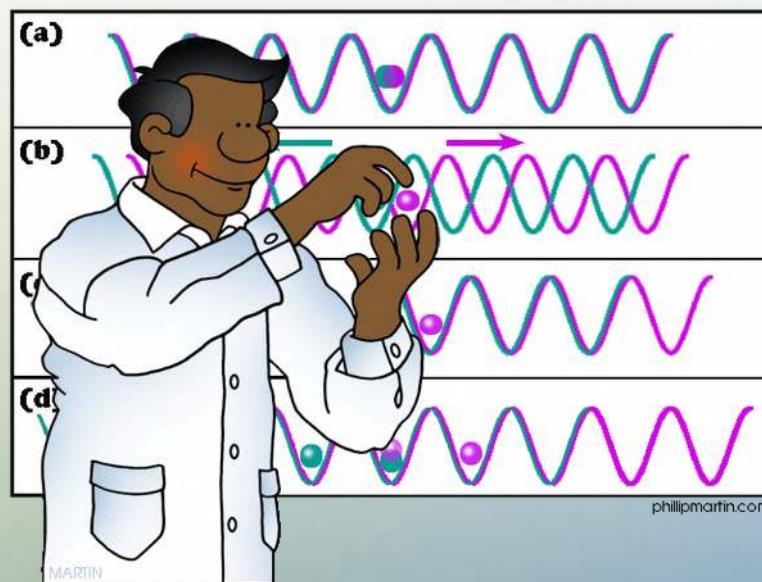


Zajímavosti z letních konferencí

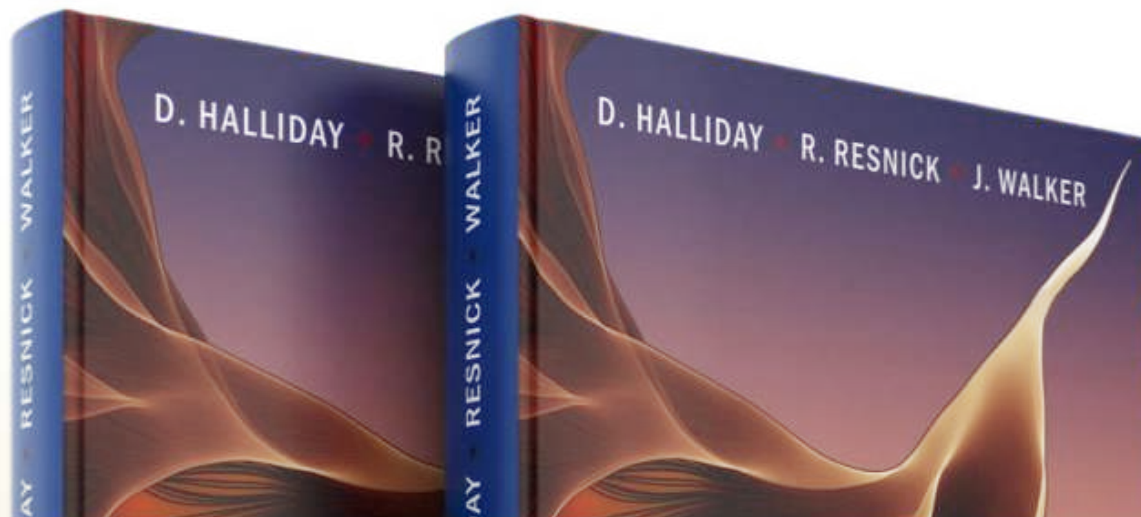


XVII. seminář o filosofických otázkách matematiky a fyziky

Gymnázium Velké Meziříčí, 18.–21. 8. 2014

<http://www.gvm.cz/cs/seminare.html>





Petr Dub a Jiří Spousta

Ústav fyzikálního inženýrství a Středoevropský technologický institut (CEITEC)

Vysoké učení technické v Brně



Trocha historie

1960

D. Halliday, R. Resnick, *Physics for Students of Science and Engineering*

<https://www.youtube.com/watch?v=THPGQDLdeHw>



Nakladatelství
John Wiley & Sons



D. Halliday, R. Resnick, **J. Walker**,
Fundamentals of Physics
(plnobarevné,
výrazná motivační složka)

D. Halliday, R. Resnick, K. S. Krane,
Physics

2002

American Physical Society

„H&R ... the most outstanding introductory physics text
of the twentieth century”

Na přípravě druhého českého vydání se podíleli:

doc. Mgr. Miroslav Černý, Ph.D., VUT (otázky a úlohy ke kap. 21-31);
prof. RNDr. Petr Dub, CSc., VUT, (kap. 1-44, dodatky, rejstřík);
prof. RNDr. Jiří Komrška, CSc., VUT (kap. 33-36);
prof. RNDr. Michal Lenc, Ph.D., MU (kap. 37, 42-44);
prof. RNDr. Bohumila Lencová, CSc., VUT (kap. 38-41);
prof. RNDr. Miroslav Liška, DrSc., VUT (kap. 33-35);
prof. RNDr. Jana Musilová, CSc., MU (kap. 5-8);
Mgr. Pavla Musilová, Ph.D., MU (otázky a úlohy ke kap. 1-11, 15-20);
doc. RNDr. Jan Obdržálek, CSc., UK (kap. 12-14);
prof. RNDr. Jiří Petráček, Dr., VUT (kap. 15-17, 21-32);
prof. RNDr. Jiří Spousta, Ph.D., VUT (kap. 1-4, 9-11);
doc. RNDr. Marian Štrunc, CSc., VUT (kap. 18-20).

Na přípravě prvního českého vydání se podíleli:

doc. RNDr. Milada Bartlová, Ph.D., VUT; doc. RNDr. Zdeněk Bochníček, Ph.D., MU; prof. Ing. Libor Dědek, CSc., VUT;
prof. RNDr. Petr Dub, CSc., VUT; prof. RNDr. Ludmila Eckertová, CSc., UK; doc. RNDr. Antonín Havránek, CSc., UK;
prof. RNDr. Václav Holý, CSc., UK; RNDr. Michal Horák, CSc., VUT; RNDr. Karel Houfek, Ph.D., UK;
prof. RNDr. Petr Chvosta, CSc., UK; prof. RNDr. Jiří Komrška, CSc., VUT; prof. RNDr. Michal Lenc, Ph.D., MU;
prof. RNDr. Bohumila Lencová, CSc., AV ČR; prof. RNDr. Miroslav Liška, DrSc., VUT; RNDr. Vladimír Mitvalský, VUT;
prof. RNDr. Jana Musilová, CSc., MU; prof. RNDr. Vladimír Navrátil, CSc., MU; prof. RNDr. Jan Novotný, CSc., MU;
doc. RNDr. Jan Obdržálek, CSc., UK; prof. RNDr. Jiří Spousta, Ph.D., VUT; doc. RNDr. Jiří Světlík, CSc., VUT;
prof. RNDr. Tomáš Šikola, CSc., VUT; doc. RNDr. Marian Štrunc, CSc., VUT; prof. RNDr. Pavel Tománek, CSc., VUT;
RNDr. Vladimír Zdražil, CSc., VUT.

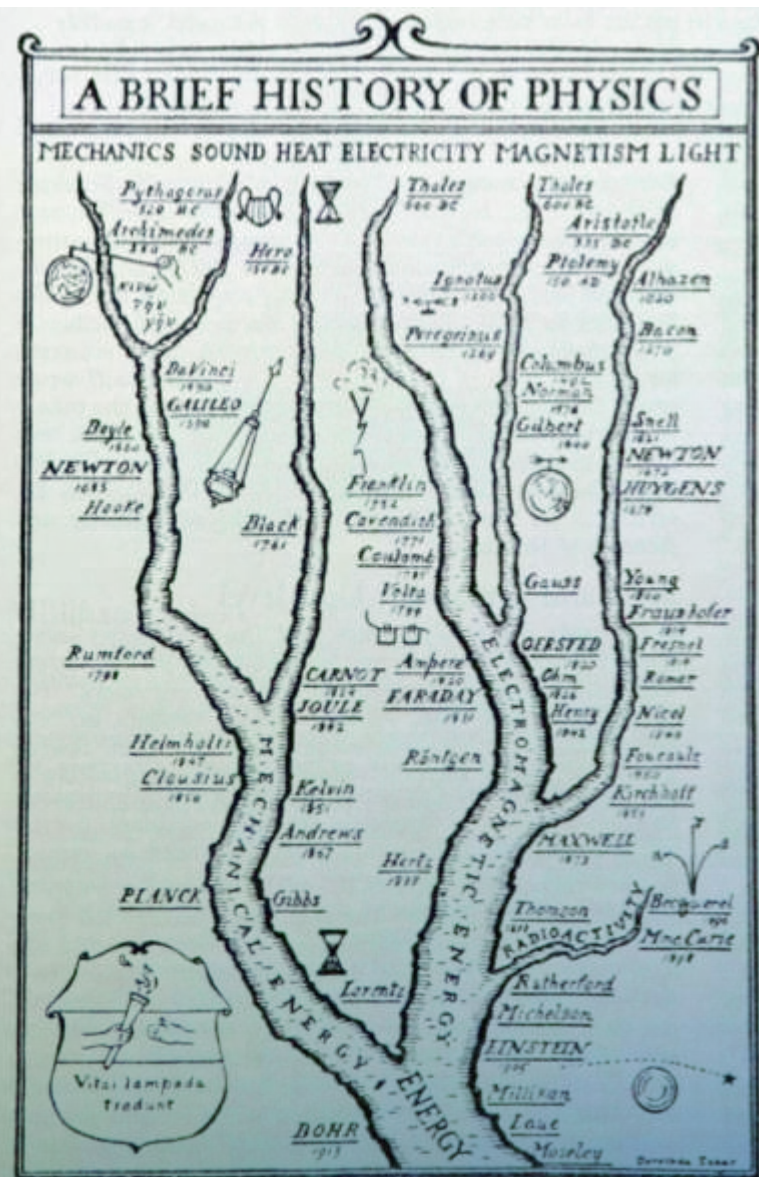
Resnick, Halliday
& Krane 4th ed.
1992

Halliday & Resnick
1960

Sears & Zemansky
1948

Sears 1944

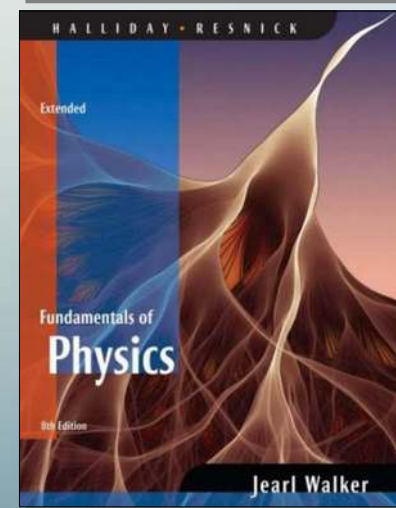
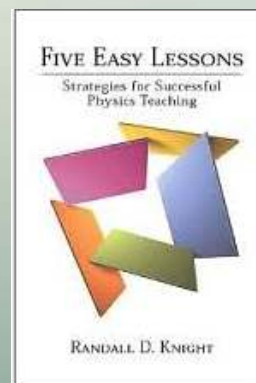
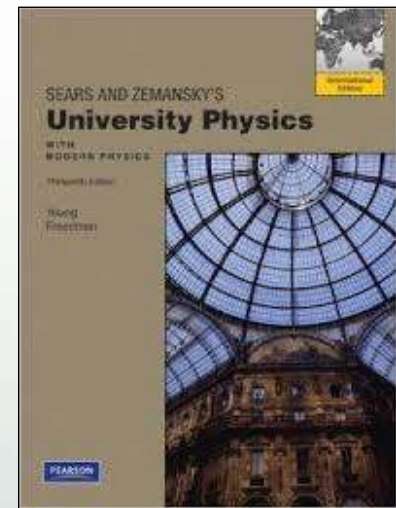
Millikan 1938



HOLBROW, Ch. H. „Archaeology of a Bookstack: Some Major Introductory Physics Texts of the Last 150 Years“. *Physics Today*, 2008, roč. **52**, č. 3, s. 50–56, doi:10.1063/1.882613.

- „... and they still don't get it ...“: „The physics teachers of 1899 ... complained of declining enrollments and lack of student motivation.“
- „In 2009 physics professors will still be arguing over mathematical level, over depth versus coverage, over the content of the syllabus, over pace, over the amount of real-world versus simulated experience, over what constitutes understanding and how you measure it.“
- *plus ça change, plus c'est la même chose* (čím více se věci mění, tím více zůstávají stejné): „moderní fyzika“ 218 s. z 1248 (17 %)

- Robert Andrews Millikan (1868 – 1953): „It can not be too strongly emphasized that it is grasp of principles, not skill in manipulation which should be the primary object of General physics courses“
- S&Z – poválečná léta, H&R – „éra Sputniku“
- **vynechaná témata** v H&R:
jednoduché stroje, povrchové napětí, viskozita
kalorimetrie, změny skupenství, vlhkost,
hudební akustika, elektrochemie,
termoelektrické jevy, obvody střídavého proudu
vady čoček, kolorimetrie, fotometrie, ...
- KNIGHT, R. D.: *Five Easy Lessons: Strategies for Successful Physics Teaching*. Addison Wesley, 2002. ISBN 0805387021.
 - síla a pohyb
 - energie a zákony zachování
 - náboj, pole potenciál



Co je jinak, co je nového ... několik poznámek

Abychom něčemu porozuměli, musíme to roztrhat na kousky a ty znovu sestavit do podoby, která nás uspokojí. Bude se nejspíš lišit od původního tvaru už vzhledem k různosti našich myslí. Naše syntéza je však výsledkem vlastního úsilí, studia a mnoha diskusí a musíme za ni převzít osobní zodpovědnost.

J. G. Synge

(z předmluvy ke knize Relativity: The Special Theory)

2 Fyz

1 Fyzika

O knize a jak s ní pracovat

Vstupní problém. Každá kapitola začíná fotografií, která ilustruje a uvádí atraktivní, aktuální a zajímavý problém, který je na vhodném místě kapitoly objasněn ve výkladu nebo v řešeném příkladu. Jsou to problémy přejaté ze současných přírodních, inženýrských, lékařských, sportovních a právních časopisů.

O co jde a jak na to? Tato otázka a odpověď na ni uvádí výklad v každé kapitole.

Kontroly. Do textu jsou zařazeny kontrolní otázky, které průběžně ověřují, že jste vyloženou látku skutečně zvládli a že můžete s porozuměním pokračovat dál. Tato zastavení vám pomohou vyhnout se častým nedorozuměním nebo chybným představám. Správnost vašich odpovědí na kontrolní otázky si můžete zkontrolovat na konci knihy. Pokud neodpovíte správně, vraťte se a znovu prostudujte a dobře promyslete předchozí část.

Příklady. V podrobně řešených a komentovaných příkladech uvidíte názorně jak používat vyloženou látku v konkrétních situacích. Příklady vás připravují na samostatné řešení na konci kapitoly.

Rozvaha, která předchází řešení příkladu, připomíná základní pojmy, představy a vztahy, z nichž vychází vlastní řešení problému.

Rady a náměty obsahují užitečné pokyny, které ukazují začínajícímu studentovi fyziky jak řešit problémy a pomohou mu vyhnout se častým chybám.

Přehled a shrnutí. Tato část stručně shrnuje nejdůležitější poznatky a vztahy z celé kapitoly. V žádném případě nenahrazuje pečlivé studium celé kapitoly.

Otázky jsou podobné kontrolním otázkám zařazeným v jednotlivých článcích. Otázky vyžadují spíše fyzikální uvažování než výpočty. Na konci knihy najdete odpovědi na všechny liché otázky.

Úlohy jsou uspořádány podle jednotlivých článků kapitoly a jsou označeny podle obtížnosti. Mnohé úlohy vycházejí z reálných situací a problémů, které jsou předmětem současného výzkumu v nejrůznějších oblastech. Některé zajímavé problémy jsou základem několika dílčích úloh, které na sebe navazují a prostupují více kapitolami a vytvářejí příběh. Dříve než začnete počítat, proveďte rozvahu, které poznatky jsou důležité pro řešení. Výpočty doprovázejte obrázkem, grafem nebo krátkým komentářem.

Grafy a obrázky. Řada příkladů a úloh je doprovázena grafy a obrázky. Naučte se s grafy a obrázky správně pracovat a efektivně je používat. Nezapomeňte, že dobrý graf či obrázek vydá za tisíc slov.

4

Dvojmrozměrný a trojmrozměrný pohyb



Jak může středopolař při baseballu aby mohl zachytit z vysoka letící baseball dopadem na zem? Často hráč používá tempem k místu, kde míček polapí. Hráčská zkušenost mu přitom jistě pomáhá v úspěšném zachycení míčku hraje

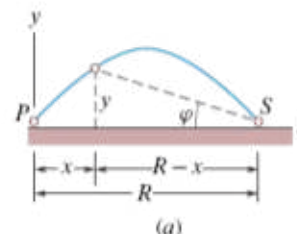
Příklad 4-8

Baseballový pálkař, který je v bodě P , udeří míček tak, že letí vysoko do pole směrem ke středopolaři, který je v bodě S . Velikost počáteční rychlosti a elevační úhel jsou po řadě $v_0 = 40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a $\theta_0 = 35^\circ$. Představme si spojnici letícího míče a středopolaře (obr. 4-17a). Nakreslete časovou závislost zorného úhlu φ , který spojnice svírá se zemí, pokud středopolař stojí tam, kde by měl správně stát, a pokud stojí o 6 metrů blíž k pálkaři nebo o 6 metrů dál od něj.

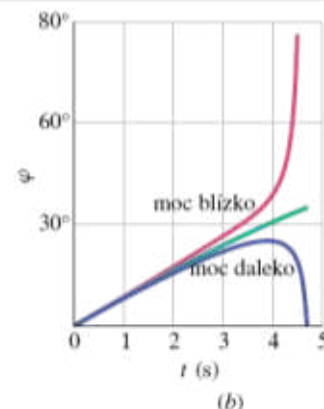
ROZVAHA

(1) Zanedbáme-li odpor vzduchu, lze let míčku považovat za šikmý vrh. Pohyby ve svislém a vodorovném směru se tak můžeme zabývat zvlášť. (2) Předpokládejme, že míček je zachycen přibližně ve stejné výšce, ve které byl odpálen – ve vodorovném směru tedy urazí vzdálenost odpovídající doletu R , který je podle rov. (4.26) roven $R = (v_0^2/g) \sin 2\theta_0$.

Výpočet: Míček bude zachycen středopolařem správně, pokud jeho vzdálenost od pálkaře bude rovna doletu míčku R . Z rov. (4.26) máme



(a)



(b)

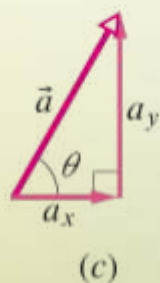
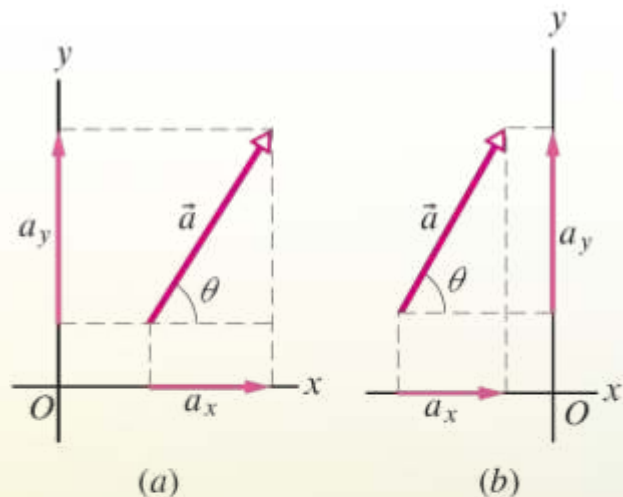
OBR. 4-17 Příklad 4-8. (a) Definice zorného úhlu φ , pod nímž vidí středopolař v bodě S baseballový míček, který přímo k němu odpálil pálkař z bodu P . (b) Graf závislosti φ na čase.

Odtud

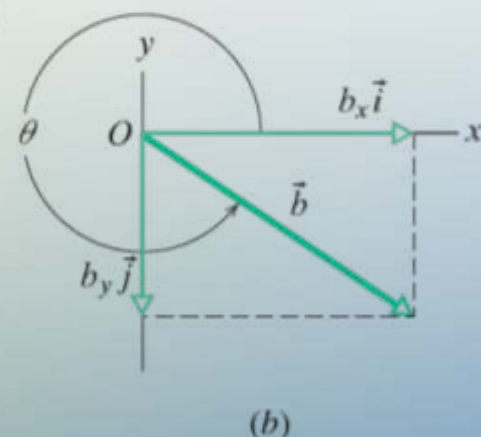
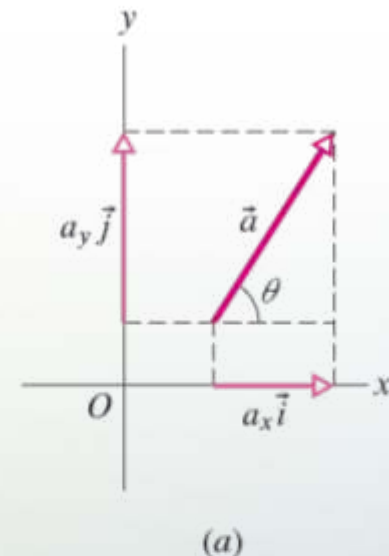
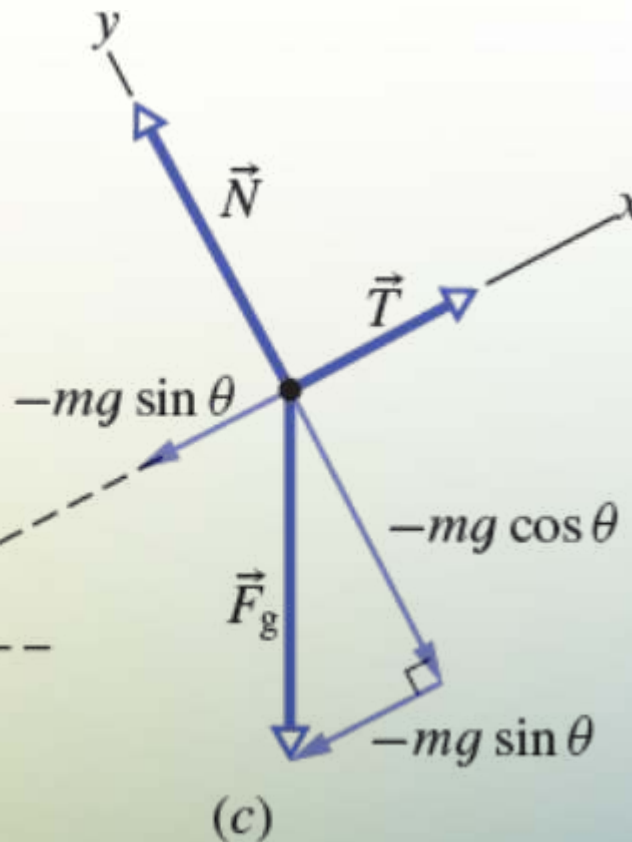
$$\varphi = \arctg \left(\frac{(40 \sin 35^\circ)t - 4,9t^2}{153,42 - (40 \cos 35^\circ)t} \right), \quad (4.33)$$

složky **Vektory a složky**

průměty

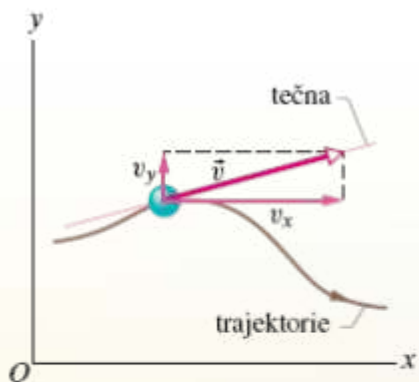


OBR. 3-8 (a) Složky vektoru $\vec{a}$.
 (b) Při posunutí vektoru (při zachování jeho velikosti i směru) se jeho složky nezmění. (c) Složky vektoru $\vec{a}$ tvoří odvěsny pravoúhlého trojúhelníka, jehož přeponou je vektor $\vec{a}$.



OBR. 3-15 (a), (b) Pravoúhlé průměty vektorů $\vec{a}$, $\vec{b}$.

Jak definujeme/zavádíme složky a souřadnice vektoru?



OBR. 4-5 Rychlost $\vec{v}$ částice a její složky v_x a v_y .

Ve třech dimenzích je tento výsledek stejný: $\vec{v}$ je vždy tečný k trajektorii.
Dosazením polohového vektoru $\vec{r}$ z rov. (4.1) do rov. (4.10) vyjádříme rychlost pomocí složek

$$\vec{v} = \frac{d}{dt}(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}) = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k}.$$

Tento vztah přepíšeme jako

$$\vec{v} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}, \quad (4.11)$$

kde složky vektoru (okamžité) rychlosti jsou dány vztahy

$$v_x = \frac{dx}{dt}, \quad v_y = \frac{dy}{dt} \quad \text{a} \quad v_z = \frac{dz}{dt}. \quad (4.12)$$

ČSN ISO 31-11: **V matematice** se ve vektorovém počtu složky vektoru a_x, a_y, a_z nazývají **často souřadnice vektoru**. Je důležité **rozlišovat „složky vektoru“** a, t.j. a_x, a_y, a_z od „**složkových vektorů**“, $a_x\vec{e}_x, a_y\vec{e}_y$ a $a_z\vec{e}_z$. Kartézské složky polohového vektoru se rovnají kartézským souřadnicím bodu určeného polohovým vektorem.
http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/01/53829/53829_nahled.htm

Síla gravitační / tíhová

5-7 | Některé typy sil

Gravitační síla

* Jedním z Newtonových objevů, zcela zásadním pro vývoj fyzikálního poznání, byla skutečnost, že *každá* dvě hmotná tělesa se navzájem přitahují. Newton také objevil závislost přitažlivé síly na hmotnostech těles a jejich vzdálenosti – Newtonův gravitační zákon. Objasnili tak, že pád těles k zemi a oběh planet kolem Slunce mají stejnou podstatu, gravitační přitahování. Tento výsledek bychom mohli považovat za první krok k teorii sjednocení interakcí. O Newtonově gravitačním zákonu bude řeč v kap. 13.

** O malém rozdílu mezi hodnotami tíhového zrychlení a gravitačního zrychlení se dozvíme v čl. 13-4.

Gravitační silou $\vec{F}_g$ rozumíme určitý druh síly, kterou je těleso přitahováno k jinému tělesu. V úvodních kapitolách knihy, kterými právě procházíme, se nebudeme podstatou gravitační síly zabývat. V běžných situacích bude oním „druhým objektem“ Země. Budeme-li hovořit o gravitační síle $\vec{F}_g$ působící na těleso, budeme mít obvykle na mysli sílu, kterou Země přitahuje toto těleso ke svému středu, tj. směrem „dolů“, k zemskému povrchu.* Vztažnou soustavu spojenou se zemským povrchem považujeme za inerciální.

Předpokládáme, že těleso o hmotnosti m volně padá v blízkosti Země se zrychlením o velikosti g . (Zrychlení volného pádu se často nazývá *tíhové*, popřípadě *gravitační zrychlení*.** Vedle termínu gravitační síla se užívá také termín *tíhová síla*.) Zanedbáme-li vliv odporu vzduchu, bude jedinou silou působící na těleso právě gravitační síla $\vec{F}_g$. Zrychlení volného pádu a gravitační síla $\vec{F}_g$ spolu souvisejí druhým Newtonovým zákonem ($m\vec{a} = \vec{F}_g$). Zvolme souřadnicovou osu y tak, aby směřovala vzhůru podél trajektorie tělesa. Druhý Newtonův zákon má pak tvar $ma_y = \sum F_y$, neboli

$$m(-g) = -F_g,$$

odkud

$$F_g = mg. \quad (5.8)$$

Velikost gravitační síly je rovna součinu mg .

Táž gravitační síla o velikosti mg působí na těleso i tehdy, když zrovna nepadá, ale třeba leží v klidu na stole, nebo se podél stolu pohybuje. (Aby gravitační síla zmizela, musela by zmizet i Země.)

Vektorový vztah pro gravitační sílu má tvar

$$\vec{F}_g = -F_g \vec{j} = m\vec{g}, \quad (5.9)$$

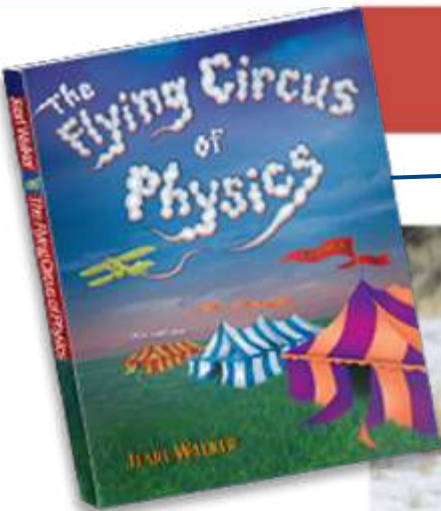
kde $\vec{j}$ je jednotkový vektor ve směru osy y , vektor zrychlení volného pádu $\vec{g}$ míří dolů.

Příklady částí, které jsou podstatně upraveny (2)

9

Soustavy částic

<http://www.flyingcircusofphysics.com>



Berani druhu ovce tlustorohé (*Ovis canadensis*) svádí o přizeň samic lité souboje. Samci se svými rohy v plné rychlosti opakovaně srážejí tak dlouho, dokud to jeden z nich nakonec nevzdá. Tyto vzájemné střety mohou být pro ně velmi nebezpečné – pokud se některému ze samců roh zlomí, bude pravděpodobně během příští kolize vážně zraněn nebo zabít. Ale i bez zlomeného rohu by se oba soupeři měli po každém střetu ocitnout na zemi v bezvědomí.

Jak mohou berani tvrdé čelní nárazy vydržet?

Odpověď je v této kapitole.

Střed hmotnosti a těžiště

9-2 | Střed hmotnosti

Střed hmotnosti soustavy částic zavádíme proto, abychom mohli předpovědět, jak se bude soustava pohybovat.

 Střed hmotnosti soustavy částic (nebo tělesa) je bod, který se pohybuje tak, jako by (1) v něm byla soustředěna veškerá hmotnost soustavy a (2) působily v něm všechny vnější síly působící na soustavu.

V tomto článku se budeme zabývat tím jak nalézt střed hmotnosti nejrůznějších soustav. Začneme soustavou složenou pouze z několika částic a teprve pak se budeme zabývat soustavami obsahujícími velké množství částic (např. baseballová pálka). V další části této kapitoly budeme rovněž probírat, jak se střed hmotnosti pohybuje, působí-li na soustavu vnější síly.

* Pojem střed hmotnosti bývá často zaměňován s pojmem těžiště. V praktických situacích, kdy se soustava pohybuje v blízkosti zemského povrchu, a gravitační pole lze tedy považovat za homogenní, nevede tato záměna k chybným výsledkům. Dokonce se jí často vědomě používá. Z fyzikálního hlediska však jde o pojmy zcela odlišné. Střed hmotnosti je definován univerzálně, pouze na základě rozložení hmotnosti v soustavě. Jeho polohu určuje vážený aritmetický průměr poloh jednotlivých částic soustavy s hmotnostmi částic jako vahami. Je proto nezávislá na tom, zda vůbec a jaké síly na soustavu působí. Pojem těžiště se striktně vztahuje ke speciální situaci, kdy na soustavu působí gravitační síly. Těžištěm se budeme zabývat v čl. 12-4, kde ukážeme, že v případě soustavy umístěné v homogenním gravitačním poli splývá těžiště (přesně) se středem hmotnosti soustavy.

Slovní vyjádření rovnic / Důsledné užívání složek

9-9 | Nepružné přímé srážky

Nepružná přímá srážka

Na obr. 9-15 jsou dvě tělesa těsně před nepružnou přímou srážkou a těsně po ní. Jsou na něm rovněž znázorněny rychlosti obou těles před srážkou (index i) a po srážce (index f). Obě částice tvoří uzavřenou soustavu, která je (nebo se chová jako) izolovaná. Zákon zachování hybnosti této dvoučásticové soustavy lze psát ve tvaru

$$\left(\begin{array}{c} \text{hybnost soustavy } \vec{P}_i \\ \text{před srážkou} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{hybnost soustavy } \vec{P}_f \\ \text{po srážce} \end{array} \right),$$

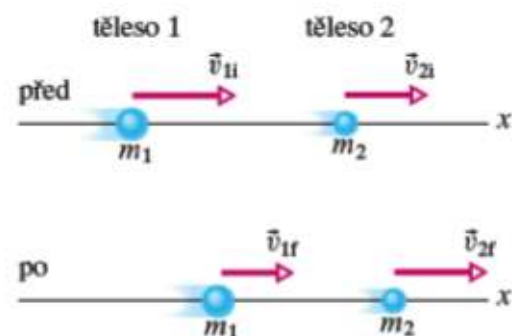
což lze zapsat jako

$$\vec{p}_{1i} + \vec{p}_{2i} = \vec{p}_{1f} + \vec{p}_{2f} \quad (\text{zákon zachování hybnosti soustavy}). \quad (9.50)$$

Při přímé srážce leží vektory rychlostí částic ve stejné vektorové přímce. Poněvadž se v tomto případě částice pohybují po přímce, mají vektory rychlostí jedinou nenulovou složku v_x . Použijeme-li vztah $p_x = mv_x$, dostáváme**

$$m_1 v_{1i,x} + m_2 v_{2i,x} = m_1 v_{1f,x} + m_2 v_{2f,x}. \quad (9.51)$$

Pokud známe například hmotnosti jednotlivých těles, jejich počáteční rychlosti a jednu z rychlostí po srážce, můžeme pomocí rov. (9.51) určit koncovou rychlost druhé částice.

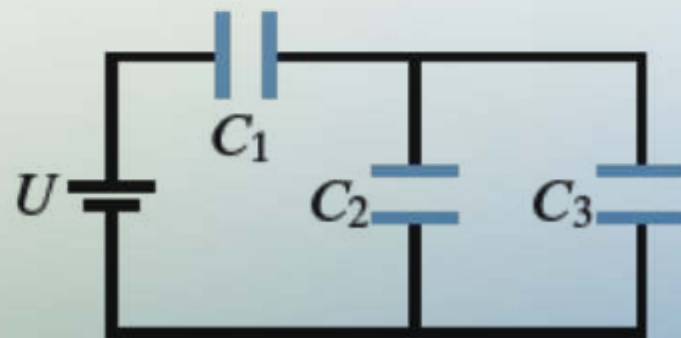
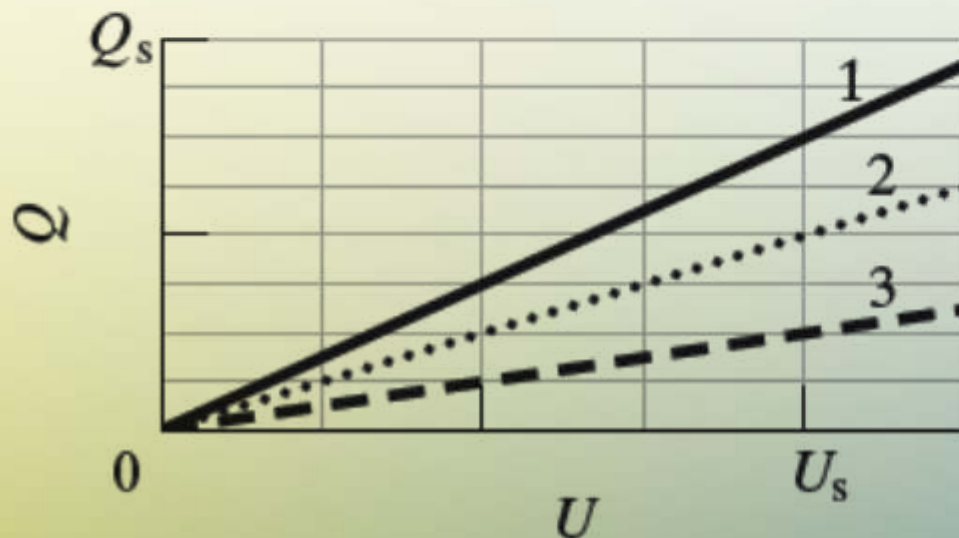


OBR. 9-15 Tělesa 1 a 2 pohybující se podél osy x před nepružnou přímou srážkou a po nepružné přímé srážce.

** Při popisu přímých srážek se často index x neuvádí a v pak značí x -ovou složku rychlosti v_x (která může být kladná i záporná). Z kontextu je potom nutno dobře rozlišit, zda v značí vskutku x -ovou složku vektoru, nebo jeho velikost, která je samozřejmě jen nezáporná. V úvodních kapitolách této učebnice tyto dva případy důsledně rozlišujeme.

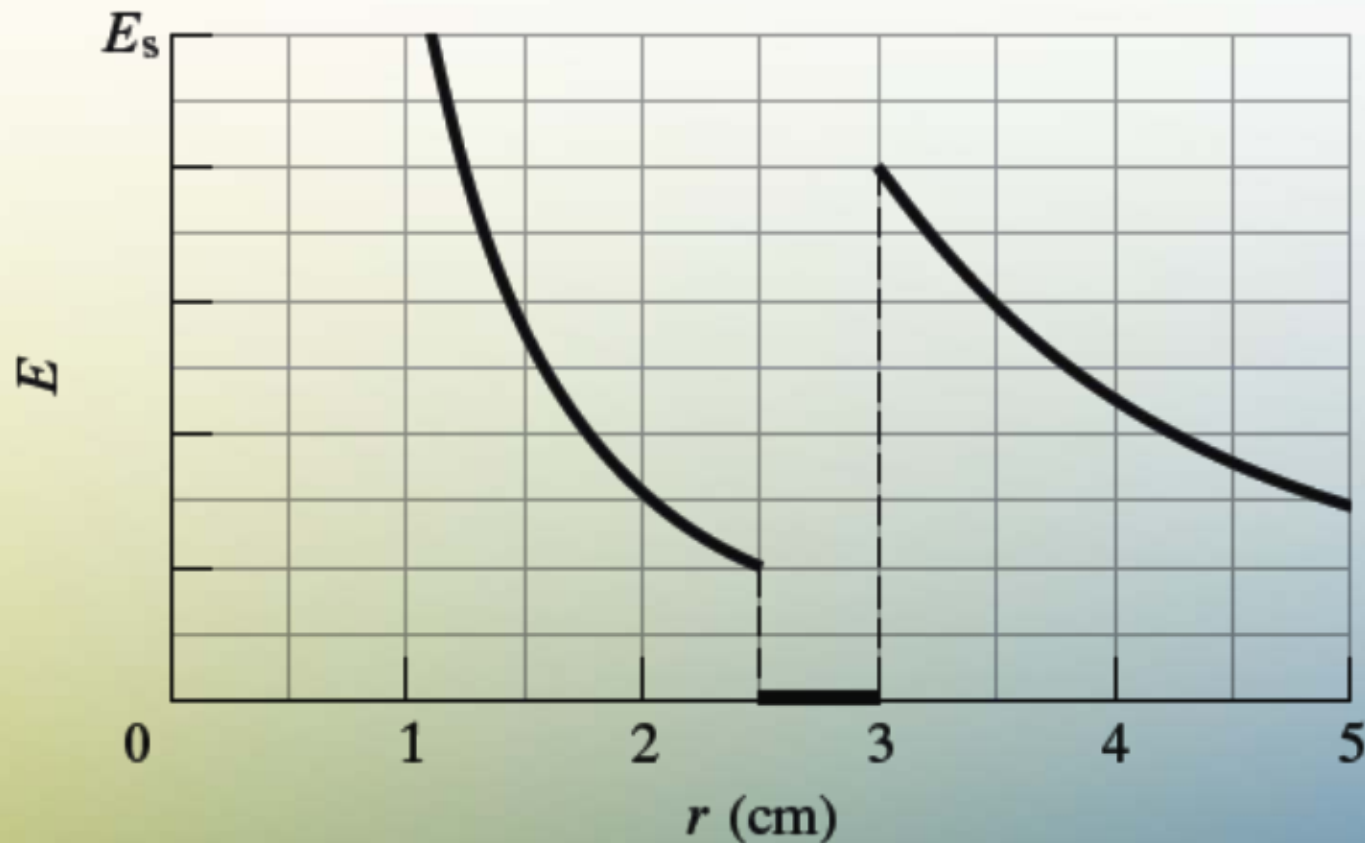
Úlohy s grafy

••18 Křivka 1 v grafu na obr. 25-34a zobrazuje hodnotu náboje Q na elektrodách kondenzátoru C_1 v závislosti na jeho napětí U . Měřitko na svislé ose je zadáno hodnotou $Q_s = 16,0 \mu\text{C}$ a na vodorovné ose hodnotou $U_s = 2,0 \text{ V}$. Křivky 2 a 3 zobrazují podobné závislosti pro kondenzátory C_2 a C_3 . Na obr. 25-34b jsou tyto kondenzátory připojeny k baterii s napětím $6,0 \text{ V}$. Jaký je v tomto zapojení náboj na elektrodách kondenzátoru C_2 ?



Úlohy s grafy

••52 Nabitá částice se nachází ve středu kulové vrstvy. Na obr.23-53 je zobrazena velikost E elektrické intenzity v závislosti na vzdálenosti r od částice. Měřítka svislé osy je $E_s = 10,0 \cdot 10^7 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$. Jaký je přibližně celkový náboj kulové vrstvy?



Klasická a moderní fyzika

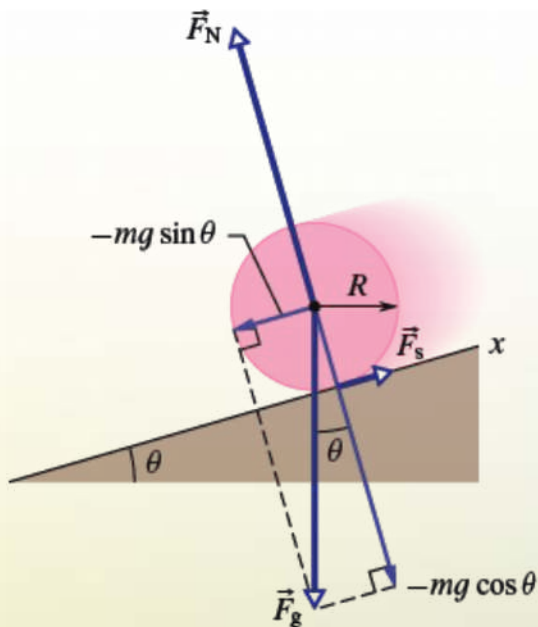
- V předchozím vydání byly některé poznatky z relativity a kvantové fyziky (např. téma hmotnost a energie, kvantování momentu hybnosti) vyloženy v článcích věnovaných již klasické fyzice. **V novém vydání je výklad upraven a přenesen do části moderní fyzika.** Základní ideje moderní fyziky se ale stále vinou celým textem.
- **Bohrův model** atomu vodíku

39-9 | Schrödingerova rovnice a atom vodíku

Potenciálová jáma pro atom vodíku je určena elektrickou potenciální energií

$$E_p(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(e)(-e)}{r} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r}. \quad (39.38)$$

Zajímavé details...



OBR. 11-8 Homogenní válec o poloměru R se valí dolů po nakloněné rovině. Země na něj působí gravitační silou $\vec{F}_g$, podložka kolmou tlakovou silou $\vec{F}_N$ a třecí silou $\vec{F}_s$, která míří vzhůru podél nakloněné roviny. (Působíště síly $\vec{F}_N$ jsme pro větší přehlednost přesunuli podél její vektorové přímky do středu tělesa.)

Příklad 11-2

Homogenní koule o hmotnosti $m = 6 \text{ kg}$ a poloměru R se začne z klidu bez prokluzování valit po nakloněné rovině o úhlu sklonu $\theta = 30^\circ$ (obr. 11-8).

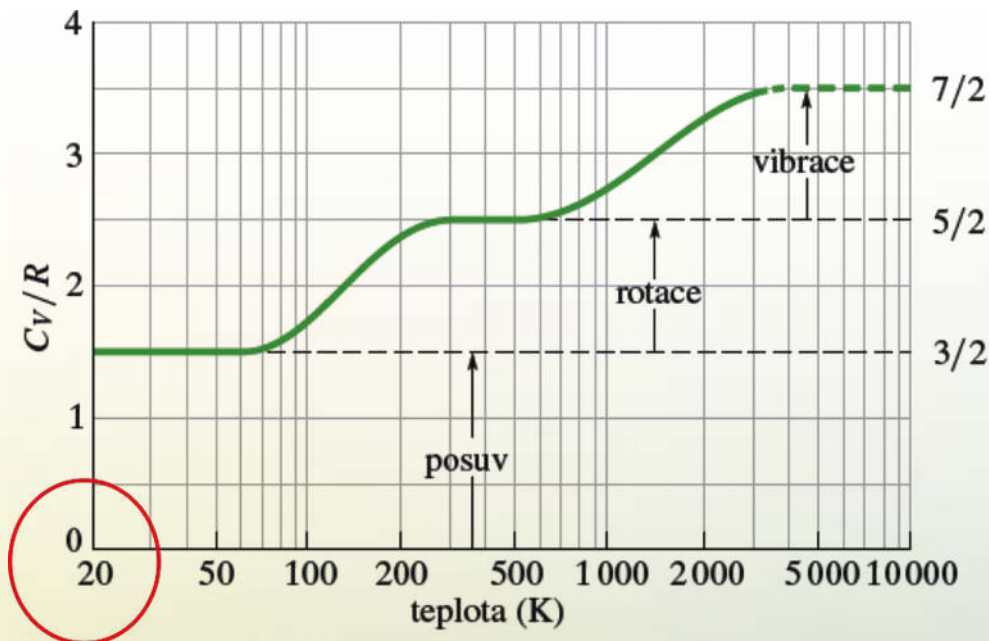
(a) Než koule dosáhne konce nakloněné roviny, klesne při svém pohybu z výšky $h = 1,20 \text{ m}$. Jak velkou rychlostí se pohybuje na konci nakloněné roviny?

ROZVAHA

Během pohybu koule se mechanická energie soustavy koule + Země zachovává. Je to tím, že jedinou silou, která při tomto pohybu koná nenulovou práci, je gravitační síla, kterou na kouli působí Země a o které již víme, že je konzervativní.

Síly ($\vec{F}_N$ a $\vec{F}_s$), jimiž na kouli působí nakloněná rovina, konají nulovou práci, protože se působíště těchto sil nepohybuje. (Třecí síla nepřeměňuje žádnou energii v tepelnou energii, protože koule neprokluzuje.)

Zajímavé detaily...



OBR. 19-14 Závislost C_V/R na teplotě pro (dvouatomový) vodíkový plyn. Protože rotační a vibrační pohyb vyžadují určitou minimální energii, je při nízkých teplotách možný pouze pohyb posuvný. S rostoucí teplotou plynu začínají molekuly nejprve rotovat a při dostatečných teplotách také kmitat. (Všimněte si, že závislost není zakreslena pro teploty nižší než 20 K. Abychom objasnili chování látek při teplotách blízkých absolutní nule, potřebovali bychom hlubší poznatky z kvantové a statistické fyziky.)

Některé základní fyzikální konstanty*

Konstanta	Značka	Přibližná hodnota	Nejpřesnější hodnota přijatá v roce 2010	
			Hodnota ^a	Relativní chyba
rychlost světla ve vakuu	c	$3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	2,997 924 58	přesně
elementární náboj	e	$1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	1,602 176 565 (35)	$2,2 \cdot 10^{-8}$
gravitační konstanta ^b	G	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$	6,673 84 (80)	$1,2 \cdot 10^{-4}$
molární plynová konstanta	R	$8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	8,314 462 1 (75)	$9,1 \cdot 10^{-7}$

Zde m_1 , m_2 značí hmotnosti částic, r vzdálenost mezi nimi a G je **gravitační konstanta**, jejíž hodnota (přijatá v roce 2010) činí*

$$G = 6,673\,84(80) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}. \quad (13.2)$$

hmotnost atomu vodíku ^c	m_{1H}	1,008 7 u	1,008 664 916 00 (43)	$4,2 \cdot 10^{-10}$
hmotnost atomu deuteria ^c	m_{2H}	2,014 1 u	2,014 101 778 12 (12)	$8,9 \cdot 10^{-11}$
hmotnost atomu helia ^c	m_{4He}	4,002 6 u	4,002 603 254 13 (6)	$5,9 \cdot 10^{-11}$
hmotnost mionu	m_μ	$1,88 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$	1,883 531 475 (96)	$1,5 \cdot 10^{-11}$
magnetický moment elektronu	μ_e	$9,28 \cdot 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	9,284 764 30 (21)	$5,1 \cdot 10^{-8}$

V tomto vztahu h je **Planckova konstanta**, se kterou jsme se poprvé setkali v rov. (32.43) a která má hodnotu (přijatou v roce 2010)

$$h = 6,626\,069\,57(29) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,135\,667\,516(91) \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s} \quad (38.3)$$

<http://physics.nist.gov/cuu/pdf/RevModPhysCODATA2010.pdf>

* Hodnoty v této tabulce byly vybrány z *CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants 2010* (viz také www.physics.nist.gov).
Hodnoty fyzikálních konstant jsou aktualizovány každé čtyři roky.

Základní jednotky SI po roce 2018?

Newell, D. B.: A more fundamental International System of Units.
Physics Today, 2014, roč. **67**, č. 7, s. 35–41. DOI:10.1063/PT.3.2448
... the 26th CGPM (General Conference on Weights and Measures) is
expected to adopt the new SI in **2018**

A more fundamental
International
System of Units

David B. Newell

David Newell is a physicist at the National Institute of Standards and Technology in Gaithersburg, Maryland, and chair of the CODATA Task Group on Fundamental Constants.



Figure 1. Evolution of the SI. A brief timeline of the history of the International System of Units since John Wilkins's 1668 essay is scaled to a meter bar. The photograph shows a marble meter standard in Paris, dating from the 18th century. (Photo courtesy of LPLT/Wikimedia Commons.)

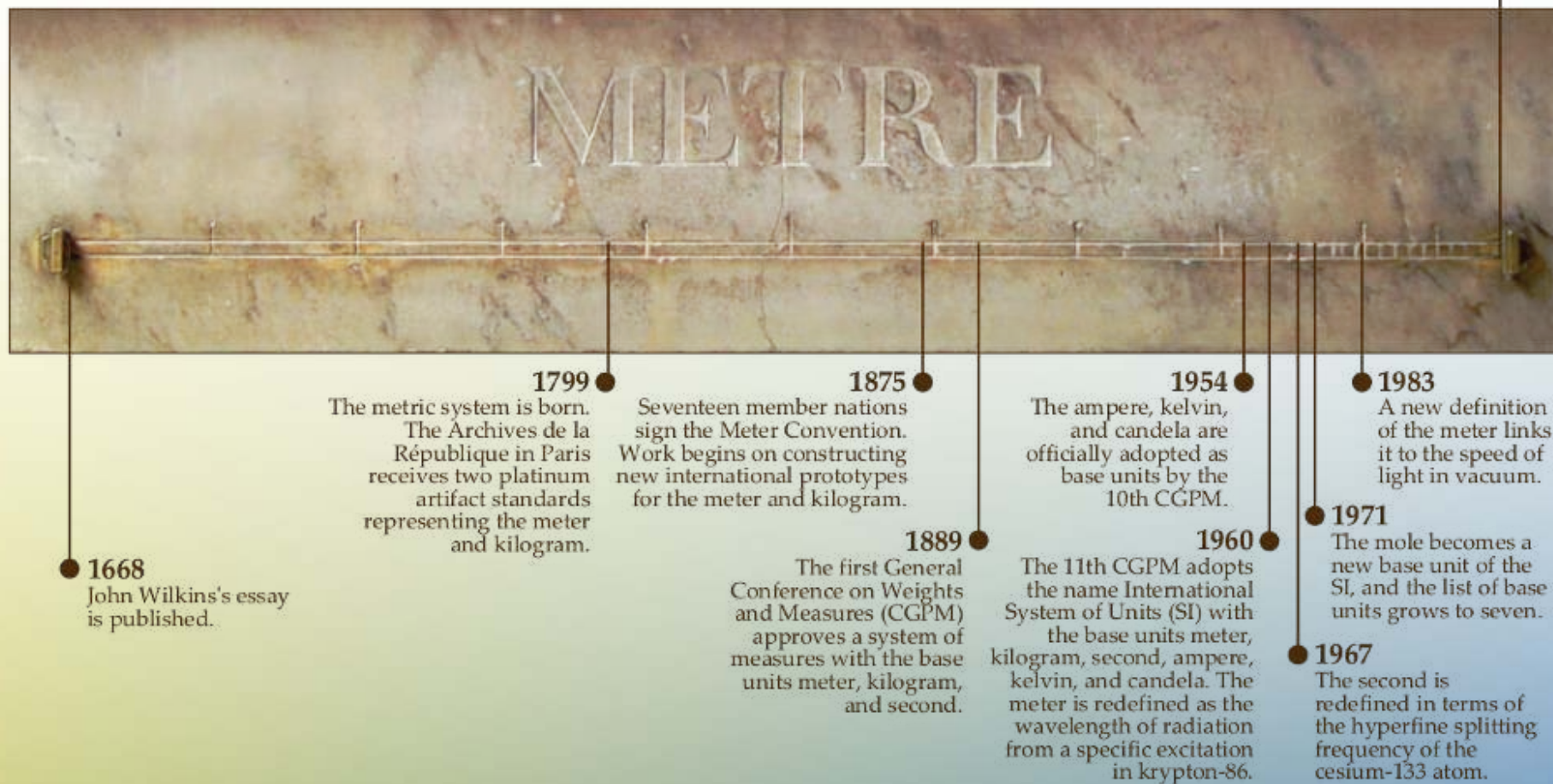


Table 2. New SI base quantities, defining constants, and definitions

Base quantity	Defining constant	Definition
Frequency	$\Delta\nu(^{133}\text{Cs})_{\text{hfs}}$	The unperturbed ground-state hyperfine splitting frequency of the cesium-133 atom $\Delta\nu(^{133}\text{Cs})_{\text{hfs}}$ is exactly 9 192 631 770 hertz.
Velocity	c	The speed of light in vacuum c is exactly 299 792 458 meter per second.
Action	h	The Planck constant h is exactly $6.626\text{X} \times 10^{-34}$ joule second.
Electric charge	e	The elementary charge e is exactly $1.602\text{X} \times 10^{-19}$ coulomb.
Heat capacity	k	The Boltzmann constant k is exactly $1.380\text{X} \times 10^{-23}$ joule per kelvin.
Amount of substance	N_{A}	The Avogadro constant N_{A} is exactly $6.022\text{X} \times 10^{23}$ reciprocal mole.
Luminous intensity	K_{cd}	The luminous efficacy K_{cd} of monochromatic radiation of frequency 540×10^{12} hertz is exactly 683 lumen per watt.

The symbol X in the numerical values indicates additional digits to be set upon redefinition of the SI. The term “defining constant” is used in the broader sense to include invariants of nature such as the hyperfine splitting frequency of the cesium-133 atom and the luminous efficacy.

Relative uncertainties, u_r , for some fundamental constants and energy equivalents are given in parts in 10^9 . Present relative uncertainties are based on the 2010 CODATA adjustment of the fundamental constants.¹⁰ Note that u_r of $m(\text{kg})$ in the present SI is 0 only by definition. The new SI relative uncertainties assume fixed values of the Planck constant h , elementary charge e , Boltzmann constant k , and Avogadro constant N_{A} .

Table 3. Changing uncertainties for fundamental constants

Quantity	Symbol	Present SI $u_r \times 10^9$	New SI $u_r \times 10^9$
International prototype of the kilogram	$m(K)$	0	44
Permeability of free space	μ_0	0	0.32
Permittivity of free space	ϵ_0	0	0.32
Triple point of water	T_{TPW}	0	910
Molar mass of carbon-12	$M(^{12}\text{C})$	0	0.70
Planck constant	h	44	0
Elementary charge	e	22	0
Boltzmann constant	k	910	0
Avogadro constant	N_A	44	0
Molar gas constant	R	910	0
Faraday constant	F	22	0
Stefan–Boltzmann constant	σ	3600	0
Electron mass	m_e	44	0.64
Atomic mass unit	m_u	44	0.70
Mass of carbon-12	$m(^{12}\text{C})$	44	0.70
Josephson constant	K_J	22	0
von Klitzing constant	R_K	0.32	0
Fine-structure constant	α	0.32	0.32
$E = mc^2$ energy equivalent	$\text{J} \leftrightarrow \text{kg}$	0	0
$E = hc/\lambda$ energy equivalent	$\text{J} \leftrightarrow \text{m}^{-1}$	44	0
$E = h\nu$ energy equivalent	$\text{J} \leftrightarrow \text{Hz}$	44	0
$E = kT$ energy equivalent	$\text{J} \leftrightarrow \text{K}$	910	0
1 J = 1 (C/e) eV energy equivalent	$\text{J} \leftrightarrow \text{eV}$	22	0

Table 3. Changing uncertainties for fundamental constants

Quantity	Symbol	Present SI $u_r \times 10^9$	New SI $u_r \times 10^9$
International prototype of the kilogram	$m(K)$	0	44
Permeability of free space	μ_0	0	
Permittivity of free space	ϵ_0	0	
Triple point of water	T_{TPW}	0	
Molar mass of carbon-12	$M(^{12}\text{C})$	0	
Planck constant	h	44	
Elementary charge	e	22	
Boltzmann constant	k	910	
Avogadro constant	N_A	44	
Molar gas constant	R	910	
Faraday constant	F	22	
Stefan–Boltzmann constant	σ	3600	
Electron mass	m_e	44	
Atomic mass unit	m_u	44	
Mass of carbon-12	$m(^{12}\text{C})$	44	
Josephson constant	K_J	22	
von Klitzing constant	R_K	0.32	
Fine-structure constant	α	0.32	
$E = mc^2$ energy equivalent	$\text{J} \leftrightarrow \text{kg}$	0	
$E = hc/\lambda$ energy equivalent	$\text{J} \leftrightarrow \text{m}^{-1}$	44	
$E = h\nu$ energy equivalent	$\text{J} \leftrightarrow \text{Hz}$	44	
$E = kT$ energy equivalent	$\text{J} \leftrightarrow \text{K}$	910	
1 J = 1 (C/e) eV energy equivalent	$\text{J} \leftrightarrow \text{eV}$	22	0

For the vast majority of the general public, the appropriate message is that when the relevant metrological organizations and committees successfully complete the redefinition, it will have no immediate noticeable effect. Bathroom and grocery scales will continue to function as before; indeed, the 1799 platinum artifact standards deposited in the Archives de la République in Paris will still be more than sufficient for most everyday weights and measures.

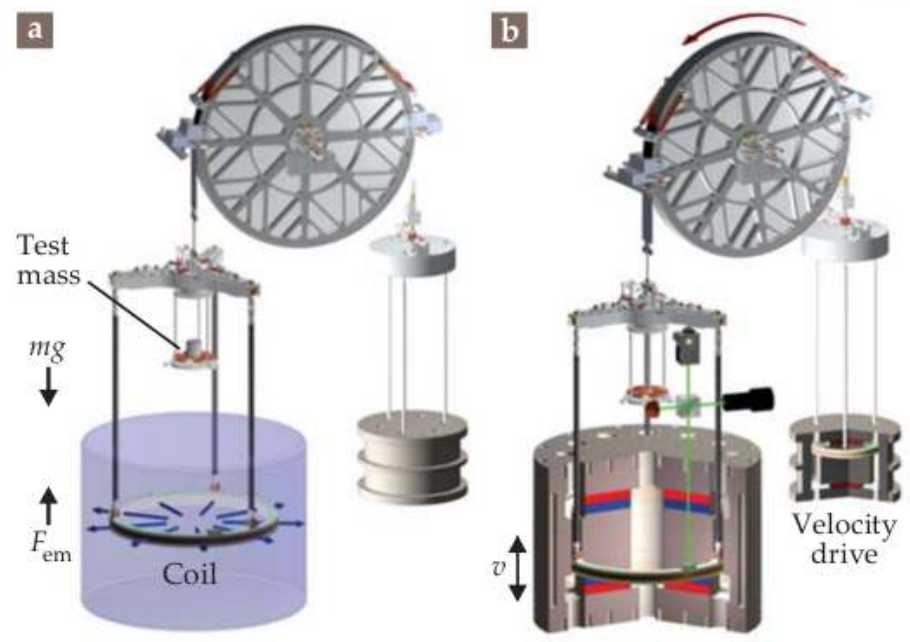
For teachers and others who are familiar and comfortable with the present SI and its definitions of base units, the transition may be more difficult. Physics education often starts by exploring the readily available, observable phenomena of classical mechanics followed by the introduction of classical electromagnetism before moving on to quantum mechanics and special and general relativity. With the advent of the new SI, instructors in basic classes may have to explain how a familiar quantity such as mass is directly related to the Planck constant, a subject not typically taught in introductory-level courses. One explanation is to introduce the concept of measuring mechanical power with respect to electrical power using a watt balance.¹⁶ The box on page 38 gives an example of how such an explanation might go.

The kilogram and the watt balance

By definition, the kilogram is the mass of the international prototype of the kilogram (IPK), making mass the last remaining base quantity of the SI that still depends on a physical artifact. The new SI will finally change that, but linking the kilogram to the defining constants in table 2 is not trivial. Based on several decades of experience measuring the Planck constant h via a watt balance,¹⁷ NIST is constructing a fourth-generation watt balance, NIST-4, for the future dissemination of mass standards and a smooth transition to the new SI. The figure shows schematic drawings of the NIST-4 watt balance and its two operational modes. A unique feature of the device is the use of a wheel instead of a traditional beam balance.

In the first mode (panel a), a circular coil of length ℓ carrying current I in a radial magnetic field B (represented by blue arrows in panel a) experiences an electromagnetic force $F_{\text{em}} = IB\ell$ that exactly balances the weight of a test mass, mg . The current I is determined by measuring the voltage V_1 it generates across a standard resistor R (not shown) that has been calibrated by a quantum resistance standard. The voltage is measured with respect to a quantum voltage standard built into the watt balance. (Figure 2 gives a description of quantum electrical standards in use at NIST.) The absolute value of gravity at the test mass position is determined by using a combination of absolute and relative gravimeters and modeling.¹⁸ The only unknown at this point is the electromagnetic $B\ell$ factor.

In the second mode (panel b), we measure the electromagnetic $B\ell$ factor by moving the coil vertically at velocity v in the same magnetic field B . That movement generates an electromotive force $V_2 = vB\ell$. A velocity drive on the counterweight side of the balance controls the coil velocity with feedback from three interferometers that monitor the coil motion. Panel b shows one of the three interferometers using green light. As in the first mode, the induced voltage V_2 is measured with respect to a quantum voltage standard.



Combining the results of both modes gives

$$m = IB\ell/g = V_1 V_2 / Rgv.$$

Since the electrical measurements have direct links to quantum standards, we can express them in terms of the Josephson constant $K_J = 2e/h$ and the von Klitzing constant $R_K = h/e^2$ by substituting $V_1 = f/K_J$ and $R_H = R_K/i$ into the expressions for voltage and resistance, respectively. Thus a watt balance realizes the kilogram from h through the relation

$$m = h \left(\frac{in_1 n_2}{4} \right) \frac{f_1 f_2}{gv}.$$

The integer i stems from quantization in the quantum resistance standard, n_1 and n_2 are the number of Josephson junctions that are switched on in the quantum voltage standard, and f_1 and f_2 are microwave frequencies used to excite the quantum voltage standard. When completed, the NIST-4 watt balance will be able to measure mass at the 1-kg level with an absolute uncertainty in the 20- μg range.

Na těchto základech můžete stavět

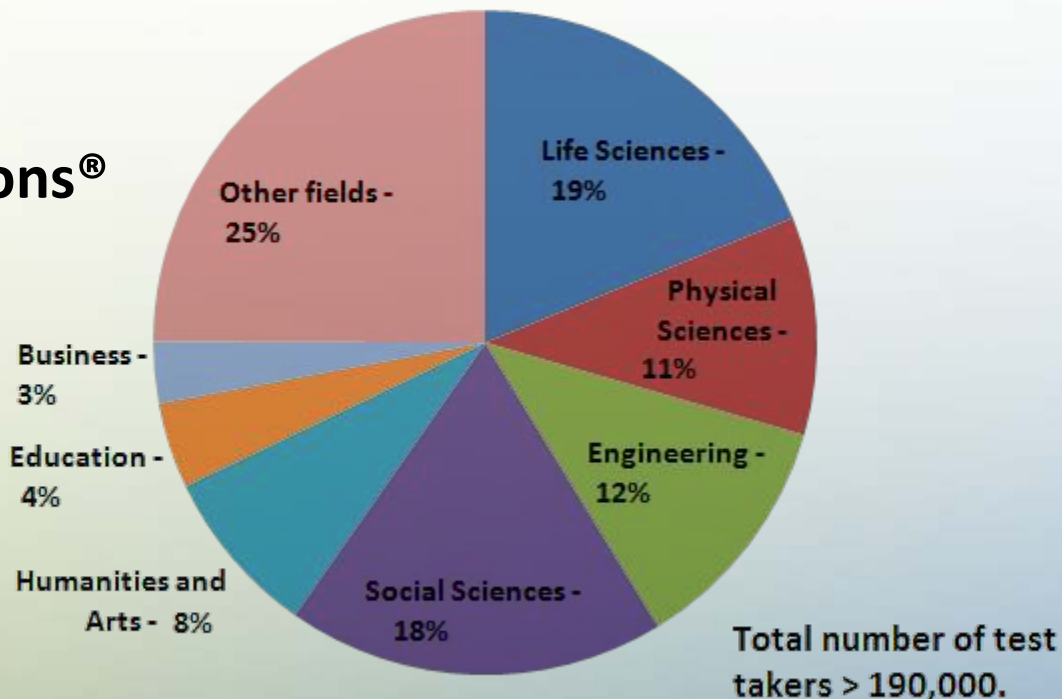


Field-wise distribution of takers of the GRE revised General Test
(from 1 August 2011 to 30 April 2012)

Graduate Record Examinations®

100 otázek, 170 minut

Více než 80% otázek může
zodpovědět ten, kdo dobře
zná HRW



Limited to those who earned their college degrees upto 2 years prior to the test date.

http://www.ets.org/gre/subject/about?WT.ac=grehome_gresubject_130807

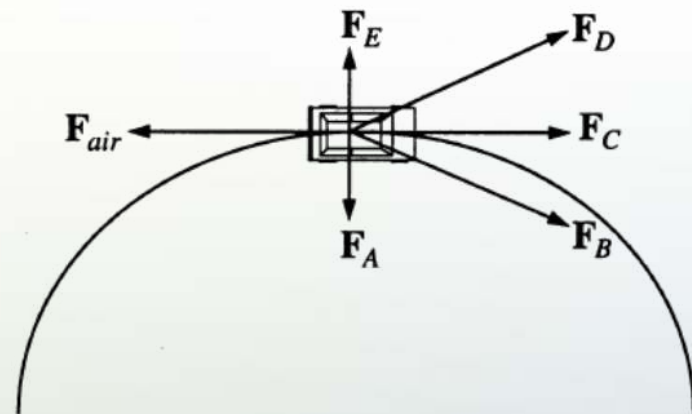
Na těchto základech můžete stavět



5. A car travels with constant speed on a circular road on level ground. In the diagram above, F_{air} is the force of air resistance on the car. Which of the other forces shown best represents the horizontal force of the road on the car's tires?

- (A) F_A
- (B) F_B
- (C) F_C
- (D) F_D
- (E) F_E

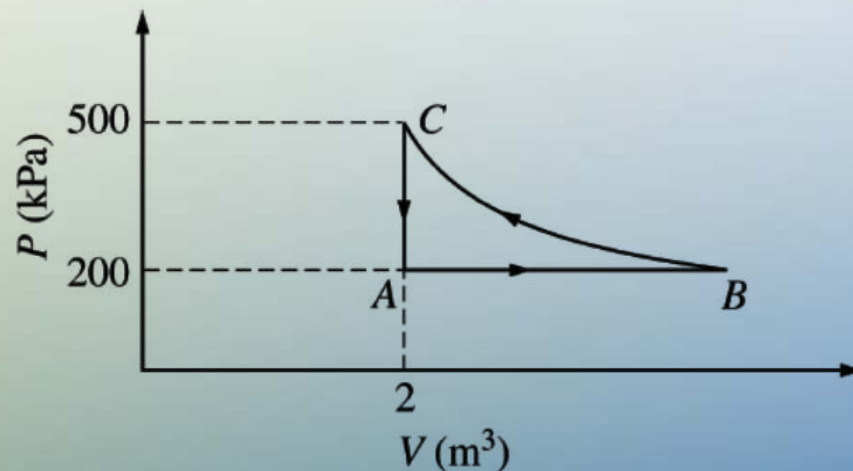
29 %



37. A constant amount of an ideal gas undergoes the cyclic process $ABCA$ in the PV diagram shown above. The path BC is isothermal. The work done by the gas during one complete cycle, beginning and ending at A , is most nearly

- (A) 600 kJ
- (B) 300 kJ
- (C) 0
- (D) -300 kJ
- (E) -600 kJ

36 %



Na těchto základech můžete stavět



45. Let $|n\rangle$ represent the normalized n^{th} energy eigenstate of the one-dimensional harmonic oscillator, $H|n\rangle = \hbar\omega\left(n + \frac{1}{2}\right)|n\rangle$. If $|\psi\rangle$ is a normalized ensemble state that can be expanded as a linear combination $|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{14}}|1\rangle - \frac{2}{\sqrt{14}}|2\rangle + \frac{3}{\sqrt{14}}|3\rangle$ of the eigenstates, what is the expectation value of the energy operator in this ensemble state?

- (A) $\frac{102}{14} \hbar\omega$
- (B) $\frac{43}{14} \hbar\omega$
- (C) $\frac{23}{14} \hbar\omega$
- (D) $\frac{17}{\sqrt{14}} \hbar\omega$
- (E) $\frac{7}{\sqrt{14}} \hbar\omega$

50 %

74. The Lagrangian for a mechanical system is

$$L = a\dot{q}^2 + bq^4,$$

where q is a generalized coordinate and a and b are constants. The equation of motion for this system is

- (A) $\dot{q} = \sqrt{\frac{b}{a}} q^2$
- (B) $\dot{q} = \frac{2b}{a} q^3$
- (C) $\ddot{q} = -\frac{2b}{a} q^3$
- (D) $\ddot{q} = +\frac{2b}{a} q^3$
- (E) $\ddot{q} = \frac{b}{a} q^3$

50 %

Veletrh nápadů učitelů fyziky 19

29. 8. – 31. 8. 2014 v Chebu

- **Pořadatelé:** Fakulta pedagogická Západočeské univerzity Oddělení fyziky společně s Gymnáziem Cheb, Přírodovědeckou fakultou Univerzity Hradec Králové a Fyzikální pedagogickou společností JČMF
- 127 registrovaných účastníků



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Aktivita podpořena z projektu PVBV - Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

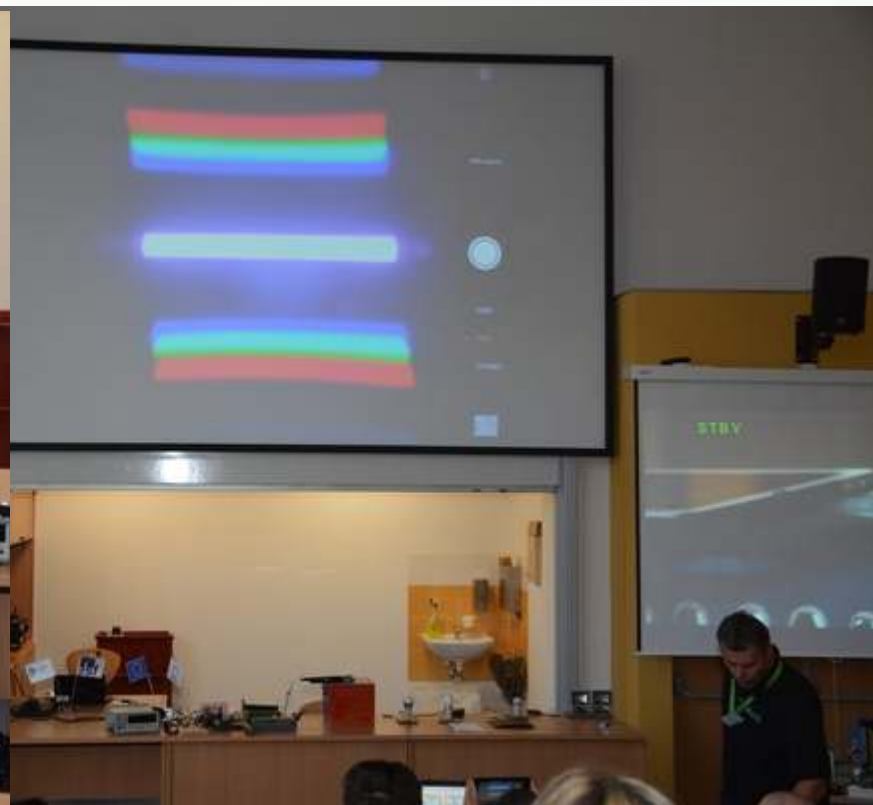
Veletrh nápadů *učitelů fyziky* 19



Veletrh nápadů *učitelů fyziky* 19



Veletrh nápadů *učitelů fyziky* 19



Veletrh nápadů *učitelů fyziky* 19



Veletrh nápadů *učitelů fyziky* 19



Veletřb nápadů *učitelů fyziky* 19



JoyAR project final confence

14. 7. – 15. 7. 2014 v Olomouci



JoyAR project final conference

14. 7. – 15. 7. 2014 v Olomouci



Letní tábory pevnosti poznání



Letní tábory pevnosti poznání



Letní tábory pevnosti poznání



Letní tábory pevnosti poznání



Letní tábory pevnosti poznání



Letní tábory pevnosti poznání



