

# PANSKÁ FYZIKA

Jaroslav Reichl a studenti ze SPŠST Panská, SPŠST Panská 3, Praha 1

## OBSAH PŘÍSPĚVKU:

<b>1. Úvod</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Fyzika převážně vážně</b> .....	<b>3</b>
2.1 Domácí práce studentů - úvodní povídání.....	3
2.2 Pád syrového vajíčka aneb jak to zařídit, aby se vejce nerozbilo .....	4
2.3 Pád syrového vajíčka II. ....	5
2.4 Tenisový míček na provázku .....	5
2.5 Katapult.....	6
2.6 Model Sluneční soustavy.....	7
2.7 Planety Sluneční soustavy.....	7
2.8 Model klenby .....	8
2.9 Kinetická energie rotujícího tělesa.....	8
2.10 Fyzika v Kinder-vajíčku .....	9
2.11 Vodní mlýnek.....	9
2.12 Bernoulliho rovnice pro kapaliny .....	10
2.13 Výroba hudebního nástroje.....	11
2.14 Vzájemné působení dvou vodičů s proudem.....	12
2.15 Měření indexu lomu špendlíkovou metodou.....	12
2.16 Postříbření začouzené lžičky .....	13
2.17 Výroba alkoholických kolínek.....	14
2.18 Kulový tvar kapek.....	15
2.19 Přilepení plecháčku ke sklu bez lepidla.....	15
<b>3. Fyzika kouzelná</b> .....	<b>16</b>
3.1 Kouzelná hůlka .....	16
3.2 Kouzelná hůlka a antigravitace.....	16
3.3 Levitující kouzelná hůlka .....	17
3.4 Zmuchlaná kouzelná hůlka .....	18
3.5 Zázračné karty.....	18
3.6 Rovnováha s kartou.....	19
<b>4. Akce související s fyzikou</b> .....	<b>19</b>
4.1 Fyzikální cirkus .....	19
4.2 Nepovinný seminář se třídou 00M .....	26
<b>5. Materiály pro výuku fyziky</b> .....	<b>29</b>
5.1 Fólie pro zpětný projektor .....	29
5.2 Fotografie jevů z praxe .....	30

5.2.1	Pohyb cyklisty v zatáčce .....	30
5.2.2	Rovnováha na páce - kleště .....	31
5.2.3	Archimédův zákon - kánoe plave na vodě .....	31
5.2.4	Elektrostatika - vlasy vstávají ne hrůzou .....	32
5.2.5	Zákon lomu - „Hůl do vody ponořená, zdá se býti zalomená“ .....	32
<b>5.3</b>	<b>Fotografie jednoduchých strojů .....</b>	<b>33</b>
<b>5.4</b>	<b>Fyzika ve sci-fi literatuře .....</b>	<b>35</b>
5.4.1	Setkání s Rámou .....	35
5.4.2	Pád na Měsíc .....	36
5.4.3	Cestou na Měsíc .....	36
<b>5.5</b>	<b>Optické klamy .....</b>	<b>38</b>
5.5.1	Fyziologické klamy .....	38
5.5.2	Geometrické optické klamy .....	39
5.5.3	Psychologické klamy .....	40
5.5.4	Praktické využití optických klamů .....	40
<b>5.6</b>	<b>Úsměvy s fyzikou .....</b>	<b>43</b>
5.6.1	Kreslené vtipy .....	43
5.6.2	Netradiční pojetí fyzikálních zákonů .....	43
<b>6.</b>	<b><i>Spojení, zdroje a inspirace: .....</i></b>	<b>46</b>

# PANSKÁ FYZIKA

Jaroslav Reichl a studenti ze SPŠST Panská, SPŠST Panská 3, Praha 1

## 1. Úvod

Vzpomínají-li dospělí lidé na léta strávená na střední škole, většinou jako nejméně oblíbené předměty jmenují matematiku a fyziku. Jako důvod uvádějí, že nikdy nechápali, proč se mají právě matematiku a fyziku učit, nechápali odvozované vztahy a v paměti jim zůstaly pouze dokonale popsané tabule se samými vzorečky.

Jako učitel na střední škole se snažím o to, aby studenti, kteří projdou naší střední školou (a hlavně „mýma rukama“), získali na fyziku zcela jiný názor. Fyzika je věda, která popisuje a vysvětluje jevy a děje probíhající v přírodě, tj. v reálném světě. Proto se snažím o maximální přiblížení probírané látky právě na dějích a jevech z praxe, které studenti znají a které jim umožní probíranou látku lépe pochopit. Zastávám názor, že pochopí-li student probíranou látku na konkrétním příkladu z praxe, daleko lépe se mu bude fyzika studovat na vysoké škole (kam se velká část našich studentů hlásí), kde budou daný fyzikální problém popisovat mnohem detailněji s uvážením všech okolností, které se na střední škole neberou v úvahu. Po odvození diferenciální rovnice „přes půl tabule“ ji pak daleko lépe pochopí, když bude vidět „tu fyziku, která je za ní.“

Vzhledem k tomu, že patřím k těm šťastlivcům, pro něž se jejich povolání stalo i koníčkem, pak mi nedělá problém při jakékoliv své činnosti myslet na fyziku. I pokud se zabývám něčím, co s fyzikou zdánlivě nesouvisí, napadají mě různé ptákoviny, úlohy, příklady, experimenty, které se (většinou po určité úpravě) dají použít ve výuce fyziky k oživení právě probíraného tématu. Z toho, co jsem za krátkou dobu svého pedagogického působení nashromáždil buď sám, nebo přímo se studenty, se rád podělím.

## 2. Fyzika převážně vážně

V této části jsou popsány experimenty, které jsem objevil v literatuře, zrodily se přímo v mé hlavě a nebo je vymysleli studenti, které učím. U studentů je uváděna třída ve tvaru dvou číslic (dvojciferný zápis roku nástupu studenta do školy) a jednoho písmene (značí obor: A, B, C - digitální a telekomunikační technika, D - obrazová a zvuková technika: technické zaměření), F, G - obrazová a zvuková technika: technologicko-organizační zaměření), K, L, M - technické lyceum).

Pokusy uvádím v pořadí, které odpovídá pořadí probíraných tematických celků na technickém lyceu na naší škole: mechanika, elektrostatické pole, vedení elektrického proudu v látkách, mechanické kmitání a vlnění, magnetické pole, střídavé obvody, elektromagnetické kmitání a vlnění, optika, molekulová fyzika a termodynamika, STR a fyzika mikrosvěta. Obávám se ale, že z posledních dvou kapitol mnoho pokusů nebude ...

### 2.1 DOMÁCÍ PRÁCE STUDENTŮ - ÚVODNÍ POVÍDÁNÍ

Ve druhém ročníku na cvičeních zadám vždy na začátku školního roku studentům práci na doma. Práce je dvojího druhu:

1. manuální činnost - studenti mají za úkol vymyslet a předvést experiment, který se váže k danému tématu (např. třecí síly v reálném životě, zákon zachování mechanické energie, Archimédův zákon pro kapaliny, ...), nebo mají za úkol vyrobit nějaké zařízení (vodní mlýnek, přesýpací, vodní či jiné hodiny, hudební nástroj, ...)
2. duševní činnost - studenti mají za úkol přečíst nějakou knihu z oblasti sci-fi a ve škole pak převyprávět obsah díla a vysvětlit některé (mnou zadané) pasáže knihy. Ve většině případů se jedná o knihy A. C. Clarka, který se ve svých dílech drží (dnes známých) fyzikálních zákonů, ale i přesto se občas v jeho knihách vyskytnou zajímavé situace (viz detailněji odstavec 5.4).

Prezentace domácí práce (ať už převedení experimentu či rozbor sci-fi literatury) ve třídě pak slouží k zopakování dané látky pro celou třídu. Tyto domácí práce mají (dle mého soudu) řadu výhod pro studenty:

1. studenti se při výrobě svých zařízení zdokonalí v používání ručního nářadí
2. zadanému tématu porozuměli více, protože buď vymýšleli různé možnosti vyráběného zařízení sami, nebo spolupracovali s literaturou

3. při zodpovídání otázek svých spolužáků při vlastní prezentaci práce se naučili formulovat své myšlenky a obhajovat své názory

Během prezentace práce studenti měli třídu pro sebe. Já si sednu do třídy a reaguji spolu s ostatními studenty na prezentaci daného studenta. Ve většině případů se stalo, že pokud měl předvádějící student na některý dotaz z publika nesprávný fyzikální názor, ostatní ho přesvědčili, že se mýlí, sami, aniž bych musel do diskuse zasáhnout sám. Bylo hodně studentů, kteří mi po předvedení své práce řekli: „To není vůbec žádná sranda stát před třídou a odpovídat na jejich zvědavé dotazy. Obdivuji vás, že to děláte. Já bych se z toho zbláznil.“

Pro zajímavost uvádím některé z nabízených témat pro studenty:

<b>Standardní pokusy</b>
zákon setrvačnosti, zákon akce a reakce, zákon zachování hybnosti, třecí síly v reálném životě, odstředivá a dostředivá síla, zákon zachování mechanické energie, stav beztláče, vrhy těles, rovnovážné polohy těles, jednoduché stroje, Pascalův zákon, Archimédův zákon pro kapaliny, proudění kapalin (Bernoulliho rovnice, rovnice kontinuity), odporové síly v praxi, Coulombův zákon v praxi, elektrostatická indukce zajímavě pro všechny
<b>Nadstandardní pokusy</b>
Archimédův zákon pro plyny, hydrodynamický paradox, aerodynamický paradox, magická fyzika aneb Copperfieldi mezi námi, fyzika v kindervajíčku, určování hmotnosti, tlaku, rychlosti (vždy co nejvíce způsobů určení dané fyzikální veličiny u běžně dostupných předmětů a jevů)
<b>Výroba různých hejblátek</b>
Návrh a provedení dvou různých způsobů, jak zabránit syrovému vajíčku, aby se při pádu ze tří metrů rozbilo Sestrojení dvou různých „strojů“, vykonávajících tutéž činnost, ale s různým výkonem Podivně se chovající hračky Hodiny vodní, pískové, sluneční a jiné Hydraulický lis Vodní mlýnek, který by „něco“ utáhl Důkaz existence atmosférické síly Netradiční zdroje elektřiny aneb co vše lze rozsvítit citronem Elektřina kolem nás aneb nikdo z nás není nekonečně elektricky odporný Elektřina v PET láhvi Podivně se chovající obvody za pár korun aneb fyzik s pájkou dokáže divy Kyvadlo v rukou fyzika aneb co vše se dá dělat s kyvadlem Výroba atypického hudebního nástroje, na nějž bude možné zahrát známou píseň Fyzika jednoduše aneb co dům dal ...

## **2.2 PÁD SYROVÉHO VAJÍČKA ANEB JAK TO ZAŘÍDIT, ABY SE VEJCE NEROZBILO**

Syrovým vajíčkem lze velice slušně demonstrovat volný pád tělesa, lze jím ukázat přeměnu tíhové potenciální energie na energii kinetickou (a posléze deformační), lze jím demonstrovat zákon setrvačnosti, ... Bohužel, v řadě případů se jedná o experimenty destruktivní, tj. syrové vajíčko pokus nevydrží. Student Tomáš Černý ze třídy 98D vymyslel pomůcku, pomocí níž je možné vajíčko spustit na zem z výšky 3 m až 4 m, aniž by došlo k jeho destrukci. Navíc lze tuto pomůcku využít k demonstraci existence odporových sil.

### Pomůcky:

tenký igelit, balza, slabé provázky (nitě), velká krabička od sirek, vata, nůžky, izolepa (lepidlo)

### Příprava a provedení:

Jedná se v podstatě o padák, jehož rám ve tvaru písmene „H“ (písmeno „H“ má šířku asi 90 cm a výšku asi 60 cm) je zhotoven z balzy, na níž je napnut tenký (lehký) igelit a pomocí izolepy přilepen k rámu. Velká krabička od zápalek vystlaná vatou slouží pro umístění vajíčka. Krabičku připevníme pomocí niti v rozích ke konstrukci padáku a k igelitu uprostřed jeho delších stran. Do rohů krabičky je

možné umístit na fouknuté pouťové balónky tak, jak to učinil autor. On sice neměl v úmyslu využívat vztlakovou sílu vzduchu, přesto je to zajímavý námět na diskusi a zopakování dalšího tématického celku.

Nyní stačí stoupnout si na lavici (katedru, ...) a z výšky pustit padák i s vajíčkem na zem.

Pomůcka je vhodná nejen pro demonstraci odporové síly vzduchu a možnosti jejího využití, ale je možné pomoci jí zopakovat řadu věcí (a nechat studenty domýšlet různé nápady) - vztlakovou sílu, pohyb rovnoměrně zrychlený (a zda pohyb padáku je rovnoměrně zrychlený), zrychlení při brždění (dopadu na zem), proč se vajíčko v padáku nerozbije, zatímco bez něho ano, ...

### **2.3 PÁD SYROVÉHO VAJÍČKA II.**

Tímtež problémem se zabýval i student Martin Bak ze třídy 00M, který vymyslel jednodušší, byť stejně účinné varianty pokusu na toto téma.

#### Pomůcky:

PET láhev, vata, igelitový sáček, igelitová taška, provázek

#### Postup a provedení:

První varianta spočívala v tom, že Martin z igelitové tašky, kterou pomocí několika provázků přivázal k igelitovému sáčku, vyrobil padák. Igelitový sáček vystlal vatou, položil vajíčko a opět přidal vatu. S padákem i zátěží vylezl na katedru, pustil dolů (viz obr. 1 a obr. 2) a po dopadu vejce skutečně přežilo.

Druhá varianta byla jednodušší - velké PET láhvi odřízl hrdlo, vystal jí vatou, umístil do ní vejce a opět přikryl vatou. Vylezl na katedru, pustil a vejce opět přežilo.



obr. 1



obr. 2

### **2.4 TENISOVÝ MÍČEK NA PROVÁZKU**

Následující pomůcku vymyslel student Martin Pastrňák (ze třídy 00M) při prezentaci domácích experimentů, které se v mých hodinách staly již tradičním opakováním učiva ve druhém ročníku. Student tímto nápadem demonstroval vodorovný vrh tělesa, nicméně pomůcka má širší využití.

#### Pomůcky:

tenisový míček, síťka od citronů (cibule, ...), několik metrů dlouhá stuha

#### Postup a provedení:

Do síťky od citronů či jiného ovoce či zeleniny vložíme tenisový míček a těsně jej do ní zavážeme. Na konec síťky přivážeme několik metrů dlouhou stuhu a máme k dispozici pomůcku pro řadu fyzikálních partií (hlavně mechaniku).

Primárně byla tato pomůcka určena pro demonstraci trajektorie vrhů těles v homogenním tíhovém poli Země. Provedení je velmi jednoduché. Stoupneme si před třídu, vezmeme míček do rukou a hodíme v příslušném směru (svisle, vodorovně, šikmo vzhůru, šikmo dolů), přičemž dáváme pozor na to, aby se volná stuha nikde nezachytila. Při pohybu míčku pak stuha krásně „kopíruje“ trajektorii daného pohybu (ve většině uvedených případech část paraboly).



obr. 3

Dalším využitím pomůcky je demonstrace zákona zachování energie. Hodíme-li míček tak, aby se několikrát odrazil od země, je vidět, že maximální výška výstupu mezi jednotlivými odrazy se postupně zmenšuje. Jinými slovy, neplatí zákon zachování mechanické energie, ale obecnější zákon zachování energie (část mechanické energie se přemění na energii vnitřní, práci nutnou k deformaci míčku, ...).

S opatrností lze pomůcku použít i k demonstraci odstředivé síly: uchopíme za volný konec stuhu a tenisový míček roztočíme. Ve vhodném okamžiku (kdy nemůžeme nikoho zranit) stuhu pustíme; ten se začne pohybovat od středu dané kružnice resp. po tečně ke kružnici v místě vypuštění míčku - podle toho, z jaké soustavy pohyb sledujeme.

Další použití nabízí mechanické kmitání, kdy je možné pomůcku použít jako příklad mechanického oscilátoru, diskutovat, jedná-li se o kyvadlo matematické či nikoliv, hovořit o kmitání tlumeném, netlumeném, nuceném, ...

## 2.5 KATAPULT

Jiným způsobem, jak demonstrovat vrh tělesa, je sestavení vlastního katapultu. Ten sestrojil Jan Váter rovněž ze třídy 00M.



obr. 4



obr. 5

### Pomůcky:

katapult vlastní výroby, tenisák, vajíčko

### Postup a provedení:

Katapult si sestavil doma z několika prkének a silné gumy, kterou použil k odpalování těles. Vrhané těleso umístil do seříznuté PET láhve, kterou měl umístěnu na odpalovacím zařízení, a mohl pálit. Za zmínku ještě stojí, že jako vrhané těleso si vybral vajíčko, čímž chtěl vtipně splnit dva úkoly

najednou (viz odstavec 2.2). Se spolužákem pomocí tenisáku nacvičili, jak napnout gumu katapultu a kam si má druhý stoupnout, aby vrhané těleso nespadlo na zem, a pak už vyměnili tenisák za vajíčko a dvakrát úspěšně vypálili (a druhý úspěšně chytil).

Atmosféru pokusu dokreslují fotografie na obr. 4 a obr. 5.

## 2.6 MODEL SLUNEČNÍ SOUSTAVY

V prvním ročníku se v kapitole věnované gravitačnímu poli v okolí hmotných bodů zavádí v souvislosti se Sluneční soustavou a Keplerovými zákony veličina v astronomii často používaná - astronomická jednotka. Studenti se dozví, jak se definuje, proč se zavádí, jaká je její velikost. A počítají se úlohy. Sám jsem se poněkud více zajímal o astronomii, takže mám vždy co dělat, abych se držel osnov a nezačal vykládat podrobně o Sluneční soustavě, jednotlivých planetách, kometách, ... více, než mi dovoluje čas. Přesto se rozpovídám malinko více a tudíž dojde na vzdálenosti jednotlivých planet od Slunce. A tady je kámen úrazu. Přiznám se, že teprve po sestavení následujícího modelu člověku dojde, jak „prázdná“ Sluneční soustava vlastně je.

### Pomůcky:

pevný provázek (alespoň 4,5 metru dlouhý), kreslicí čtvrtka či jiný tužší papír, kružítko, nůžky, tužka, 2 stativy (buď školní nebo z PET lahví)

### Postup a provedení:

Z papíru jsem vystříhl 10 koleček (9 planet a Slunce) s poloměrem 2 cm. V jejich středu jsem udělal díрку na provlečení provázku. Poblíž jednoho konce provázku (necháme kousek na přivázání ke stativu) připevníme Slunce. A nyní v poměru 1 AU odpovídá 10 cm umístíme na provázek další planety, jejichž vzdálenosti lze nalézt v Matematicko - fyzikálních tabulkách. Já osobně jsem si pro případ zvědavých dotazů studentů na kolečka reprezentující jednotlivé planety z tabulek vypsals vzdálenost od Slunce, dobu oběhu kolem Slunce (periodu), rovníkový průměr planety a poměr hmotnosti planety vzhledem k hmotnosti Země a astronomickou značku planety. A jednoduchý model Sluneční soustavy, na kterém je názorně vidět rozložení planet kolem Slunce, je hotov (část „řetězu“ je zobrazena na obr. 6).



obr. 6



obr. 7

## 2.7 PLANETY SLUNEČNÍ SOUSTAVY

Máme-li k dispozici model Sluneční soustavy (viz odstavec 2.5), na němž jsou vidět vzdálenosti jednotlivých planet od Slunce, chtělo by to ještě nějak ukázat vzájemnou velikost (srovnání) jednotlivých planet. V nejrůznější literatuře se člověk dočte různá přirovnání (míče, špendlíkové hlavičky, kuličky hrachu, ...), což sice může pomoci, ale problém je, že uvažované modely není vždy snadné sehnat a mluvit o nich „z paměti naslepo“ to není ono. Proto jsem si vypomohl opět sám.

### Pomůcky:

několik čtvrtek, kružítko, barevné pastelky, vodovky, nůžky

### Postup a provedení:

Před vlastní výrobou rovinných modelů planet bylo třeba vymyslet správný poměr pro zmenšení skutečného průměru planety tak, aby bylo možno rozumně sestavit model jak Pluta tak i Jupitera. Rozhodl jsem se pro poměr 1:200000000. Mnou použité hodnoty jsou v následující tabulce:

Planeta	Průměr planety	Průměr modelu	Planeta	Průměr planety	Průměr modelu
Merkur	4878 km	2,44 cm	Saturn	120536 km	60,27 cm
Venuše	12102 km	6,05 cm	Uran	51118 km	25,56 cm
Země	12756 km	6,40 cm	Neptun	49528 km	24,76 cm
Mars	6794 km	3,40 cm	Pluto	2360 km	1,18 cm
Jupiter	142984 km	71,49 cm	Měsíc	3476 km	1,74 cm

Nyní již stačí s pomocí kružítka a nůžek sestrojít příslušné modely a obarvit je. Barvy jednotlivých modelů jsem hledal v kapesním průvodci Planety naší Sluneční soustavy a na Internetu. Jak vše dopadlo, ukazuje obr. 7.

## 2.8 MODEL KLENBY

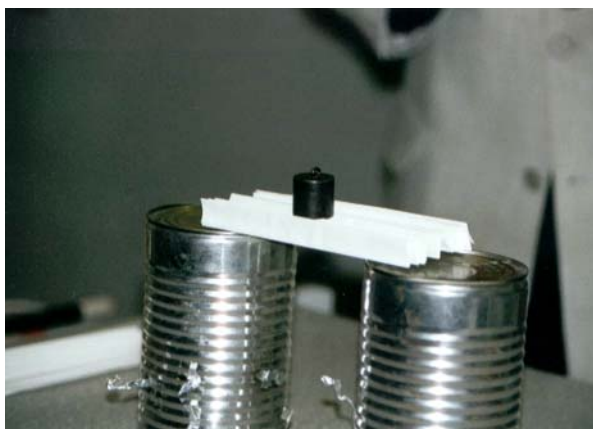
### Pomůcky:

2 listy papíru formátu A5, několik učebnic jako stativ, závaží 100 gramů

### Postup a provedení:

Před vlastním experimentem si složíme jeden list papíru A5 do „harmoniky“ (šířka proužků - cca 1 cm). Při vlastním pokusu pak mezi dva stativy (bedýnky, plechovky, několik učebnic, ...) položíme nepřehnutý list papíru A5 a umístíme na něj závaží. To okamžitě propadne. Zopakujeme experiment znovu, tentokrát ale použijeme papír naskládaný do „harmoniky“ a závaží položíme na dva „vrcholy“. Nyní závaží nespadne (viz obr. 8).

Ve druhém případě, kdy je závaží položeno na „vrcholech harmoniky“, dochází k rozkladu jeho tíhy do čtyř složek a papír tudíž tíhu závaží vydrží. Tímto jsme demonstrovali základní vlastnost klenby.



obr. 8

## 2.9 KINETICKÁ ENERGIE ROTUJÍCÍHO TĚLESA

Při výkladu mechanické energie studenti většinou snadno pochopí, jak se projeví u hmotného bodu jeho kinetická energie posuvného pohybu a potenciální energie. Kinetická energie rotujícího tuhého tělesa už je ale na představu a pochopení těžší. Není tedy nic jednoduššího než přesvědčit studenty, že rotující tuhé těleso tuto energii skutečně má. Vyrobil jsem tedy model setrvačnicku.

### Pomůcky:

přední kolo z bicyklu (bez pneumatiky a duše), 18 lahviček od Actimelu, suchý písek, gumičky, igelitové sáčky (potravinářská fólie, izolepa, nůžky

### Postup:

Vymontovat z FAVORITA přední kolo není problém, ale kolo je lehké, a tudíž má malý moment setrvačnosti. K jeho zvýšení bylo zapotřebí zvětšit hmotnost na obvodu kola. Vylévat ráfek olovem, jak předvádějí vyučující na MFF UK, jsem zavrhl. Hledal jsem tedy jednodušší způsob.

Z lahvičky od Actimelu sloupneme reklamní igelitový obal (klouže), naplníme ji pískem a pomocí igelitu a gumičky uzavřeme. Poté ji položíme do ráfku kola a několikrát obmotáme izolepou. Analogicky postupujeme s dalšími lahvičkami. Před začátkem lepení lahviček je třeba alespoň zhruba vyměřit vzdálenosti mezi lahvičkami, aby zatížení kola a tím pádem i jeho otáčení bylo rovnoměrné.



### Provedení:

Připravené kolo uchopíme za „motýlky“ tak, aby jeho osa byla vodorovná (viz obr. 9), a roztočíme (buď požádáme někoho, nebo zvládneme sami) a setrvačnick je na světě. Půjčíme-li tento setrvačnick do ruky studentům, roztočíme jej a poté je vyzveme, aby zkusili rotující kolo natočit (tj. změnit vodorovnou polohu osy kola), zjistí, že to není tak jednoduché. Zopakuje-li si student popsaný experiment s různými úhlovými rychlostmi otáčení kola, může si ověřit, že s rostoucí úhlovou rychlostí roste i kinetická energie rotujícího tělesa (závislost na druhé mocnině této úhlové rychlosti ukázat nelze).

Se zvědavějšími studenty můžeme zavést řeč i na piruety krasobruslařů, vznik rotace planet při vzniku Sluneční soustavy, ... a nastínit veličinu zvanou moment hybnosti a zákon jeho zachování. K tomu lze využít otáčející se židli, na níž se posadí sám učitel nebo student, a postupným nakláněním osy kola (viz obr. 10) vyvolat rotaci celé židle. Přestože nemám speciálně vyrobenou židli jako na MFF UK, podařilo se mi celkem slušně se otáčet.

Během práce s roztočeným setrvačnickem je třeba dávat pozor, aby nedošlo ke zranění. Zvláštní pozornost je třeba věnovat při brždění kola. Věřte, docela to bolí.



obr. 9



obr. 10

## **2.10 FYZIKA V KINDER-VAJÍČKU**

Jak už jsem se zmínil výše, fyziku hledám všude. Proto jsem zadal i toto téma, kterého se chopil Miroslav Janáček ze třídy 00M. Přinesl do školy snad 50 (a možná dokonce i víc) věciček, které se najdou v Kinder vajíčku. O každé z nich byl schopen říci, jak funguje, jaký fyzikální zákon by se tím dal demonstrovat, ...

O tom, že tento experiment se líbil nejen jemu a mně, ale i zbytku třídy, svědčí fotografie na obr. 11 a obr. 12. Mírovi se podařilo plně naplnit heslo: Kdo si hraje, nezlobí!



obr. 11



obr. 12

## **2.11 VODNÍ MLÝNEK**

Tento pokus vznikl jako domácí práce Filipa Müllera ze třídy 00M. Natolik chtěl ukázat, co dovede, že si byl i přeměřit vanu, kterou máme zabudovanou v učebně fyziky, aby věděl, jak „se může rozšoupnout“.

Během přípravy musel překonat řadu technických obtíží, ale zvládl to dobře.

### Pomůcky:

přední kolo z bicyklu i s vidlicí, stojan na vánoční stromček, kelímky od jogurtů, hadice, dynamo, Graetzův usměrňovač, blesk do fotoaparátu

### Popis a provedení:

Starou vidlici i s předním kolem umístil Filip do stojánku na vánoční stromek. Z předního kola sundal plášť i duši a na ráfek kole přišrouboval po obvodu kola celkem 16 seřiznutých dolních částí kelímků od jogurtů. Ty sloužily jako lopatky jeho mlýnku. Na vidlici přidal klasické dynamo na kolo, od něhož vedl vodiče přes Graetzův usměrňovač, který si sám vyrobil, k blesku od fotoaparátu.

Při vlastním předvádění pokusu umístil kolo na stojánku do vany, kterou máme v učebně fyziky, na katedru dal usměrňovač a blesk a do vodovodního kohoutku zastrčil hadici. A pustil vodu. Je fakt, že jsme pak museli vytírat skoro celou třídu, ale podařilo se!!! Po několika minutách spustil Filip blesk a blesk skutečně blýskl. Bohužel to bylo v okamžiku, kdy jsem se já šel podívat zblízka ...

Průběh pokusu i to, jak dopadla zeď v okolí vany, dokumentují obr. 13 a obr. 14.



obr. 13



obr. 14

## **2.12 BERNOULLIHO ROVNICE PRO KAPALINY**

Námět pochází od Tomáše Radly ze třídy 99D, který přišel s velmi jednoduchým a přitom velmi názorným pokusem na Bernoulliho rovnici pro kapalinu (vodu).

### Pomůcky:

kus zahradní hadice, kus hadičky od vzduchotechniky akvária, korek (či jinak vyřešená redukce pro spojení těchto dvou hadic), 2 prázdné vymyté trubičky od náplně do propisovačky, lepidlo

### Postup a provedení:

Zahradní hadici, kterou volíme takového průměru, aby ji bylo možné nasadit na vodovodní kohoutek, připojíme pomocí redukce z korku k hadičce od vzduchotechniky. Do každé z hadic uděláme malý otvor, do něhož kolmo k hadici vsuneme a poté vlepíme vymytou trubičku od náplně do propisovačky (dbáme na to, aby obě měly stejný průřez a stejnou délku). Poté zahradní hadici připojíme k vodovodnímu kohoutku a držíme celou „aparaturku“ ve vodorovné poloze. Konec tenké hadičky volně spustíme do umyvadla a pustíme do zahradní hadice vodu. Z trubiček začne stříkat voda a to tak, že z trubičky v zahradní hadici stříká voda do větší výšky než z druhé hadičky (viz obr. 15). Studenti v té době již znají hydrostatický tlak a rovnici kontinuity, takže je možné dojít k závěru, že v širší zahradní hadici, v níž proudí voda menší rychlostí než v užší hadičce, je vyšší tlak.

U tohoto pokusu se většinou neobejdeme bez hadru a okamžité spolupráce služby ve třídě, ale o to více si studenti experiment zapamatují.

Vzhledem k tomu, že v době, kdy experiment vznikl, nebyl k dispozici fotoaparát, požádal jsem o spolupráci na experimentu kvůli vyfocení (další záběr je na obr. 16) Zdeňka Sojku ze třídy 00M.



obr. 15



obr. 16

### 2.13 VÝROBA HUDEBNÍHO NÁSTROJE

O vytvoření atypického hudebního nástroje se postaral velmi nadaný Václav Potoček ze třídy 00M. Nástroj nejen vyrobil, ale dokonce na něj, za aplaudování celé třídy, zahrál několik písní.



obr. 17



obr. 18

#### Pomůcky:

6 prázdných lahví do piva, voda, brčko

#### Postup a provedení:

Prázdné láhve od piva postavíme na stůl (Vašek je měl pro jednodušší přenášení svázaný dohromady provázkem), naplníme vodou a doladíme. Jednoduše řečené, fyzikálně jasné, ale poslední krok přípravy - doladění - mohou dělat pouze lidé, kteří „to slyší“. Mezi tyto šťastlivce Vašek (na

rozdíl ode mě) patří, takže jemu se to vskutku podařilo. Z domova měl na lahvích značky, kam má sahat hladina vody, před vlastním vystoupením jen nepatrně doladil pomocí brčka (viz obr. 17) a koncert mohl začít (viz obr. 18).

## 2.14 VZÁJEMNÉ PŮSOBNÍ DVOU VODIČŮ S PROUDEM

Ukázat vzájemné silové působení dvou rovnoběžných vodičů, kterými prochází elektrický proud, je spojeno s řadou problémů: aby bylo pozorované přitahování resp. odpuzování vodičů prokazatelné, je třeba vybudit v okolí vodičů velké magnetické pole. To znamená ale i velký proud procházející vodičem, což ne každý vodič vydrží. Tyto obtíže je možné eliminovat použitím dvou proužkůlobalu připojených k akumulátoru. Pro učitele (alespoň pro mě) je poté určitě náročné na dvourozměrnou tabuli udělat třírozměrný obrázek s vyznačením směru proudu, magnetické indukce a působící síly a „odvodit“ na základě pravidel levé a pravé ruky orientaci působící síly. Z toho důvodu jsem si vyrobil jednoduchou pomůcku, která nemá nic společného s příslušným elektrickým obvodem; slouží jen k názorné ukázce prostorového uspořádání uvažovaných tří vektorů.

### Pomůcky:

3 půllitrové PET láhve s uzávěry, 2 laboratorní stojany, kus tvrdšího silnějšího kartonu, 2 špejle, tužka a papír (čtvrtka), lepidlo, několik špendlíků

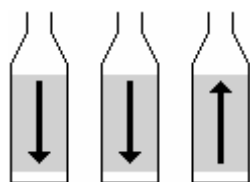
### Postup:

Do uzávěrů obou lahví uděláme takový otvor, aby bylo možné láhev uzavřenou uzávěrem nasadit na laboratorní stojan. Z tvrdšího silnějšího kartonu vystříháme dva kruhy o poloměru zhruba 5 - 7 cm, uprostřed každého z kruhů uděláme takový otvor, aby jej bylo možné těsně nasadit na uzávěr plastové láhve. Pro jistotu je možné zátku do kruhu vlepít lepidlem.

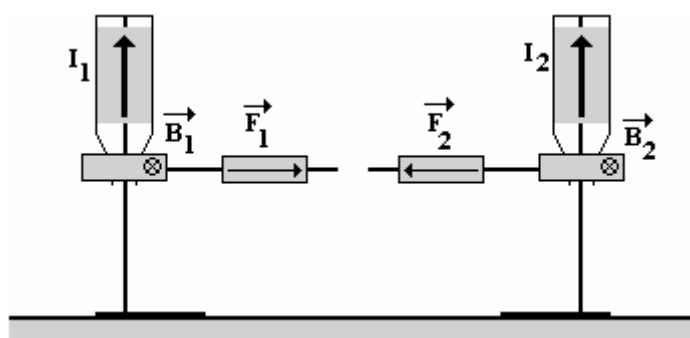
Na čtvrtku papíru, jejíž velikost upravíme tak, aby bylo možné oblepit plastovou láhev, nakreslíme (resp. pomocí tiskárny a počítače vytiskneme) několik výrazných šipek. Na každou láhev pak nalepíme pás se šipkami, přičemž dáváme pozor na to, aby na jedné láhvi byly šipky orientovány opačně než na ostatních (viz obr. 19). Na další 4 proužky čtvrtky nakreslíme po jedné šipce (z didaktických důvodů volíme 2 barvy šipek po dvou kusech). Na dva z uvažovaných proužků (šipky stejné barvy) přiděláme pomocí proužků papíru z rubové strany úchytky pro provlečení špejle. Na dvě špejle pevně přivážeme k jednomu jejich konci špendlík.

### Provedení:

Na stativové stojany nasadíme příslušné PET láhve (i s uzávěry a připevněnými kartónovými kruhy) podle toho, jestli chceme demonstrovat vzájemné silové působení dvou rovnoběžných vodičů, jimiž prochází proud v souhlasném nebo v opačném směru. Šipky na lahvích představují směr proudu v uvažovaném vodiči. Pomocí pravidla pravé ruky vyvodíme směr magnetické indukce v okolí každého z vodičů a naznačíme jej pomocí proužků se šipkami, které připevníme pomocí špendlíků do kartónu na uzávěru. Potom pomocí Flemingova pravidla levé ruky vyvodíme směr působící síly na příslušný vodič. Směr této síly vyznačíme pomocí špejle, kterou špendlíkem zapíchneme do kartónu a na níž navlékneme proužek papíru se šipkou (viz obr. 20, na kterém je znázorněna situace pro dva vodiče se stejným směrem proudu). Nyní je prostorový model situace dokončený.



obr. 19



obr. 20

## 2.15 MĚŘENÍ INDEXU LOMU ŠPENDLÍKOVOU METODOU

V rámci výkladu optiky jsme s kolegy přemýšleli, jak výuku zatraktivnit pomocí laboratorní práce na téma index lomu. Skleněné půlválce v soupravě pro optiku jsme měli, co nám ale chybělo, byly jak zdroje světla, kterými by bylo možné na válec posvítit a sledovat chod paprsků v půlválci, tak

příslušné zdroje napětí. Nakonec jsme došli k závěru, že je možné použít tzv. špendlíkovou metodu. Dostupnými prostředky je tak možné určit velmi dobře index lomu daného skleněného půlválce.

#### Pomůcky:

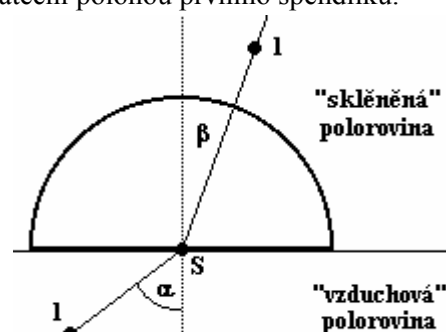
skleněný půlválec (ze souprav pro optiku), několik špendlíků, kartón nebo kus polystyrenu, papír, tužka, pravítko, úhloměr, kalkulačka

#### Postup a provedení:

Na polystyren připíchneme čistý list papíru, na němž jsme předem narýsovali přímku, která bude představovat rozhraní dvou optických prostředí. K tomuto vyznačenému rozhraní opět pomocí špendlíků připevníme skleněný půlválec tak, aby čelo půlválce leželo přesně na vyznačeném rozhraní, které nám celou rovinu papíru nyní dělí na dvě poloroviny: „skleněnou“ a „vzduchovou“. Na papír nyní vyznačíme střed  $S$  čela půlválce, do něhož vpíchneme špendlík. Do „vzduchové“ poloroviny vpíchneme další špendlík, uchopíme polystyren do ruky, zavřeme jedno oko a díváme se tak, aby právě vpíchnutý špendlík a špendlík v bodě  $S$  ležely v jedné přímce. Třetí špendlík vpíchneme do „skleněné“ poloroviny tak, aby při pohledu přes skleněný půlválec ležel na téže přímce, jako dva již umístěné špendlíky a oko. Na papír si vyznačíme (např. číslem) polohu obou špendlíků (ve „vzduchové“ i „skleněné“ polorovině). Situace je schematicky znázorněná na obr. 21. (Nejedná se o záznam z měření!!!) Postup několikrát opakujeme s různou počáteční polohou prvního špendlíku.

Před vlastním výpočtem sundáme papír z polystyrenu, bodem  $S$  vedeme k rozhraní kolmici a vyznačíme dopadající i lomený paprsek (spojíme např. bod 1 ve „vzduchové“ polorovině s bodem  $S$  a pak bod  $S$  s bodem 1 ve „skleněné“ polorovině). Úhloměrem určíme úhel dopadu a úhel lomu a pomocí Snellova zákona lomu dopočítáme index lomu skla půlválce (index lomu vzduchu uvažujeme roven 1).

Je možné postupovat i tak, že se „díváme“ ze „skleněné“ poloroviny. To skýtá ale jedno nebezpečí: totální odraz. V určité poloze prvního špendlíku se třetí špendlík při pohledu přes válec již nezobrazí na uvažované přímce.



obr. 21

## **2.16 POSTŘÍBŘENÍ ZAČOUZENÉ LŽIČKY**

Následující pokus je vhodný jak k výkladu totálního odrazu světla, tak k výkladu smáčivosti resp. nesmáčivosti povrchu pevného tělesa kapalinou. Je jen otázkou, kam učitel pokus zařadí.

#### Pomůcky:

svíčka, zápalky, čajová kovová lžička, kádinka s vodou

#### Postup a provedení:

Pomocí zapálené svíčky začadíme z vypuklé strany lžičku. Před pokusem je třeba, aby byla lžička čistá a hlavně odmaštěná. Poté takto začazenou lžičku ponoříme do kádinky s vodou a pohledem přes sklo kádinky zjistíme, že lžička je krásně stříbrná - začazení zmizelo (viz obr. 22). Když lžičku z vody vytáhneme, vidíme, že saze na lžičce zůstaly (viz obr. 23).

Podstatou pokusu je vznik tenké vzduchové vrstvy (prý se jí říká mycela), která vznikne mezi vrstvou sazí a vody. Na této vrstvě pak dochází k totálnímu odrazu světla a my vlastně vidíme ne světlo odražené od povrchu lžičky, ale odražené od rozhraní voda-vzduch u lžičky.

Při použití tohoto experimentu při výkladu smáčivosti resp. nesmáčivosti povrchu těles kapalinou je vysvětlení toto: Voda nesmáčí saze, které jsou mastné, a proto vrstva vody nepřilne až k vrstvě sazí - vzniká mezi nimi vzduchová vrstva.



obr. 22



obr. 23

## **2.17 VÝROBA ALKOHOLICKÝCH KOLÍNEK**

V lepších restauracích je možné dnes již běžně dostat míchané nápoje. Některé z nich nejsou promíchány v shakeru, ale jsou podávány jako tzv. kolínka. Fyzikální podstatu těchto kolínek je možné jednoduše demonstrovat.

### Pomůcky:

vyšší užší odměrný válec, voda (obarvená), líh

### Postup a provedení:

Do vyššího užšího odměrného válce nalijeme asi do poloviny vodu. Je dobré ji obarvit potravinářským barvivem, aby vynikl rozdíl oproti lihu. Potom válec nakloníme a opatrně po sklu odměrného válce přiléváme líh (viz obr. 24). Je-li lihu nalito již dostatečné množství, opatrně válec opět stavíme do svislé polohy.



obr. 24



obr. 25

Pokud jsme postupovali správně a pomalu, podařilo se vytvořit v kapalině poměrně ostré rozhraní mezi jednotlivými kapalinami. Rozhraní vznikne jednak díky Archimedovu zákonu, protože líh má menší hustotu než voda, a jednak díky rozdílnému povrchovému napětí obou kapalin.

Na obr. 25 je fotografie pořízená z „Fyzikálního cirkusu 2002“ (o cirkusech podrobněji v odstavci 4.1), kde jsem tento experiment předváděl poprvé. Nepodařilo se mi vytvořit rozhraní příliš ostré. Při následném opakování to bylo už lepší, ale to již, bohužel, nebylo vyfoceno.

## **2.18 KULOVÝ TVAR KAPEK**

Existuje řada publikací (např. „Ferda Mravenec“ Ondřeje Sekory), v nichž jsou kapky vody vykreslovány ve tvaru slzičky. Fyzik ale ví, že to není pravda. Pokud je kapka v klidu vůči prostředí nebo pokud se v něm volně vznáší, může dojít v tíhovém poli Země k deformaci kapek vlivem její tíhové síly, ale nikdy ne do tvaru slzičky. Jednoduchý pokus nás přesvědčí.

### Pomůcky:

voda, líh, olej, kádinka nebo akvárium, lžička

### Postup a provedení:

Do větší kádinky nalijeme asi do poloviny vodu. Na lžičku nabereme trochu oleje (polovina lžičky) a opatrně vlijeme do vody. Je dobré nejprve ponořit celou lžičku pod vodu a při jejím vyndávání z vody ven ji u hladiny obrátit. Dostaneme kapku oleje, která bude plavat na hladině. Opatrným přiléváním lihu lze docílit toho, že kapka se od hladiny vody „odlepí“ a začne se vznášet ve směsi vody a lihu.

Při vysvětlování tohoto pokusu lze kromě povrchového napětí a povrchové energie kapalin zopakovat i Archimédův zákon. Bude-li kapička dostatečně malá (tj. její tíhová síla bude také malá), bude mít skutečně kulový tvar (viz obr. 26). Jinak bude deformovaná do jakéhosi elipsoidu.

Při opatrném vlévání lihu je krásně vidět, jak se kapička nejdříve u hladiny „zaškrtní“ a teprve potom se od ní „odlepí“. Toho lze využít pro další výklad - např. odkapávání vody z netěsnícího vodovodního kohoutku, ...

Pro urychlení pokusu před třídou je dobré si připravit do menší PET láhve směs vody a oleje, které zhruba odpovídá použitému oleji. Při nastavení optimálního poměru vody a lihu lze čistou lžičkou olej ze směsi opatrně vylovit a vzniklou směs vlít do PET láhve a uchovat pro další použití.



obr. 26

## **2.19 PŘILEPENÍ PLECHÁČKU KE SKLU BEZ LEPIDLA**

### Pomůcky:

klasický plecháček, podložní sklo, na které se plecháček vejde, kus polystyrenu (jako tepelná izolace), drcený led, voda, sůl, lžice (nebo tyčka na promíchání)

### Postup a provedení:

Na skleněnou destičku, kterou tepelně izolujeme vhodným podkladem (např. polystyren), nakapeme trochu vody. Poté na ní položíme plecháček s jemně roztlučeným ledem a na led nasypeme trochu kuchyňské soli. Nyní necháme několik minut stát. Pro urychlení experimentu je možné obsah plecháčku zamíchat (viz obr. 27). Poté, chceme-li zvednout plecháček vzhůru, pozorujeme, že je k němu přimrzlá skleněná destička - zespoda je vidět námraza, jak ukazuje obr. 28. (Pokud nenecháme vytvořit led mezi plecháčkem a sklem, možná se zdaří i tak plecháček zvednout díky existenci povrchových sil vody.)

A vysvětlení? K tání ledu je třeba dodat soustavě skupenské teplo tání. Toto teplo je zde dodáváno samotnou směsí (reakce soli s ledem). Proto se směs ochlazuje, což vyvolává zamrzání vody mezi plecháčkem a skleněnou destičkou.

Při pokusu je třeba dbát na to, aby do vody pod plecháček nenapadaly krystalky soli.



obr. 27



obr. 28

### **3. Fyzika kouzelná**

Následující náměty nejsou čistými pokusy vhodnými k demonstraci daného fyzikálního jevu, ale slouží spíše k pobavení či oživení hodiny, na suplovanou hodinu, ... Vycházím přitom jednak z příspěvku kolegy Karla Raunera z Plzně (Veletrh nápadů učitelů fyziky 5 - Praha 2000), který předvedl své psychokinetické experimenty. Dále pak vycházím z umění Houdiniho, Davida Copperfielda a dalších mágů a iluzionistů, neboť jejich bombasticky vypadající představení a dokonale nacvičená čísla nejsou ničím jiným než správně a šikovně aplikovanou fyzikou. I bez záře reflektorů, polonahých krásných mladých žen či milionů dolarů na drahá zařízení, se i my, kantoři fyziky, můžeme stát na chvíli mágy.

Všechny uvedené pokusy - kouzla z této kapitoly je třeba pečlivě natrénovat a nacvičit, aby pohyby vypadaly plynulé a nenucené a přitom byly přesné. Každé uvedené kouzlo je možné použít k určité partii ve fyzice a zpestřit jím výuku.

#### **3.1 KOUZELNÁ HŮLKA**

Nezbytnou rekvizitou kouzelníka je jeho kouzelná hůlka. Proto nejprve stručně popíši, jak je možné takovou hůlku vyrobit.

##### Pomůcky:

dřevěná kulatina (cca 22 cm dlouhá), černý papír, bílý papír, lepidlo

##### Postup:

Z dřevěné kulatiny uřízneme kus dlouhý asi 22 cm (na přesných rozměrech příliš nezáleží). Z černého papíru vystříháme obdélník, do kterého lze hůlku zabalit a zalepíme. Konce hůlek (v délce asi 4 cm z každého konce) polepíme bílým papírem a stejně tak i obě podstavy hůlky. Místo použití papíru je možné hůlku prostě obarvit vhodným typem barvy. Necháme zaschnout a hůlka v základním provedení je hotová. Pro některé experimenty je nutno tuto hůlku maličko upravit - proto používám hůlek více.

#### **3.2 KOUZELNÁ HŮLKA A ANTIGRAVITACE**

##### Pomůcky:

upravená kouzelná hůlka, plastová nádobka (cukřenka, dózička, ...), tenký vlasec, šroubek, pilka, tenký vrták

##### Postup:

Kouzelnou hůlku při výrobě upravíme: před polepením (resp. nabarvením) do hůlky vyřízneme v dolní části šikmý zářez (směrem dolů) a po polepení (nabarvení) na tutéž stranu hůlky do její horní části zašroubujeme skobičku, šroubek, ... (viz obr. 29) Hůlku, kterou jsme vyrobili pouhým polepením papírem, je dobré nalakovat bezbarvým lakem (stačí na nehty). Papír se totiž jinak ve vodě rozmočí.



Nádobku upravíme tak, že těsně u hrdla provrtáme v protilehlých bodech průměru dvě malé dírký, kterými protáhneme vlasec a zajistíme proti vyvlečení. Vlasec musí být mezi dírkami napjatý.

Provedení:

Při vlastním provedení experimentu stojíme k žákům levým bokem, v levé ruce držíme nádobku, do níž jsme nalili trochu vody (limonády, ... zkrátka co je po ruce). V pravé ruce držíme hůlku prostředníčkem a palcem. Vsuneme ji do nádobky s vodou ale tak, abychom později mohli plynule zachytit vlasec do připraveného zářezu, tedy hůlku vsuneme do poloviny nádobky, která je blíže ke studentům. Našroubovaný šroubek v hůlce se opírá o ukazováček pravé ruky.

Mícháme vodu v nádobce a povídáme nějaký text na téma, jak přinutit vodu k poslušnosti. Poté nenápadně zachytíme vlasec do zářezu na hůlce a pustíme nádobku. Drží ve vzduchu (viz obr. 30)!!! Aby toho nebylo málo, zachytíme šroubek v hůlce pevně o ukazováček pravé ruky a ve vzduchu drží nejen nádobka, ale i kouzelná hůlka i s nádobkou (viz obr. 31). (Fotografie na obr. 30 a obr. 31 jsou z „Fyzikálního cirkusu“, o nichž je detailnější zpráva v odstavci 4.1; proto je zde fotografie obrazovky televize.)



obr. 29



obr. 30



obr. 31

### 3.3 LEVITUJÍCÍ KOUZELNÁ HŮLKA

Pomůcky:

upravená kouzelná hůlka, PET láhev (0,5 l), tenký vlasec, šroubek, sako

Postup:

Kouzelnou hůlku při výrobě upravíme tak, že do jedné její podstavy (ve směru podélné osy hůlky) našroubojeme šroubek, k němuž přivážeme asi 0,5 m vlasce s očkem na konci. Pro lepší zamaskování je možné šroubek natřít bílou barvou.

Před samotným vystoupením přivážeme pomocí očka vlasec ke knoflíkové dírce u saka, které máme na sobě. Hůlku připravíme do náprsní kapsy saka tak, aby byla umístěna šroubkem dolů.

Provedení:

Uchopíme PET láhev do ruky a vložíme do ní připravenou kouzelnou hůlku (šroubkem na dno). Nyní (opět během hovoru - tentokrát na téma přenos myšlenek, ...) hrdlo láhve lehce odstrkujeme od sebe (viz obr. 32). Tím se vlasce napne a hůlka z láhve stoupá. Pro vrácení hůlky zpět stačí hrdlo láhve opět přitáhnout k tělu. Má-li mít pokus efekt, je třeba pohybovat PET láhví pomalu, aby si diváci tohoto pohybu nevšimli. Zároveň je třeba částečně rukama zakrývat knoflíkovou díрку saka, z níž vede vlasce. Tahem vlasce se totiž dířka lehce (vratně) deformuje.



obr. 32

### **3.4 ZMUCHLANÁ KOUZELNÁ HŮLKA**

#### Pomůcky:

normální kouzelná hůlka, upravená kouzelná hůlka, novinový list

#### Postup:

Před vlastním předváděním kouzla vyrobíme jednu „speciální“ hůlku. Bude tvořena pouze dvěma dřevěnými špalíčky (z téže kulatiny jako normální hůlka) s tím, že bude dutá - bude ji tvořit pouze plášť papírového válce. Doporučuji uříznout špalíček tak dlouhý, aby pokryl celou bílou část hůlky a ještě zůstal vyčnívat asi 1 cm - 2 cm. Na tento vyčnívající kousek je možné potom nalepit plášť válce vyrobený z černého papíru.

#### Provedení:

„Speciální“ (tedy papírovou) hůlku vezmeme do ruky a žákům tvrdíme, jak je pevná. Na důkaz tohoto tvrzení poklepeme nejdříve jedním a pak druhým dřevěným koncem této hůlky o stůl, katedru, ... Poté (stále hovoříme) hůlku zabalíme do novinového papíru, foukneme na ní (případně proneseme nějaké tajné zaříkávadlo dle vlastního uvážení a fantazie) a hůlku zmuchláme a zahodíme. „Znovuzcelenou“ hůlku poté „objevíme“ v kapce, šuplíku, ..., kam jsme před začátkem pokusu umístili normální kouzelnou hůlku.

Před skutečným vyhozením zmuchlané hůlky doporučuji vzít ze zmuchlaného papíru dřevěné válečky, které lze použít při dalším opakování tohoto pokusu.

### **3.5 ZÁZRAČNÉ KARTY**

#### Pomůcky:

3 hrací karty, papírová bankovka (např. 100,- Kč), nůžky, lepidlo

#### Postup:

Na kratší straně hrací karty vystříháme půlkruhový výřez. Vezmeme druhou kartu a přilepíme obě karty k sobě tak, aby vznikla kapsa otevřená na straně s výřezem. Karta s výřezem přitom bude tvořit líc vzniklé „dvojkarty“. Před vlastním provedením do kapsy z karet vložíme složenou papírovou bankovku tak, aby byla zarovnaná s okrajem nevyříznuté karty, tj. aby bankovka ve výřezu byla vidět. Tuto dvojkartu vložíme s jednou normální hrací kartou do kapsy saka.

#### Provedení:

Postavíme se čelem ke studentům a vyndáme z kapsy karty (normální a dvojkartu), přičemž držíme v každé ruce jednu tak, aby palec zakrýval výřez na dvojkartě. Studentům je ukážeme z obou stran, přičemž dáváme pozor, abychom nehýbli palcem a nebyla vidět bankovka uvnitř kapsy dvojkarty. Karty nyní položíme na sebe tak, aby podélná osa karty byla vodorovná a držíme je před sebou. Nyní začneme přesouvat vrchní kartu (ta blíže k nám) dospodu. Zhruba po třetím přesunu

dvojkarty (opět se studenty hovoříme - např. na téma špatné dotace financí do školství, ...) palcem silněji stiskneme bankovku ve výřezu. Díky tomu se přesune jen dvojkarta, zatímco bankovka zůstane přitisknuta rukou na normální kartě. Efektivním rozevřením karet do vějíře ukážeme „vyčarovanou“ bankovku.

### **3.6 ROVNOVÁHA S KARTOU**

#### Pomůcky:

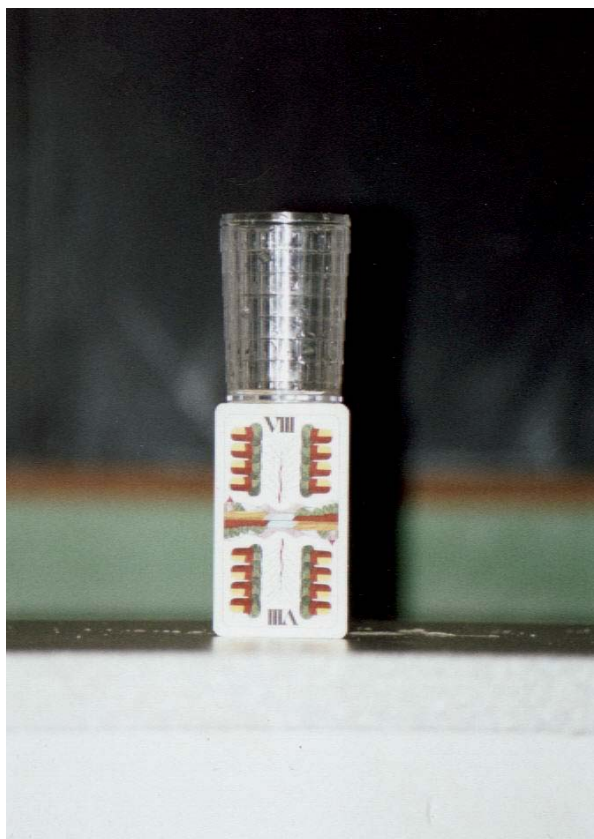
2 hrací karty, hrneček (sklenička, ...)

#### Postup:

Hrací kartu přehneme podélně na polovinu a jednu polovinu přilepíme ke druhé kartě tak, abychom po zaschnutí a zavření odchlíplé poloviny karty získali navenek normální kartu (která má rub a líc).

#### Provedení:

Z kapsy vyjmeme takto upravenou kartu a snažíme se ji postavit na výšku a na ní umístit skleničku tak, aby stála. Nedaří se. Poté to zkusíme znovu a zezadu kartu nenápadně pootevřeme - nyní sklenička již drží. Při otvírání je nutno vybrat takové místo a takový úhel, aby ve třídě nebylo nic vidět (viz obr. 33).



obr. 33

## **4. Akce související s fyzikou**

V této kapitole budou popsány akce, které nepatří přímo do hodin fyziky, ale souvisí s ní velice úzce: doplňují a rozšiřují učivo.

### **4.1 FYZIKÁLNÍ CIRKUS**

Jak už jsem zmínil výše, jsem člověk, který má svou profesi rád, a tak se snažím vymýšlet všechno možné, co by mohlo studenty (ale nejen je) přilákat k fyzice. Z toho důvodu vznikl někdy na podzim v předposledním roce minulého století (ano - mluvím o roku 1999) nápad uspořádat „Fyzikální cirkus“ - podívanou, show, bengál, ... nacpanou experimenty, které (bez zbytečně dlouhého vysvětlování, které studenti získají v hodinách fyziky) jsou něčím zajímavé (nepovedou se tak, jak experimentátor zamýšlel, ...), na první pohled odporují zdravému rozumu, jsou efektní (něco bouchne, experimentátor spadne nebo se spálí, ...), jsou náročnější, že je normální fyzikář s běžně

vyvinutým pudem sebezáchovy odmítá předvádět před třídou, aby si neublížil nebo aby nepřišel o renomé, které si tvrdě celý školní rok buduje, ...

Od nápadu (po požehnání ředitelstvím školy) nebylo daleko k realizaci. (To bylo bohužel trochu na závadu, protože týden před „Fyzikálním cirkusem“ jsem trávil noci posledním dolad'ováním experimentů.) Nicméně vše dopadlo dobře, a tak v úterý 21. 12. 1999 odstartoval první ročník „Fyzikálního cirkusu“. Aby to nebylo tak fádni, přispěli „svou troškou do mlýna“ i kolegové chemikáři, kteří též přinesli několik zápach či kouř produkujících experimentů (viz obr. 34).



obr. 34

V kouřem zaplněné učebně, pak probíhaly fyzikální experimenty, při nichž byla demonstrována existence atmosférické síly (viz obr. 35) nebo při nichž vypadal experimentátor jako Shakespearův Hamlet: „Být či nebýt ...“ (viz obr. 36).

Představení bylo natolik úspěšné, že se muselo pro velký zájem z řad studentů i kolegů opakovat ještě jednou.



obr. 35



obr. 36

O rok později - ve středu 20. 12. 2000 - proběhl „Fyzikální cirkus“ podruhé. Některé experimenty byly zopakovány z minulého roku, jiné byly doplněny. Tak například ukázka toho, že David Copperfield a jeho kouzla nejsou nic jiného než správně aplikovaná fyzika (pravda, prozatím jsem se musel obejít bez velkého sálu v Las Vegas a polonahých asistentek, ale věřím, že díky sponzorům školy se i toto kouzlo jednoho dne povede), jak ukazují obr. 37 a obr. 38.

Dále jsem ukázal, že fyzika se dá provozovat skutečně se vším. Pomocí pomeranče a voltmetru je možné ukázat princip galvanického článku (obr. 39), pomocí podomácku vyrobené pomůcky pak předvést kolotoč na otáčející se židli (obr. 40). (Výroba tohoto zařízení je popsána v odstavci 2.9).

K některým experimentům se musí experimentátor doslova snížit a občas přitom i dost zvláště vypadá. Třeba u pokusu z akustiky (obr. 41).

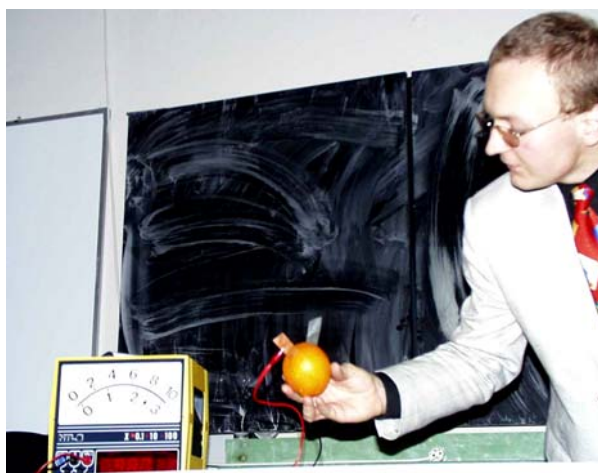
I tento ročník se opakoval pro velký zájem studentů dvakrát.



obr. 37



obr. 38



obr. 39



obr. 40



obr. 41

Z „Fyzikálního cirkusu“ se stala již tradice, takže nepřekvapí, že ve středu 12. 12. 2001 vypukl „Fyzikální cirkus“ již potřetí. Tentokrát jsem studentům ukázal, jak v žádném případě nemají otvírat zavřenou láhev vína (pochopitelně jen proto, aby pomohli mamince - viz obr. 42), ale také to, že řadu fyzikálních pomůcek (aniž to možná tuší) mají doma jako dekoraci (viz obr. 43).



*obr. 42*



*obr. 43*

Jak šíleně nás matou naše oči, jsme si ukázali pomocí dvou barevných panáčků (viz obr. 44). Projevy povrchového napětí vody jsem demonstroval pomocí desetníku a dvacetníku (obr. 45), aniž bych přitom utápěl peníze.

Na řadu přišli i pokusy z elektrostatiky (obr. 46) za pomoci van der Graaffova generátoru a indukční elektriky. A na obr. 47 se nechystám nikoho očkovat, ačkoliv to tak může vypadat, ale právě demonstrují pomocí injekční stříkačky var vody za sníženého tlaku.



*obr. 44*



*obr. 45*



obr. 46



obr. 47

Stejně jako každý rok tak i tentokrát pro mě byl největší odměnou za dvakrát zhruba devadesát minut mluvení, strachu, jestli vše vyjde, a nervozity, jestli něco nezvorám, potlesk publika (obr. 48). Vždyť právě kvůli publiku jsem to dělal. Kde bych ale byl bez svého realizačního týmu (obr. 49), který celou dobu nosil pomůcky do učebny a zase zpět do kabinetu.



obr. 48



obr. 49

Rok se sešel s rokem a je tu opět prosinec. V době, kdy ostatní šílí jen z blížících se Vánoc, nakupování dárků, pečení cukroví nebo jenom proto, že jako normálně nic nestíhají, já šílím z přípravy „Fyzikálního cirkusu 4“. Ale raději šílím z příprav cirkusu než z příprav Vánoc. Tak jako v předchozích letech, i teď jsem vše doladřoval na poslední chvíli, ale stihlo se to! A tak tedy v pondělí 16. 12. 2002 ve 14:00 se mohly poprvé otevřít dveře učebny fyziky a mohl začít další „Fyzikální cirkus“. Díky reklamě na FyzWebu tentokrát přišli i studenti se svými učiteli fyziky z jiných škol, než jen z naší.

Celá show začala mnou způsobenou nehodou. Tak jako v minulých letech, i letos jsme chtěli natáčet průběh „Fyzikálního cirkusu“ na videokameru. Ani ne tak kvůli záznamu, jako kvůli přímému přenosu na televizor v učebně, aby i menší experimenty byly dobře viditelné. Je-li v učebně 50 lidí, není možné říci (tak jako v hodině): „Vy ze zadních lavic se pojdte podívat dopředu!“ To by nedopadlo dobře. Proto ten přímý přenos do televize, který kameraman spojil i se záznamem na kazetu. Vše bylo tedy připravené, všechny kabely propojeny a já velím: „Na místa, chlapi, začínáme,“ a chci jít otevřít dveře. Jenže cestou jsem zakopl o kabel, který vedl od videokamery do televize, ten se utrh a spojení bylo přerušeno. „Nevadí, my to dáme dohromady, klidně začněte, na začátku jsou stejně velké experimenty,“ reaguje můj realizační tým. A jak řekli, tak se také stalo - během prvních asi 2 - 3 experimentů (nestíhal jsem sledovat) kabel zprovoznili (viz obr. 50). Držel sice na čestné

slovo, ale držel. Divákům to snad nevadilo, protože na poslušné bubliny (obr. 51) bylo snad vidět z celé třídy.



obr. 50



obr. 51

Rád při výkladu spojuji věci z různých oblastí fyziky (už méně rádi to mají, z nějakých neznámých důvodů, studenti). Totéž dělám (jde-li to) i na fyzikálních cirkusech. Tak například rovnovážnou polohu stabilní je možné krásně spojit s výkladem (v případě cirkusu s ukázkou) elektrostatické indukce (obr. 52). A nebo povídání o setrvačnicku vyrobeném ze zkaženého CD doplnit ukázkou neplatnosti zákona zachování mechanické energie a barevných interferenčních proužků (obr. 53).



obr. 52



obr. 53

Věnuji se pokusům i s „tradičními“ pomůckami fyziků - PET láhvemi. Ty se dají použít na kdeco ve fyzice, ale zejména vítané jsou v oblasti mechaniky tekutin. Když se správně upraví, je možné pomocí PET láhve zkusit zhaset svíčku (obr. 54) nebo si vymýšlet nejrůznější vodotrysky. Soustavu dvou z nich, které na sebe volně navazují, je možné realizovat tímto způsobem. Do upravené PET láhve (do víčka je vsunuto brčko, které je na vyčnívajícím konci zúženo) nafoukáme (ústí) vzduch. Počkáme, až voda dostříká (tlaky se opět vyrovnají), opatrně vezmeme láhev a vylezeme s ní na stůl. No a pustíme ji a další vodotrysek je na světě (obr. 55). Na hodině pak je možné provést výklad z pohledu pozorovatelů v inerciální i neinerciální soustavě.

PET láhve se dají použít i v optice - například k ukázce činnosti optického vlákna (obr. 56). K tomu, abychom ukázali, jak nedokonalý zrak máme, zase stačí vrtačka se správně namalovaným obrázkem (obr. 57).

Mám-li dělat show - pak se vším všudy. Při mentálním ovládní karteziánka lze dodat celému pokusu skutečně tajemný nádech (obr. 58). V šoku jsou obvykle ti, kteří tento experiment dosud neviděli.

Stejně tak byli v šoku, ale nyní všichni, když jsem jim předváděl experiment Josefa Trny z Brna: stát na roličkách od WC papíru. Zjistil jsem, že 6 roliček mě v pohodě udrží. Aby to všichni viděli (a aby byla eventuálně větší sranda, až spadnu), předváděl jsem experiment na stole (obr. 59). Židle jsem měl na stole pouze proto, abych se měl na čem vzepřít a abych na podstavu došlápl oběma nohama zároveň.





obr. 54



obr. 55



obr. 56



obr. 57

O tom, že hořící kus látky neshoří jsem přesvědčoval už několikrát. I tentokrát to vyšlo (obr. 60). Moji pomocníci sice laškovali - nenamočili mi předem do vody celý hadr, ale vyšlo to. Závěr „Fyzikálnímu cirkusu“ tradičně patří jednodobému spalovacímu motoru Járy Cimrmana (obr. 61). A opět je tu krásné spojování fyziky - na obr. 60 a obr. 61 je vidět tetelení vzduchu nad plamenem. Máme tu tedy termodynamiku ve spojení s optikou - změna indexu lomu vzduchu.

Ač jsem si „Fyzikální cirkus“ vymyslel sám, musím poděkovat všem, kteří se na proběhlých čtyřech ročnících podíleli a pomáhali (nošením pomůcek do třídy, fotografováním, filmováním, ...):

1. ředitelství školy, za povolení akci uspořádat a (byť minimálně) tím narušit výuku
2. RNDr. Janě Strádalové za nácvik chemických pokusů se studenty pro první ročník „Fyzikálního cirkusu“
3. ing. Věře Tůmové, Vítkovi Jírovi (třída 99D), Tomášovi Nováčkovi (99D), Ondrovi Markovi (99D) za pohotovost s fotoaparátem či kamerou v ruce během prvních dvou ročníků „Fyzikálního cirkusu“
4. Marcele Vojtové (99D), Michalu Jabůrkovi (99D), Vaškovi Škrabalovi (99D), Martinovi Kučerákovi (00M), Filipovi Müllerovi (00M) a Honzovi Rychtaříkovi (00M) za přinášení pomůcek na „místo činu“
5. Petrovi Nevrlému (00M) a Honzovi Váterovi (00M) za nafocení a nasnímání čtvrtého ročníku „Fyzikálního cirkusu“
6. Mojmíru Kittlerovi (00M) a Ondrovi Kroutilovi (00M) za okamžitou a neplánovanou pomoc při opravě mnou zničeného konektoru do televize při čtvrtém ročníku „Fyzikálního cirkusu“

7. všem, kteří se přišli podívat a kterým „Fyzikální cirkus“ třeba pomohl lépe pochopit problematickou partii z fyziky



obr. 58



obr. 59



obr. 60



obr. 61

#### 4.2 NEPOVINNÝ SEMINÁŘ SE TŘÍDOU 00M

Naše průmyslová škola (Střední průmyslová škola sdělovací techniky, Panská 3, Praha 1) nabízí čtyři studijní obory: digitální a telekomunikační technika, obrazová a zvuková technika - technické zaměření, obrazová a zvuková technika - technologicko organizační zaměření a technické lyceum. Technické lyceum je obor, který slouží jako příprava studentů na studium na vysokých školách technického směru. Studenti mají v učebním plánu v hojné míře zastoupenou matematiku, fyziku, výpočetní techniku, deskriptivní geometrii, CAD systémy, ...

Ačkoliv mají studenti fyziku celé čtyři roky, přesto není v hodinách čas na veškeré dotazy studentů. Proto jsme se se třídou 00M (a souhlasem vedení školy) rozhodli ve školním roce 2001/2002 pro středěční seminář, na kterém se studenti (i já) scházeli dobrovolně a řešili jsme problémy, které je aktuálně zajímali: teorie relativity, kosmologie, černé díry, teorie chaosu, ... Kromě těchto teoretických otázek jsme se zabývali i úlohami praktickými: měření velikosti rychlosti střely z plynové

pistole, tlaková zkouška PET lahví, ..., z nichž některé se během školního roku nedařilo dokončit. Ale jejich dokončení plánujeme.

Měření velikosti rychlosti střely vystřelené z plynové pistole narazilo na některé obtíže při vlastním měření. Použili jsme balistické kyvadlo z PET láhve naplněné pískem. Ačkoliv se Mirkovi Janáčkovi podařilo trefit PET láhev (viz obr. 62) tak, aby střela zůstala v ní, nedařilo se nám při prvním měření zjistit dostatečně přesně výchylku láhve. Vzhledem k tomu, že pistole byla půjčená, odložili jsme měření na pozdější dobu, až vymyslíme a zrealizujeme zařízení vhodné k měření.

Další akci se nám ale do konce podařilo dovést. Jednalo se o tlakovou zkoušku PET láhve. Všechno začalo nevinným dotazem Filipa Müllera, jaký že tlak PET láhev snese. Nevěděl jsem a neprozřetelně jsem řekl, že by se to muselo zkusit. „Tak jo! A kdy?“ na to Filip. A už to bylo. Sehnal u svého bývalého trenéra pumpičku s manometrem, já donesl různé ventilký a víčka od PET lahví, vyzval ostatní studenty a doporučil jim, ať přijdou v plavkách.

Ze začátku nás provázelo několik technických problémů (netěsnost víček při vyšším tlaku, nevhodné ventilký, netěsnost hadičky pumpičky při vyšším tlaku, ...), které jsme trpělivě odstraňovali a vymýšleli, jak předejít dalším (viz obr. 63). Naše snaha se vyplatila. Po několika marných pokusech, kdy se studenti na můj příkaz schovávali za katedru a za lavici, protože nikdo z nás netušil, co se stane, jak láhev praskne (pokud se to vůbec stane, ...), se to konečně podařilo.

Studenti jásalí (viz obr. 64) a já byl šťastný, že se to povedlo. To, že jsem neslyšel na jedno ucho mi bylo v tu chvíli jedno. Úspěšný pokus byl totiž doprovázen neuvěřitelnou ránou. Navíc se nám trochu vymstila bezpečností opatření. Byl jsem to já, kdo navrhl, abychom do láhve dali vodu, která by přece jen trochu zmírnila účinky výbuchu tak, aby nás střepiny z láhve nezranily. Pro jistotu jsem ještě láhev, která byla připojena k pumpičce, umístil do kbelíku. Umělohmotného!!! (Jiný totiž nebyl!) A to byla chyba. Byla to totiž poslední akce, které se kbelík zúčastnil. Jak dopadl, ukazuje obr. 65. Na obr. 66 je vidět detailní pohled na láhev, kterou jsme vybrali k popravě. Byla to malá láhev od Matonky. Vydržela tlak 10 atmosfér (tj. 1 MPa).

Poté jsme zkusili ještě velkou, dvoulitrovou, láhev od Fanty. Ta vydržela zhruba totéž, ale praskla úplně jinak. Zatímco malá Matonka se „rozšklebila“ po délce, velká Fanta se „rozklebila“ u dna. V ten okamžik začala fungovat jako reaktivní motor - vytrhla se od pumpičky, vyletěla ke stropu, čímž zmáčela strop i mě, a pak se zase vrátila na zem.

Kromě toho, že jsme zjistili, jaký tlak přibližně (na přesné určení tlaku by to chtělo lepší manometr) vydrží PET láhev, tak jsme i výrazně pomohli uklízečce. Před odchodem z učebny bylo třeba učebnu řádně vytřít (viz obr. 67), za což patří dík Vaškovi Potočkovi a Martinovi Pastrňákovi.

Na základě tohoto experimentu pak zpracoval hlavní aktér - Filip Müller - ročníkovou práci z fyziky na téma „PET“, v níž použil jako východisko tento experiment.



*obr. 62*



*obr. 63*



*obr. 64*



*obr. 65*



*obr. 66*



*obr. 67*

## 5. Materiály pro výuku fyziky

### 5.1 FÓLIE PRO ZPĚTNÝ PROJEKTOR

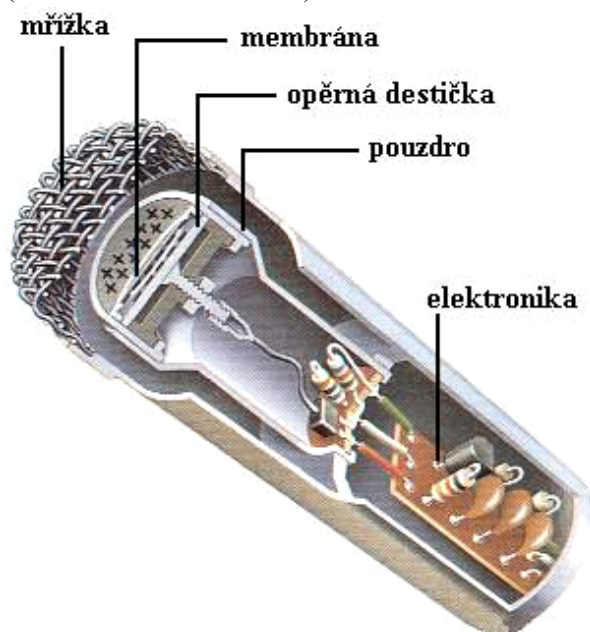
Nedílnou součástí výuky nejen fyziky jsou zpětné projektory. Možná, že na některých bohatších školách byly nahrazeny již dataprojektory, ale to nic nemění na tom, s čím se chci s vámi podělit. Připravil jsem si řadu fólií, které používám při výuce. Pravda je, že některé byly vyrobeny speciálně pro předmět *Technická fyzika*, který učím u nás ve škole, ale dají se použít i na běžných hodinách fyziky resp. na seminářích či kroužcích. Jedná se o fólie zobrazující různá technická zařízení (např. fotoaparát, filmová kamera, videokamera, ...), grafy (např. graf závislosti hlasitosti na frekvenci, směrová charakteristika mikrofonů, ...), srovnávací tabulky, ...

A nejen to. Inspirován polskými kolegy z minulých *Veletrhů nápadů učitelů fyziky* začal jsem si dělat i fólie historické, abych jednak sám sobě a jednak studentům ukázal „historické souvislosti“ - kdo žil v době Newtonově, jaká díla se tvořila, ... Zkusil jsem to ve školním roce 2001/2002 na prvních (a částečně druhých) a docela to mělo úspěch. Když si k tomu vynajdete i hudbu z dané doby, můžete vykládat Newtonovy pohybové zákony a v pozadí mohou znít díla Antonia Vivaldiho, Johanna Sebastiana Bacha, Georga Friedricha Händela, ... Když tyto fólie viděli kolegové, co učí český jazyk nebo dějepis, málem se psali do pořadí, kdo si co kdy půjčí.

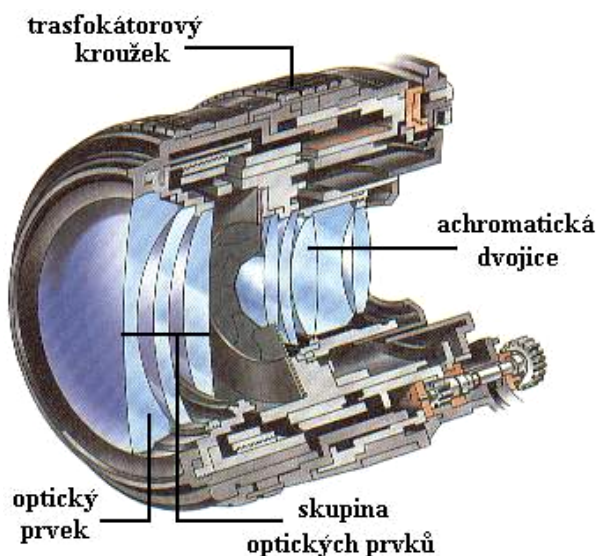
Fólie jsem „vyráběl“ tak, že jsem si příslušný obrázek naskenoval do počítače (většinou z populárních nebo starších knih, takže obrázky byly tu na žlutém, tu na modrém pozadí, na časem zažloutlém pozadí, ...), upravil (aby byly všechny na pozadí bílém) a vytiskl na fólie. Všechny obrázky, které mám na fóliích, mám též v elektronické podobě. Pokud bude zájem, můžete se na mě obrátit s tím, že napíšete, co potřebujete a já vám obrázek pošlu v elektronické podobě. Přenos obrázku na fólii si už budete muset zařídit sami ...

Ze své (už dost rozsáhlé) sbírky fólií uvedu nyní několik ukázek (uvádím ty obrázky, které jsou malé a na kterých bude i při malém formátu vůbec něco vidět). Na obr. 68 je zobrazen řez elektrostatickým mikrofonem, na obr. 69 je zobrazen řez transfokátorem, který se používá ve videokamerách, ...

Z historických fólií jsem zvolil klasika fyziky a zakladatele klasické mechaniky (a fyziky vůbec) sira Isaaca Newtona (25. 12. 1642 - 20. 3. 1727), jehož podobizna je na obr. 70. Ve stejné době, kdy žil tento velikán fyziky, žil jiný velikán - velikán mezi skladateli: Antonio Vivaldi (4. 3. 1678 - 28. 7. 1741), který je zobrazen na obr. 71. Jako ukázkou výtvarného umění jsem zvolil dílo *Oblečená Maja* (viz obr. 72), jehož autorem je španělský malíř a grafik Francisco de Goya y Lucientes (30. 3. 1746 - 16. 4. 1828).



obr. 68



obr. 69



obr. 70



obr. 71



obr. 72

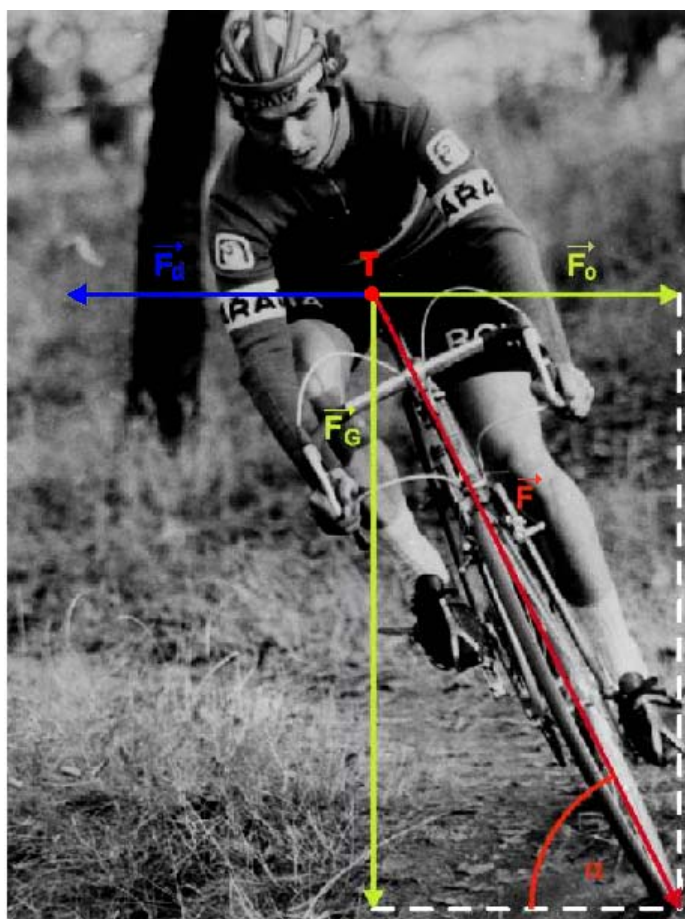
## 5.2 FOTOGRAFIE JEVŮ Z PRAXE

Na základě co nejlepšího přiblížení probírané látky studentům bych chtěl v budoucnu vytvořit sadu fotografií, na nichž by byly zobrazeny jevy z běžné praxe (houpačka, kleště, blesk, ...), na kterých by bylo možno demonstrovat právě probíranou látku. S využitím promítací techniky (zpětný projektor nebo dataprojektor) by pak bylo možné fotografie použít přímo ve výuce, diskutovat o zobrazených fyzikálních jevech, dokreslovat působící síly, ... Projekt je zatím v počáteční fázi, ale doufám, že se mi v budoucnu podaří vytvořit celý soubor fotografií k jednotlivým partiím fyziky probíraných na střední škole.

Několik málo fotografií na toto téma již mám hotovo. Nyní jen několik ukázek:

### 5.2.1 Pohyb cyklisty v zatáčce

Na cyklistu v zatáčce (obr. 73) působí síla odstředivá  $\vec{F}_o$  a tíhová  $\vec{F}_G$ . Jejich výslednici  $\vec{F}$  musí přenášet bicykl - proto se cyklista v zatáčce nakloní.

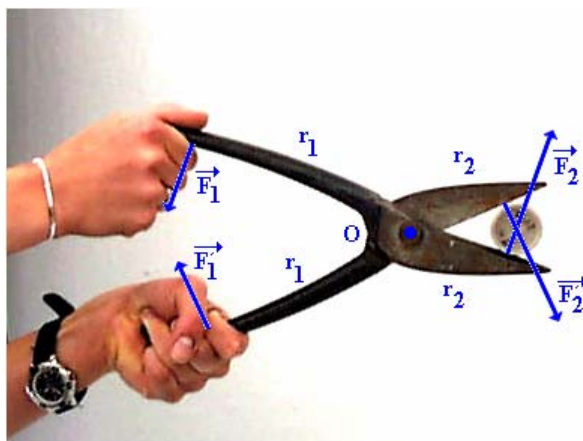


obr. 73

### 5.2.2 Rovnováha na páce - kleště

Rovnováha je založena na platnosti momentové věty:  $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$ .

*Poznámka:* Vzhledem k tomu, že rameno  $r_2$  je menší než rameno  $r_1$ , i slabá dívka přestříhne kovový váleček (viz obr. 74).



obr. 74

### 5.2.3 Archimédův zákon - kánoe plave na vodě

Na kánoi ve vodě (obr. 75) působí tíhová síla  $\vec{F}_G$  a hydrostatická vztlaková síla  $\vec{F}_v$ . Pokud je kánoe v rovnováze, musí mít tyto síly stejnou velikost. Díky platnosti Archimédova zákona má ponořená část kánoe tedy stejný objem jako je objem vody o stejné tíze, jakou má celá kánoe.

*Poznámka:* Sejde-li se na jedné řece mnoho kánoí, nastane povodeň. A navíc je lepší jezdit vodu v zimě: vodák si s sebou může vzít větší zátěž, protože hustota vody je v zimě větší než v létě.



obr. 75

#### 5.2.4 Elektrostatika - vlasy vstávají ne hrůzou

Prostorový model elektrostatického radiálního (centrálního) pole (obr. 76); vektor elektrické intenzity  $\vec{E}$  míří v každém bodě pole od zdroje tohoto pole.

*Poznámka:* Nabití studentky lze provést nejen dotykem van der Graaffova generátoru, ale i česáním umělohmotným hřebenem.



obr. 76

#### 5.2.5 Zákon lomu - „Hůl do vody ponořená, zdá se býti zalomená“

Snellův zákon lomu:  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ , kde  $n_1$  a  $n_2$  jsou (absolutní) indexy lomu daných optických prostředí. Na obr. 77 je zobrazena reálná situace.





obr. 77

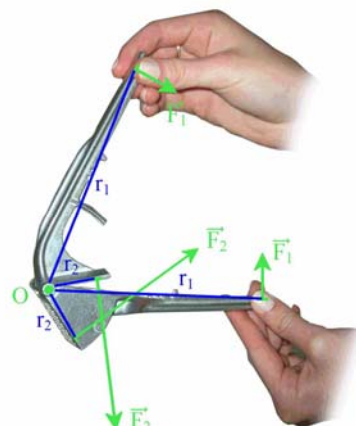
### 5.3 FOTOGRAFIE JEDNODUCHÝCH STROJŮ

byl název práce, kterou vypracoval během čtrnáctidenního volna (kvůli maturitním zkouškám čtvrtých ročníků) Miroslav Janáček ze třídy 00M. Digitálním fotoaparátom vyfotil jednoduché stroje, s nimiž je možno setkat se v domácnosti, a doplnil je příslušnými silovými bilancemi.

Na obr. 78 až obr. 87 jsou postupně zobrazeny tyto jednoduché stroje: drtič česneku, mlýnek na maso, štípadlo na nehty, otvírák na konzervy a pumpa. Jsou zobrazeny vždy dva obrázky - první tak, jak byl vyfocen, a druhý doplněný o příslušné síly. Jedná se pouze o ukázky - vlastní práce obsahuje jednoduchých strojů více.



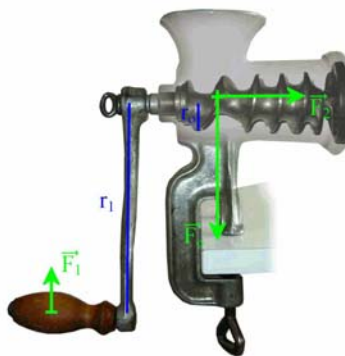
obr. 78



obr. 79



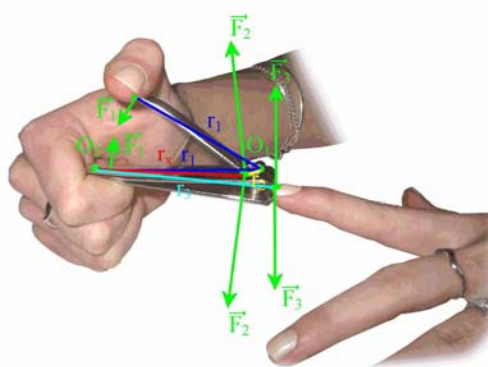
obr. 80



obr. 81



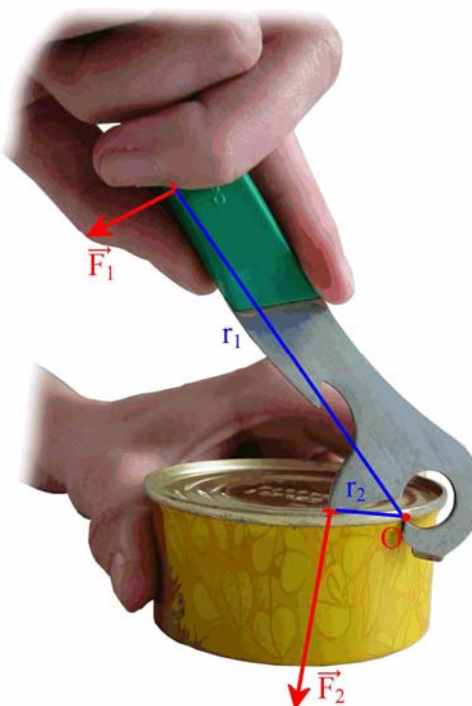
obr. 82



obr. 83



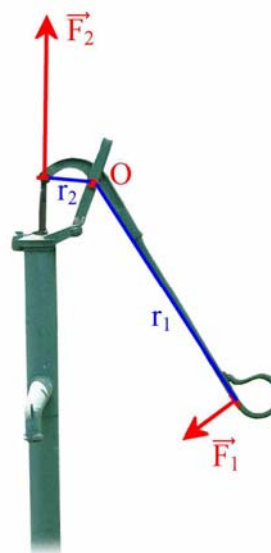
obr. 84



obr. 85



obr. 86



obr. 87

#### 5.4 FYZIKA VE SCI-FI LITERATUŘE

Následující nápad se zrodil při četbě některé z knih A. C. Clarka, který ve svých knihách ve většině případů vychází ze stávajících vědeckých poznatků a domýšlí důsledky technologického pokroku, zabydluje planety Sluneční soustavy (a nejen té), ... Jeho knihy mají poměrně solidní fyzikální základ a najde se v nich řada situací, které se dají velice hezky (a fyzikálně zajímavě a správně) rozebrat.

Vzhledem k tomu, že nepředpokládám, že všichni studenti knihy znají a všichni je mají v paměti, vypsals jsem vždy příslušnou pasáž z knihy a poté jsem doplnil otázky a úlohy, které by mohly po přečtení pasáže následovat. Nyní uvedu jen několik ukázek, které mohou přispět k oživení hodin fyziky.

##### 5.4.1 *Setkání s Rámou*

Sluneční světlo, jež *Ráma* odrážel, nemělo absolutně konstantní intenzitu. Objevila se docela maličká změna - sotva zjištělná, avšak zcela nepochybná a naprosto pravidelná. Podobně jako všechny ostatní asteroidy i *Ráma* tedy skutečně rotoval. Ovšem zatímco normální „den“ znamenalo pro asteroid několik hodin, *Rámův* trval jenom čtyři minuty.

Těleso o průměru dvaceti kilometrů s periodou rotace jen čtyři minuty - jak to zapadá do běžných astronomických schémat?

...

Kapitán Norton si tyhle první televizní záběry, jež si v hlavě přehrával mnohokrát, připomněl i v posledních minutách před přistáním. Jenže byla tu jedna okolnost, kterou nemohl zprostředkovat žádný elektronický obraz - a to *Rámovy* ohromující rozměry.

Ani když Norton přistával na přírodních tělesech jako Měsíc nebo Mars, nikdy neměl tak silné dojmy. To byly planety a člověk očekával, že budou veliké. Ačkoli také jednou přistál na Jupiteru VIII., který byl dokonce nepatrně větší než *Ráma* - a připadal mu docela malý.

Rozluštit tenhle paradox nebylo obtížné. Jeho odhad zcela zkresloval skutečnost, že tohle bylo uměle vyrobené těleso, milionkrát těžší než cokoli, co kdy vypustil do vesmíru člověk. *Ráma* měl hmotnost alespoň deset milionů tun; pro každého kosmonauta to bylo pomyslení, ze kterého šel nejen údiv, ale přímo hrůza. Nebylo divu, že jak válec z tvarovaného nestárnoucího kovu vyplňoval oblohu víc a víc, Norton cítil svou bezvýznamnost a někdy na něho dokonce padala sklíčenost.

Přepadl ho také pocit nebezpečí, jaký ještě nikdy nezakusil. Při všech dřívějších přistáních věděl, co může očekávat; možnost nehody se sice nedala nikdy vyloučit, ale překvapení ano. V případě *Rámy* bylo překvapení jedinou jistotou.

Kosmická loď *Endeavour* se teď vznášela méně než tisíc metrů nad severním pólem válce, v samém středu zvolna se otáčejícího disku. Tento konec zvolili proto, že byl na světle; jak *Ráma* rotoval, přes kovovou pláš se převalovaly stíny nízkých, záhadných staveb u osy. Severní strana *Rámy* byla obrovskými slunečními hodinami, odměřujícími rychlý běh jeho čtyřminutového dne.

Přistání kosmické lodi o váze pěti tisíc tun uprostřed rotujícího kotouče bylo to poslední, s čím si dělal kapitán Norton starosti. Ničím se to nelišilo od problému umístit loď na osu velké kosmické stanice; boční trysky už dodaly *Endeavour* potřebnou rotaci a Norton mohl důvěřovat poručíkovi Joeovi Calverovi, že s ní dosedne tak jemně, jako by přistával se sněhovou vločkou, ať už s pomocí palubního počítače, anebo bez ní.

A. C. CLARK: „SETKÁNÍ S RÁMOU“, STR. 8 - 13, 114 - 116, BARONET A LITERA BOHEMICA, PRAHA 1993

1. Jak velkou rychlostí rotoval rovník *Rámy*? S jak velkým zrychlením by byl z jeho povrchu odhozen libovolný předmět?  
...
2. Vypočtěte velikost gravitační síly, kterou *Ráma* působil na *Endeavour*, když a) byla ve vzdálenosti tisíc metrů nad severním pólem *Rámy*, b) přistála na severním pólu. *Endeavour* považujte za hmotný bod a *Rámu* za homogenní váleček.
3. Proč kapitán Norton přistával s lodí *Endeavour* na ose *Rámy*, který měl tvar rotujícího rotačního válce?
4. K čemu by mohlo dojít v případě, že by *Endeavour* přistál mimo osu rotace *Rámy*? Na čem závisí, zda by k přepokládané události došlo?
5. Proč dodávaly před přistáním boční trysky kosmické lodi *Endeavour* rotaci? Je toto opatření nutné?

#### 5.4.2 Pád na Měsíc

Kdesi v temnotě před Cliffem Leylandem se skrývala poslední překážka - nebezpečí, kterého se bál ze všeho nejvíc. Přes srdce odvrácené strany Měsíce, jako stěna dlouhá víc než patnáct set kilometrů, se táhl Sovětský hřbet, překračující rovník od severu na jih. Když ho objevili, byl ještě kluk - v roce 1959 - a stále ještě si vzpomínal na vzrušení, s nímž si prohlížel první snímky Luníku 3, plné skvrn a šmouh. Nikdy se mu ani nesnilo o tom, že jednoho dne poletí proti stejným horám a bude čekat, že rozhodnou o jeho osudu.

První výtrysk rozbřesku ho úplně ohromil překvapením. Světlo před ním doslova vybuchlo, přeskakovalo z vrcholku na vrcholek, dokud celý oblouk horizontu nezbarvilo plameny. Z měsíční noci se hnal Cliff rovnou do Slunce. Aspoň nezemře potmě, protože největší nebezpečí se právě vynořovalo. Nyní se nacházel téměř na stejném místě, odkud odstartoval, a blížil se k nejnižšímu bodu své oběžné dráhy. Pohlédl na chronometr ve skafandru a odečetl si, že uplynulo už celých pět hodin. Během několika minut se srazí s Měsícem - nebo se mihne kolem a bezpečně proletí do vesmíru.

A. C. CLARK: „DEVĚT MILIARD BOŽÍCH JMEN“, POVÍDKA *MAELSTRÖM II.*, STR. 45 - 46, BARONET A KNIŽNÍ KLUB, PRAHA 2002

1. Je možné pozorovat popsany „výtrysk rozbřesku“ i na Zemi?
2. Uvažte situaci, že se světlo šíří nekonečně velkou rychlostí. To by pak znamenalo, že Slunce ráno vyjde dříve. Je to pravda?

#### 5.4.3 Cestou na Měsíc

„Nuže, paní Martinová,“ řekl lékař povzbudivě, „s potěšením mohu říci, že se těšíte dokonalému zdraví a není důvod, proč byste nemohla letět v *Centaurovi* na Měsíc. Doufám, že vás všechna ta vyšetření nepolekala. Při vesmírných letech opravdu není čeho se bát, avšak nesmíme nic nechat náhodě.

Jak sama víte, vesmírná loď startuje velkou rychlostí a člověk má několik minut pocit, že váží alespoň tunu. Když ale pohodlně ležíte, nijak vám to nemůže ublížit, pokud ovšem netrpíte jistými srdečními obtížemi. Potom, až budete ve vesmíru, nebudete vážit ani gram, což pro vás bude ze začátku velmi zvláštní pocit. V minulosti to mívalo za následek kosmickou nemoc, ale nyní na to máme účinnou prevenci. Krátce před startem zkrátka polknete pár tabletek. Takže se není čeho bát. Jsem si jistý, že prožijete příjemnou cestu.“

...

Řev rychle sílil, kabina se začala chvět a *Centaurus* se pomalu vznesl nad poušť. Metal kolem sebe písek a prach na stovky metrů daleko. Dafne se zdálo, jako by jí něco docela jemně tisklo dolů,

do silného čalounění pohovky. Nebylo to tak nepříjemné, ale tlak silil, až se jí zdálo, že má ruce a nohy jako z olova, a dýchání vyžadovalo značnou námahu.

Pokusila se zvednout ruku. Námaha, kterou vynaložila, aby ji dostala o nepatrný kousek nad pohovku, ji unavila natolik, že ji nechala zase klesnout zpátky. Pak už jen bezvládně ležela a odpočívala a čekala, co dalšího přijde. Ne, že by měla strach, na to jí situace připadala až příliš vzrušující. Ten pocit, když vás nesmírná síla vrhá vzhůru k obloze.

Náhle začala hromobití motorů slábnout, pocit obrovské tíhy se ztrácel a ona mohla dýchat volněji. Letěli teď na nižší výkon, téměř už se vymanili ze sevření Země. O malou chvíli později, když byl poslední z motorů odstaven, je obklopilo ticho a pocit tíhy se vytratil docela.

Pilot se několik minut radil s navigátorem a kontroloval přístroje a naměřené hodnoty. Pak se obrátil na otočném sedadle, usmál se na cestující a řekl: „Nebylo to tak hrozné, vidíte? Právě jsem dosáhli únikové rychlosti čtyřiceti tisíc kilometrů za hodinu a vy neucítíte žádnou tíhu až do chvíle, kdy doletíme téměř až k Měsíci a znovu zažehneme rakety, abychom loď zpomalili.“

...

Dafne otevřela oči, protáhla se a vykřikla hrůzou. Všude kolem byla naprostá tma, a kamkoliv sáhla, nenahmatala nic než prázdnotu. Její sen najednou vystřídala noční můra. Ona se skutečně vznášela v prostoru, jenže zcela bezmocně, neschopná pohybu ...

S lehkým cvaknutím se rozsvítilo světlo v kabině a pilot prostrčil hlavu dveřní clonou.

„Co ten povyk?“ zeptal se a káravě zavrtěl hlavou. „To snad ne! Vždyť jsem vás přece všechny varoval!“

Dafne se cítila trapně. Byla to pochopitelně její chyba. Uvolnila si široké elastické pásy, které jí držely na lůžku, a ve spánku musela zvolna přeletět do místnosti. Nyní se vznášela ve vzduchu a pomalu se přitom otáčela kolem své osy. Nebyla však schopna pohnout se žádným směrem.

„Nejraději bych tě tu tak nechal jako názorný příklad,“ řekl pilot. Ale usmíval se očima, když pak zvedl polštář z volného lůžka. „Chytej!“ řekl jí.

I ten mírný náraz uvedl Dafne opět od pohybu a ta za chvíli dorazila ke zdi a nebyla už tak bezmocná. Paní Martinová a Michael se mezitím probudili a ospale si mnuli oči.

„Za hodinu přistaneme,“ oznámil jim kapitán. „Teď se nasnídáme a potom vám doporučuji odebrat se k okénkům a udělat si pohodlí.“

Brzy bylo po snídani. Ve vesmíru, kde nulová gravitace omezuje fyzickou aktivitu na minimum, nemá člověk mnoho chuti k jídlu. Dokonce i Michael se spokojil jen se dvěma topinkami a několika doušky mléka, které bylo uchováno v pružné tubě, takže se dalo pohodlně vstříknout rovnou do úst pouhým zmáčknutím. Nalévání tekutiny bylo samozřejmě nemožné, jelikož neexistovalo žádné „nahore“ a „dole“. Jakýkoliv pokus v tomto směru by skončil velikou kapkou, která by se vznášela vzduchem, až by narazila do stěny a rozprskla se všude do okolí.

A. C. CLARK: „SMĚR ČASU“, POVÍDKA *DOVOLENÁ NA MĚSÍCI*, STR. 45 - 53, POLARIS, FRENŠTÁT POD RADHOŠTĚM  
2002

1. Proč bude mít paní Martinová pocit, že váží alespoň tunu?
2. S jak velkým zrychlením se bude při startu kosmická loď pohybovat?
3. Proč při startu cestující v raketě leží?  
...
4. Vysvětlete příčinu velké námahy, kterou musela Dafne vynaložit na zvednutí ruky. Nakreslete obrázek.
5. Proč cestující (podle slov pilota) neucítí žádnou tíhu až do chvíle, než dorazí na Měsíc? Jak se *Centaurus* bude během této doby pohybovat? Proč?
6. Proč se znovu objeví tíže při zpomalování na Měsíci? Změní se místo, kde budou ležet cestující, nebudou-li ve svých sedadlech připoutání a *Centaurus* se neotočí?  
...
7. Proč se Dafne vznášela v prostoru v kabině kosmické lodi?
8. Mohla se dostat sama bez cizí pomoci zpět ke stěně kabiny? Jak?
9. Co drží kapku vody i ve stavu beztíže pohromadě? Jaký má tvar? Vysvětlete.

## 5.5 OPTICKÉ KLAMY

Optické klamy je možné nalézt v řadě literatury, na Internetu, ... a myslím, že jsou určitě vhodné k oživení optiky. Zejména v okamžiku, kdy se probírá oko a vůbec schopnost lidského jedince vnímat okolní svět. V procesu vidění se neuplatní jen oko, ale nezastupitelnou roli hraje i mozek, který obraz vytváří. A právě díky tomu dochází někdy k poměrně zajímavým situacím, kdy na první pohled vidíme něco úplně jiného, než vidět máme.

Zrakové klamy lze rozřadit podle příčiny nesouhlasu našeho vjemu se skutečností. Je-li těchto příčin nesouhlasu více, tj. na vzniku klamu se podílí příčiny více kategorií, není klasifikace jednotná. (Většinou se klam zařazuje podle příčiny vzniku, které se přisuzuje větší význam.) Pokud je příčina vzniku jediná, lze zrakové klamy rozdělit na:

1. fyziologické
2. geometrické
3. psychologické

### 5.5.1 Fyziologické klamy

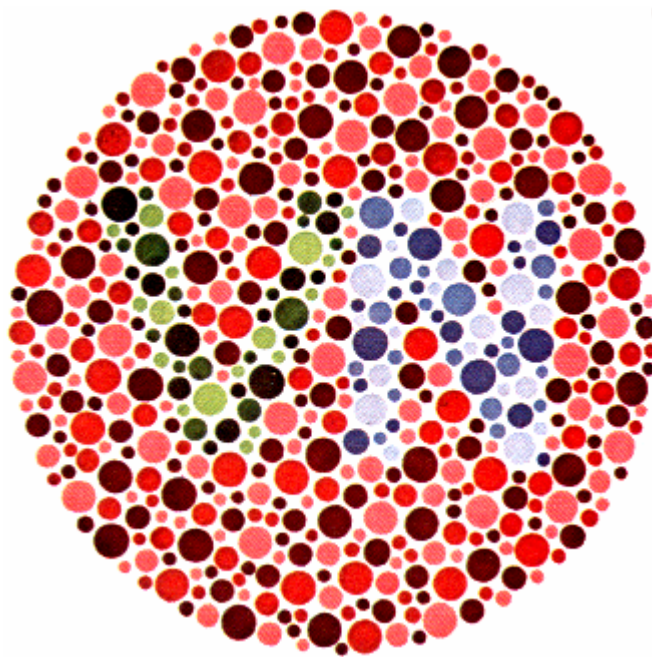
jsou klamy, které souvisejí s **iradiací** (světlá plocha na tmavém pozadí se zdá být větší než tmavá plocha na světlém pozadí - viz obr. 91) a **kontrastem** (šedá plocha na světlejším pozadí má jinou světlost, tj. propouští nebo rozptylně odráží větší či menší část dopadajícího světla).

Význam kontrastu mohou demonstrovat obr. 89 a obr. 90, které na první pohled interpretujeme jako určitý počet černých útvarů. Pokud ale ohraničíme spodní a horní okraje těchto útvarů vodorovnými tmavými pruhy, zjistíme, že jde o nápisy složené ze světlých písmen ATI (resp. LIFT).

Stejně tak je možné do této skupiny řadit tzv. Kaniszův trojúhelník (obr. 93). Vnímáme bílý rovnostranný trojúhelník, ač na obrázku není přímo narýsován - je pouze naznačen přerušením tmavých ploch a čar.

Pro praxi ne zcela bezvýznamný je další často popisovaný jev, tzv. „křížovatkový“ klam (viz obr. 92). Pozorujeme-li černé čtverce vzájemně oddělené bílými „cestami“, máme vjem zřetelných šedých skvrn, které se vytvářejí v průsečících („křížovatkách“) těchto „cest“. Fixujeme-li na určitou křížovátku zrak, skvrna zmizí. Analogicky je tomu na průsečících tmavých proužků vymezujících bílé čtverce. Tyto jevy souvisejí s následnými obrazy (paobrazy) - ty vnímáme jako projev aktivity sítnice, přestože její podráždění již skončilo. V praxi se následné obrazy používají jako pomocný prostředek k určení pohybu oka.

Složitější jsou zrakové klamy související s **barevným kontrastem** (simultánním nebo následným). Tyto jevy lze aplikovat při zkouškách barvocitu (obr. 88 - nerozlišující červenou a zelenou by viděl jen písmeno N), vhodným barevným kontrastem se v malířství, grafice a fotografii dosahuje zvláštních efektů. Uplatňuje se i psychologické působení barevných světél. Červené, oranžové a žluté působí teple, modré světlo a odstíny, v němž modré světlo převažuje, vyvolávají pocit chladu. Světlé tóny působí vesele, tmavé těžkopádně. Červené (a v menší míře i oranžové a žluté) vyvolávají dojem, jako by vystupovaly kupředu (z obrazu ven), modrá naopak, jako když ustupuje do pozadí. (Na tomto vjemu se podílí i barevná vada oka). Žlutá působí odstředivě, tj. budí dojem, že překračuje hranice plochy, kterou zaujímá, modrá dostředivě, tj. zdánlivě se vztahuje od obvodu ke středu. (I toto souvisí s vlastnostmi oka, které je na žluté světlo citlivější než na modré.)



obr. 88

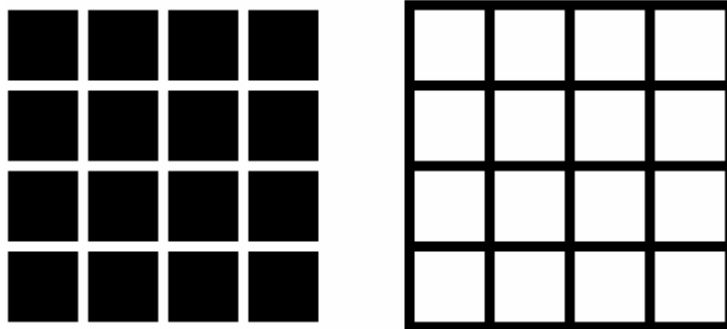


obr. 89

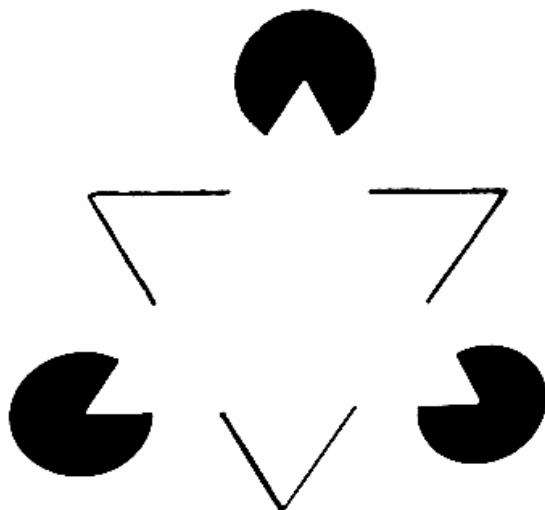
obr. 90



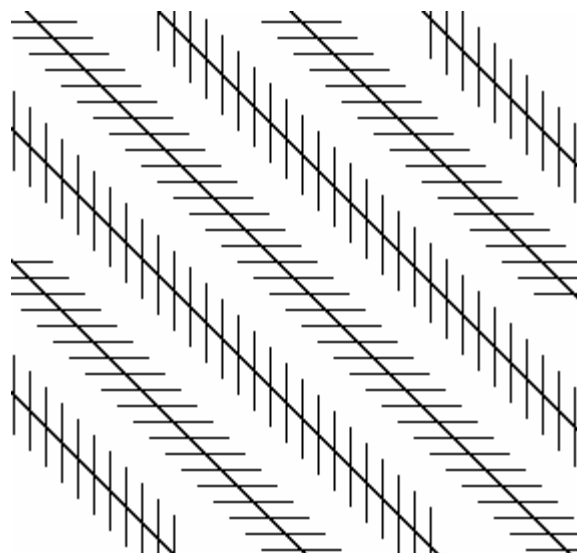
obr. 91



obr. 92



obr. 93



obr. 94

### 5.5.2 Geometrické optické klamy

Mezi geometrické optické klamy patří ty, které jsou založeny na geometrických vlastnostech zobrazených předmětů, na nichž se podílejí geometrická zobrazení, ...

Ač se to nezdá, na obr. 94 jsou dlouhé úsečky vzájemně rovnoběžné. Krátké úsečky, jimiž jsou šikmé rovnoběžky šrafovány, způsobují jejich zdánlivou rozbíhavost resp. sbíhavost. Podobné je i vysvětlení obr. 102 a obr. 103.

Na obr. 99 je situace analogická - u rovinného čtyřúhelníku se nám v důsledku podkladu z kružnic zdá, že jeho strany jsou prohnuté. Ve skutečnosti se jedná o řádný čtverec. Stejně tak na obr. 95. Na obr. 96 se jedná o kružnici, i když vnímáme ovál. Na obr. 104 se lze přesvědčit, že křivky na obrázku nejsou částí spirály - jedná se o kružnice. Na obr. 105 jsou písmena, která se „stojí rovně“.

Müllerovův-Lyerschův srovnávací klam na obr. 109 ukazuje relativitu zrakových vjemů a zároveň značně omezenou schopnost pamatovat si a správně interpretovat znalost absolutní velikosti předmětů. Střední kružnice v obou částech obrázku jsou totožné. Ve srovnání s kružnicemi odlišných poloměrů, jimiž jsou obklopeny, se jeví jako různě velké. Dvě totožné kresby, které se liší vjemem velikosti jsou na obr. 110.

Na obr. 100 je znázorněn kříž, jehož výška i šířka jsou stejné (navíc vyznačený bod leží uprostřed čárkovaných os).

Na obr. 98 a obr. 101 jsou velikosti úseček, které omezují šipky stejné. V důsledku různé orientace šipek ale vzniká dojem jejich nestejně délky, což na obr. 101 vede k tomu, že kružnici vnímáme deformovanou. Analogicky lze pohlížet na obr. 97, obr. 106 a obr. 107.

Paggendorfovův klam a jeho potlačení výrazně demonstrují vliv životní zkušenosti, která je nedílnou složkou vnímání a interpretace obrazových informací a jejich vjemů. Dvě šikmé části téže úsečky oddělené dvěma rovnoběžnými přímkami se jeví vůči sobě jako posunuté (obr. 111). Jestliže je v obraze úsečka pozorovateli předkládána jako napnuté lano, vjem tohoto zdánlivého posuvu se neuplatní (obr. 112).

Přechod mezi klamy geometrickými a psychologickými tvoří klamy perspektivní. Jedná se v podstatě o pozorování soustav čar a jimi ohraničených rovinných útvarů a o jejich výklad, při němž dochází ke konfrontaci s životní zkušeností. Chápeme-li soustavu úseček se společným úběžníkem jako perspektivní zobrazení prostoru (a zkušeností máme takový výklad zafixovaný), jeví se nám „nejvzdálenější“ postava na obr. 113 největší, ač jsou ve skutečnosti všechny stejně velké.

Mezi perspektivní optické klamy lze zařadit i klam na obr. 125. Zavřeme-li jedno oko a druhé dáme přibližně do místa, kde se protínají čárky na obrázku, uvidíme řadu špendlíků jakoby zapíchnutých do papíru. Při lehkém posouvání obrázku se zdá, že se špendlíky kývají.

### **5.5.3 Psychologické klamy**

Psychologické klamy se převážně uplatňují při pozorování rovinných předloh, které svou konfigurací mají vyjadřovat průmět trojrozměrného tělesa a jimž tuto prostorovou povahu vědomě či mimovolně přisuzujeme. Jedná se o skupinu klamů, k nimž patří rozhodování označovaná jako **obrazová inverze**. Vznikají vždy, když kresba (obraz) připouští různý výklad prostoru. Klasickým obrazcem je Schröderovo schodiště (obr. 115), které se může jevit jako pozorované shora nebo zdola (může se jevit jako schodiště, výklenek nebo papír poskládaný do „harmoniky“). Další ukázky možnosti inverze jsou na obr. 116, obr. 117 a obr. 118.

Krychle na obr. 116 lze interpretovat buď jako pět krychlí pozorovaných z podhledu nebo jako tři krychle, jejichž horní stěna je bílá. Analogicky lze dvojím způsobem vnímat obr. 114.

Stejně tak obr. 117 připouští dvojí výklad: pohár (vázu) nebo siluetu dvou obličejů z profilu. Střed brýlí (tj. část s očními) na obr. 118 je vzdálený a stranice brýlí směřují k pozorovateli nebo naopak.

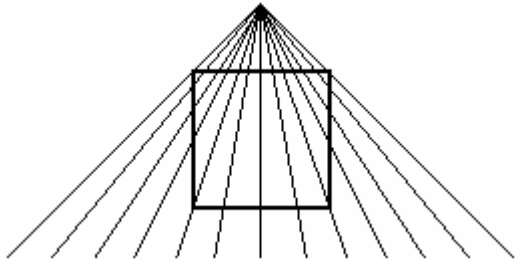
Zajímavé psychologické klamy jsou kresby, které se snažíme interpretovat jako trojrozměrné předměty a přitom zjišťujeme, že takové předměty nemohou existovat. Na obr. 119 je útvar, jehož spodní část lze vykládat jako trojrozměrný předmět obdélníkového (čtvercového) průřezu, horní pak jako soustavu tří válců. Prostorový výklad kresby na obr. 120 také odporuje našim zkušenostem. Po „věčném“ schodišti na obr. 121 lze stále stoupat či klesat.

### **5.5.4 Praktické využití optických klamů**

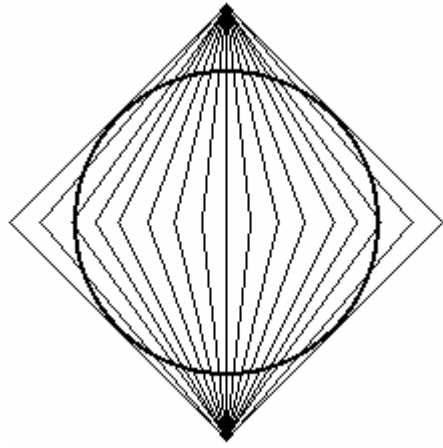
Optické klamy neslouží pouze jako atrakce k pobavení lidí, ale v řadě profesí jsou respektovány a cílevědomě využívány. Používají se všude tam, kde má být dosaženo určitého definovaného optického působení - malířství, architektura, sochařství, návrhářství, fotografie (vhodné aranžmá - účes, barva šatů, osvětlení, ...), oční optika (tvar a barva brýlové obruby, ...), ... Tyto jevy studují oftalmologové a fyziologové, protože některé ze zrakových klamů mohou být indikátorem zrakových poruch.

Někdy se za příčinu optických klamů pokládá nedokonalost optické soustavy lidského oka. Tento výklad je ale velmi zúžený a v řadě popisovaných jevů dokonce i nesprávný. Neshoda zrakového vjemu a skutečnosti je výsledkem složitých, takřka současně probíhajících fyziologických, psychologických a dalších funkcí, které se uplatňují komplexně.

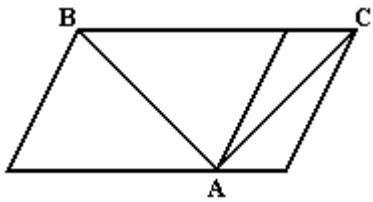




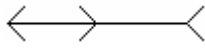
obr. 95



obr. 96



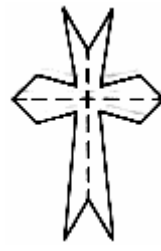
obr. 97



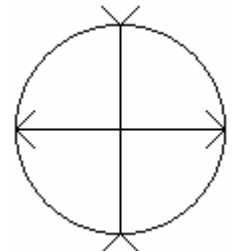
obr. 98



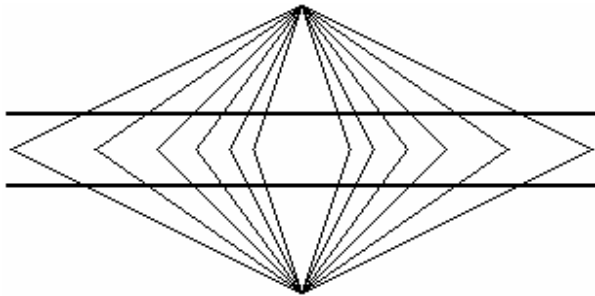
obr. 99



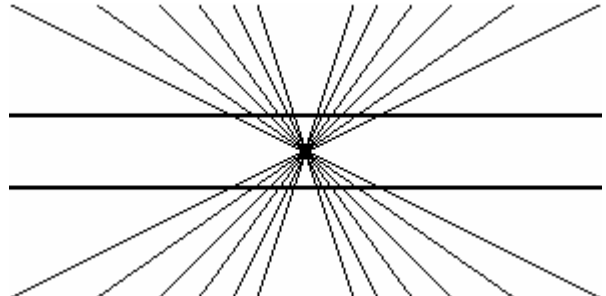
obr. 100



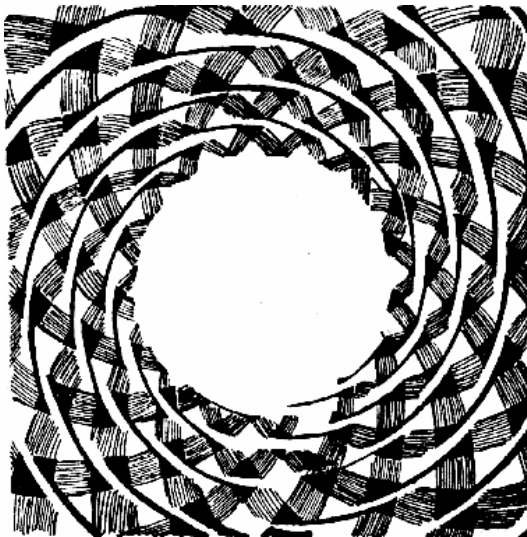
obr. 101



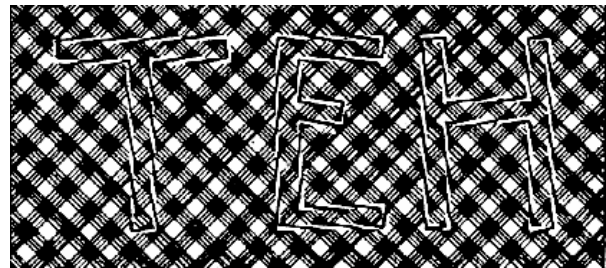
obr. 102



obr. 103



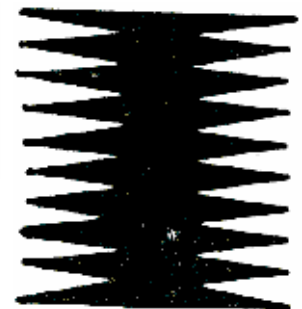
obr. 104



obr. 105



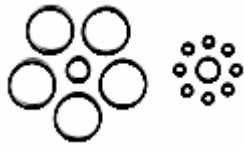
obr. 106



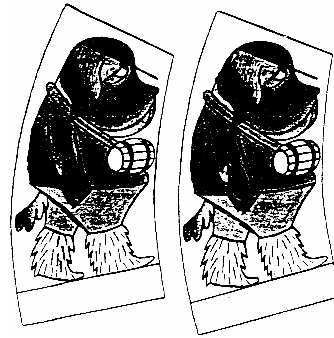
obr. 107



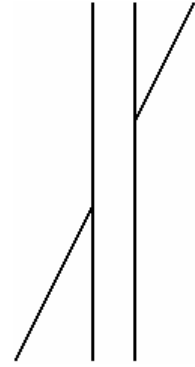
*obr. 108*



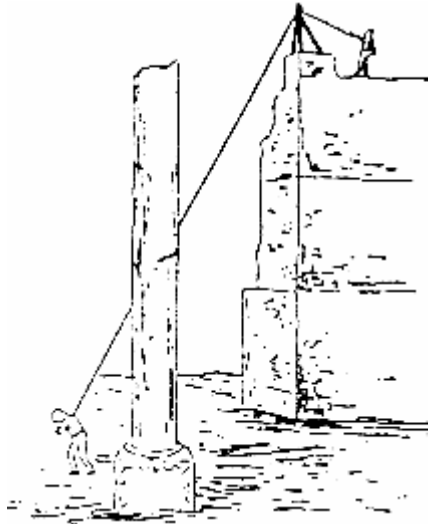
*obr. 109*



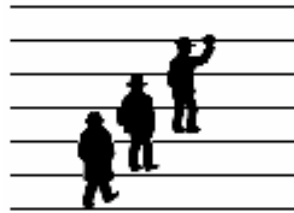
*obr. 110*



*obr. 111*



*obr. 112*

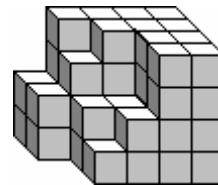


A B C

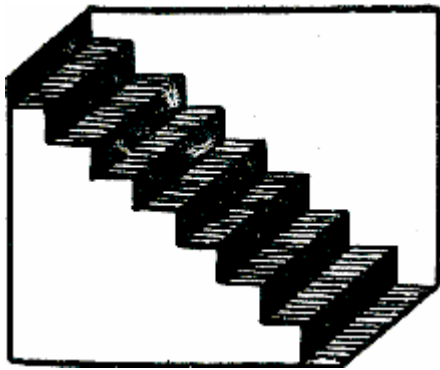


A B C

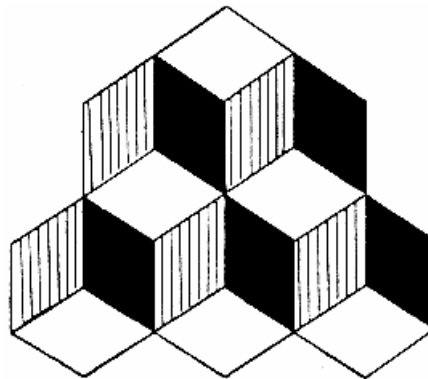
*obr. 113*



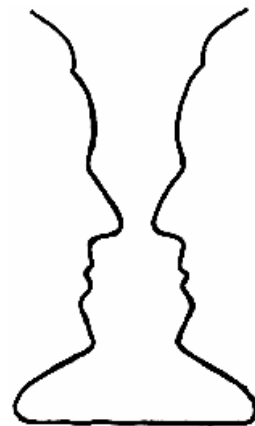
*obr. 114*



*obr. 115*



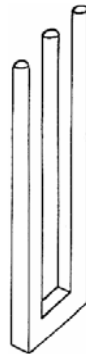
*obr. 116*



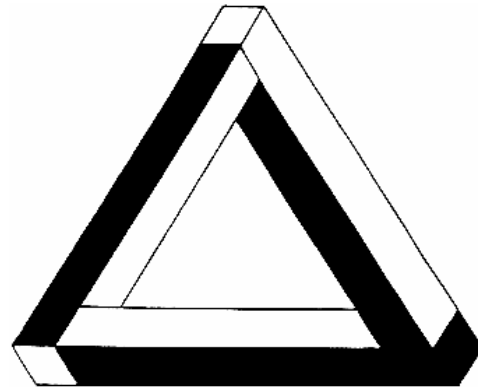
*obr. 117*



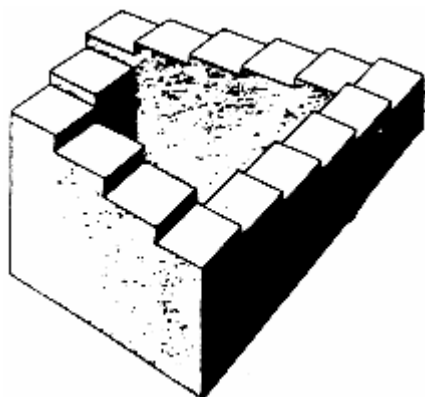
*obr. 118*



*obr. 119*



*obr. 120*



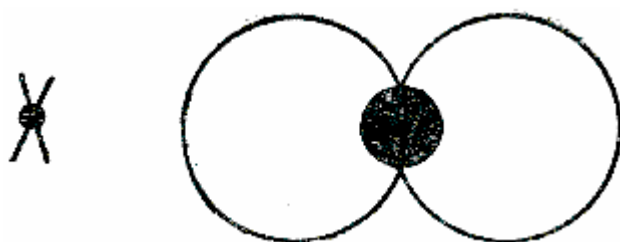
obr. 121



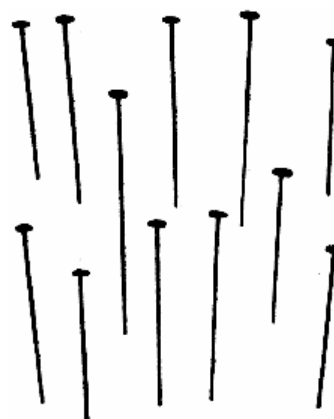
obr. 122



obr. 123



obr. 124



obr. 125

## 5.6 ÚSMĚVY S FYZIKOU

Mám rád, pokud můžu „dělat fyziku“ s radostí, s vtipem, ... Zde uvádím dva základní okruhy témat, které mě v poslední době napadly.

### 5.6.1 Kreslené vtipy

Při své posedlosti svým povoláním jsem objevil řadu dobrých fyzikálních nápadů i v kresleném humoru. Mám rád příběhy kocoura Garfielda, a proto mě příbuzní zásobují jeho příběhy. Při listování komickými příběhy z knihy *Garfield: Jím, tedy jsem* (nakladatelství Crew, s. r. o., Praha 2002) jsem objevil i vtípky, které se, myslím, dají použít i ve výuce.

### 5.6.2 Netradiční pojetí fyzikálních zákonů

Pokud to situace dovoluje (výlet se třídou na konci školního roku, sportovní kurz, neformální setkání učitele se svými žáky, ...), je možné si dělat z fyziky i decentně srandu. Pár příkladů, které jsou z mé dílny, uvádím.

## ZÁKON SCHVÁLNOSTI

Na střední škole se nikdy neprobírá fundamentální zákon přírody, bez něhož by se neobešlo fungování vesmíru na samé jeho podstatě. Přitom ale tento zákon všichni znají z každodenní praxe. Důvodem, proč není zahrnut do středoškolské látky je fakt, že jeho úplné teoretické pochopení vyžaduje hlubší než jen hluboké znalosti obecné teorie relativity, kvantové mechaniky a teorie strun.

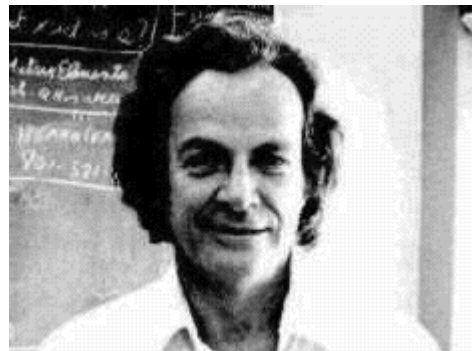
Pro intuitivní odvození zákona je třeba zavést veličinu **smůlu**. Její podstata vyplývá z kvantové mechaniky, která je založena na teorii pravděpodobnosti. V kvantové mechanice totiž není možné o nějakém objektu (elektron, míč, planeta, ...) říci, že se někde nachází. Můžeme pouze říci, že s určitou (většinou nenulovou) pravděpodobností se daný objekt nachází v určitém objemu prostoru. Plné pochopení veličiny smůla, jejíž jednotkou je **pech**, přišlo až od amerického fyzika Feynmana, který se zabýval teorií, podle níž se vesmír v každém okamžiku dělí na určitý počet dílčích vesmírů tak, že k dané příčině nastanou ve všech takto rozdělených vesmírech všechny možné následky. Vědomý pozorovatel, který danou situaci právě pozoruje, pak žije v tom jediném vesmíru, kde jsou pro něho následky uvažované příčiny nejhorší. Jinými slovy smůla nabývá maximální hodnoty.

Pomocí takto zavedené veličiny smůla lze již jednoduše pochopit děj schválnost, který můžeme popsat právě pomocí smůly.

**Zákon schválnosti:** V libovolném místě ve vesmíru je smůla vždy maximální.

Právě zákon schválnosti dává odpověď na nejrůznější otázky: proč ve vesmíru převažují částice nad antičásticemi, proč se skleněná tyč při tření kůží nabíjí kladně, proč se směr elektrického proudu definuje jako směr pohybu kladně nabitých částic, proč se zrovna Země nachází v takové vzdálenosti od Slunce, že na ní je možný život, ...

**Richard Philips Feynman** (11. 5. 1918 - 15. 2. 1988) - americký fyzik. Zabýval se kvantovou elektrodynamikou, významně přispěl k objasnění mechanismů interakce částic a vyvinul techniku jejího popisu (tzv. Feynmanovy diagramy). Předpověděl vnitřní strukturu protonu a neutronu, matematicky popsal chování kapalného hélia. Nobelova cena za fyziku v roce 1965 (spolu s J. Schwingerem a Š. Tomanagou).



## ZÁKON ZTRACENÝCH PONOŽEK

Asi ve většině českých domácností vládne zvláštní stav, co se ponožek týká. Pánské populaci ponožky někdo ničí, schovává, ztrácí, ... Muž odloží ponožky do koše se špinavým prádlem a počítá s tím, že se mu po vyprání (většinou o víkendu) zase vrátí zpět. A nemusí být takový fajnovka, aby se mu samy vracely do skříňky - stačí když se vrátí na určené místo, odkud si je už sám do skříně uklidí.

Ale omyl! Ponožky se po vyprání nevracejí, ale mizí neznámo kam. Sledujme tedy cestu ponožek od jejich umístění do koše se špinavým prádlem: ponožky zde několik dnů leží a čekají, až přijde ten den, kdy žena - hospodyně bude prát. To pak přemístí ponožky do vany, kde prádlo namočí, případně rovnou do pračky, používá-li prací prostředek „bez namáčení“. Zapne pračku a jde mezitím vařit oběd. Po hodině je vypráno, žena prádlo vyjme z bubny pračky, uloží do košíku na prádlo a vydává se směrem ke šňůře. Ponožky, jak manžel zkontroluje, stále ještě jsou na světě. Poté je žena pověsí na balkón, na zahrádku či do sklepa (v závislosti na bytových podmínkách rodiny a na počasí) a ponožky se suší. I zde může muž pohledem zkontrolovat, že ponožky stále ještě fyzicky existují.

Když prádlo (a mezi jiným i ponožky) uschne, žena jej sebere a zanesení zpět domů. A zde právě nastává klíčový moment celého snažení. Ponožky jsou při třídění prádla umístěny na hromadu, na níž je prádlo, které se nezehlí. To má muž šanci naposledy vidět své ponožky. Od té chvíle marně čeká několik dnů, týdnů či měsíců (podle toho, jakou zásobu ponožek má ve skříně) na návrat vypraných ponožek. Marně. Ponožky již neuvídí. Takže ač k Vánocům dostal několik desítek párů, první jarní den vítá bos.

Dlouho se řada odborníků zabývala otázkou, jak je to možné. Částečnou odpověď a možný náznak řešení poskytl jeden dobrovolník, který neriskoval a poté, co se ponožky vrátily spolu s ostatním prádlem po usušení zpět do bytu, sám si je složil a uklidil. Ponožky se tak ztrácat přestaly.

Popsaný experiment vnucuje myšlenku, že (jak pravil už klasik) za vším je třeba hledat ženu. A skutečně! Po sérii měření bylo potvrzeno, že kolem ženy ve fázi třídění prádla vzniká zvláštní případ kvantového pole. Proč toto pole vzniká právě v tento okamžik je dáno tím, že žena už má větší část úklidu za sebou (většinou se k této činnosti dostává v sobotu odpoledne) a vidina volné (resp. skoro volné) neděle vyvolává v organismu ženy produkci hormonu, který spolu s přítomnými ponožkami (obzvláště příznivě působí bavlna) vyvolává již zmíněné kvantové pole. Ponožky toto pole vybudily, a proto na něj také nejcitlivěji reagují. V důsledku tzv. tunelového jevu dojde k protunelování ponožek do jiné části časoprostoru. Bohužel, zatím příslušní experimentátoři nezjistili do jaké.



**Tunelový jev** je fyzikální jev, kdy mikroskopický objekt (objekt mikrosvěta) je schopen překonat potenciálovou bariéru (překážku, k jejímuž zdolání je třeba dodat určitou energii), která je vyšší, než je jeho energie. Jinými slovy, mikroskopický objekt s nižší energií, než je třeba na „proražení“ překážky, se může dostat na druhou stranu.

Laicky je možné si představit následující příklad: při procházce v ZOO kolem klece se lvy se cítíme bezpečně, protože lev, ač je králem zvířat, nemá dostatečnou energii na překonání (roztažení, rozstřížení, překousání, ...) mříží. Nemůže se tedy dostat ven a my jsme před ním v bezpečí. Tak to funguje v klasické fyzice. Pokud by ale tentýž lev byl mikroskopickým objektem, mohl by se (s určitou pravděpodobností) přes tytéž mříže dostat - mohl by je protunelovat.

Tuto skutečnost známe z praxe, neboť tunelový jev funguje v případě bank, prosperujících firem, ... - i přes dokonale hlídaný objekt je z něho možno odnést cokoliv, co má nějakou cenu.

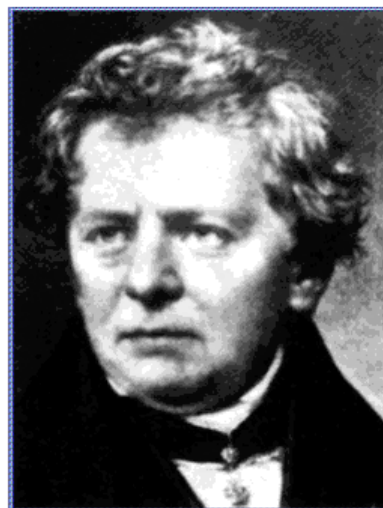
**Postřeh kvantového fyzika zabývajícího se ekonomikou:** Movitý i nemovitý majetek slušně vydělávajícího podnikatelského subjektu se stává mikroskopickým objektem, u něhož dochází s téměř stoprocentní pravděpodobností k tunelovému jevu.

## ELEKTRICKÝ PROUD V KOVECH

Problematikou vedení elektrického proudu v kovech se vědci zabývali již v 17. a 18. století. Snaha o pochopení tohoto poměrně složitého fyzikálního jevu byla korunována objevením Ohmova zákona.

**Ohmův zákon:** Napětí měřené na vodiči, kterým prochází elektrický proud, je přímo úměrné tomuto procházejícímu proudu. Konstantou úměrnosti je odpor vodiče, jehož jednotka byla pojmenována právě podle objevitele tohoto zákona.

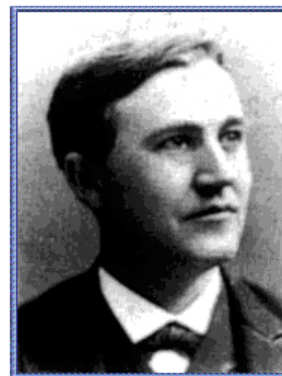
**Georg Simon Ohm** (16. 3. 1789 - 6. 7. 1854) - německý fyzik; člen Královské společnosti v Londýně. Studoval zejména elektřinu, v roce 1826 objevil Ohmův zákon. Věnoval se akustice a výzkumu optických interferenčních jevů.



Na Ohma volně navázal ve svém díle i Edison, který v říjnu roku 1879 dokončil práci na zdokonalené žárovce. Na základě toho se mu podařilo vysvětlit podstatu **elektrického proudu**: Elektrický proud je způsoben pohybem malých trpasličků, kteří se organizovaně potulují vodičem. V okamžiku, kdy vstoupí do žárovky, rozsvítí svojí lucerničku, což se makroskopicky projeví tím, že žárovka začne svítit.

Tato teorie byla několikrát podrobena kritice a díky tomu byla přebudována takřka od základu. V současné době se již naprosto přesně ví, že trpasličí nerozsvěcí lucerničky, ale laserová ukazovátka. Laserové ukazovátka je ekonomičtější, déle v nich trpasličkům vydrží baterie (na rozdíl od lampiček, kam museli strašně často dávat novou svíčku) a lépe se jim nosí v kapse. Makroskopicky se tato nová trpasličí technologie projeví v prodloužené životnosti žárovek a úsporou elektrické energie.

**Thomas Alva Edison** (11. 2. 1847 - 18. 10. 1931) - americký technik, vynálezce a podnikatel; průkopník všestranného využití elektrické energie. Vynalezl uhlíkový mikrofon, fonograf (záznam zvuku na staniolovou fólii), elektrickou žárovku, elektroměr, kinematograf, filmovou kameru, zkonstruoval elektrické dynamo atd. Založil továrnu na výrobu elektrických strojů a přístrojů, stavěl elektrárny. Zastáncem stejnosměrného proudu. První pozoroval princip diody, tzv. Edisonův jev.



## **6. Spojení, zdroje a inspirace:**

Pro úplnost ještě spojení na mne: [reichl@panska.cz](mailto:reichl@panska.cz). Na webové stránce: [vyuka.panska.cz/reichl](http://vyuka.panska.cz/reichl) mohou jak učitelé tak i žáci nalézt řadu materiálů do výuky fyziky a matematiky.

- [1] život a fantazie Jaroslava Reichla
- [2] časopisy
- [3] Internet
- [4] B. F. Bilimovič: Fyzikální kvízy
- [5] M. Švadlenka: Hra kouzel a magie, Mladá fronta, Praha 1979
- [6] M. Švadlenka: Kouzla nejsou žádné čáry, Mladá fronta, Praha 1968
- [7] V. Zůra: Kniha kouzel, Olympia, Praha 1992
- [8] J. I. Perelman: Zajímavá fyzika, Mladá Fronta, Praha 1962