazu však může vyskočit i přes několik větví současně.

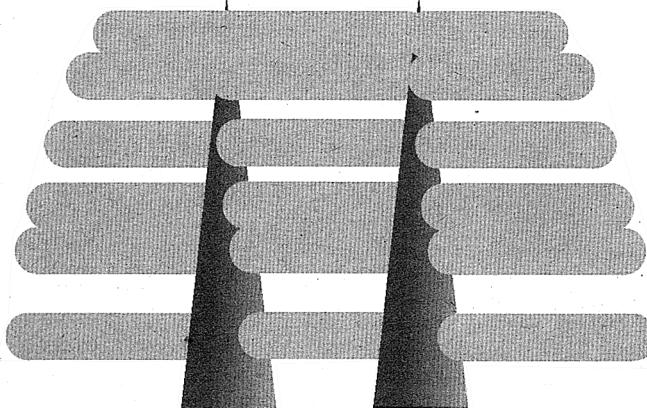
Protože opice jsou však líné a chtejí být co nejbliže zemi, seskakují po chvíli zpět na volná místa na nižších větvích, při dopadu se ozve žuchnutí – čím větší výška sesku, tím hlasitější žuchnutí.

* piskac@jaroska.cz

V běžném světě může těleso nabývat libovolně velké energie a může ji plynule měnit. Ve světě příliš malých částic (na úrovni atomů) však platí jiná, věšinou značně absurdní pravidla. Velikost náboje jádra atomu (stromu) a vzájemné působení elektronů předurčuje určité, přesné dané hodnoty energie (větví), které mohou elektrony (opic) atomového obalu mít. Tento hodnotám energie se říká energetické hladiny. Na každé energetické hladině může být vždy jen určitý počet elektronů (řídi se tzv. Pauliho vylučovacím principem). Elektrony obsazují hladiny odspodu (dodržují obecný princip přírody, podle něhož všechny děje probíhají tak, aby bylo dosaženo co nejnižší energie). Aby elektron přeskočil ze své původní na vyšší energetickou hladinu, musí získat energii rovnou rozdílu těchto dvou hodnot energie. K tomu může dojít například nárazem jiné částice nebo pohlcením fotonu záření (náraz kamene). Záření (tj. viditelné světlo, radiové vlny, mikrovlny, rentgenové záření, ...) se vyzařuje a pohlcuje rezorporované na malé balíčky - fotony. Každý foton (balíček) má přesné danou energii. Nemá-li foton dostatečnou energii (náraz není dostatečně silný), elektron jej nepohltí – energie elektronu se nezmění.

Je-li na nižší energetické hladině volné místo, přeskočí sem elektron z některé vyšší hladiny. Nadbytečné energie se zbaví tím, že vyzáří foton (ozve se žuchnutí). Frekvence tohoto fotona (tj. to, do které oblasti záření patří) je této energii úměrná (hlasitost žuchnutí odpovídá výšce pádu).

Tvoří-li stromy les, je jejich růst ovlivněn okolními stromy – namísto jednotlivých silných větví vyrostete mnoho menších větiček tak blízko u sebe, že vytvářejí jakýsi pás, ve kterém se mohou opice pohybovat nahoru i při sebemenším nárazu. Žuchnutí způsobená jejich malými poklesy v rámci pásu jsou tak slabá, že je téměř není slyšet.



V krystalické mřížce dojde díky působení okolních atomů k rozštěpení jednotlivých hladin (vznikne větší množství možných hodnot energie). Vzniknou jakési pásy energie (pásy větví), energie elektronu se zde může téměř plynule měnit. Mezi jednotlivými pásy jsou však oblasti hodnot energií, které elektrony nemohou mít – tzv. zakázané pásy. Pro překonání těchto zakázaných pásem je nutné, aby elektron získal potřebnou „porci“ energie (jako u osamoceného atomu).

Zvláštností ostrova je to, že při **přemnožení** opic v určité oblasti se zde terén **vyzdvihne** úměrně stupni přemnožení, zatímco při **vymírání** populace dojde v dané oblasti k **poklesu** terénu (příčiny těchto jevů zatím nebyly objasněny).

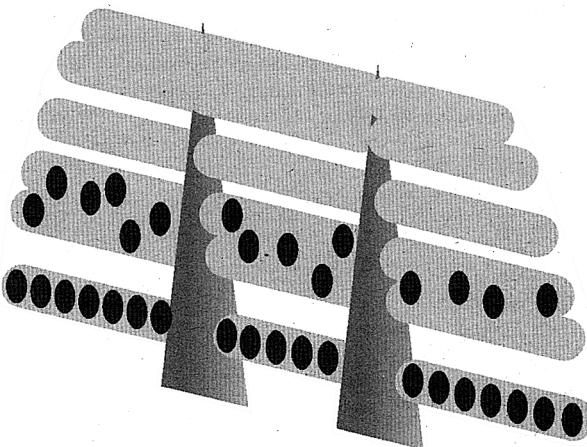
Ve světě atomů příčiny těchto jevů známe: když přidáváme do určité oblasti elektrony, nabijí se tato oblast záporně a další elektrony jsou více a více odpuzovány. Pro jejich přidání je potřeba vykonat větší práci – zvyšuje se jejich energie – energetické pásy se posouvají do vyšších hodnot energie.

Odebíráme-li elektrony, nabijí se oblast kladně a při odebírání dalších je potřeba vykonat větší práci – musíme dodat elektronům větší energii. To je totéž, jako by se energetické pásy přesunuly k nižším hodnotám energie.

Jednotlivé populace opic si vytvořily specifické návyky v závislosti na tom, v jakém typu lesů žijí.

V lesích tvořených stromy rodu *Conductus* je nejvyšší pás s výskytem opic obsazen jen zčásti. Stačí tedy libovolně malý náraz k tomu, aby se opice vyškrábaly kousek nahoru. Většinou je tedy část opic o něco výš než ostatní – mohou se proto volně pohybovat. Díky tomu, že jejich chování je náhodné (opice jsou tvorí nevypočitatelní), zde však nedochází k výraznějším přesunům.

Dojde-li v určité oblasti k přemnožení opic, vyzdvihne se zde terén a společně s ním i pásy větví, opice přelézají do okolních – nižších částí pásu. Tímto ale původně zvýšený terén začne klesat a okolí stoupat – po čase dojde k vyrovnání, opice přestanou migrovat. K podobným jevům dojde při vymírání opic – dané oblast poklesne a opice se sem klesajícím pásem přesunou. Opět dojde po čase k vyrovnání.



natolik, že vytvořili soustavy nákladních lanovek, které neustále převážejí opice z jednoho místa na druhé. Terén je zde díky tomu trvale nakloněný – jásající davy turistů mohou přihlížet, jak opice neustále proudí z vyšších poloh do nižších. Na noc se samozřejmě lanovka vypíná – velmi rychle dojde k vyrovnání terénu a opice si mohou zaslouženě odpocínout.

U vodičů není poslední pás obsahující elektrony (tzv. valenční pás) zcela zaplněn. Elektrony se zde proto rozvrství v závislosti na teplotě látky. Mohou se v tomto pásu volně přesouvat (jejich energie se při tom nemění).

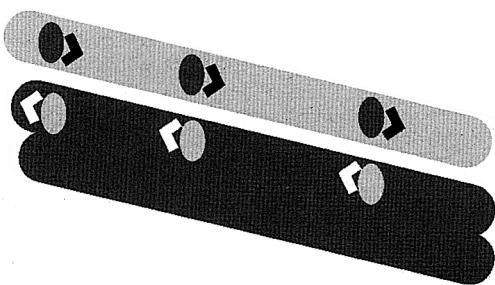
Je-li do určitého místa vodiče přiveden záporný náboj (jsou sem dodány elektrony), dojde k místnímu vyzdvihu energetických pásů, což má za následek přesun elektronů do nižších částí pásu – po chvíli dojde k vyrovnání hladin, tj. k rovnoměrnému rozvrstvení přidaných elektronů. Podobný jev nastává i tehdy, dodá-li se do určitého místa kladný náboj (jsou odsud odebrány elektrony).

Jsou-li však vlivem vnějších sil z jednoho místa vodiče elektrony neustále odebrány a do druhého přidávány, dojde k trvalému naklonění energetických pásů – vznikne stálý proud elektronů (elektrotechnik by řekl, že po zapojení zdroje napěti do obvodu vzniká stálý elektrický proud).

V oblastech osazených stromy rodu *Izolatus* tuto atrakci nelze provozovat. Došlo zde vlivem velké vzdálenosti sousedních pásů větví k tomu, že poslední obsazený pás je opicemi zcela zaplněn. Vlivem plného obsazení pásu je pohyb opic zcela vyloučen. I při jejich převážení a následném převýšení terénu zůstávají tupě sedět na svých místech. (Výjimku tvoří situace, kdy dojde k příliš vysokému převýšení nebo jsou opice navíc kamenovány a vyskáčou ve větším množství do vyššího pásu.)

U izolantů je valenční pás zcela zaplněn elektrony. Ty se zde proto nemohou pohybovat. Zakázaný pás bránící přechodu do dalšího, volného pásu je značně široký – k jeho překonání musí elektron získat dosti velkou energii – k přechodu dochází jen výjimečně. Připojíme-li zdroj napěti, nevzniká zde elektrický proud – elektrony se nakloněnými pásy nemohou pohybovat – pásy jsou zcela zaplněné.

Ve zbývajícím typu lesů (rod *Semiconductus*) je situace obdobná jako u rodu *Izolatus*, avšak vzdálenost volného pásu od pásu plně obsazeného opicemi je zde mnohem menší. Proto například při každoročním slavnostním kamenování opic domorodci přeskáče mnoho opic do volného pásu a zde se chovají podobně jako opice v lesech rodu *Conductus*. Navíc se však díky uvolnění míst v dřívě zaplněném pásu mohou přesouvat i opice, které zde zůstaly. Domorodci přišli na to, že je jednodušší sledovat, kde je v pásu volné místo (lidově zvané „díry“), než to, kam se která opice přesouvá. Dokonce někteří z nich po požití zkvašené ovocné šťávy přesvědčují turisty, že se přesouvají tyto „díry“!



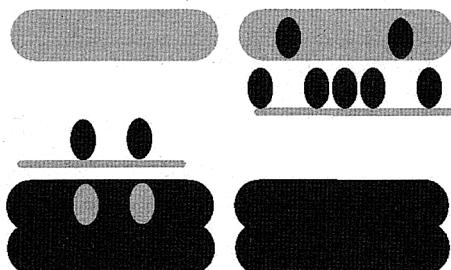
I v těchto lesích došlo k výstavbě nákladních lanovek. Opice však musí být během provozu lanovky kamenovány (kupodivu jsou výpravy do těchto lesů žádanější než do lesů rodu *Conductus*). Opice, které přeskáčily do horního volného pásu, skložovávají po nahnutém pásu dolů, ale díry vzniklé v původně plném pásu stoupají vzhůru (pozorný čtenář si tento zdánlivě paradoxní jev jistě sám objasní).

Polovodiče (např. křemík a germanium) mají podobné rozvrstvení elektronů jako izolanty, jen zakázaný pás mezi valenčním a volným pásem je mnohem užší – stačí menší dávky energie k tomu, aby elektrony přeskákaly do volného pásu. Zde se mohou volně přesouvat jako u vodičů. Dochází k tomu například vlivem tepelného pohybu – s narůstající teplotou roste jejich počet ve volném pásu. Na rozdíl od vodičů se zde pohyb elektronů účastní kromě elektronů ve volném pásu také elektrony valenčního pásu, které se mohou přesouvat do volných míst po elektronech, které přeskákaly do volného pásu. Pro popis situace je ale mnohem pohodlnější popisovat, kde je zrovna volné místo a mluvit o proudu „dér“. Tyto díry se ale pohybují opačným směrem než elektrony.

V posledních letech začaly být vysazovány na ostrově importované stromy rodu *Impuritus*. Většinou jsou jimi zaplňovány místa po vykácených stromech v monokulturních lesích (říká

se jim proto „příměsi“, což je ale mimochedom velmi nelichotivé označení jinak užitečných stromů). Díky tomu, že rostou „osamoceně“ (z hlediska rodové příslušnosti), rostou jim jednotlivé větve jako samostatně rostoucí stromům (netvoří pásy). Tyto větve většinou zasahují do pásů větví okolních stromů. V lesích rodu *Semiconductus* však dochází k tomu, že se určité větve „příměsi“ ocitnou v mezeře mezi plným a prázdným pásem větví, a to dokonce ve dvou různých variantách:

- a) druhu *I. acceptoris* rostou jeho větve (v normální situaci bez opic) těsně nad plně obsazených pásem okolních stromů – opice je proto obsadí (stačí k tomu velmi malé vznacky). Protože jsou to však pouze větve a ne pásy, nemohou se na nich opice přesouvat (nemají kam). Zanechávají však po sobě „díry“ v původním pásu.
- b) druh *I. donoris* má své větve (v normální situaci bez opic) těsně pod volným pásem okolních stromů. Tyto jeho větve jsou však plně obsazeny opicemi, které ve většině případů přeskáčou do volného pásu okolních stromů – „díry“ po nich zbylé jsou sice k ničemu, ale opice ve volném pásu se mohou volně pohybovat.



V obou případech získávají lesy rodu *Semiconductus* vlastnosti velmi podobné lesům rodu *Conductus* i bez kamenování opic (v jednom případě se zde při náklonu terénu pohybují „díry“, v druhém opice). Proto se i lesy rodu *Semiconductus* s „příměsi“ rodu *Impuritus* staly výrazným zdrojem příjmů cestovních kanceláří.

Chování polovodičů se prudce změní, nahradí-li se některé atomy polovodiče atomy tzv. příměsi (ke změně dojde už při záméně každého milióntého atomu). Energetické hladiny se u těchto atomů neštěpí (stoje „osamoceně“). Hladiny však musí mít jisté zvláštní vlastnosti.

a) *příměsi nazývané akceptory mají neobsazenou hladinu těsně nad valenčním pásem okolního polovodiče – dojde k jejímu zaplnění elektrony z tohoto pásu (přijímají – akceptují elektrony). Díry, které po nich zůstaly, se mohou ve valenčním pásu volně pohybovat. Mluví se proto o příměsových polovodičích typu P – vedení zajišťuje pozitivní díry. Příkladem je křemík s příměsi galia.*

b) *příměsi nazývané donory mají plně obsazenou vrstvu těsně pod volným pásem okolního polovodiče – jejich elektrony přeskáčou do volného pásu, kde se mohou volně pohybovat (příměs je dárce – donorem volných elektronů). Mluví se o příměsových polovodičích typu N – vedení zajišťuje negativní elektrony. Příkladem je křemík s příměsi fosforu.*

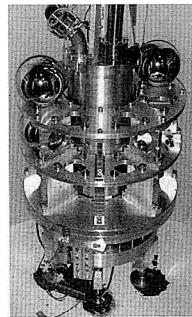
V obou případech získává je schopen polovodič vést elektrický proud i bez dalšího dodávání energie.

Pokud se vám příběhy z Ostrova opic líbí, počkejte si na další díl. V mezidobí zkuste zauvažovat, k čemu dojde, vysadí-li hoteliér v jedné půlce lesa stromy druhu *I. acceptoris* a v druhé *I. donoris*. Přesněji řečeno – k čemu dojde na rozhraní, kde se stýkají oblasti s různými příměsami.

Astronomické novinky 18

Miroslav Randa*, Pedagogická fakulta ZČU, Plzeň

Gravitační konstanta patří mezi základní fyzikální konstanty, přesoto její hodnotu známe s relativně malou přesností. Příčina je ve slabosti gravitační interakce vůči interakcím ostatním, což vede ke komplikacím při jejím měření: je totiž nutné co nejlépe odstínit všechna elektromagnetická pole. Přitom ale potřebujeme dostatečně velká tělesa (pochopitelně obsahující nabité částice), aby byla gravitační síla co největší. **Měření gravitační konstanty** na aparatuře (viz obr. – průměr koulí je 12,5 cm) v principu podobné původnímu Cavendishovu uspořádání z roku 1798 uskutečnil Jens Gundlach [3] se spolupracovníky a zlepšil přesnost konstanty dokonce desetkrát. Podle nových měření má konstanta hodnotu $(6,673\,90 \pm 0,000\,09) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$, tj. s nepřesností 0,0014 %. Spojení této hodnoty s měřenými družice Lageos umožnilo zpřesnit hodnoty hmotnosti Země na $(5,972\,23 \pm 0,000\,08) \cdot 10^{24} \text{ kg}$ a hmotnosti Slunce na $(1,988\,43 \pm 0,000\,03) \cdot 10^{30} \text{ kg}$.

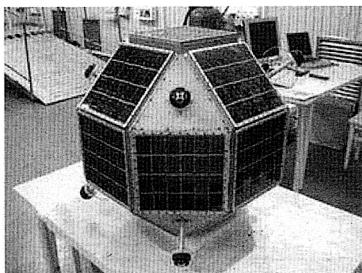


Země

Prestižní časopis *Science* vtipoval na konci roku 2002 **desítku fyzikálních objevů**, které nejvýrazněji přispěly k pokroku našich znalostí v uplynulém roce. Nemí žádným překvapením, že tři z uvedených hitů patří do oblasti astronomie. Mezi desítku nejvýznamnějších objevů se dostala samozřejmě **detekce všech typů neutrín** detektorem Sudbury Neutrino Observatory, umožňující lépe pochopit procesy v nitru Slunce (rozvoj neutrinové astronomie popisuje samostatný článek [2] v tomto čísle). Také **pozorování polarizace mikrovlnného reliktového záření** sondou WMAP, které vedlo k významnému zpřesnění našeho pohledu na počáteční okamžiky vesmíru, bylo velice významným kosmologickým počinem, a. Do desítky se dostalo i **zlepšování systémů adaptivní optiky**, díky níž můžeme pozorovat stále ostřejší obrázky kosmických objektů, od slunečních skvrn až po bouřková mráčna na Titanu, největším měsíci Saturnu. Dalšími pozoruhodnými počiny astronomů v loňském roce jsou další vylepšení přístrojového vybavení Hubblova kosmického dalekohledu HST, pozorování komety Ikeya-Zhang i dokončovací práce na detektoru gravitačních vln LIGO.

Astronomové si také rozdělili **Nobelovu cenu za fyziku za rok 2002**: Raymond Davis a Masatoši Košiba za neutrinovou a Riccardo Giacconi za rentgenovou astronomii.

Po oběžné dráze kolem Země obíhá v současné době již **šestá česká družice** s názvem MIMOSA (název je zkratkou slov **M**icro**M**easurements **O**f **S**atellite **A**ccelerations, tedy přibližně měření malých zrychlení družic) – viz obr. Družice byla vypuštěna 30. června 2003 z ruského kosmodromu Plesetsk a jejím úkolem bylo měřit negravitační zrychlení působící na družici, tj. zejména vlivy odporu atmosféry, tlaku přímého a odráženého slunečního záření a



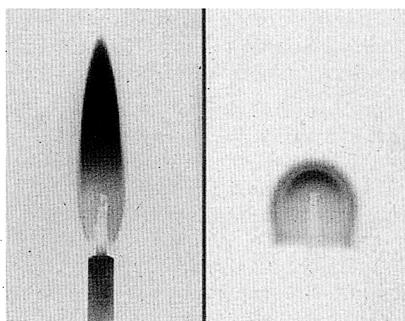
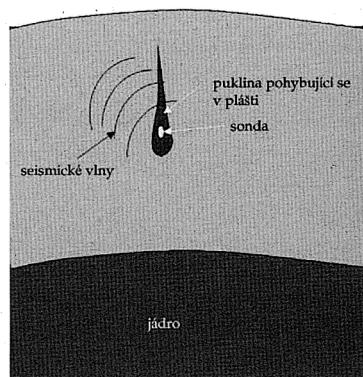
* randam@kof.zcu.cz

tepelného záření Země. Na základě naměřených hodnot pak měly být studovány vlastnosti vyšších vrstev atmosféry (rádiově stovky kilometrů nad povrchem Země). Bohužel po úspěšném startu vznikla na družici porucha a následně došlo ke ztrátě spojení.

Zajímavý příspěvek k rozvoji života na Zemi přinesli ve svých článcích Tori Hoehler a David Catling s kolektivem spoluautorů. Těžištěm jejich zájmu bylo, proč se na Zemi před více než 2 miliardami let objevilo v atmosféře velké množství kyslíku, které umožnilo přechod od jednobuněčných organismů k mnohobuněčným. I když postupovali jinými cestami (Hoehler měřením složení plynů využívaných primitivními organismy, Catling vytvořením teoretického modelu procesů probíhajících v tehdejších podmínkách), dospěli ke stejným závěrům, podle nichž došlo v době zhruba před 2,4–2,2 miliardami let k úniku velkého množství atomů vodíku do kosmického prostoru, a to jednak v podobě samotných vodíkových atomů, jednak jako součásti molekul metanu využívaných mikroorganismy. V atmosféře pak zůstaly z disociovaných molekul vody atomy kyslíku.

Sondu, která by měla být vypuštěna zcela netradičně do středu Země, navrhl David Stevenson s cílem studia zemského jádra. O tom, že zemské jádro sestává z vnitřního pevného jádra obklopeného roztaveným vnějším jádrem víme jen z nepřímých měření: ze studia seismických vln a zemětřesení, z analýzy meteoritů a z experimentů prováděných v laboratorních podmínkách za vysokého tlaku. Navržená sonda (viz obr.) velikosti grapefruitu by cestovala jádrem rychlostí 5 metrů za sekundu a měřila by teplotu, elektrickou vodivost a chemické složení jádra. Komplikací ale zůstává pravotní impuls vyžadující energii 10^{15} J, což je energie odpovídající například zemětřesení 7. stupně Richterovy stupnice.

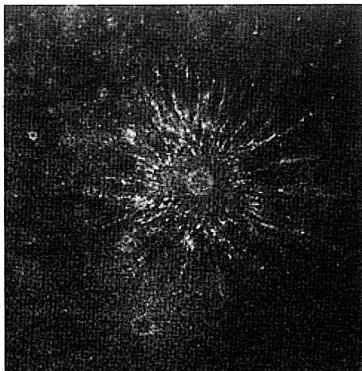
Plamen svíčky ve stavu bezvíže vyfotografovali astronauti na palubě raketoplánu (viz obr.). Zatímco na Zemi má plamen všeobecně známý tvar nahoru se zužující, v nepřítomnosti vzestupných proudů hoří svíčka plamenem sférického tvaru. Dalším rozdílem je modrá barva plamene v podmínkách mikrogravitace (v současnosti pojmenování mikrogravitace nahrazuje pojmenování stav bezvíže) a chybějící saze v plamenu.



plamen svíčky na Zemi a v podmínkách mikrogravitace

Merkur

Merkur je již několik desítek let stranou cílů kosmických sond. Proto zůstává spolu s nejvzdálenějšími planetami sluneční soustavy tělesem, které se dosud nepodařilo zmapovat. Poslední snímky získala sonda Mariner 10, která oblétnula Merkur v sedmdesátých letech; bohužel se jí podařilo pozorovat jen jednu polokouli Merkuru. Od té doby získáváme informace o tváři Merkuru jen pomocí radiových pozorování z povrchu Země. Na přelomu června a července předloňského roku objevili astronomové na snímku z obřího 305m radioteleskopu Arecibo v Portoriku poblíž rovníku Merkuru **obrovský kráter** o průměru 85 km obklopený radiálními paprsky známými rovněž z okolí kráteru Tycho na Měsici. Na rozdíl od paprsků rozburghajících se od kráteru Tycho jsou paprsky na Merkuru mnohem jasnější a nepravidelnější. Stáří objeveného kráteru je tedy pravděpodobně mnohem menší než 100 milionů let.



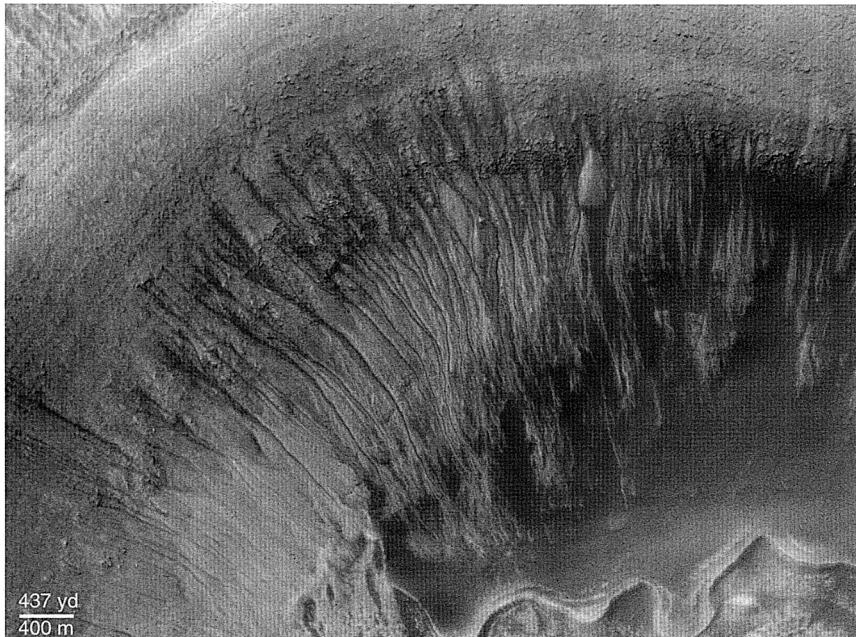
Mars

Výzkum Marsu pokračuje vysokým tempem. Kolem rudé planety stále obíhají sondy Mars Global Surveyor (MGS) a Mars Odyssey a zkoumají povrch Marsu z oběžné dráhy. Na základě dlouhodobého pozorování a měření výšky povrchových útváří laserovým výškoměrem MOLA (Mars Orbiter Laser Altimeter) na palubě MGS byla jednak pořízena mapa Marsu s dosud největším rozlišením (je dostupná například na webové adrese <http://astro.prf.zcu.cz/slnecnici/soustava/mars/podrobnesnicky.html>), jednak se vědcům podařilo zmapovat změny polárních čepiček v průběhu střídání ročních období. Překvapivým bylo zjištění, že **jižní polární čepička** se v průběhu polárního léta zmenšila na čtvrtinu až polovinu povrchu o 1–3 m, což je ztráta, která se v průběhu polární zimy nastačí zacelit. Kdyby se úbytek opakoval ve stejném rozsahu při každém léti, zmizela by polární čepička po několika stovkách až tisících let úplně. Z rychlosti úbytku ledu dále vyplývá, že je čepička tvořena z větší části suchým ledem, protože led (vodní) nesublimuje tak rychlým tempem.

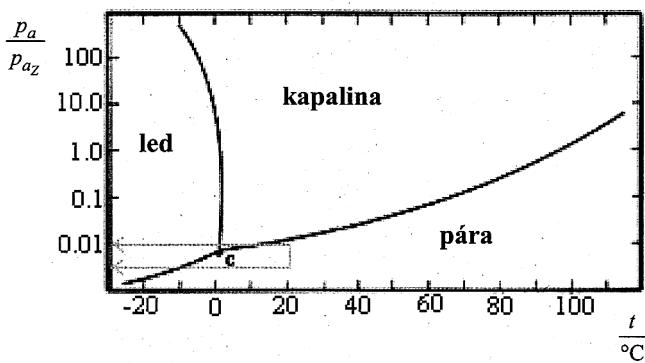
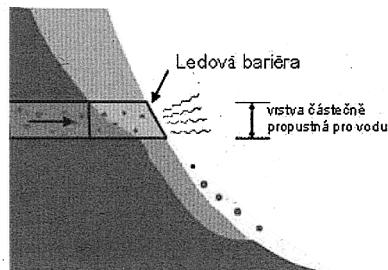
Zároveň se změnami velikosti a tloušťky polárních čepiček dochází také ke **změnám výšky povrchu Marsu v okolí čepiček**, jak se zde usazuje a sublimuje uvolněný oxid uhličitý. Průměrná změna výšky povrchu mezi létem a zimou je 1,5–2 m; průměrná hustota usazeného CO₂ je přibližně 900 kg·m⁻³. Z těchto výsledků vyplývá, že se oxid uhličitý patrně neusazuje jako sníh, ale spíše tvorí kompaktní vrstvu suchého ledu.

Velké množství CO₂ v polární čepičce potvrzuje hypotézu formulovanou již v roce 1966, podle níž je oxid uhličitý v čepičkách regulátorem **atmosférického tlaku** na Marsu. V průběhu marsovského roku dochází proto k velkým atmosférickým změnám. Při pokračujícím úbytku čepiček by atmosféra Marsu stále rychleji houstla. Nepatrná změna teploty by tak mohla vést k výrazným klimatickým změnám.

Otak, že na Marsu proudila v dávné minulosti voda, astronomové již delší dobu nepochybují. Na základě snímků ze sondy Mars Global Surveyor (MGS) se však vědci začali velmi vážně zabývat myšlenkou, že **tekoucí voda** může být na povrchu Marsu nalezena i v současné době. Podnětem pro tyto úvahy byly četné snímky velice mladých koryt, které můžou být vyhloubeny tekoucí vodou, a to na písečných dunách, ve stěnách kráterů, ale i v bezprašném terénu. Příkladem je svah kráteru Newton (viz obr. na následující straně).



S teorií, podle níž jsou tato čerstvá koryta vyryta v povrchu Marsu důsledkem tekoucí vody na Marsu, přišel dr. Ken Edgett z NASA. Jeho myšlenka je znázorněna na schématu vpravo. Voda v kapalném stavu se nachází na Marsu v hloubce zhruba 100–400 metrů pod povrchem. V místech, kde nepropustná vrstva vyvěrá ve svahu, se dostává na povrch a stéká po svahu dolů a vymílá pozorované koryto (odhad objemu vody proudících v jednom okamžiku v korytu jsou odhadovány na 2500 m^3). Protože na Marsu je atmosférický tlak



přibližně 100krát nižší než na Zemi a tedy blízký trojněmu bodu vody C (610 Pa, 0,01 °C) – viz stavový diagram pro vodu, může kapalná voda existovat jen ve dne a v případě vyššího atmosférického tlaku. Za těchto podmínek je teplota varu vody velmi níz-

ká – asi 10 °C, a tak se voda rychle mění v páru. Koryta proto po několika kilometrech končí a přecházejí v kamenná pole.

Sonda Mars Odyssey zmapovala umístění ledu pod povrchem Marsu. Ukázalo se, že nejvíce ledu je v okolí pólů (zhruba od 50. rovnoběžek). Horniny promíchané s ledem (objemový podíl ledu je nejméně 50 %) jsou překryty relativně tenkou slupkou prachu a kamení, a to asi 30 cm silnou kolem 75. rovnoběžky, zhruba 60 cm silnou kolem 60. rovnoběžky a 1 m silnou kolem 40. rovnoběžky. Vědci však zatím nemohou říci, do jaké hloubky sahá led pod povrchem. Existence ledu je totiž určována pomocí rentgenového spektrometru, který zachycuje z povrchu Marsu rentgenové záření a neutrally, přičemž je schopen rozlišit jejich rychlost. Kosmické záření dopadající na Mars ovlivňuje materiál zhruba do hloubky jednoho metru. Při interakci částic kosmického záření s atomy jsou emitovány rychlé neutrally; některé z nich odlétají do kosmického prostředí, jiné excituji atomy, například atomy vodíku a způsobují emisi gama záření s danou frekvencí. Protože nejpravděpodobnějším místem výskytu atomů vodíku jsou molekuly vody, vypovídá detekce rentgenového spektrometru o existenci vody na povrchu planety.

Včervnu letošního roku se otevřelo zhruba po dvou letech další okno vhodné pro vyslání sond na Mars (podrobněji o trasách sond viz [4]) a bylo skutečně intenzivně využito.

V současné době je proto na cestě k rudé planetě hned čtveřice sond. Jako první na cestu vyrazila první evropská sonda k Marsu s názvem **Mars Express**, jejímž hlavním cílem je pátrání po vodě a známkách života. K tomu bude sloužit i přistávací 30kg modul Beagle 2, vyvinutý britskými astronomy, který přistane 25. prosince 2003 v oblasti Isidis Platinia Basin severně od rovníku. Sonda by se měla stát na dva roky umělou družicí Marsu. V prosinci na Mars dorazí i první japonská sonda **Nozomi** (Naděje), která má ale zpoždění 4 roky. Sonda odstartovala začátkem července 1998 a měla dorazit k Marsu již v roce 1999. Porucha prodloužila její dráhu o dva obléty Země, přičemž druhý se uskutečnil 19. června letošního roku. Konečně poslední dvě sondy vyslala na Mars NASA. Jedná se o dve automatické vozítka (roversy) s názvy **Spirit** (Duch) a **Opportunity** (Šance), která dorazí k Marsu začátkem příštího roku a po přistání budou samostatně zkoumat okolí místa přistání podobně jako vozítko Sojourner v roce 1997. Na rozdíl od svého předchůdce jsou nově vyslaná vozítka větší (každé váží 150 kg) a za den urazí podstatně větší vzdálenost – až 40 metrů (vozítko Sojourner urazilo za celý pobyt vzdálenost zhruba 100 metrů).

Zároveň již astronomové připravují **další mise**: v roce 2005 by měla startovat sonda Mars Reconnaissance Orbiter s velice kvalitní kamerou schopnou k Zemi zasílat snímky s rozlišením několika desítek centimetrů; v dalším okně v roce 2007 poletí k Marsu sonda Scout Mission, jejímž úkolem bude testování balonů a ultralehkých letadel v atmosféře planety; v roce 2009 bude startovat sonda s vozítkem, schopným pohybu po povrchu Marsu na velké vzdálenosti a konečně pro roky 2014 a 2016 jsou plánovány sondy, které by měly přivézt na Zemi vzorky hornin z Marsu.

Měsíce (obřích) planet

Opět došlo ke značným posunům v **počtech měsíců obřích planet**. Na čele žebříčku se usadil dosti pevně Jupiter s 61 měsíci; Saturn má v současné chvíli (stav k počátku listopadu 2003) 31 známých měsíců, Uran 27 a Neptún 13. Všechny nově objevené měsíce mají velikost několika kilometrů a mnohé obíhají opačným směrem, než jakým rotuje mateřská planeta (tzv. retrográdní oběh). Pracovní skupina pro jména v planetární soustavě (Working Group for Planetary System Nomenclature) Mezinárodní astronomické unie (International Astronomical Union) je doslova zahlcena a jména měsíců jsou ohlašována s několikaletým odstupem. 11 měsíců Jupitera objevených v letech 1999 a 2000 bylo pojmenováno koncem listopadu 2002 podle milenek Jupitera či podle jejich dětí a vnuček. Na konci

července 2003 pak byly pojmenovány měsíce Saturnu objevené v roce 2000 (podle norských, finských a galských titánů) a měsíce Jupiteru a Uranu objevené o rok později. Veškerá jména měsíců obřích planet jsou nyní následující (měsíce jsou řazeny podle rostoucí vzdálenosti od planety, nově pojmenované měsíce jsou vytiskeny tučně, v závorce je „poloměr“ měsíce v kilometrech):

Jupiterovy měsíce jsou Metis (43), Adrastea (16), Amalthea (167), Thebe (99), Io (3 643), Europa (3 122), Ganymédes (5 262), Callisto (4 821), **Themisto** (8), Leda (20), Himalia (170), Lysithea (36), Elara (86), **Euporie** (4), **Iocaste** (5), **Praxidike** (7), **Euanthe** (6), **Harpalyke** (4), **Orthosie** (4), **Hermippe** (8), Ananke (28), Thyone (8), **Pasithee** (4), **Isonoe** (4), **Kale** (4), **Erinome** (3), **Eurydome** (6), **Taygete** (5), **Chaldene** (4), Carme (46), Aitne (6), Pasiphae (60), Kalyke (5), Sponde (4), Magaelite (5), Sinope (38), Callirhoe (9), Autonoe (8) (nově objevené měsíce obíhající ve směru rotace planety mají jméno s koncovkou -a, retrográdně obíhající měsíce mají jméno končící -e).

Měsíce Saturnu nesou následující jména: Pan (20), Atlas (32), Prometheus (100), Pandora (84), Janus (178), Epimetheus (119), Mimas (397), Enceladus (499), Tethys (1 060), Telesto (24), Calypso (19), Dione (1 118), Helene (32), Rhea (1 528), Titan (5 150), Hyperion (283), Iapetus (1 436), **Kiviuq** (14), **Ijiraq** (10), Phoebe (220), **Paaliaq** (19), **Skadi** (6), **Albiorix** (26), **Erriapo** (9), **Siarnaq** (32), **Tarvos** (13), **Mundilfari** (6), **Suttung** (6), **Thrym** (6), **Ymir** (16).

Názvy Uranových měsíců (odvozené na rozdíl od mytologických názvů měsíců ostatních planet ze Shakespearových a Popeových děl) jsou Kordélie (40), Ofélie (23), Bianca (51), Cressida (80), Desdemona (64), Julie (94), Portia (135), Rosalinda (72), Belinda (81), Puck (162), Miranda (472), Ariel (1 158), Umbriel (1 169), Titania (1 578), Oberon (1 523), Caliban (89), Stephano (20), **Trinculo** (10), Sycorax (190), Prospero (30), Setebos (30).

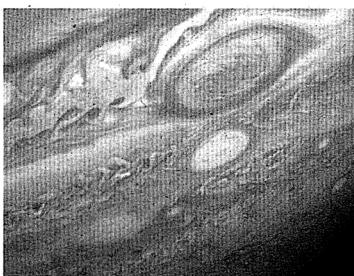
Pojmenované Uranovy měsíce jsou Naiada (58), Thalassa (80), Despina (148), Galatea (158), Larissa (192), Proteus (416), Triton (2 707), Nereida (340).

Pro úplnost Země má Měsíc (3 475), Mars dva měsíce Phobos (22) a Deimos (12) a Pluto měsíc Charon (1 186).

Jupiter

Velká rudá skvrna v atmosféře Jupitera se změnuje. Tvrdí to Amy Simon-Millerová, která porovnala historické záznamy s pozorováním sond Voyager, Galileo a Cassini.

Zjistila tak, že v roce 1880 byl „podélný“ rozměr **Velké rudé skvrny** (ve směru rotace Jupitera) zhruba 40 000 km (více než tří průměry Země), zatímco při návštěvě sond Voyager v roce 1979 již jen 25 000 km a v současné době méně než 20 000 km. „Přičný“ rozměr po celou dobu zůstává nezměněn: 12 000 km. Bude-li tempo úbytku podélného rozměru stálé, dočkáme se v roce 2040 kruhového tvaru skvrny. Astronomům ovšem přibyl problém, protože přičina zakulacování Velké rudé skvrny, stejně jako přičina změn její jasnosti a barev není známa. První hypotézy přičítají změny skvrny konvekčnímu proudění doprovázejícímu bouřkovou činnost v nitru atmosféry planety.



Sonda Galileo pomalu končí svůj téměř osmiletý pobyt v blízkosti Jupiteru, při němž sledovala Jupiterovu atmosféru, několikrát prolétla velmi těsně kolem čtyř největších měsíců a přinesla obrovské množství snímků a dalších dat. Koncem roku se zblízka podívala také na menší měsíc **Amalthea**. Amalthea má na rozdíl od čtyř galileovských měsíců ne-

pravidelný tvar; nejdelší osa měsíce měří 270 km, příčné osy jsou přibližně poloviční. Sonda prolétla jen 160 km daleko a z gravitačního působení měsíce na sondu byla vypočtena hmotnost měsíce a následně i hustota odpovídající hustotě ledu v pozemských podmínkách. Právě takto nízká hustota byla nečekaně nízká, protože dosavadní teorie vzniku měsíců Jupiteru předpokládaly (ve shodě s klesající hustotou galileovských měsíců Io–Europa–Ganimedes–Callisto), že nejhustejší jsou měsíce obíhající nejbliže Jupiteru. Amalthea je podle zjištěných údajů zřejmě jen jakousi hromadou trosek po měsíci, který byl rozbit střázkami s dopadajícími tělesy v epoše vzniku měsíců. Protože nepatří mezi dostatečně velká tělesa, při opětném gravitačním slepování nedošlo k roztavení tělesa a jeho vytvarování do přibližně kulového tvaru. I když měsíc může v nitru skrývat velké mezery, je hustota pevných součástí Amalthee nižší než hustota materiálu Io.

Vloňském roce byla zpřesněna **tlušťka ledového příkrovu na měsících Europa a Ganymedes**, pod níž předpokládají astronomové kapalný oceán. Z analýzy hloubek kráterů vyplynula pro Europu tloušťka ledu 19 km a pro Ganimedes dokonce 80 km. Jen pro úplnost doplňují, že zřejmě Callisto má zřejmě podpovrchový oceán; tloušťka ledové izolující vrstvy však nebyla zveřejněna.

Měsíc Io vzbudil pozornost z naprosté jiného důvodu: při posledním průletu sondy Galileo v loňském roce bylo pozorováno 13 nových sopek a zjištěn dosud nejvyšší výron hmoty (500 km nad povrch měsíce), při němž bylo okolí sopky obklopeno přechodně „atmosférou“ a část této hmoty spadla zpět na povrch ve formě „sněhu“. Navíc snímky s vysokým rozlišením ukázaly četné případy kolabujících a potápějících se útvarů připomínajících „útesy“, což by mohlo být důkazem **tektonické činnosti na Io**, ovšem tektonické činnosti vertikální, nikoliv horizontální, jak ji známe na Zemi.

Saturn

Sbližícím se termínum příletu evropské sondy Cassini k Saturnu (začátek července 2004) se astronomové stále více zajímají o jeden z hlavních cílů mise – největší měsíc Saturnu – **Titan**. Na něm má o půl roku později přistát pouzdro **Huygens** (pojmenované podle objevitele měsíce) a zahájit tak přímý průzkum tohoto pozoruhodného měsíce. V loňském roce byly zveřejněny výsledky radiového pozorování Titanu portorickým 305m teleskopem Arecibo. Vysílané pulsy radiového záření měly při návratu k Zemi nečekaně velkou intenzitu, což znamená, že se na Titanu musejí nacházet velké rovné plochy (s vertikálními nerovnostmi menšími než 1 metr) – obří jezera či oceány o průměrech 100–400 km. Kupodivu však poloha odrazových ploch nesouhlasí s obrovskými světlými a tmavými plochami na povrchu, které byly již dříve pozorovány Hubblovým teleskopem v infračervené oblasti [1].

Tým vedený Caitlin Griffithovou pozoroval Titan v infračerveném oboru pomocí dalekohledu UKIRT (United Kingdom Infrared Telescope) a IRTF (Infrared Telescope Facility) na osmi vlnových délkách mezi 0,8 a 5,1 μm, které pronikají hustou atmosférou. Jejich pozorování prokázalo existenci ledu H₂O na povrchu Titanu. Kombinace husté atmosféry tvořené dusíkem a metanem s ledovým povrchem měsíce nabízí zajímavé spekulace týkající se možnosti zárodků života na Titanu. Máme se tedy skutečně na co těšit.

Literatura:

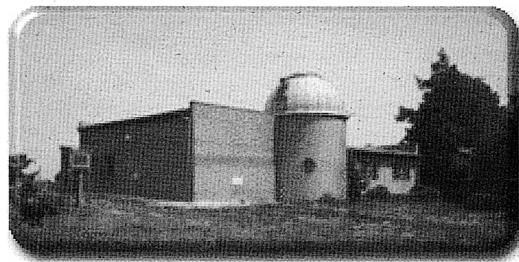
- [1] Randa M.: *Astronomické novinky 15*. Školská fyzika VI, č. 3 (2000), 41.
- [2] Randa M.: *Neutrínová astronomie*. Školská fyzika VIII, č. 1 (2003), 3.
- [3] <<http://www.npl.washington.edu/eotwash/gconst.html>> *The Controversy over Newton's Gravitational Constant* (anglicky).
- [4] Štefl V.: *Jak se kosmické sondy dostávají k Marsu?* Školská fyzika VII, č. 1 (2001), 12.

Astronomie přichází za vámi

Marek Česal^{*}, Hvězdárna Rokycany

Výuka astronomie je v dnešní době ve školách na okraji zájmu osnov. Na základních školách se jen lehce probírá sluneční soustava. Na většině středních škol je fyzika tak hodinově omezená, že se na astronomii z časových důvodů nedostane. Ani na gymnáziích není situace optimální. Základy astrofyziky jsou zařazeny na závěr 4. ročníku, kdy již vrcholí přípravy k maturitním zkouškám, a tak se s astrofyzikou většina studentů vůbec nesetká.

Pokud student má zájem o informace z astronomie, škola mu většinou nepomůže. S náruštajícím zájmem o astronomii si dnes učitel poradí buď pomocí nějaké encyklopedie na CD-ROMu, nebo nechají žáky brouzdat po internetu a doufají, že si informace najdou sami. V lepším případě s nimi navštíví blízkou hvězdárnu (seznam dostupných institucí je k dispozici na [www serveru České astronomické společnosti <http://www.astro.cz>](http://www.astro.cz). Zde si může každý vyhledat hvězdárnu ve svém nejbližším okolí).



Hvězdárna v Rokycanech je umístěna na Oseckém vrchu severně nad městem. Mimo jiné je vybavena 150mm dalekohledem typu Coude, který je připraven návštěvníkům zprostředkovat přiblížení vzdálených objektů na obloze. Pozorování lze doplnit názornou přednáškou. Témata nabízených přednášek najdete na našich www-stránkách. Po předchozí domluvě je možno připravit i program na jiné téma z astronomie a s ní souvisejících oborů. Nabízíme také možnost vlastní práce s menšími dalekohledy. Pro učitele je tu pak možnost seznámení s novými poznatkami z astronomie, které jim pomohou při výuce.

I v případě, že nemáte čas se vydat na hvězdárnu, nebo vás odrazují problémy s dopravou, pro vás máme řešení. Pracovníci Hvězdárny v Rokycanech se rozhodli v rámci popularizace astronomie a rozšíření svých služeb zajiždět se svými programy a pozorovací technikou přímo na školy. Dovezená technika umožňuje za jasného počasí pozorování sluneční fotosféry.

Bližší informace získáte na našich www stránkách: www.hvezdarna.powernet.cz nebo je možno se informovat telefonicky (+420 371 722 622). Objednávky lze následně provádět u paní Lukešové prostřednictvím e-mailu (lukesova@hvezdarna.powernet.cz) nebo telefonicky.

Kontakt:

Hvězdárna v Rokycanech
Voldušská 721/II
337 11 Rokycany

telefon: 371 722 622
e-mail: lukesova@hvezdarna.powernet.cz
stránky: www.hvezdarna.powernet.cz

^{*}mcesal@volny.cz

Celostátní kolo FO – Olomouc 2003

Josef Kepka, Miroslav Randa**, Pedagogická fakulta ZČU, Plzeň*

Hanácká metropole Olomouc přivítala účastníky celostátního kola 44. ročníku fyzikální olympiády, kategorie A již tradičně studeným počasím a sněhovou přeháňkou. Na náladě přítomných to však nic neubralo, čekalo je příjemné ubytování na vysokoškolských kolejích Bedřicha Václavka, které ochotně zapůjčila Univerzita Palackého v Olomouci. Celkem se do Olomouce na celostátní kolo FO ve dnech 13.–16. března 2003 sjelo 51 nejlepších účastníků krajských kol, tentokrát byly více než v jiných letech zastoupeny dívky – bylo jich pět.

Slavnostní zahájení proběhlo v obřadní síni olomoucké radnice, kde přítomným zcela neformálně přivítal první náměstek primátora Olomouce pan Ing. Vladimír Pokorný, který kromě přání mnoha úspěchů a hezkého pobytu ohromil účastníky svými znalostmi historie města a radnice. Celostátní kolo FO zahájili předseda Ústředního výboru fyzikální olympiády prof. RNDr. Ivo Volf, CSc. a předseda krajského výboru FO v Olomouci Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D. Professor Volf krátce zhodnotil průběh krajských kol, konstatoval, že úlohy pro zmíněná kola byly výborné, ale že pro celostátní kolo jsou připraveny úlohy ještě lepší, nikoli však lehčí. Poté si v doprovodu zkušených průvodců peloton účastníků prohlédl historické části radnice, podíval se na město z radniční věže a navštívil nejznámější památky města.

Po večeři účastníky informoval v přednášce „Česká zrcadla pod Andami“ Mgr. Martin Vlček z Přírodovědecké fakulty o budování Observatoře Pierra Augera v Argentině, která bude zaměřena na detekci energetických částic kosmického záření. Tohoto velkolepého projektu Evropské kosmické agentury se účastní i odborníci z České republiky, například z Olomouce. Mgr. Vlček všechny přítomné zaujal velmi pouťavým vyprávěním o projektu i Argentině, ale i spoustou krásných fotografií.

Druhý den dopoledne se rozdělovalo 40 bodů za řešení teoretických úloh. První úloha zkoumala rovnovážnou polohu dvou fyzických kyvadel spojených gumovým vlákнем a soutěžící příliš nepotěšili autorku úlohy Mgr. Miroslavu Jarešovou, protože z maximálního počtu 10 bodů získali průměrně jen 6,6. Nejlepší řešení (získal maximální počet bodů) odevzdal Miroslav Hejna z Gymnázia F. M. Pelcla v Rychnově nad Kněžnou.

Mgr. Miroslava Jarešová byla rovněž autorkou druhé úlohy, popisující Kelvinovy váhy. Studenti v něm počítali náboj na deskách kondenzátoru Kelvinových vah, sílu mezi deskami



Obr. 1 První náměstek primátora města Olomouc Ing. Vladimír Pokorný při slavnostním zahájení soutěže

* kepka@kof.zcu.cz

** randam@kof.zcu.cz

kondenzátoru a hmotnost závaží potřebnou k obnovení rovnovážného stavu. Průměrný bodový výsledek byl 5,8. I druhou úlohu podle opravujících nejlépe vyřešil Miroslav Hejna a získal plný počet 10 bodů.

Třetí úloha se týkala optiky: jejím cílem bylo zkoumání závislosti osvětlení stínítka od bodového zdroje na vzdálenosti spojené čočky umístěné mezi stínítkem a zdrojem osvětlení. Autorkou byla opět Mgr. Miroslava Jarešová a účastníci si s touto úlohou poradili nejhůře – získali průměrně jen 4,4 bodu. Za nejlepší řešení této úlohy získal 10 bodů a ocenění Matouš Ringel z Gymnázia Broumov.

Ctvrtá úloha byla tradičně zaměřena na problematiku rozebranou ve studijním textu a autorem úlohy byl prof. Ing. Bohumil Vybíral, CSc. Úloha se zabývala vlivem odporové síly na nákladní automobil a zkoumáním závislosti hmotnosti nákladu na pohyb takového automobilu. Soutěžící za řešení čtvrté úlohy získali průměrně 7,9 bodu. Mezi soutěžícími, kteří získali plný počet 10 bodů, bylo jako nejlepší vyhlášeno řešení Petra Pošty z Gymnázia Pardubice, Dašická ulice.

Zatímco si studenti lámalí hlavy nad teoretickými úlohami, členové ÚV FO hodnotili minulý ročník soutěže včetně výsledku na mezinárodní fyzikální olympiadě v Indonésii, vyměňovali si zkušenosti ze spolupráce s krajskými úřady při pořádání krajských kol olympiády a připravovali další ročník soutěže.

Odpoledne si členové ÚV FO a soutěžící role vyměnili: zatímco členové výboru vytvořili týmy a věnovali se opravě teoretických úloh, na studenty čekala exkurze do fyzikálních laboratoří Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého. Po večeři se pak všichni společně dozvěděli leccos zajímavého o způsobech šifrování od doc. RNDr. Miloslava Duška, Ph.D. v přednášce „Kvantová kryptografie aneb foton jako důvěryhodný kurýr“.

Sobotu patřila experimentální úloha, za kterou se uděluje pravidelně 20 bodů. Letošní praktická úloha byla věnována aktuálnímu problému „Transportu vlnka stavebním materiálem“ a její autorkou byla RNDr. Renata Holbová, CSc. z katedry experimentální fyziky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Při jejím řešení studenti museli prokázat nejen znalosti teoretické (včetně odvození příslušných vztažů s využitím řešení jednoduché diferenciální rovnice), ale i experimentální zručnost a pečlivost. To nejsou činnosti, které by byly na střední škole v popředí zájmu, a proto nepřekvapilo, že průměrný výsledek úlohy byl jen 8,6 bodu (43 % možných). 15 bodů a ocenění za nejlepší řešení experimentální úlohy získal Jan Moláček z Gymnázia J. K. Tyla v Hradci Králové.



Nejúspěšnější dívka Jana Matějová ze SPŠS v Chrudimi a absolutní vítěz Matouš Ringel z Gymnázia Broumov

nosti, které by byly na střední škole v popředí zájmu, a proto nepřekvapilo, že průměrný výsledek úlohy byl jen 8,6 bodu (43 % možných). 15 bodů a ocenění za nejlepší řešení experimentální úlohy získal Jan Moláček z Gymnázia J. K. Tyla v Hradci Králové.

Sobotní odpoledne soutěžící věnovali výletu do okolí Olomouce a diskusi s opravujícími. Večer se pak opět všichni sešli, a to na divadelním představení Moravského divadla Shakespeareovy hry „Jindřich IV.“. Závěr dne (a začátek neděle) pak patřil závěrečnému zasedání

ÚV FO, který projednal a schválil celkové výsledky soutěže a zabýval se i konkrétními náměty pro zkvalitnění dalších ročníků fyzikální olympiády.

V neděli pak následovalo slavnostní ukončení soutěže ve filmovém sále Uměleckého centra univerzity. Organizátorem se podařilo získat velké množství sponzorů (Severomoravská energetika, Autocont, Aktiva, Česká spořitelna, Český rozhlas Olomouc, Emos, Globus, Hanácká kyselka, Kvapil elektro, Merit, Moravské divadlo Olomouc, PSP Slévárna, a. s., Sajm computers, T. S. Bohemia, Olomoucký kraj, Město Olomouc a Univerzita Palackého Olomouc), a tak si nejlepší účastníci odváželi velmi zajímavé ceny. K první ceně tak patřil kromě drobnějších cen také digitální fotoaparát věnovaný hlavním sponzorem – firmou Severomoravská energetika, další soutěžící si odvezli radiomagnetofony, doplňky k počítačům, dárkové koše, knižní ceny a mnoho dalších.



Předseda ÚV FO prof. RNDr. Ivo Volf, CSc. (stojící) a
místopředseda ÚV FO prof. Ing. Bohumil Vybíral, CSc.
při vyhlašování výsledků

Slavnostní ráz podtrhl projev prorektora Univerzity Palackého prof. RNDr. Miroslava Mašláňe, CSc., který poděkoval jménem univerzity za uspořádání soutěže v Olomouci a pochloubil se hodně úspěchů ve fyzice i v dalším životě. Pak předseda ÚV FO vyhlásil výsledky soutěže a prvních 10 soutěžících pozval na soustředění před mezinárodní fyzikální olympiadou, která se letos uskutečnila v červenci v Tchaj-peji. Na závěr poděkoval hostitelům v čele s Mgr. Lukášem Richterkem, Ph.D., kteří celostátní kolo připravili a zajistili jeho bezvadný průběh. Prof. Ing. Bohumil Vybíral, CSc. informoval o tom, že nejlepší účastníci mezinárodních olympiád budou stejně jako v minulých letech oceněni 4. prosince cenami Premium Bohemiae. V závěru převzala fyzikálně olympijský oheň předsedkyně středočeského krajského výboru FO RNDr. Jarmila Mulačová a pozvala všechny oprávněné účastníky v roce 2004 do Mladé Boleslaví.

CELKOVÉ VÝSLEDKY CELOSTÁTNÍHO KOLA FO**Vítězové**

1. Ringel Matouš	Gymnázium Broumov	54
2. Cviček Václav	Gymnázium P. Bezruče Frýdek-Místek	53,5
3. Moláček Jan	Gymnázium J. K. Tyla Hradec Králové	53
4. Hejna Miroslav	Gymnázium F. M. Pelclla Rychnov n. Kn.	48,5
5. Pošta Petr	Gymnázium Dašická Pardubice	47
6. Trnka Jaroslav	Gymnázium Na Pražačce Praha 3	46
7. Čížek Pavel	Dvořákovo gymnázium Kralupy nad Vltavou	44
7. Šípal Vít	Gymnázium Jateční Ústí nad Labem	44
9. Kala Vítězslav	Gymnázium Kpt. Jaroše Brno	43
9. Prachař Jan	Gymnázium F. M. Pelclla Rychnov n. Kn.	43

Úspěšní řešitelé

11. Kazda Alexandr	Gymnázium Nad Alejí Praha 6	41,5
12. Tůma Karel	Matiční gymnázium Ostrava	39
13. Krčál Marek	Gymnázium Kpt. Jaroše Brno	38,5
13. Matějová Jana	Střední průmyslová škola strojnická Chrudim	38,5
15. Werl Milan	Gymnázium Kpt. Jaroše Brno	38
16. Hampl Michal	Gymnázium J. Škody Přerov	36,5
17. Bareš Michal	Gymnázium Mikulášské nám. Plzeň	36
18. Malý Lukáš	Gymnázium Sokolov	35,5
18. Vansa Tibor	Matiční gymnázium Ostrava	35,5
20. Fabriková Jana	Gymnázium Kpt. Jaroše Brno	34,5
21. Chvátal Lukáš	Gymnázium Vejrostova Brno	34
22. Hrudíková Jana	Gymnázium J. Škody Přerov	33
22. Matyska Vojtěch	Gymnázium Ch. Dopplera Praha 5	33
24. Sládeček Martin	Gymnázium Písek	32
25. Ajgl Jiří	Gymnázium Mikulášské nám. Plzeň	30,5

25. Mareček David	Gymnázium Mikulášské nám. Plzeň	30,5
25. Pop Tomáš	Gymnázium Dašická Pardubice	30,5
28. Matásek Luboš	Gymnázium Mikulášské nám. Plzeň	30
29. Hrubý Vojtěch	Gymnázium Nová Paka	29
29. Picková Radka	Gymnázium J. Pekaře Mladá Boleslav	29
31. Čertík Ondřej	Gymnázium Ch. Dopplera Praha 5	28,5
32. Houštěk Petr	Gymnázium Pelhřimov	28
33. Bártík František	Gymnázium Jírovcova České Budějovice	27,5
33. Novák Alexandr	Gymnázium Lovosice	27,5
35. Lipovský Jiří	Gymnázium Bystřice nad Perštějnem	27
36. Svoboda Jaroslav	Gymnázium Mikulášské nám. Plzeň	26
37. Galaczová Barbora	Gymnázium Třinec Třinec	25,5
37. Schmidt Marek	Gymnázium Karviná Karviná	25,5
39. Hladký Jan	Gymnázium Kpt. Jaroše Brno	25

Ostatní řešitelé

40. Absatz Leoš	Střední průmyslová škola Zlín	24,5
41. Kozák Tomáš	Gymnázium J. Vrchlického Klatovy	24
42. Máchač Josef	Gymnázium P. de Coubertina Tábor	23,5
42. Pečeňa Milan	Gymnázium Lesní čtvrt' Zlín	23,5
44. Brom Pavel	Gymnázium J. Pekaře Mladá Boleslav	22,5
44. Salášek Martin	Gymnázium L. Pika Plzeň	22,5
46. Varvařovský Václav	Gymnázium Mikulášské nám. Plzeň	22
46. Zavadil Michal	Střední průmyslová škola Jihlava	22
48. Bajer Lukáš	Gymnázium F. X. Šaldy Liberec	21,5
48. Ludvík Pavel	Gymnázium M. Koperníka Bílovec	21,5
50. Paleček Jiří	Gymnázium Kladno	21
51. Záležák Tomáš	Gymnázium Matyáše Lercha Brno	19,5

34. MFO – Tchaj-pej (Tchaj-wan)

Ivo Volf^{*}, Bohumil Vybiral^{**}, ÚV FO, Univerzita Hradec Králové

Uspořádáním 34. mezinárodní fyzikální olympiády byla v roce 2003 pověřena Čínská republika (Tchaj-pej), která přípravě věnovala více než dva roky. Průběh byl poněkud narušen nebezpečnou epidemii SARS, která zasáhla i Tchaj-wan. Světová zdravotnická organizace (WHO) nedoporučila po jistou dobu služební a turistické cesty na Tchaj-wan, a tak byla soutěž odložena a uspořádána se zpožděním 3 týdnů – od 2. do 11. srpna 2003. Na bezvadné organizaci to nebylo možno poznat. Soutěž uspořádalo Ministerstvo vzdělávání Čínské republiky a Národní rada pro přírodní vědy, které svěřily organizaci National Taiwan Normal University v Tchaj-peji.



Příprava českého družstva na 34. MFO započala celostátním kolem – všem vítězům FO byla nabídnuta účast na přípravě k této světové soutěži. Jak už však bývá zvykem, několik vítězů se probojovalo do skupiny nejlepších i v matematice a lákala je účast na MMO v Japonsku. Jeden z vítězů celostátního kola, účastník již dvou MFO, Miroslav Hejna, přesáhl věkem daný limit a nemohl se soutěži již zúčastnit. Po jednání předsedů výborů ÚVFO a ÚVMO se soutěžícími byli pro přípravu vybráni:

1. Václav Cviček z gymnázia ve Frýdku-Místku
2. Matouš Ringel z gymnázia v Broumově
3. Petr Pošta z gymnázia v Rychnově nad Kněžnou
4. Jaroslav Trnka z gymnázia v Praze, Na Pražáčce
5. Vít Šípal z gymnázia v Ústí nad Labem
6. Alexandr Kazda z gymnázia v Praze, Nad Alejí
7. Jan Prachař z gymnázia v Rychnově nad Kněžnou.

Těmto soutěžícím, z nichž tři již Českou republiku reprezentovali na 33. MFO v Indonésii (Cviček, Prachař, Kazda), byla zaslána Sbírka úloh k přípravě na MFO, dopisy nového korespondenčního semináře MFO a byli pozváni na celostátní soustředění na Katedru fyziky Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové, které proběhlo ve dnech 11.–21. června 2003. Na tomto soustředění jsme se zaměřili na doplnění středoškolského učiva o některé moderní partie podle Sylabu MFO a především na experimentální složku přípravy – každý den měli soutěžící za úkol provést dvě laboratorní úlohy z vysokoškolského praktika a zpracovat pro-

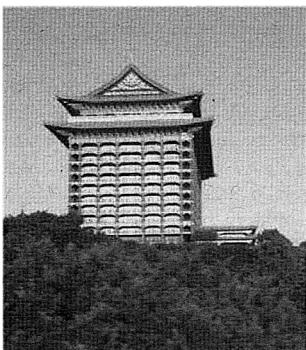
^{*}ivo.volf@uhk.cz

^{**}bohumil.vybiral@uhk.cz

tokol. Na vedení přípravy se podíleli pracovníci katedry fyziky – prof. RNDr. Ivo Volf, CSc., prof. Ing. Bohumil Vybjral, CSc., doc. RNDr. Josef Hubenák, CSc., Miroslav Ouhrabka, CSc., Ing. Karol Radocha, RNDr. Jaroslav Podobský. Na základě posouzení práce účastníků bylo stanoveno následující pořadí účastníků MFO: 1. V. Cviček, 2. M. Ringel, 3. P. Pošta, 4. J. Prachař, 5. J. Trnka, 6. V. Šípal (náhradník).

Delegaci doprovázeli prof. RNDr. Ivo Volf, CSc. jako vedoucí a prof. Ing. Bohumil Vybjral, CSc. jako pedagogický vedoucí, oba z Univerzity Hradec Králové.

V časných hodinách v pátek 1. srpna 2003 se delegace sešla na Ruzyňském letišti v Praze,



zde byli ubytováni studenti

aby odletěla do Amsterodamu a odtud letadlem čínských aerolinií přes Bangkok do Tchaj-peje, kam dorazila v sobotu 2. srpna odpoledne. Studenti byli ubytováni ve velmi krásném Grand hotelu, ležícím nad městem, s pohledem na celé Tchaj-pej, vedoucí delegaci v centru města v hotelu Howard, kde pak probíhala i všechna jednání mezinárodní komise.

V neděli 3. srpna dopoledne proběhl zahajovací ceremoniál. Nejprve se představili soutěžící z 54 zúčastněných zemí, potom pokračoval prezident Čínské republiky Chen Shui-bian, který pozdravil účastníky, zdůraznil význam fyziky pro moderní společnost a poprál všem hodně úspěchů. Dále hovořili: viceprezident Národní rady pro přírodní vědy prof. Chun-Chen Liao, primátor města Hsin-Hsiung Bai, rektor National Taiwan Normal University prof. Maw-Fa Chien, předseda Fyzikální

ní společnosti Čínské republiky prof. Shih-Chang Lee a prezident Mezinárodní fyzikální olympiády dr. Waldemar Gorzkowski. Na závěr ministr vzdělávání dr. Jong-Tsun Huang prohlásil 34. MFO za zahájenou. Ceremoniál byl doprovázen kulturním programem, obsahujícím čínskou klasickou hudbu a lidové tance v podání univerzitních hudebních a tanečních souborů. Setkání vyvrcholilo recepcí v prostorách městské radnice, kde zahájení proběhlo.

Zatímco studenti si prohlíželi město Tchaj-pej, vedoucí delegací se odebrali na své první zasedání, spojené s diskusi teoretických úloh a jejich překladem. Zasedání bylo zahájeno ve 14.00, oficiální závěrečná verze úloh byla dokončena až o půlnoci, překlady a přepis zabraly celou noc (12 stran textu) a naše delegace končila v 6.30 (soutěž začala pro studenty v 8.00).

První úloha dostala název **Houpačka s padajícím závažím** a popisovala chování kyvadla, jehož vláknko se obtáčí kolem válcové tyče, takže jeho délka se postupně zkracuje. Druhá úloha se nazývala **Piezoelektrický krystal jako rezonátor buzený střídavým napětím**. V první části se studovaly mechanické vlastnosti destičky, ve druhé elektromechanické vlastnosti, včetně piezoelektrických jevů. Třetí část úlohy, asi nejjejmavější, byla z časových důvodů doporučena k vynechání. Třetí úloha se původně skládala ze tří, na sobě nezávislých částí: **Hmotnost neutrina a rozpad neutronu**, **Levitace světem**, **Termoelektrické ochlazování**. Také zde byla úloha zkrácena o poslední část. I po této zásazích byla doba 5 h, určená k řešení úloh, příliš krátká. Původní text řešení totiž obsahoval 7 + 6 + 8, tj. 21 stran textu, vzorců a obrázků a jen jeho přepsání by dobrému studentu zabralo 3–4 hodiny času velmi pozorné práce. Přidejte k tomu tak 60 minut pozorného čtení textu úloh a zbyde vám čas pro přemýšlení a řešení úloh.

Zatímco v pondělí 4. 8. 2003 dopoledne soutěžící řešili teoretické úlohy, vedoucí byli již tradičně „vyvezeni“ z místa soutěže a navštívili Yangmingshanský národní park a severní pobřeží ostrova s přírodními krásami na břehu moře. V úterý 5. 8. studenti odpočívali na výletě do národního přírodnědného musea, vedoucí věnovali celý den diskusím kolem experimentální úlohy, nazvané: **Optické vlastnosti laserové diody a nematického tekutého krystalu**.

Také zde bylo textu požehnaně – celých 14 stran hutného popisu přístrojů, teorie a praktických měření.

Ve středu 6. srpna studenti ve dvou skupinách (jedna 8–13 h, kde byli i čeští a slovenští soutěžící, druhá 14–19 h) řešili experimentální úlohu. Vedoucí byli probuzeni v 5.30 a odjeli nejprve expresním vlakem do města Hualienu, odtud autobusem do národního parku Taroko. Taroko je přírodní rezervaci v okolí velmi zajímavého kaňonu řeky Liwu Shi. Ve stopách středověké horské stezky nejprve japonské vojenské síly a potom čínská armáda vybudovaly moderní komunikaci s několika desítkami tunelů, estakád a dalších staveb; silnice po celou dobu lemují říčku po stěnách hlubokého kaňonu.

Další dny měly obvyklý průběh – studenti se po (dobře či hůře) vykonané práci věnovali odpočinku – navštívili řadu kulturních památek (Outdoor Sculpture Museum, Formosa Fun Coast Water Park, North Coast). Vedoucí obdrželi postupně řešení teoretických a experimentálních úloh svých svěřenců, jež museli nezávisle na organizátorech opravit a ohodnotit (hodnocení bylo nutno odevzdat v předepsaném krátkém časovém limitu), a potom proběhlo tzv. moderování: setkání se skupinami korektorů a dosažení shody v hodnocení. Organizátoři připravili velmi podrobné schéma pro hodnocení. Vedení našeho družstva bylo při hodnocení dostatečně objektivní (naše hodnocení 1. úlohy bylo 15,1, korektorů 17,4, u druhé úlohy 30,9, korektorů 31,2, u třetí úlohy 21,0, korektorů 21,3, u experimentální úlohy 44,0, korektorů 49,0, celkově 111 bodů, korektori po moderování 118,9, tj. rozdíl cca 8 %).

Během 34. MFO proběhlo také závěrečné zasedání Mezinárodní komise, na němž byly stanoveny limity pro výsledky soutěže. Již druhým rokem používá MFO nový způsob hodnocení a vyhlašování výsledků, kde 60 % soutěžících je úspěšnými řešitelům a mezinárodní komise stanoví hranice pro medaile. Letos byly limity: nejméně 15 řešitelů by mělo dostat zlatou medaili (6 %, hodnocení 50–33 b), do 43. pořadí stříbrnou medaili (12 %, do 27 b), do 86. pořadí bronzovou medaili (18 %, do 22 b) a do pořadí 143. čestné uznání (24 %, do 16 b). Po moderování se počty soutěžících v jednotlivých skupinách poněkud změnily.

Soutěže se zúčastnilo 238 soutěžících z 54 států ze čtyř kontinentů. Nemoc SARS zasáhla: z původně pozvaných 70 delegací se některé soutěže nezúčastnily, např. družstvo Velké Británie, Švédská, Mexika, Argentiny; z politických důvodů ani delegace Čínské lidové republiky (i když se v oficiálních dokumentech zdůrazňuje apolitičnost této mezinárodní soutěže). Po moderování se stalo 20 soutěžících nositeli zlaté, 39 stříbrné, 38 bronzové medaile a 55 soutěžících získalo čestné uznání, celkem tedy bylo oceněno 153 soutěžících (64,3 %).

Na závěrečném zasedání Mezinárodní jury byl vyhlášen i absolutní vítěz 34. mezinárodní fyzikální olympiády, kterým se stal Pavel Batrachenko z USA, který z teoretických úloh získal 25 bodů ze 30 možných a experimentální úlohu zpracoval na 17,3 bodu ze 20 možných, celkem tedy 42,3 bodu z 50 bodů dosažitelných. Také nejlepší dívka světa Emily Ruth Russellová pochází z USA, zařadila se na 22. místo (druhá stříbrná v pořadí, ke zlaté medaili ji scházelo 0,5 bodu!) Po roční absenci (americká administrativa vloni nepovolila družstvu, aby se na Bali zúčastnilo 33. MFO) to byl významný úspěch – družstvo USA získalo celkem 3 zlaté a 2 stříbrné medaile a umístilo se v čele neoficiální soutěže družstev. Náročnost a zejména časovost zadávaných úloh (teoretické i praktické části) vysílala mnoho soutěžících, což ovlivnilo nejen pořadí jednotlivců, ale i pořadí států. Výsledky neoficiální soutěže družstev, svědčící hodně nejen o invenci soutěžících, ale také o péči, která je věnována mladým fyzikálním talentům, uvedeme dále. Protože podle rozhodnutí mezinárodní jury IPhO se jména neúspěšných soutěžících nezveřejňují, pořadí jednotlivců od 1. do 153. místa neobsahuje výsledky těch, kteří se mezi úspěšně nedostali. Proto jsme ke stanovení pořadí použili metody, kterou zavedl prezident Mezinárodních fyzikálních olympiád dr. Waldemar Gorzkowski při hodnocení výsledků států: započítávají se pouze medaile a čestná uznání, a to: zlatá medaile 4 b, stříbrná 3 b, bronzová 2 b, čestná uznání 1 b.

Pořadí	Stát	G	S	B	HM	Body
1.–2.	Spojené státy americké	3	2	–	–	18
	Jižní Korea	3	2	–	–	18
3.–4.	Tchaj-wan	3	1	1	–	17
	Írán	2	3	–	–	17
5.	Indonésie	1	2	2	–	14
6.–8.	Německo	1	2	1	1	13
	Rusko	1	2	1	1	13
	Rumunsko	1	2	1	1	13
9.–12.	Indie	2	–	1	2	12
	Polsko	1	–	4	–	12
	Ukrajina	–	2	3	–	12
	Austrálie	–	4	–	–	12
13.	Kanada	–	2	2	1	11
14.–16.	Thajsko	1	1	–	3	10
	Maďarsko	–	1	3	1	10
	Singapur	–	2	1	2	10
17.	Česká republika	–	1	2	2	9
18.	Izrael	–	1	1	3	8
19.–22.	Švýcarsko	1	–	1	1	7
	Turecko	–	1	1	2	7
	Bělorusko	–	1	1	2	7
	Vietnam	–	1	2	–	7
23.–26.	Srbsko a Černá Hora	–	–	1	4	6
	Lotyšsko	–	–	2	2	6
	Kazachstán	–	1	–	3	6
	Bulharsko	–	1	1	1	6
27.	Gruzie	–	1	1	–	5
28.	Estonsko	–	1	–	1	4
29.–36.	Finsko	–	–	1	1	3
	Chorvatsko	–	–	1	1	3
	Irsko	–	–	1	1	3
	Pákistán	–	–	1	1	3
	Nizozemí	–	–	–	3	3
	Itálie	–	–	–	3	3
	Dánsko	–	–	–	3	3
	Azerbajdžán	–	1	–	–	3
37.–39.	Slovensko	–	–	1	–	2
	Norsko	–	–	–	2	2
	Moldávie	–	–	–	2	2
40.–43.	Kuba	–	–	–	1	1
	Filipíny	–	–	–	1	1
	Arménie	–	–	–	1	1
	Brazílie	–	–	–	1	1

Jak je z přehledu vidět, české družstvo si udrželo svou pozici v první řetině zúčastněných družstev a podalo tak svůj standardní výkon, na který jsme zvyklí. Detailní pohled na výsledky českého družstva ukazuje následující tabulka:

Pořadí	Soutěžící	Ú1	Ú2	Ú3	$\Sigma 1-3$	Ú4-Exp	Celkem	Ocenění
30.	Václav Cviček	4	8,1	7,5	19,6	10,6	30,2	stříbrná
73.–74.	Matouš Ringel	2,8	5,6	4,7	13,1	11,3	24,4	bronzová
78.–80.	Petr Pošta	3,5	8,0	4,5	16,0	7,8	23,8	bronzová
111.–112.	Jaroslav Trnka	3,5	3,9	2,5	11,3	9,2	20,5	čestné uznání
116.–117.	Jan Prachař	3,6	5,6	2,1	9,9	10,1	20,0	čestné uznání
		3,5/12	6,2/10	4,3/8	14/30	9,8/20	23,8/50	(47,6 %)

Všichni čeští účastníci se stali úspěšnými řešiteli a umístili se v první polovině pořadí jednotlivců. Naše zbožně přání, aby každý náš účastník získal o tři body více (což vůbec nebylo nemožné), by vedlo k významnému posunu v pořadí, v počtu a jakosti medailí, ale zůstalo jen přání.

Během 34. MFO byl uspořádán společný večer vědeckých přednášek pro soutěžící i vedoucí. Prof. Samuel C. C. Ting, americký fyzik čínského původu, nositel Nobelovy ceny za fyziku (1976), přednesl vystoupení na zajímavé téma *Moje zkušenosti fyzika*, kde ukázal výsledky svého bádání v subatomární fyzice a formuloval některá poučení pro začínající experimentátory. Prof. Paul C. W. Chu, nynější rektor Univerzity v Hongkongu, rodák z Tchaj-wanu, se zabýval výsledky svého přínosu v experimentálním výzkumu v oblasti vysokoteplotní supravodivosti, na němž dlouhá léta pracoval v USA. 34. MFO se zúčastnil další nositel Nobelovy ceny, tentokrát za chemii v roce 1986 – Dr. Yuan-Tsueh Lee, předseda Akademie věd Čínské republiky (Tchaj-pej).



Účast prezidenta republiky a významných vědců na 34. MFO ukazuje, jak velkou a prestižní akcí tato mezinárodní soutěž mladých fyziků je. Z pěti zúčastněných států, 15 studentů a pěti vedoucích na 1. MFO v roce 1967 se rozrostla na stovky zúčastněných soutěžících, ale i stovky vedoucích, pozorovatelů a návštěvníků a stovky organizátorů a dalšího „personálu“.

Důležitost soutěže podtrhují i sponzoři, kterých se podařilo řadu získat (Accton Technology Corporation, Good Will Instrument Corporation, Logitech Incorporation, MediaTek Incorporation, Taipei City Government, Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, The Physical Society of R. O. C., Taipei Howard Plaza Hotel, Taipei Grand Hotel, Sheng Ge Printing, Telligenius International LTD). Zejména na Tchaj-wanu, zemi obrazovek a notebooků, je fyzika a aplikovaná elektronika jednou z věd, které svými výsledky dávají práci statisícům obyvatel a podporují technický pokrok, který je základem úspěšnosti v moderní době.

Jako ukázkou uvádíme jednu z teoretických úloh, zadaných na 34. MFO v Tchaj-peji:

TEORETICKÁ ÚLOHA 3

Část A: Hmotnost neutrina a rozpad neutronu

Volný neutron o hmotnosti m_n se rozpadá v klidu v laboratorní vztažné soustavě na tři částice, které navzájem neinteragují: proton, elektron a antineutrino. Klidová hmotnost protonu je m_p , zatímco klidová hmotnost anti-neutrino je m_ν a předpokládá se, že je nenulová a

mnohem menší než klidová hmotnost elektronu m_e . Označme rychlosť svetla ve vakuu c . Naměřené hodnoty hmotnosti jsou:

$$m_n = 939,565\,63 \text{ MeV} \cdot c^{-2}, m_p = 938,272\,31 \text{ MeV} \cdot c^{-2}, m_e = 0,510\,990\,7 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$$

V následujících výpočtech určujeme všechny energie a rychlosti vzhledem k laboratorní vztažné soustavě. Nechť E je celková energie elektronu vylétajícího při rozpadu.

- a) Určete maximální možnou hodnotu E_{\max} energie E a rychlosť v_m antineutrina, když $E = E_{\max}$. Obě odpovědi musejí být vyjádřeny pomocí klidových hmotností částic a rychlosti svetla. Budí $m_\nu < 7,3 \text{ eV} \cdot c^{-2}$, vypočtěte E_{\max} a poměr $\frac{v_m}{c}$ na 3 platné číslice.

[4,0 body]

Část B

Levitace světlem

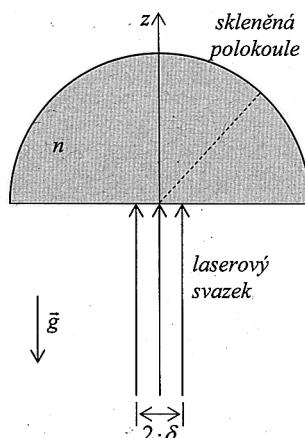
Průhledná skleněná polokoulé o poloměru R a hmotnosti m má index lomu n . V prostředí mimo polokouli je index lomu roven 1. Rovnoběžný svazek paprsků monochromatického světla laseru dopadá homogenně a ve směru normály do centrální oblasti roviné plochy, jak ukazuje obr. Tíhové zrychlení \bar{g} směřuje svisle dolů. Poloměr δ přičného kruhového řezu laserového svazku je mnohem menší než poloměr R . Jak skleněná polokoule, tak laserový svazek jsou osové souměrné vzhledem k ose z souřadnic.

Skleněná koulé neabsorbuje žádné světlo laseru. Její povrch byl pokryt tenkou vrstvou průhledného materiálu, takže odraz je zanedbatelný, když světlo vchází do skleněné polokoule a opouští ji. Optická dráha laserového světla procházejícího neodrážející povrchovou vrstvou je také zanedbatelná.

- b) Zanedbejte výrazy rádu $\left(\frac{\delta}{R}\right)^3$ nebo vyššího a určete výkon laseru P , který je potřebný pro vyvážení tíhy skleněné polokoule.

[4,0 body]

Pozn: $\cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$, když θ je mnohem menší než 1.



Péče o talentované studenty v Plzeňském kraji

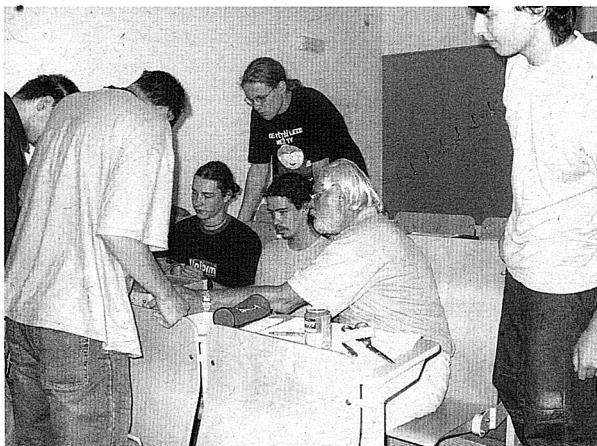
Josef Kepka*, Pedagogická fakulta ZČU, Plzeň



ZÁPADOČESKÁ ENERGETIKA
SKUPINA ČEZ



V září 2003 se uskutečnilo v Plzni tradiční internátní soustředění talentovaných studentů, kterého se zúčastnilo téměř 140 středoškolských studentů Plzeňského a Karlovarského kraje – řešitelů matematické a fyzikální olympiády. Účastníci si vyslechli celou řadu přednášek, absolvovali semináře a měřili vybrané úlohy školního kola FO. Vyučujícími byli odborní asistenti a docenti kateder matematiky a fyziky Fakulty aplikovaných věd a Fakulty pedagogické ZČU v Plzni. Celá akce se uskutečnila za finanční podpory JČMF, KÚ Plzeňského kraje a ZČE, a.s. ze skupiny ČEZ.



Doc. Dr. Ing. Karel Rauner a studenti při debatě nad praktickou úlohou FO

Díky finančnímu daru Nadace Duhová energie se uskuteční v druhém únorovém týdnu roku 2004 internátní soustředění nejlepších fyziků – olympioniků, které bude věnováno měření a zpracování experimentálních úloh.

nadace
duhová energie

* kepka@kof.zcu.cz

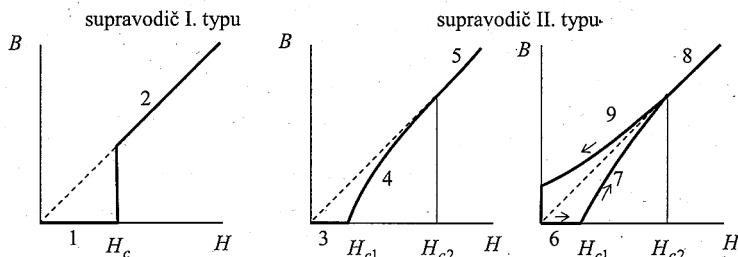
Setrvačník na supravodivém ložisku*

Vladimír Víchá^{**}, Miroslav Pošta, Hanuš Seiner, Gymnázium Pardubice, Dašická ul.

Supravodivost rtuti objevil roku 1911 Kamerlingh Onnes při kritické teplotě $T_c = 4,2\text{ K}$. Vysokoteplotní supravodivost sloučeniny La-Ba-Cu-O ohlásili v roce 1987 Bednorz a Müller při kritické teplotě okolo 90 K. To umožnilo nahradit chlazení drahým heliem levnějším kapalným dusíkem, jehož teplota varu je za normálního tlaku 77 K, a který je poměrně snadno dostupný i pro experimenty na školách (vlastní ho každé kožní oddělení).

Supravodivost se projevuje vymízením odporu k nule. Tento jev ale ve škole demonstrovat většinou nelze, protože vyžaduje speciální aparaturu. Zaměřili jsme se proto na experimentování se supravodičem v magnetickém poli.

Byla zjištěno, že supravodivý stav může být zrušen vnějším magnetickým polem, které překročí svou intenzitu jistou kritickou hodnotu. U prvků k tomu stačí magnetické pole o nízké intenzitě, u některých sloučenin supravodivost existuje i ve velmi silných magnetických polích. Supravodiče podle jejich chování ve vnějším poli o intenzitě H můžeme rozdělit na supravodiče I. a II. typu, a ty ještě na homogenní a nehomogenní. Rozdíly vysvětlují následující grafy:



Obr. 1: B – magnetická indukce uvnitř supravodiče, H – intenzita vnějšího magnetického pole, 1, 3, 6 – supravodič v Meissnerově fázi, 4, 7, 9 – smíšený stav (dvě fáze), 2, 5, 8 – normální (nesupravodivý) stav.

Meissnerova fáze je stav, kdy z objemu supravodiče je vytlačeno magnetické pole, což lze prakticky demonstrovat tak, že supravodič a magnet se odpuzují. Položíme-li tedy na supravodič o složení Y-Ba-Cu-O a průměru 20 mm silný magnet tvaru hranolku o hraně 2–3 mm a zalijeme kapalným dusíkem, dojde po vychlazení supravodiče pod T_c k nadzdvihnutí magnetu. Levitace magnetu nad supravodičem je důsledkem Meissnerova jevu. Takovýto supravodič se dá vyrobit při dodržení technologie slinováním při teplotě např. 940 °C. Odpudivá síla je však malá a těžší magnet již nelevituje.

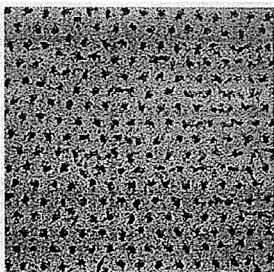
Zajímavější levitaci umožňuje nehomogenní supravodič Y-Ba-Cu-O II. typu, který vyrábí pražská firma CAN SUPERCONDUCTORS***. Jde o texturovaný vysokoteplotní supravodič připravený růstem z taveniny se zárodkem a rozhodující význam pro jeho vlastnosti mají de-

* Článek je výtahem ze studentské práce, která obsadila v roce 1999 v celostátním kole Středoškolské odborné činnosti 1.–3. místo, v soutěži AMAVET 1. místo a reprezentovala tak Českou republiku na mezinárodní výstavě ESI 99 v Mexiku.

** vlad.vicha@seznam.cz

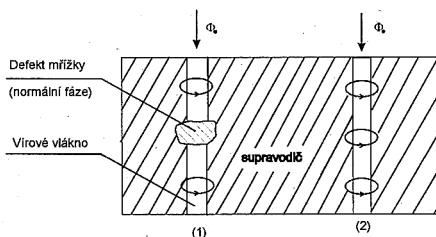
*** Informace o pomůckách pro demonstraci supravodivosti firmy CAN SUPERCONDUCTORS najdete na internetové stránce <http://www.can.cz>.

fekty krystalové mřížky. Při zvýšení intenzity nad H_{c1} začne magnetické pole pronikat do objemu supravodiče jako vírová vlákna, pro něž jsou defekty jakýmiž záhytnými centry.

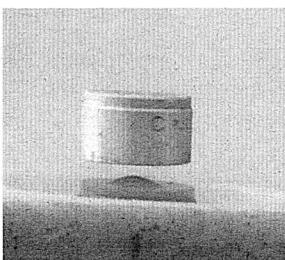


Obr. 2: Uspořádání vírových vláken, která jsou zviditelněna pomocí jemného feromagnetického prášku – snímek z elektronového mikroskopu. Zvětšení 8 300.

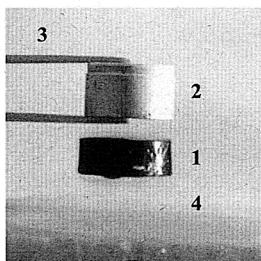
Převzato z knihy: Kittel, Ch.: Úvod do fyziky pevných látek, Academia, Praha 1985.



Obr. 3: Pronikání indukčního toku do nehomogenního supravodiče.



Obr. 4: Demonstrační experiment: Magnet levituje nad supravodičem.

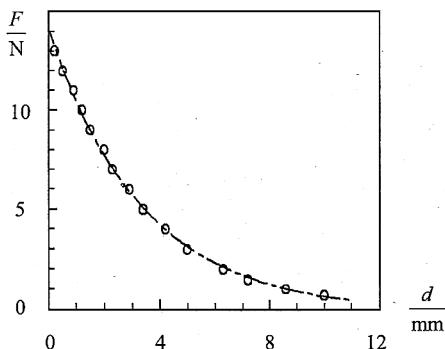


Obr. 5: Demonstrační experiment: Zdvihnutím levitujícího magnetu se za ním zdvihne i supravodič tabletka, která po chvíli odpadne, protože supravodič již není chlazen.

1 – supravodič tabletka, 2 – silný magnet, 3 – pinzeta, 4 – miska s kapalným dusíkem, z níž byl supravodič vytažen

Provedeme experiment: Na zmíněný supravodič tvaru válce o průměru 21 mm a výšce 8,5 mm položíme distanční destičku o tloušťce 1,5 mm a na ni větší silný magnet tvaru válce o průměru 15 mm, výšce 10 mm a hmotnosti 16,5 g. Zalijeme kapalným dusíkem a po několika minutách vyjmeme destičku. Magnet levituje. Část magnetického toku vystupujícího z magnetu byla „zachycena“ v supravodiči a mezi oběma objekty teď existují jak odpudivé, tak přitažlivé síly bránící vzájemné změně polohy.

Odpudivá síla závisí na vzdálenosti a dosahuje tak vysokých hodnot, že nás to inspirovalo k myšlence „zavěsit“ nad supravodič setrvačník, který bychom roztáčeli na vysoké otáčky a při snímání jeho frekvence vyhodnocovali tlumení pohybu. Možná, že by se tak dala akumulovat kinetická energie.

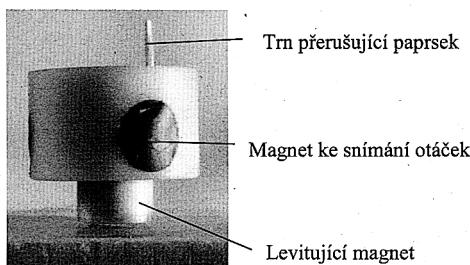


Obr. 6: Graf závislosti levitační odpudivé sily na vzdálenosti supravodiče a magnetu. Převzato z dokumentace firmy CAN SUPERCONDUCTORS.

METODA MĚŘENÍ A MĚŘICÍ APARATURA

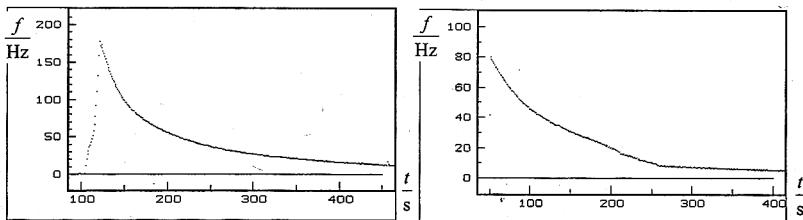
Supravodivá tableta Y-Ba-Cu-O je vložena do misky z izolačního pěnového polystyrenu. Mezi supravodič a levitátor (magnet) je vložena distanční podložka široká asi 1,5 mm a tableta je zalita kapalným dusíkem. Po 1 až 2 minutách je supravodič vychlazen pod kritickou teplotu a můžeme vyjmout podložku. Setrvačník připevněný na levitujícím magnetu roztáčíme třetí spojkou pomocí elektromotorku (stejnosměrný 6 V, 5 A, 30 000 otáček za minutu) až asi na 13 000 otáček za minutu¹. Dusík se intenzivně vypařuje, proto je třeba jej dolévat. Otáčky jsme měřili opticky pomocí přerušování laserového paprsku. Zhotovená fotobuňka byla napojena přes voltmetr systému ISES na počítač. Program vytvořený v jazyce Turbo Pascal 7.0 a v asembleru (využití obvodu 8254) zaznamenával závislost poklesu otáček na čase.

Jako kontrolní měření sloužilo snímání frekvence napětí, které trojice magnetů osazených v setrvačníku indukovala do přiblížené cívky.



Obr. 7: Základem setrvačníku je válec ze silonu o průměru 44 mm a výšce 26 mm. V něm jsou osazeny 3 válcové magnety, nahoře je kuželový otvor pro třetí spojku a kovový trn přerušující laserový paprsek. Hmotnost včetně levitujícího magnetu činí 71 g.

¹ Drsný kužel nasazený na ose elektromotorku zapadá do kuželového otvoru v horní podstavě setrvačníku. Pákovým mechanismem se přiblíží až k setrvačníku a pomocí reostatu se pak zvyšuje otáčky elektromotorku. Při citlivém přitlačení nabere setrvačník otáčky, třetí spojka se zdvihne a nedochází k žádným precesím. Setrvačník



Obr. 8: Ukázky typických závislostí frekvence na čase získaných optickým měřením

Pokles frekvence je vždy zpočátku velmi rychlý, ale později se udržuje otáčky kolem 10 Hz několik minut. Pohyb ustává zhruba za 20 minut.

Pokusili jsme se provést rozbor brzdění setrvačníku. Rotace je brzděna zřejmě těmito mechanismy:

1. Aerodynamicky třením povrchu setrvačníku o vzduch a unikající chladný dusík.
2. Interakcí mezi magnetem a supravodičem, která vznikla při „zamrznutí“ magnetického indukčního toku, případně Foucaultovými proudy.

Teoreticky lze vliv všech těchto mechanismů na brzdění rotace setrvačníku jen stěží vyřešit pomocí rovnic. Přitom kvantitativní popis má zásadní význam pro návrhy aplikací – např. jako akumulace rotační energie.

Rozhodli jsme se proto získat funkční závislost frekvence na čase regresí z naměřených dat. Při volbě regrese je však nutné navrhnut funkci, která se bude metodou nejmenších čtverců do naměřených dat approximovat.

Vyjdeme z pohybové rovnice pro rotující těleso: $J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M$, kde J je moment setrvačnosti vzhledem k rotační ose setrvačníku, ω je úhlová frekvence, M je moment brzdicích sil.

Budeme předpokládat závislost M na ω . Řešením pohybové rovnice získáme vztah pro závislost frekvence na čase (tab. 1).

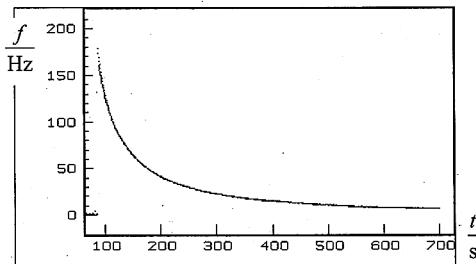
	Předpokládaná závislost momentu M na ω	Závislost frekvence f na čase t
1	$M = -\alpha \cdot \omega$	$f = f_0 \cdot e^{-\frac{\alpha}{J}t}$
2	$M = -\beta \cdot \omega^2$	$f = \frac{1}{\frac{2 \cdot \pi \cdot \beta}{J} \cdot t + \frac{1}{f_0}}$
3	$M = -\alpha \cdot \omega - \beta \cdot \omega^2$	$f = \frac{1}{A + B \cdot e^{ct}}$

Tab. 1: Závislost frekvence na čase je výsledkem řešení pohybové rovnice

V rovnicích v tab. 1 je f_0 počáteční frekvence, f frekvence v čase t , α a β jsou konstanty, $A = \frac{-2 \cdot \pi \cdot \beta}{\alpha}$, $B = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot \beta + \alpha}{\alpha \cdot f_0}$, $c = \frac{\alpha}{J}$.

je totiž i v klidu v rovnovážné poloze stabilní, což je zásadní rozdíl proti mechanickému setrvačníku např. na hrotu, u kterého můžeme precese snadno pozorovat.

Proložením křivek do grafu pomocí systému Famulus a výpočtem koeficientu korelace R se ukázalo, že třetí závislost popisuje chování rotoru nejlépe.



Obr. 9: Experimentální data a graf proložené funkce (tab. 2, měření č. 1) v obrázku splývají. Koefficient korelace $R = 0,998\ 5$.

Číslo měření	Doba měření	$\{A\}$	$\{B\}$	$\{c\}$	R
1	610 s	-0,078 9	0,072 6	0,001 75	0,998 5
2	325 s	-0,038 2	0,033 4	0,002 90	0,999 2
3	455 s	-0,054 7	0,055 7	0,001 88	0,999 6
4	650 s	-0,067 0	0,070 2	0,002 15	0,998 0
Průměrná hodnota		-0,059 7	0,058 0	0,002 17	0,999 8
Směrodatná odchylka aritmetického průměru		0,008 7		0,000 26	
Relativní odchylka		15 %		12 %	

Tab. 2: Koefficient korelace R v posledním sloupci se velice blíží jedné, což znamená dobrou shodu mezi experimentálními daty a approximovanou funkcí.

Různost parametrů A, c při opakování pokusů je způsobena především odlišností v počátečním uchycení setrvačníku při vychlazení supravodiče. Svůj vliv měla jistě i vznikající namraza na setrvačníku a případný sklon rotační osy při roztačení. V hodnotě parametru B se projevuje různá počáteční frekvence.

DISKUSE APROXIMOVANÉ FUNKCE

V předchozím textu jsme hovořili o možnosti akumulace energie v rotačním pohybu setrvačníku. Nyní, když jsme nalezli funkci popisující závislost frekvence na čase, můžeme postoupit dále. Pokud se počáteční frekvence f_0 blíží k nekonečnu, platí

$$\lim_{f_0 \rightarrow \infty} \frac{1}{A + B \cdot e^{ct}} = \frac{1}{A \cdot (1 - e^{-ct})}.$$

Parametr B se již v zápisu funkce neobjevuje a funkce má v nulovém čase osu f jako asymptotu. Důsledkem je rychlý pokles frekvence setrvačníku i z velmi vysokých otáček. Abychom získali lepší kvantitativní představu o tomto poklesu, provedli jsme výpočet vycházející z funkcí tab. 2.

Měření číslo \ Pokles na:	500 Hz	200 Hz	100 Hz	50 Hz	25 Hz	10 Hz
1	14 s	35 s	68 s	129 s	234 s	468 s
2	18 s	42 s	80 s	145 s	247 s	443 s
3	19 s	47 s	89 s	166 s	292 s	553 s
4	14 s	33 s	65 s	121 s	218 s	425 s

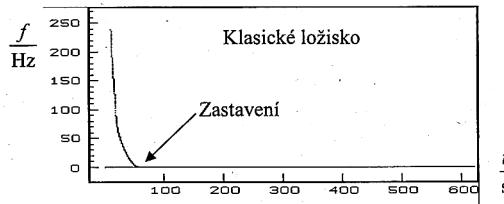
Tab. 3: Tabulka demonstруuje, jak by z nekonečna klesaly otáčky setrvačníku v závislosti na čase. Každý řádek tab. 3 se vztahuje k odpovídajícímu řádku tab. 2.

Podle měření č. 1 by frekvence z nekonečných otáček klesla na 500 Hz za 14 s. Přestože na tak vysokých otáčkách jsme neměřili, dá se očekávat, že moment brzdicích sil bude větší nebo roven momentu, který předpokládáme v tab. 1 (řádek 3). Z toho vyplývá, že skutečná doba poklesu na 500 Hz bude ménší než 14 s.

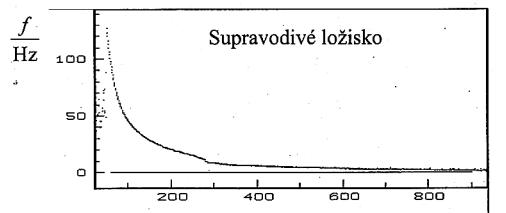
Pokud bychom technicky dále zdokonalovali naše zařízení (uvedený setrvačník byl šestý ve vývojové řadě), mohli bychom se sice dostat k ještě vyšším otáčkám, ale setrvání na nich by bylo časově velice krátké.

POROVNÁNÍ SUPRAVODIVÉHO A KLASICKÉHO (KULIČKOVÉHO) LOŽISKA

Pro porovnání vlastností supravodivého ložiska s běžným modelářským ložiskem jsme upravili setrvačník. Při návrhu jsme nahradili magnet takovým uložením ložiska, aby se moment setrvačnosti nezměnil. Roztočili jsme setrvačník a získali grafy odpovídající obr. 10.



Obr. 10: Pokles otáček na kuličkovém ložisku



Obr. 11: Pokles otáček na supravodivém ložisku

Pokles otáček u kuličkového ložiska je velmi rychlý a k zastavení dochází zhruba po minutě.

Na supravodivém ložisku vykazují naměřené grafy závislosti frekvence rotujícího setrvačníku na čase (obr. 11) opakovaně průběh, který bychom mohli rozdělit do tří oblastí:

1. Oblast od nejvyšších dosažených frekvencí (u nás asi 215 Hz) do frekvencí okolo 25 Hz. Zde pozorujeme poměrně rychlý pokles frekvence.
2. V oblasti okolo 25 Hz se často graf mění z konvexního na konkávní a opět na konvexní.
3. Oblast frekvencí menších než asi 10 Hz, kde frekvence pomalu klesá k nule a setrvačník se točí 10 až 15 min, než jeho frekvence klesne na asi 2 Hz.

ZÁVĚR

Při porovnání se setrvačníkem usazeným na kuličkovém ložisku je vidět především rozdíl v rychlosti poklesu frekvence v 1. oblasti, průběh druhé oblasti také můžeme zaznamenat. Hlavní rozdíl je ale vidět ve 3. oblasti, která u kuličkového ložiska prakticky neexistuje.

Jestliže jsme na počátku práce uvažovali o možnosti akumulovat rotační energii, po řadě měření můžeme učinit tyto závěry:

1. Rotor se nám podařilo roztočit na otáčky zhruba 13 000 otáček za minutu. Rotuje velmi klidně a nezpůsobuje viditelné vibrace stojanu z plastické hmoty, nad nímž setrvačník leží. Rotor na klasickém ložisku roztočený na tytéž otáčky způsoboval velmi silné vibrace plastové trubky doprovázené daleko slyšitelným zvukem. Na podstavci se samy začaly povolovat matky, což svědčí o potřebě dynamického vyvážení, které jsme z technických důvodů neprováděli. Pokles otáček na supravodivém ložisku je však tak rychlý, že vysoké frekvence se nehodí pro akumulaci energie. Výborně se však supravodivé ložisko osvědčuje jako tiché, nevibracní a s malým momentem brzdicích sil.
2. V oblasti 2 začínají otáčky rotoru nečekaně více klesat, více než napovídá dosavadní průběh grafu. Viditelně se uplatňuje další fyzikální faktor. Současně byly pozorovány zvětšené vibrace plastového podstavce a rotor začal jevit precesní pohyb. Usoudili jsme, že dochází k rezonanci a předávání energie podstavci. Při zpevnění podstavce se předávání energie poněkud změnilo. Tato oblast by se hodila k bezkontaktnímu zjišťování rezonančních vlastností určitých mechanických soustav.
3. Třetí oblast, ve které rotor setrvává nejdéle, je od frekvencí nižších než asi 10 Hz. Zde by se dal setrvačník využít k akumulaci energie. Vyzkoušeli jsme „odebírání“ energie ve formě elektrické – indukování napětí do přiblížené cívky.

Na počátku naší dvouleté práce jsme se snažili získat především po internetu informace o supravodivých ložiskách. Dozvěděli jsme se pouze o jedné německé a jedné americké letecké firmě, které ložiska vyrábějí. Žádné zajímavé podrobnosti nebyly ale uvedeny. Zdá se, že využití supravodičů pro tento účel není zatím příliš rozšířené a technické podrobnosti nejsou zveřejňovány. Jednou z hlavních příčin bude jistě i nutnost trvalého chlazení na poměrně nízké teploty.

Naše práce byla spíše krůčkem do budoucnosti. Supravodiče by měly chlazení „zadarmo“ v kosmickém prostoru a na různých tělesech sluneční soustavy. Pro větší rozšíření na Zemi bylo třeba vyrobit stabilní supravodič s ještě vyšší kritickou teplotou.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Technická dokumentace firmy CAN SUPERCONDUCTORS dodávaná k pomůckce „Sada pro demonstraci supravodivosti 2“.
- [2] Frei V.: *Fyzika pevných látok*. Slovenské pedagogické nakladatelstvo, Bratislava 1986.
- [3] Kuba J.: *Supravodivé materiály*. ČVUT, Praha 1982.
- [4] Dvořák L., Sobotka M., Ledvinka M.: *Famulus 3.5 – Příručka pro uživatele*. Praha 1992.
- [5] Lustig F., Lustigová Z., Vlášek P.: *Školní experimentální systém ISES*. Praha 1992.

Využití setrvačných sil 1

Jan Podpěra, Gymnázium Jana Nerudy, Praha 1

Poměrně často se setkávám u studentů s otázkou, jaké má vykládaná oblast fyziky využití. Při hledání odpovědi můžeme být překvapeni tím, že téměř každá kapitola učebnice fyziky skrývá široké uplatnění. Pro ilustraci si ukážeme mnoho příkladů uplatnění tématu „*Setrvačné sily*“.

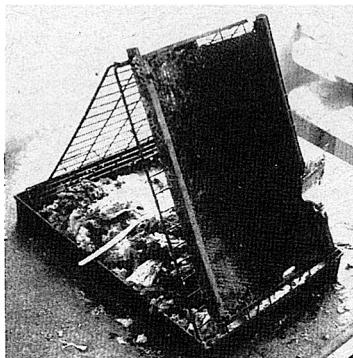
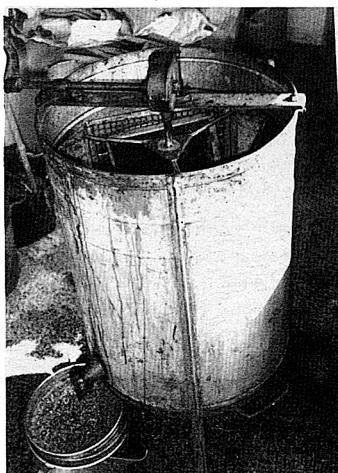
Při vysvětlování jednotlivých příkladů budeme používat dva pohledy. Jednou se budeme na situaci dívat z hlediska neinerciální vztažné soustavy spojené s daným zařízením; podruhé budeme problém zkoumat z hlediska vnějšího pozorovatele v inerciální vztažné soustavě. Abychom dobře rozlišili, v které soustavě daný příklad právě vysvětlujeme, uvedeme na začátku vysvětlování značku: (NS) = neinerciální vztažná soustava; (IS) = inerciální vztažná soustava.

Výklad v neinerciální vztažné soustavě podáme vždy. V inerciální soustavě podáme výklad jen příležitostně, a v tom případě uvedeme na začátku vysvětlování značku zavedenou v předchozím odstavci.

PŘÍSTROJE A VYUŽITÍ SETRVAČNÝCH SIL V PRAXI

Medomet

Medomet slouží ke stáčení medu, tj. k oddělení tekutého medu od voskových pláství.



zařízení k odzátkování buněk
pláství

medomet

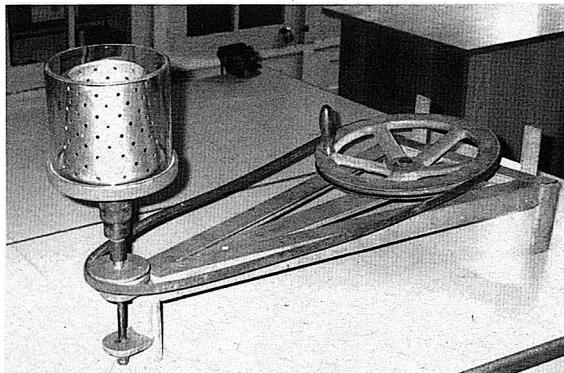
Včely si nejprve připraví plástve s šestibokými komůrkami pro med, poté je naplní medem, uloží do nich vajíčko a nakonec komůrky zavíckují včelím voskem. Když je celá plástev na-

* podpера@volny.cz

plněna, včelař ji vyjmé z úlu, odvívkuje a vloží do přihrádky medometu. Nakonec medomet uzavře a nádobu s pláštivem roztočí (viz foto).

- (NS) *Na otáčející se med působí odstředivá setrvačná síla, která jej vytlačuje z buněk pláštiv, med pak stéká po stěnách medometu a otvorem u jeho dna teče do předem připravených nádob.*
- (IS) *Roztočením medometu se uvede med do pohybu. Med získá určitou obvodovou rychlosť. Setrvačnost jej nutí k zachování rovnoměrného přímočarého pohybu. Proto med vyletuje z pláštve ve směru tečny k původní trajektorii a narází na stěny přístroje a stéká dolů. Otvorem u dna pak teče do připravených nádob.*

Odstředování prádla



model odstředivky na prádlo

(NS) *Buben pračky (ždímačky, sušičky) se otáčí vysokými otáčkami (1 600 otáček za minutu). Odstředivou silou je prádlo přitlačeno ke stěnám bubnu. Odstředivá síla působí také na vodu v prádle. Ta se otvory v bubnu dostává ven z pračky.*

Odstředivá brzda

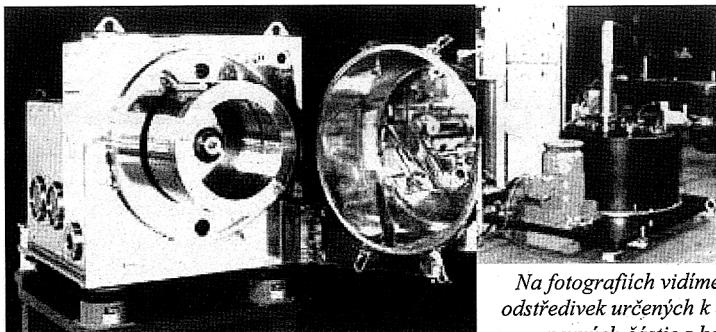
Odstředivá brzda je mechanická brzda, u které se využívá odstředivá síla k přitlačování čelisti spojené s otáčejícím se kolem na pevný brzdový buben.

Odstředivá spojka

Odstředivá spojka je samočinná výsuvná třecí spojka, v níž se využívá odstředivá síla ke spojení nebo odpojení motoru a náhonu kol.

Odstředivka, centrifuga

Odstředivka neboli centrifuga je stroj určený k rozdělování směsi kapalin nebo kapaliny a tuhých látek o různých hustotách pomocí odstředivé síly, obvykle v rotujícím bubnu. Odstředivky se mohou plnit a rozdělené složky odvádět opakovaně, např. butyrometry (tukoměry) - pro stanovení obsahu tuku v mléce nebo spojitě (odstředivky smetanové, cukrovárnické). Normální odstředivky mají počet otáček do $3\ 000\ min^{-1}$, odstředivky s větším počtem otáček nazýváme rychloběžné.

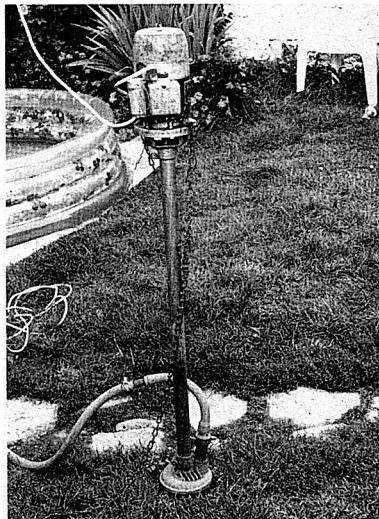


Na fotografiích vidíme příklady odstředivek určených k oddělování pevných částic z kapalin.

Odstředivé čerpadlo



odstředivé čerpadlo

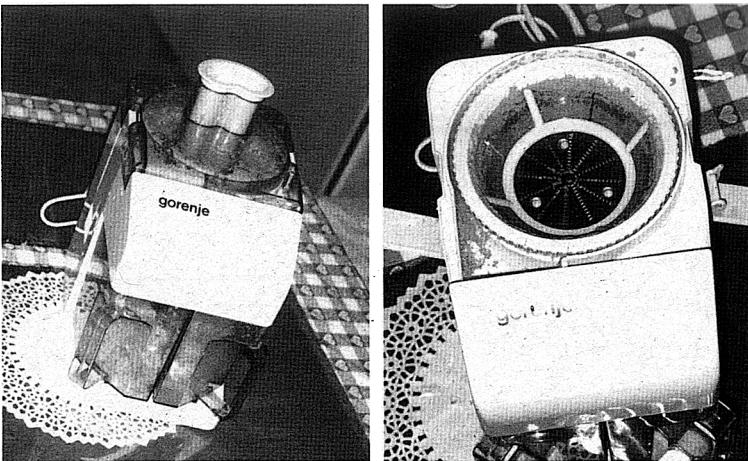


odstředivé čerpadlo i s motorem

Odstředivé čerpadlo je nejrozšířenější druh čerpadel. Rotor čerpadla uvede vodu do rychlého otáčivého pohybu. Odstředivá síla přitlačuje vodu k okraji a ta vývodem odtéká ven. U středu čerpadla vzniká podtlak a dovnitř je nasávána další voda z čerpaného prostoru.

Odšťavovač

Na obrázku vidíme jeden z mnoha typů odšťavovačů. Do přístroje dáme shora kousky ovoce nebo zeleniny. Kotouč s hrotů se roztočí na vysoké otáčky. Tím kousky „strouhá“ a žeň je na okraj s otvory, kde z nastrouhaných kousků jako v odstředivce vytče šťáva do jedné z nádob. Do druhé nádoby se pak přepadem dostávají odšťavené zbytky.



Odšťavovač – na obrázku vpravo vidíme kotouč s hroty a nastrouhanou zeleninu na obvodu přístroje.

Odstředivé lití

Odstředivé lití je technologický postup při výrobě litých polotovarů. Roztavený kov se vlévá do rychle se otáčející formy, kde ho odstředivá síla přitlačuje na stěny formy. Tekutý kov pod tlakem lépe pronikne do všech detailů formy.

Odstředivé lití železa vynalezl německý inženýr Eckardt roku 1809. Tato metoda je kvalitou srovnatelná s normálním litím železa do formy. Při odstředivém lití železa se vytvářejí duté odlitky, aniž by se musela použít vnitřní jádra jako při klasickém lití.

Cyklon 1

Cyklon je druh odlučovače tuhých částic z tekutin. Podmínkou je vyšší hustota tuhých částic, než je hustota tekutiny. Cyklón je válcová nádoba, v níž tekutina koná rychlý kruhový pohyb, takže částice jsou hnány odstředivou silou ke stěně. U suchého typu klouže zahuštěný prach po stěnách k výpusti na dně, u mokrého typu prach smývá a odnáší tenká vrstva kapaliny. Cyklón se hodí hlavně pro odstranění hrubších prachových částic nad 70 až 100 mikrometrů. Při odlučování částic kolem 10 mikrometrů bývá účinnost již jen asi 50–80 %.

Cyklon 2

Cyklonem se nazývá také odstředivý odlučovač určený k oddělování unášených materiálů (semen, příměsi) z nosného proudu vzduchu. Cyklón je válec s tečným vstupem a osovým výstupem vzduchu nahore a odloučeného materiálu dole. Používá se u pneumatických dopravníků, čističek osiv a odlučování popílku u komínů.

Mlékárenský odstředivý stroj

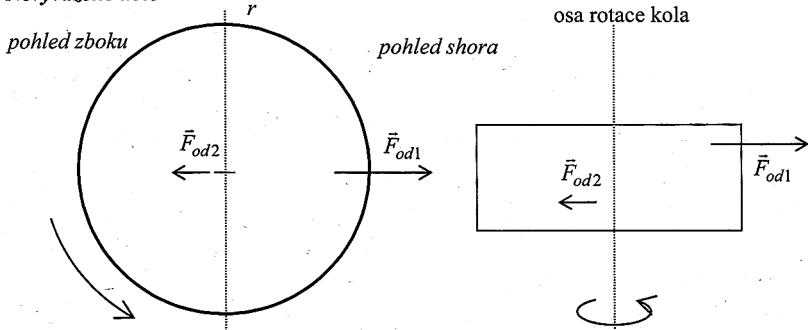
Smetana (tuk s bublinkami vzduchu) se usazuje na hladině mléka. Pro rychlejší oddělení sметany používáme odstředivý stroj.

Smetana má menší hustotu než zbylé mléko, v odstředivém stroji se tedy usazuje blíže středu otáčení. Po vypnutí stroje jednoduše odebereme smetanu z hladiny mléka.

Využívání kol

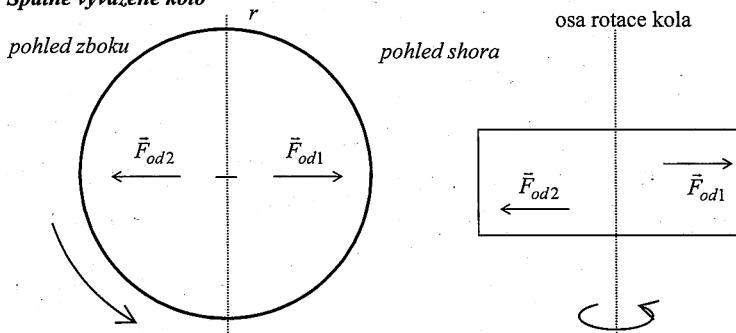
Kola u aut i jiných dopravních prostředků musí být dokonale vyvážena, aby se zbytečně nemáhala osa kola.

Nevyvážené kolo



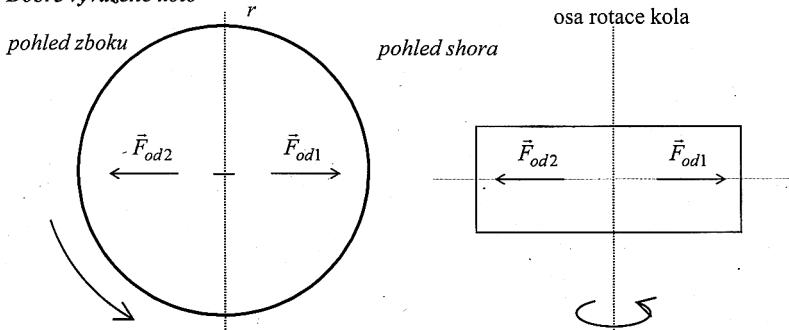
Mysleme si libovolnou rovinu r , která prochází osou rotace kola. Výslednice \vec{F}_{od1} všech odstředivých sil, které působí na jedné straně, není u špatně využaveného kola kompenzována výslednicí \vec{F}_{od2} odstředivých sil, které působí na druhé straně kola. Pokud je vektorový součet $\vec{F}_{od1} + \vec{F}_{od2}$ nenulový, pak kolo „házi“: osa je namáhána odstředivou silou.

Špatně vyvážené kolo



Kolo má však také svou tloušťku. Odstředivé síly, které působí na opačných stranách, mohou mít stejnou velikost, ale kolo přesto nemusí být vyváženo. Na obrázku vidíme kolo z pohledu na jeho tloušťku. Výslednice odstředivých sil, které působí na opačných stranách kol, mají sice stejně velikosti, avšak neleží v jedné přímce. Vzniká tak dvojice sil \vec{F}_{od} a $-\vec{F}_{od}$, která má snahu stáčet hřídel kola.

U dobře vyváženého kola vymizí i výsledná síla, i výsledný moment všech dílčích odstředivých sil, které působí na jednotlivé části kola.

Dobře vyvážené kolo

Vyvažovací stroj roztočí kolo upnuté do ložisek vybavených snímači tlaku. Z údajů snímačů pak stroj vypočte, kam je třeba umístit protizávaží, aby bylo kolo vyváženo.

Smyk – auto v zatáčce

- (IS) Pokud vjede auto do zatáčky příliš velkou rychlosť, není schopno projet bezpečně zatáčkou. Dostává snyk a výjíždí mimo silnici. Aby auto mohlo projíždět bezpečně zatáčkou, musí na něj působit dostatečně velká dostředivá síla. Tato dostředivá síla je vyvolána třením kol automobilu s vozovkou. V případě, že třecí síla nedosahuje potřebné velikosti pro danou dostředivou sílu, dostává auto snyk.
- (NS) Z hlediska automobilu můžeme vysvětlit situaci takto: Na pohybující se auto v zatáčce působí dostředivá síla \vec{F}_d a odstředivá setrvačná síla \vec{F}_{od} . Smyk nastává v případě, že je síla dostředivá (třecí) menší než odstředivá síla.

Klopení zatáček

Aby se zmenšilo nebezpečí nehody při průjezdu automobilu zatáčkou, bývá povrch silnice zatáčky klopen, tedy v přičném směru silnice klesá směrem ke středu zatáčky.

Kdybychom znali rychlosť tak, aby výslednice tříhové a odstředivé síly byla kolmá k silnici, pak bychom tření ani nepotřebovali.

S klopenou dráhou se můžeme setkat i na stadionu, kde závodí dráhoví cyklisté.

Podobně jsou klopeny železniční kolej v zatáčkách; tam je situace snadnější, protože tam lze předepsat rychlosť jízdy.



vlak v zatáčce

Inerciální navigační systém

Tento systém se používá v letadlech pro určování jejich polohy, rychlosti a zrychlení.

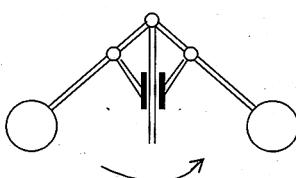
Z jednodušený model takového zařízení bychom si mohli zkonstruovat sami. Představme si, že chceme změřit polohu, zrychlení a rychlosť našeho výtahu.

Na základě prodloužení pružiny můžeme vypočítat okamžité zrychlení. Ze zrychlení můžeme spočítat změnu rychlosti ze vztahu $\Delta v = a \cdot \Delta t$, kde a je zrychlení výtahu a Δt je dostatečně krátká doba měření. Známe-li počáteční rychlosť (obvykle $v_0 = 0$), můžeme spočítat rychlosť $v = v_0 + \Delta v$. Z rychlosťi pak spočítáme změnu polohy $\Delta h = v \cdot \Delta t$. Okamžitou hodnotu polohy dostaneme přičtením Δh k počáteční hodnotě h_0 . Čím jsou doby Δt mezi měřeními zrychlení a menší, tím jsou výsledky přesnejší.

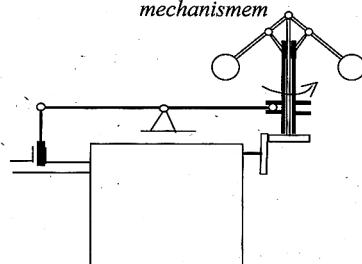
Inerciální navigační systém v letadlech je sice složitější, ale princip měření zrychlení a jeho přepočet na rychlosť a polohu je velmi podobný našemu zjednodušenému modelu. V letadlech se používají akcelerometry, které měří okamžité zrychlení ve všech třech souřadnicích. Rychlosť a poloha se získávají integrací v palubním počítači.

Wattův odstředivý regulátor

Wattův odstředivý regulátor



Wattův odstředivý regulátor s pákovým mechanismem



James Watt sestrojil roku 1784 odstředivý regulátor, který řídil přítok páry do parního stroje. Skládá se ze dvou těžkých koulí upevněných na ramenech délky l jako kyvadla na ose, kolem níž se přístroj točí. Ramena mají klouby a od nich příčky ke kroužku, který se smýká podél svíslé osy. S rostoucími otáčkami regulátoru se kroužek posouvá vzhůru po ose a s ním i pákové zařízení, které řídí přítok páry do parního válce.

LITERATURA

- [1] Halliday D., Resnick R., Walker J.: *Fyzika*. Vutium, Prometheus, Brno 2000.
- [2] Štoll I.: *Svět očima fyziky*. Prometheus, Praha 1996.
- [3] Macháček M.: *Encyklopédie fyziky*. Mladá fronta, Praha 1995.
- [4] Příhoda P., Holovská H.: *Privodce astronomií*. Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy, Praha 1997.
- [5] Bednář J.: *Pozoruhodné jevy v atmosféře*. Academia, Praha 1989.
- [6] Paturi F. R.: *Kronika techniky*. Fortuna Print, Praha 1993.

K DISKUSI

K hodinové dotaci gymnaziálního kurzu fyziky

Jaroslav Veverka^{*}, Přírodovědecká fakulta MU Brno, Gymnázium tř. Kpt. Jaroše Brno

Následující poznámka se zabývá souvislostmi obsahu gymnaziálního učiva fyziky, cílů její výuky a hodinové dotace pro předmět fyzika na gymnáziu.

Obsah gymnaziálního učiva fyziky je dán učebními osnovami, zatímco rozsah a uspořádání je do jisté míry v kompetenci učitele. Při tom by však stále ještě měla platit zásada, že výklad teoretického učiva provázejí experimenty, řešení příkladů a problémových úloh a učivo je procvičováno, nejlépe ve cvičeních v dělené třídě, v části teoretické i praktické.

Hlavním cílem výuky fyziky je předat vhodnou formou poznatky fyziky – vědy – žákům či studentům, dosáhnout toho, aby získali znalosti, vědomosti, dovednosti a návyky, které by následně mohli využít při řešení úloh a problémů, a přispět tak k rozvoji jejich celkové přírodně vědné gramotnosti.

V jednotlivých ročnících čtyřletého gymnázia je nyní fyzice přidělen závažný minimální počet hodin 2, 2, 2, 0. Může být však i podstatně vyšší, kupříkladu 3, 3, 3, 3. To záleží na posouzení a rozhodnutí ředitelky školy.

Gymnaziálnímu kurzu fyziky předchází výuka fyziky na základní škole, případně v nižších třídách všeobecného gymnázia, s převážně kvalitativním výkladem a jen základními kvantitativními vztahy mezi fyzikálními veličinami. Tam žáci postupně získávají poznatky vlastním pozorováním, popřípadě měřením, a začíná se utvářet jejich vztah k předmětu. Gymnaziální kurz – čtyřletý (někde však jen tříletý) – je podstatně obtížnější než ten základní a studenti by v něm měli získat fyzikální poznatky nejen pro případné vysokoškolské studium, ale, obrazně řečeno, pro život. Už to ukazuje na důležitost tohoto kurzu. A existuje ještě další důvod, proč by se mu měl přikládat stěžejní význam: pro některé studenty jde o poslední, školou zajištěované, fyzikální vzdělávání.

Otázky obsahu a rozsahu fyzikálního učiva, vyučovacích metod, učebnic, cílů výuky a podmínek pro jejich realizaci byly probírány a diskutovány na různých úrovních od učitelů fyziky, přes metodiky, až po ministerské poradce i úředníky. V těchto diskusích se do roku 1990 příliš nemluvilo o hodinových dotacích pro výuku fyziky, ta byla pevná, daná ministerstvem rozhodnutím.

Zásadní zlom v diskusích a přistupech nastal – zcela zákonitě – po roce 1989, kdy se vynořil nový prvek, totiž liberalizace. Ta dobře míněná snaha uvolnit doposud svázané a utažené, přinesla však v oblasti výuky fyziky i nepříliš šťastné nápadы: Například, žák (student) nemusí vědět téměř nic. Musí pouze vědět, kde to, co neví, má najít. A následně, když nemusí nic vědět, proč by se měl učit definice fyzikálních veličin, případně vztahy mezi nimi, vyjadřující fyzikální zákonitosti? Stačí přece, když při řešení úlohy najde v *Tabulkách* příslušné vzorečky, do nich dosadí, při čemž dá pozor na jednotky. A navíc, kolik studentů bude fyziku potřebovat? Učitel může z různých důvodů redukovat učivo dle vlastního uvážení v rámci dané kvantitativní normy. A dálé, časová dotace pro výuku fyziky není prý tak důležitá, neboť dobrý učitel dokáže naučit i při podstatně redukováném počtu vyučovacích hodin, výborný učitel k tomu potřebuje ještě méně času. Dovolím si na tomto místě poznamenat, že kdyby ve výuce fyziky existovala plíživá kontrarevoluce, pak by to byla právě takto pojímaná liberalizace. Zde nejsem originální, pouze parafázuju výrok Martina Černohorského z let sedmdesátých, kdy plíživou kontrarevoluci ve školství pojmenoval předmět základy výroby a odborné přípravy.

* 28307@mail.muni.cz

V minulém desetiletí se též objevily standardy učiva fyziky, katalogy učiva, určující, co by měl student znát, vědět, umět použít, ... Položme si otázku, co by měl učitel udělat pro to, aby student věděl, znal, uměl použít, ... a pokusme se na ni odpovědět. Pole působnosti učitele je především ve vyučovacích hodinách. Přihlédneme-li k nepsané zásadě, podle níž by měl učitel především vychovávat a při tom něčemu naučit, je jeho role v předmětu fyzika sice stále radostná, ovšem nelehká, uvážíme-li počet vyučovacích hodin, které k tomu má k dispozici.

Co by tedy konkrétně měl učitel fyziky ve výuce:

- měl by studentům nabídnout teoretické poznatky co možná nejpřitažlivějším způsobem,
- měl by výklad při výuce na vhodném místě doplnit průkaznými experimenty,
- měl by naučit aplikovat teoretické učivo při řešení konkrétních příkladů, úloh, problémových úloh,
- měl by učivo se studenty rádně procvičit,
- měl by do výuky zařadit praktická cvičení, v nichž by si studenti zkusili některé zásadní experimenty a poznali základy fyzikálních měření,
- měl by průkazným způsobem prověřit znalosti, dovednosti a návyky studentů, zkrátka to, čemu je naučil,
- navíc by měl nabídnout zvídavým soutěže, korespondenční semináře, k tomu potřebnou literaturu a vhodně je motivovat.

To vše by měly prolínat výchovné prvky, jako vedení k pracovitosti, pečlivosti, přesnosti, ...

Obsah a rozsah učiva fyziky na gymnáziu dostatečně známe. Netvrďme, že počet hodin vymezený pro výuku je jediným a tedy rozhodujícím prvkem, určujícím kvalitu výuky. Zcela určitě však není prvkem zanedbatelným. Při minimální hodinové dotaci učitel fyziky brzy pozná, že není možné, aby vše, co by měl, naplnil. Začne hledat východisko a brzy dospěje k závěru, že musí něco ořídit. Kde začne, záleží na jeho mentalitě a svědomí. Bude to možná experiment, možná řešení úloh, nebo prověřování vědomosti studentů, či rozsah výkladu. A jede-li o poctivého učitele, začne mít výcitky. Neunesete-li je, možná přestane i učit. Nebo, a to je pravděpodobnější, začne se pídit po nových metodách výuky, někdy označovaných jako progresivní, které se v posledních letech začínají čím dál více uplatňovat a někdy vyúsťují přinejmenším v povrchnost výuky a následně i znalostí a dovedností.

Mezi studenty převládá názor, že je fyzika těžkým, namáhavým, náročným předmětem. Potvrzuji, že je. Je též považována za obávaný, nezáživný, až protivný předmět. Zeptáme-li se proč, dozvím se, že to vlastně nesouvisí ani tak s obsahem a rozsahem učiva, nýbrž se způsobem podání, výkladem, tedy s vyučujícím. Někteří studenti to svádějí na přítomnost či přemíru matematiky, jiní na nepochopení pojmu, jevu a vztahů a z toho plynoucí nutnost jen pamětného učení. To stojí za zamýšlení.

Pokud můj přístup ke způsobu výuky fyziky působí konzervativně, pak musím říci, že takový skutečně je. Domnívám se však, že konzervativní nemusí být vždy zpátečnické. Nemohu přece, a ani nechci, utajit, že jsem byl fyzikálně odkojen Martou Chytílovou za asistence Rostislava Košťála; tam je asi původ mého přístupu k výuce fyziky. Protože jsem celoživotním nenačekaným optimistou – často až naivním –, hluboce věřím v renesanci školské fyziky, zejména její výuky.

Podle mého mínění nelze ovšem fyziku na čtyřletém gymnáziu při současném obsahu a rozsahu zodpovědně učit při hodinové dotaci pro jednotlivé ročníky 2, 2, 2, 0. S řadou omezení by to bylo možné v případě hodinové dotace 2, 2, 2, 2, optimálně je však třeba alespoň 2, 3, 2, 3.

Gravitační a elektrické pole

Josef Jíru*, Gymnázium Pelhřimov

K popisu dvou statických silových polí, gravitačního a elektrického, použijeme tzv. **fyzičkální analogii**. Je to metoda ukazující na vzájemnou souviselost dvou jevů ze stejné nebo z různých oblastí fyziky, v jejichž popisu lze nalézt určitou podobnost. Základem bude tabulka, v níž vedle sebe postavíme vzájemně si odpovídající pojmy, veličiny, vztahy a vlastnosti. Tabulka může působit jako formální přepis vzorců mezi dvěma fyzičkálními oblastmi, avšak při bližším pohledu je pod každým vzorcem vidět určitá společná, eventuálně rozdílná, vlastnost obou polí.

Zdrojem gravitačního pole je těleso nebo částice s nenulovou hmotností, zdrojem elektrického pole částice s nenulovým elektrickým nábojem. Elektrický náboj je vždy vázán na hmotu, tj. neexistuje nehmotný elektrický náboj.

Newtonův gravitační zákon je splněn pro dvojici hmotných bodů nebo pro dvojici homogenních koulí, ale i pro dvojici koulí se středově symetricky rozloženou hmotou. Tím je použitelný pro běžné objekty ve vesmíru jako hvězdy, planety, měsíce, apod. Podobně **Coulombův zákon** platí pro bodové náboje, ale také pro koule se středově symetricky rozloženým nábojem. Proto jej též můžeme použít např. pro vodivé nabité koule, u nichž se vždy náboj rozloží po celém povrchu rovnoměrně, tj. s konstantní plošnou hustotou. V případě koulí je r vzdálenost jejich středů. Počítačitelně lze oba zákony použít s dostatečnou přesností i v případech, kdy rozměry těles jsou zanedbatelné vzhledem k jejich vzdálenosti.

Elektrické náboje jsou dvojího druhu, nazýváme je kladný náboj a záporný náboj. Hmotnost tělesa však tuto vlastnost nemá, existuje pouze jeden druh hmotnosti. S tím souvisí **charakter vzájemného silového působení**. Elektrická síla je u nesouhlasných nábojů přitažlivá, u souhlasných odpudivá, gravitační síla je vždy přitažlivá.

Gravitační síla nezávisí na **prostředí**. To znamená, že dvě tělesa se budou přitahovat stejnou silou ve vakuu, ve vzduchu, ve vodě apod. Naopak v látkovém nevodivém prostředí (v dielektriku) může docházet vlivem elektrického pole k jeho polarizaci, která způsobuje zmenšení velikosti elektrické síly vzhledem k vakuu. Míra tohoto zmenšení elektrické síly, a tedy zeslabení elektrického pole vzhledem k vakuu, charakterizuje veličina relativní permitivita prostředí. Permitivita nemá z důvodu neexistence uvedeného jevu v gravitačním poli žádnou analogickou veličinu.

Intenzita gravitačního, resp. elektrického, pole je vektorová veličina charakterizující, jak je pole silné. Tuto vlastnost zjišťujeme tím, že do daného místa pole vložíme hmotný bod, resp. elektrický náboj, a určíme velikost a směr síly, která na něj působí. Intenzitu gravitačního pole v daném místě pole pak lze definovat jako sílu působící na těleso jednotkové hmotnosti, intenzitu elektrického pole v daném místě pak jako sílu působící na kladný jednotkový elektrický náboj. Směr intenzity udává směr uvedené síly. Použijeme-li v elektrickém poli místo kladného záporný náboj, směr síly bude opačný, avšak směr intenzity se zachová, neboť ve vektorové rovině je záporný jmenovatel.

Další charakteristikou pole je gravitační, resp. elektrický **potenciál**. Tato skalární veličina popisuje pole z energetického hlediska. Gravitační potenciál v daném místě pole definujeme jako gravitační potenciální energii tělesa jednotkové hmotnosti, elektrický potenciál v daném místě pole pak jako elektrickou potenciální energii jednotkového elektrického náboje. Body v prostoru se stejným gravitačním, resp. elektrickým, potenciálem tvoří ekvipotenciální plochy (hladiny). V každém bodě pole je vektor intenzity vždy kolmý k ekvipotenciální ploše. Ve směru intenzity potenciál klesá, neboť při posunování tělesa či náboje práci koná pole, tudíž jeho potenciální energie se zmenšuje.

* josef.jiru@gmaiil.cz

Rozdíl elektrických potenciálů mezi dvěma body elektrického pole nazýváme elektrické **napětí**. Práce v elektrickém poli je pak rovna součinu přenášeného elektrického náboje a elektrického napětí mezi oběma body. Mohli bychom též definovat analogickou veličinu v gravitačním poli např. jako „gravitační napětí“, avšak takováto veličina se nepoužívá.

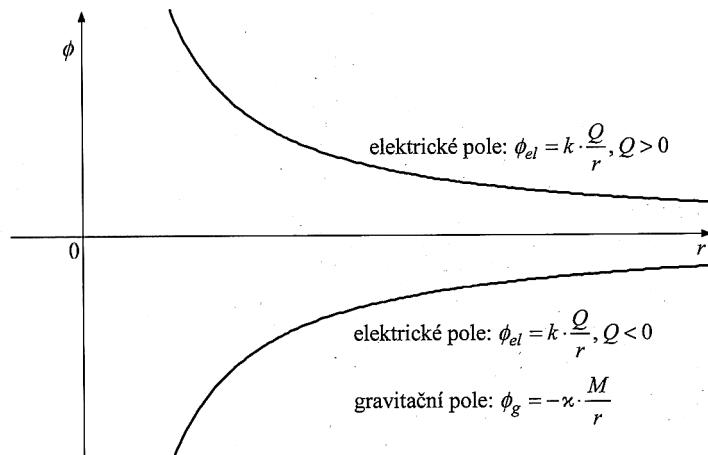
Zajímavý je **pohybový účinek pole** na částici nebo náboj. U gravitačního pole silové a setrvačné účinky charakterizuje stejná veličina hmotnost. Gravitační síla je přímo úměrná hmotnosti tělesa při dané intenzitě pole v daném místě, avšak zrychlení, které tato síla tělesu uděluje, je podle 2. Newtonova pohybového zákona naopak nepřímo úměrné hmotnosti tělesa. Tím je zrychlení přímo rovno intenzitě gravitačního pole. V elektrickém poli charakterizuje silové účinky pole na nabité částici nikoliv její hmotnost, nýbrž její elektrický náboj. Tím výsledně zrychlení na rozdíl od gravitačního pole závisí na obou charakteristikách částice, na její hmotnosti a elektrickém náboji. Větší náboj způsobí v elektrickém poli větší sílu, větší hmotnost pak větší setrvačnost částice. U elementárních částic s nábojem dosahuje podíl elektrického náboje a hmotnosti, tzv. měrný elektrický náboj, obrovských hodnot, např. pro elektron máme $\frac{q}{m} = 1,8 \cdot 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$, pro proton $9,7 \cdot 10^7 \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$, pro ionizovanou molekulu oxidu uhličitého $2,2 \cdot 10^6 \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$. Díky této vlastnosti může např. elektron získat rychlosť blízkou rychlosti světla během zlomku sekundy. Např. v elektrickém poli o velikosti intenzity $E = 10 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ jej elektrická síla uvádí do pohybu se zrychlením $1,8 \cdot 10^{12} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Současně díky této vlastnosti je u elementárních částic s elektrickým nábojem při vzájemném silovém působení gravitační síla naprosto zanedbatelná vzhledem k síle elektrické. U makroskopických elektricky nabitéch těles chybí nebo přebývá nepatrný počet elektronů vzhledem ke všem elektronům v elektronových obalech atomů tělesa, proto je uvedený podíl podstatně menší. Např. nabité plná železná kulička o poloměru 1 cm s elektrickým potenciálem 100 V má měrný elektrický náboj pouze $3,4 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$, tj. o 20 řádů menší než elektron.

Nejjednodušší typ silového pole je **pole homogenní**. V každém jeho bodě má intenzita stejný směr a stejnou velikost. Ekvipotenciální plochy jsou navzájem rovnoběžné roviny. Potenciál ve směru intenzity klesá rovnoměrně. Homogenní elektrické pole můžeme vytvořit soustavou dvou elektricky nabitych desek s navzájem opačnými náboji, kde vzdálenost desek je podstatně menší než geometrické rozměry desek. Jinou možností je považovat za homogenní pole elektrické pole radiální tvořené nabítou vodivou koulí na velmi malé plošné oblasti jejího povrchu a bezprostředně při povrchu. S homogenním gravitačním polem se setkáváme výhradně v malých prostorových oblastech na povrchu nebo nad povrchem Země. Měsíce či jiného kulového tělesa ve vesmíru.

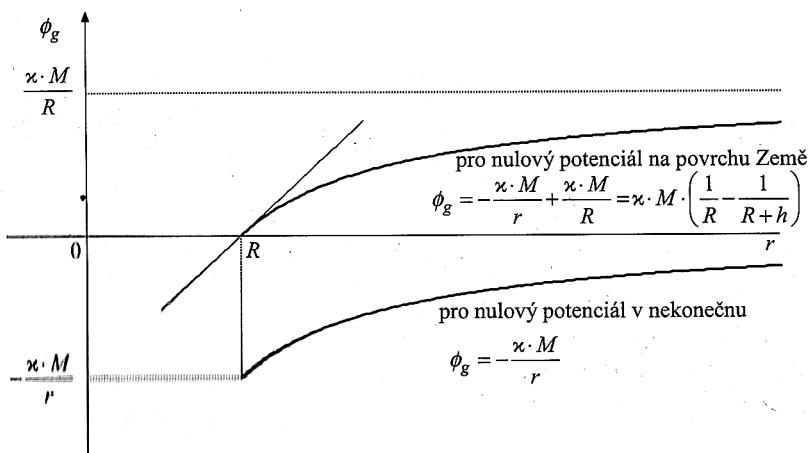
Zdrojem **radiálního** gravitačního pole je hmotný bod nebo těleso tvaru koule se středově symetricky rozloženou hmotou. Tím tento typ pole vytváří ve svém okolí běžná tělesa tvaru koule, jako jsou ve vesmíru hvězdy, planety a dostatečně velké jejich měsíce a dostatečně velké planetky (obvykle od průměru několika stovek kilometrů). Zdrojem radiálního elektrického pole je bodový elektrický náboj nebo nabítá koule se středově symetricky rozloženým nábojem. V praxi takovéto pole vytvoříme nabítou vodivou koulí, kde je náboj rovnoraměrně rozložen na jejím povrchu. Velikost intenzity radiálního pole klesá s 2 . mocninou vzdálenosti. Volíme-li nulovou hladinu potenciálu v nekonečnu, pak je velikost potenciálu nepřímo úměrná vzdálenosti. Závislost potenciálu gravitačního, resp. elektrického pole tvořeného hmotným bodem, resp. bodovým nábojem, udává obr. 1. V gravitačním poli a elektrickém poli tvořeném záporným nábojem je potenciál záporný a se vzdáleností roste, v elektrickém poli tvořeném kladným nábojem je potenciál kladný a se vzdáleností klesá.

Obr. 2 znázorňuje závislost gravitačního potenciálu radiálního pole koule (např. Země) o poloměru R na vzdálenosti r od středu koule. Fyzikální význam má část větve hyperboly pro $r \geq R$, resp. pro $h \geq 0$, kde h je výška nad povrchem koule. Horní hyperbola představuje situaci, kdy nulový potenciál volíme na povrchu koule (na povrchu Země). Graf je posunutý nahoru právě

o hodnotu gravitačního potenciálu na zemském povrchu vzhledem k nekonečnu. Znázorněná tečna představuje přímou úměrnost růstu gravitačního potenciálu na výšce nad povrchem v homogenním poli, kterým lze nahradit radiální pole v oblasti splňující podmíinku $h \ll R$, tedy v malých výškách v porovnání s poloměrem koule.



Obr. 1



Obr. 2

GRAVITAČNÍ POLE	ELEKTRICKÉ POLE
<p>Newtonův gravitační zákon</p> $F_g = \kappa \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ <p>gravitační síla – přitažlivá κ nezávisí na prostředí</p>	<p>Coulombův zákon</p> $F_e = k \cdot \frac{ Q_1 \cdot Q_2 }{r^2}$ <p>elektrická síla – přitažlivá, odpudivá $k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}$ závisí na prostředí</p>
<p>Intenzita gravitačního pole (gravitační zrychlení)</p> $\bar{K} = \bar{a}_g = \frac{\bar{F}_g}{m}$	<p>Intenzita elektrického pole</p> $\bar{E} = \frac{\bar{F}_e}{q}$
<p>Gravitační potenciál</p> $\varphi_g = \frac{E_p}{m}$	<p>Elektrický potenciál</p> $\varphi_e = \frac{E_p}{q}$
	<p>Elektrické napětí</p> $U = \varphi_{el} - \varphi_{e2}$
<p>Práce v gravitačním poli</p> $W = E_{p1} - E_{p2} = m \cdot \varphi_{g1} - m \cdot \varphi_{g2} = m \cdot (\varphi_{g1} - \varphi_{g2})$	<p>Práce v elektrickém poli</p> $W = E_{p1} - E_{p2} = q \cdot \varphi_{el} - q \cdot \varphi_{e2} = q \cdot (\varphi_{el} - \varphi_{e2}) = q \cdot U$
<p>Zrychlení tělesa v gravitačním poli</p> $a = \frac{\bar{F}_g}{m} = \frac{m \cdot \bar{a}_g}{m} = \bar{a}_g$	<p>Zrychlení částice v elektrickém poli</p> $a = \frac{\bar{F}_e}{m} = \frac{q \cdot \bar{E}}{m} = \frac{q}{m} \cdot E$
<p>Homogenní gravitační pole</p> $\bar{K} = \bar{a}_g = k \text{const}$ $W = E_p = F_g \cdot h = m \cdot a_g \cdot h$ $\varphi_g = K \cdot h$	<p>Homogenní elektrické pole</p> $\bar{E} = k \text{const}$ $W = E_p = F_e \cdot d = q \cdot E \cdot d$ $\varphi_e = E \cdot d$
<p>Radiální gravitační pole</p> $K = a_g = \frac{\kappa \cdot M}{r^2}$ $\varphi_g = -\frac{\kappa \cdot M}{r}$ <p>pro nulový potenciál v nekonečnu</p> $\varphi_g = \kappa \cdot \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+h} \right)$ <p>pro nulový potenciál na zem. povrchu</p>	<p>Radiální elektrické pole</p> $E = \frac{k \cdot Q }{r^2}$ $\varphi_e = \frac{k \cdot Q}{r}$ <p>pro nulový potenciál v nekonečnu</p>