David Kordek

Fyzika je všude kolem nás

Rozhledy matematicko-fyzikální, Vol. 84 (2009), No. 4, 13–18

Persistent URL: `http://dml.cz/dmlcz/146325`

Fyzika je všude kolem nás

David Kordek, UHK, Hradec Králové

Abstract. Any process occurring in nature can be described by physical laws. We do not have to describe only the motion of a mass point or of a block on an inclined plane, and the like. The problems can include, provided certain simplification, descriptions of quite real situations that students encounter in their everyday life.

Někteří učitelé ve škole při hodinách tvrdí, že fyzikální zákony popisují život kolem nás, a proto jsou důležité pro všeobecné vzdělání. Určitě mají pravdu. Podívejme se na několik problémů, které bychom jen obtížně vyřešili bez fyzikálního poznání.

Příklad 1. Tenisté při podání „odpalují" míček dosti značnou rychlostí. Tenista podává ze základní čáry, míček skončí v autu těsně za čarou pro podání. Tenista míček odpálí ve výšce 2,70 m nad povrchem kurtu. Určete velikost počáteční rychlosti míčku. Míček byl odpálen ve vodorovném směru a pružnost výpletu neuvažujeme. Rozměry tenisového dvorce naleznete na [3].

Řešení: Označení veličin: d je vzdálenost, do které dopadne míček, tj. 18,29 m (viz [3]), h je výška, ze které je odpálen, a v_0 je počáteční rychlost míčku.

Kdybychom chtěli řešit tento problém na základě vztahu $v_0 = \frac{d}{t}$, museli bychom pokusně určit dobu letu t, ale to by se nám přesně nepovedlo (museli bychom např. použít stopky, obtížně se však odhaduje okamžik zahájení pohybu i jeho ukončení). K řešení tedy použijeme úvahu, že míček se pohybuje ve vakuu tak dlouho, dokud nedopadne na zem. Pro souřadnici y platí

$$y = h - \frac{1}{2}\,gt^2.$$

Na zemi bude $y = 0$, tedy

$$0 = h - \frac{1}{2}gt^2.$$

Doba t, za kterou dopadne míček na kurt, je

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Maximální vzdálenost, do níž míček doletí, pak bude

$$d = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Velikost počáteční rychlosti tedy určíme ze vzorce

$$v_0 = \frac{d}{\sqrt{\frac{2h}{g}}}$$

a číselně bude velikost počáteční rychlosti

$$v_0 = \frac{18{,}29}{\sqrt{\frac{5{,}4}{9{,}81}}}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}} \doteq 24{,}7\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}.$$

Příklad 2. V roce 1983 italská horolezecká expedice při pokusu zdolat druhou nejvyšší horu světa K2 založila základní tábor ve výšce 3 850 m n.m. Expedice se zúčastnil i nejúspěšnější československý horolezec Jozef Rakoncaj. Na vrchol ve výšce 8 612 m n.m. se dostali jen Agostino da Polenza a právě i Jozef Rakoncaj. Jak se změnil atmosférický tlak vzduchu na vrcholu vůči základnímu táboru, když víme, že normální atmosférický tlak ve výšce 0 m n.m. je $1{,}013\,25 \cdot 10^5$ Pa a střední hustota vzduchu ϱ_0 je $1{,}21\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$?

Řešení: Označení veličin: ϱ_0 je střední hustota vzduchu, p_0 je normální atmosférický tlak, g je tíhové zrychlení a h je nadmořská výška.

Pro jednoduchost budeme v příkladu předpokládat, že vzduch je ideální plyn. Pro závislost tlaku na nadmořské výšce h se dá odvodit barometrická rovnice

$$p = p_0 e^{-\frac{\varrho_0 g h}{p_0}}.$$

Pak podle této rovnice píšeme pro tlak v základním táboře

$$p_{3\,850} = 1{,}013\,25 \cdot 10^5 \cdot e^{-\frac{1{,}21 \cdot 9{,}81 \cdot 3\,850}{1{,}013\,25 \cdot 10^5}}\ \mathrm{Pa} \doteq 64\,541\ \mathrm{Pa}.$$

Podle stejné rovnice vypočteme tlak na vrcholu

$$p_{8\,612} = 1{,}013\ 25 \cdot 10^5 \cdot e^{-\frac{1{,}21 \cdot 9{,}81 \cdot 8\ 612}{1{,}013\ 25 \cdot 10^5}}\ \mathrm{Pa} \doteq 36\ 946\ \mathrm{Pa}.$$

Pro poměr tlaků na vrcholu K2 a v základním táboře je

$$\frac{p_{8\,612}}{p_{3\,850}} \doteq 0{,}572.$$

Nebo poměr tlaků na vrcholu K2 a v základním táboře vyjádříme obecně

$$\frac{p_{8\,612}}{p_{3\,850}} = \frac{p_0 e^{-\frac{\varrho_0 g h_{8\,612}}{p_0}}}{p_0 e^{-\frac{\varrho_0 g h_{3\,850}}{p_0}}} = e^{-\frac{\varrho_0 g}{p_0}(h_{8\,612} - h_{3\,850})};$$

číselně je tato hodnota rovna

$$e^{-\frac{1{,}21 \cdot 9{,}81}{1{,}013\ 25 \cdot 10^5}(8\,612 - 3\,850)} \doteq e^{-0{,}557\ 83} \doteq 0{,}572.$$

Příklad 3. Nejúspěšnější oštěpař historie, Jan Železný, drží světový rekord v hodu oštěpem. V německém městě Jena hodil oštěp do vzdálenosti 98,48 m. Jakou minimální délku by musela mít sportovní hala na Měsíci, aby mohl Jan Železný bezpečně hodit oštěp se stejným úsilím? Předpokládejte při řešení dostatečnou výšku haly a znalost hmotnosti Měsíce a jeho poloměru (vyhledejte na internetu). Jaké další problémy by asi vznikly?

Řešení: Označení veličin: d_{M} je délka hodu na Měsíci, d_{Z} je délka hodu na Zemi, α je úhel odhodu oštěpu, v_0 je počáteční rychlost hodu, a_{M} je gravitační zrychlení na Měsíci, R_{M} je poloměr Měsíce a m_{M} je hmotnost Měsíce.

Při řešení budeme předpokládat, že se jedná o vrh šikmý ve vakuu v obou případech. Hodnota rekordu je v podstatě maximální délka šikmého vrhu d, pro niž platí

$$d = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha.$$

Předpokládáme, že parametry v_0 a α jsou na Zemi a na Měsíci stejné. Potřebné údaje pro Měsíc naleznete na [4]. Platí tedy

$$\frac{d_{\mathrm{Z}}}{d_{\mathrm{M}}} = \frac{\frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha}{\frac{v_0^2}{a_{\mathrm{M}}} \sin 2\alpha} = \frac{a_{\mathrm{M}}}{g},$$

kde uvažujme $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$ a zrychlení na Měsíci

$$a_\mathrm{M} = \kappa \frac{m_\mathrm{M}}{R_\mathrm{M}^2}.$$

Po dosazení dostaneme

$$\frac{d_\mathrm{Z}}{d_\mathrm{M}} = \frac{\kappa \frac{m_\mathrm{M}}{R_\mathrm{M}^2}}{g} = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{7{,}347 \cdot 10^{22}}{(1\ 738{,}1 \cdot 10^3)^2}\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}}{9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}} \doteq \frac{1{,}622}{9{,}81} \doteq 0{,}165\ 3.$$

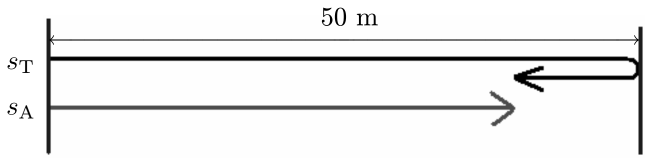
Odsud je

$$d_\mathrm{M} \doteq \frac{98{,}48\ \mathrm{m}}{0{,}165\ 3} \doteq 595{,}76\ \mathrm{m} \doteq 596\ \mathrm{m}.$$

Příklad 4. Na olympijských hrách v Sydney v roce 2000, při závodě v plavání na 400 m volný způsob, zvítězil australský plavec Ian Thorpe. Dosáhl času 3 min. 40 s. Tehdy poslední africký závodník dosáhl času 4 min. 40 s. Kolik musel Ian Thorpe minimálně uplavat metrů do okamžiku, kdy s africkým závodníkem plavali proti sobě (aby se potkali)? Závod se uskutečnil v padesátimetrovém bazénu. Předpokládejte, že se plavci pohybují rovnoměrně přímočaře.

Řešení: Označení veličin: s_A je dráha, kterou uplaval africký závodník do setkáni, s_T je dráha, kterou uplaval Thorpe do setkání (výsledná dráha), s_C je délka dráhy závodu, t_CA je celková doba závodu pro afrického závodníka, t_CT je celková doba závodu pro Thorpa a $t_\mathrm{T} = t_\mathrm{A}$ je čas setkání obou plavců.

Při řešení budeme vycházet z obr. 1 a z úvahy, že při situaci popsané v zadání se oba plavci potkají v opačném směru.



Obr. 1

První podmínka, která musí být splněna, je

$$s_\mathrm{T} + s_\mathrm{A} = 100\ \mathrm{m}. \qquad (*)$$

Rychlosti obou závodníků vypočteme následujícím způsobem:

$$v_\mathrm{T} = \frac{s_\mathrm{C}}{t_\mathrm{CT}} = \frac{400}{220}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}} \doteq 1{,}818\,1\ \mathrm{m\cdot s^{-1}} \doteq 1{,}82\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

$$v_\mathrm{A} = \frac{s_\mathrm{C}}{t_\mathrm{CA}} = \frac{400}{280}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}} \doteq 1{,}428\,57\ \mathrm{m\cdot s^{-1}} \doteq 1{,}43\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

Podmínka, která platí při setkání obou závodníků v situaci popsané na obrázku, je $t_\mathrm{T} = t_\mathrm{A}$, takže

$$\frac{s_\mathrm{T}}{v_\mathrm{T}} = \frac{s_\mathrm{A}}{v_\mathrm{A}},$$

$$s_\mathrm{A} = s_\mathrm{T}\,\frac{v_\mathrm{A}}{v_\mathrm{T}},$$

odkud dosadíme do podmínky $(*)$ a dostaneme

$$s_\mathrm{T} = 100\ \mathrm{m} - s_\mathrm{T}\,\frac{v_\mathrm{A}}{v_\mathrm{T}},$$

$$s_\mathrm{T}\cdot\left(1+\frac{v_\mathrm{A}}{v_\mathrm{T}}\right) = 100\ \mathrm{m},$$

a tedy

$$s_\mathrm{T} \doteq \frac{100}{1+\frac{1{,}428\,57}{1{,}818\,1}}\ \mathrm{m} \doteq 56{,}0\ \mathrm{m}.$$

Příklad 5. Chlapec dostal za úkol zjistit, jak vysoko nad zemí je vyhlídkový ochoz Bílé věže v Hradci Králové. K dispozici dostal pouze velmi přesný barometr. Také měl fotografii, na které je vyfotografován on sám před Bílou věží. Poraďte chlapci, jak zjistit výšku vyhlídkového ochozu Bílé věže. Nešlo by využít barometru a fotografie? Předpokládejte, že fotografie byla pořízena z dostatečně velké vzdálenosti, abychom vyloučili zkreslení dané polohou úběžného bodu v místě fotoaparátu.

Řešení: Označení veličin: p_v je atmosférický tlak na ochozu, p_0 je atmosférický tlak na spodku věže a h_v je výška ochozu nad zemí.

První metoda: Chlapec zjistí na základě toho, co mu ukáže barometr, jaký je tlak na spodku věže, tj. u vchodu, a jaký je tlak nahoře na ochozu.

Pak na základě barometrické rovnice určí h_{v} takto:

$$p_{\mathrm{v}} = p_0 e^{-\frac{\varrho_0 g h_{\mathrm{v}}}{p_0}}$$

$$\frac{p_{\mathrm{v}}}{p_0} = e^{-\frac{\varrho_0 g h_{\mathrm{v}}}{p_0}}$$

$$\ln \frac{p_{\mathrm{v}}}{p_0} = -\frac{\varrho_0 g h_{\mathrm{v}}}{p_0}$$

$$h_{\mathrm{v}} = \frac{p_0 \ln \frac{p_{\mathrm{v}}}{p_0}}{-\varrho_0 g}$$

Druhá metoda: Chlapec má fotografii Bílé věže, pod níž je vyfotografován on. Tak se zamyslí a uvědomí si, že svou skutečnou výšku zná a může změřit či alespoň odhadnout svou výšku na fotografii. Skutečná výška chlapce bude h_{s} a výška chlapce na fotografii bude h_{f}. Stejně jako svou výšku na fotografii je chlapec schopen odhadnout nebo změřit výšku ochozu věže na fotografii; tu označíme v_{f}. Skutečnou výšku ochozu Bílé věže označíme x. Pak platí:

$$\begin{array}{ccc} h_{\mathrm{f}} & \ldots\ldots & h_{\mathrm{s}} \\ v_{\mathrm{f}} & \ldots\ldots & x \end{array}$$

$$x : h_{\mathrm{s}} = v_{\mathrm{f}} : h_{\mathrm{f}}$$

$$x = \frac{h_{\mathrm{s}}}{h_{\mathrm{f}}} v_{\mathrm{f}}$$

Obě metody by měly vést k podobným výsledkům, tedy $h_{\mathrm{v}} \approx x$. Přesnost výsledku pochopitelně závisí na přesnosti odhadu rozměrů na fotografii a na přesnosti barometru. Pro kontrolu je možno najít skutečnou výšku např. na [5].

Literatura

[1] Volf, I.: *Fyzika je všude kolem nás.* MAFY, Hradec Králové, 2001.
[2] Volf, I.: *Jak řešit fyzikální úlohy.* MAFY, Hradec Králové, 1995.
[3] `http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Tennis_court_metric.svg`
[4] `http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/457994-mesic-mesic`
[5] `www.virtualtravel.cz/hradec-kralove/bila-vez-augustin.html`