

ZÁKONY ZACHOVÁNÍ HYBNOSTI A ENERGIE PŘI SRÁŽKÁCH TĚLES

(zásobník úloh a námětů do výuky)

Zásobník slouží jako zdroj příkladů a námětů pro učitele, tudíž zde nejsou metodicky rozpracované hodiny. Vyučující zde ale naleznou nápady, které mohou zakomponovat do výuky.

Zásobník je rozdělen na následující části:

- Zásobník úloh – základní úroveň
- Zásobník úloh – pokročilá úroveň
- Náměty do výuky



Zásobník úloh – základní úroveň

1. Nečekaná srážka

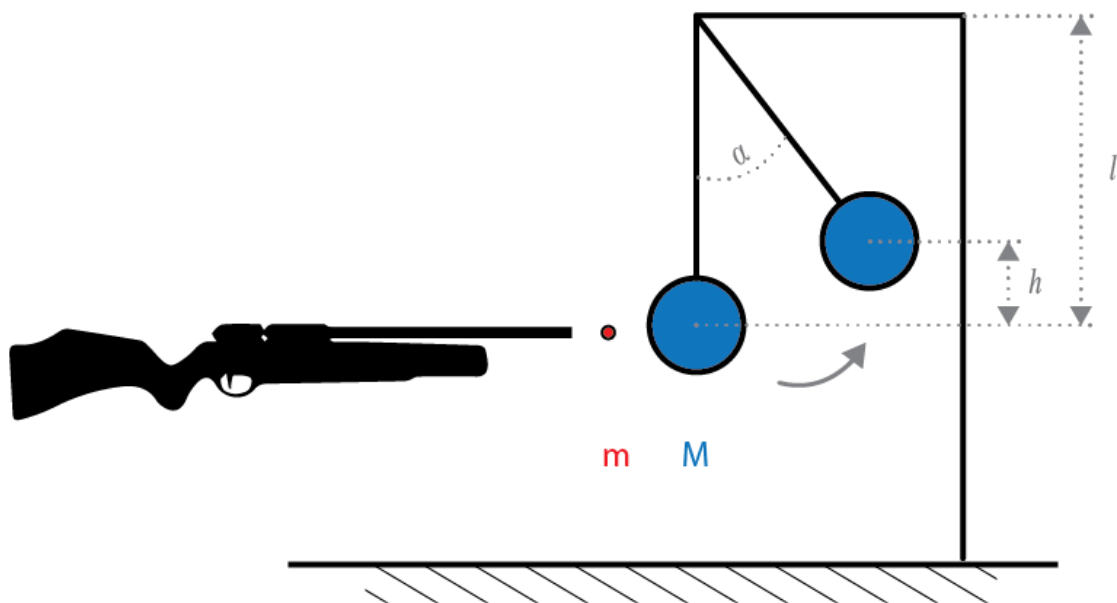
Nečekanou situací je srážka s nepozorným člověkem. Představte si, že stojíte na chodníku a zezadu do vás neočekávaně narazí nepozorný pospíchající jedinec Hugo. Vaše hmotnost je 70 kg, Hugova 80 kg. Vy jste před srážkou v klidu, on se pohybuje rychlostí 6 km.h⁻¹. Předpokládejme, že se jedná o dokonale nepružnou srážku.

- Jaký směr má vaše rychlost po srážce?
- Jakou velikost má vaše rychlost po srážce?
- Jak velké budou ztráty mechanické energie při srážce (v %)?

Odpovědi: a) ve směru rychlosti Huga b) 3,2 km.h⁻¹ c) 47%

2. Měření rychlosti střely

Při cvičeních z fyziky byla měřena rychlost střely cvičné vzduchové pušky. Rychlost byla měřena pomocí balistického kyvadla. Kyvadlo tvoří kulička o hmotnosti M na nehmotném závěsu délky l . Do kuličky se vystřelí ze zbraně a diabolka o hmotnosti m v kuličce uvízne. V důsledku toho se kyvadlo vychýlí (viz obrázek).



Experiment proběhl s následujícími naměřenými hodnotami:

$$M = 0,20 \text{ kg}, m = 0,0005 \text{ kg}, l = 1,25 \text{ m}, d = 0,13 \text{ m}$$

- Zjistěte výšku maximálního posunutí h kuličky a střely.
- Vypočtěte potenciální energii soustavy střela- kulička při maximálním vychýlení.
- Zjistěte E_k soustavy kulička-střela po srážce.
- Zjistěte rychlost soustavy kulička-střela po srážce.





- e) Zjistěte rychlost diabolky.
f) Jaká část mechanické energie střely (v %) se přemění na jiné typy (teplo, deformace...)?

Odpovědi:

- a) $h = 0,0067 \text{ m}$ b) $E_p = 0,013 \text{ J}$ c) $E_k = 0,013 \text{ J}$ d) $vs = 0,36 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e) $v = 146 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
f) 64%

3. Najděte chyby v následující úvaze

Studenti dostali nápad na fyzikální experiment, na kterém chtěli demonstrovat vlastnosti nepružných srážek těles. Z dřevěného bloku o hmotnosti 150 g vyrobili vozík, do kterého měli v plánu střelit vzduchovkou, a tím ho rozpohybovat, a na základě změřené rychlosti vozíku určit ústřovou rychlost zbraně.

Uvažovali takto:

Při výstřelu se pohybuje diabolka rychlostí v a má hmotnost m , což je přibližně 10 g. Její kinetická energie tedy bude $E_k = \frac{1}{2}mv^2$. Vozík má hmotnost M ($M = 150 \text{ g}$) a jelikož se nepohybuje, je jeho kinetická energie rovna 0 J. Celková kinetická energie soustavy diabolka-vozik je tedy rovna $E_k(\text{celková}) = \frac{1}{2}mv^2$.

Po zasáhnutí vozíku zůstane diabolka uvnitř dřevěného bloku a vozík se bude pohybovat rychlostí v' . Celková kinetická energie soustavy diabolka-vozik tedy bude:

$$E'_k(\text{celková}) = \frac{1}{2}(M + m)v'^2.$$

Jelikož platí zákon zachování mechanické energie, tak se celková energie před nárazem musí rovnat celkové energii po nárazu.

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(M + m)v'^2$$

$$v = v' \sqrt{\frac{M + m}{m}}$$

Úloha jde simulovat prostřednictvím aplikace.

Odpověď:

V této situaci (dokonale nepružný ráz) platí zákon zachování hybnosti. Před srážkou je celková hybnost soustavy $p(\text{celková}) = mv$.

Po srážce je celková hybnost soustavy $p(\text{celková}) = (M + m)v'$.

Jelikož se celková hybnost soustavy zachovává, platí:

$$mv = (M + m)v'$$

$$v = v' \frac{M + m}{m}$$

Úloha jde simulovat prostřednictvím aplikace.





Jelikož musíme počítat u pohybu vozíku se třením, je velmi diskutabilní, zda by studenti tímto způsobem dopočítali správné hodnoty. Zde by bylo vhodnější použít například balistické kyvadlo.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

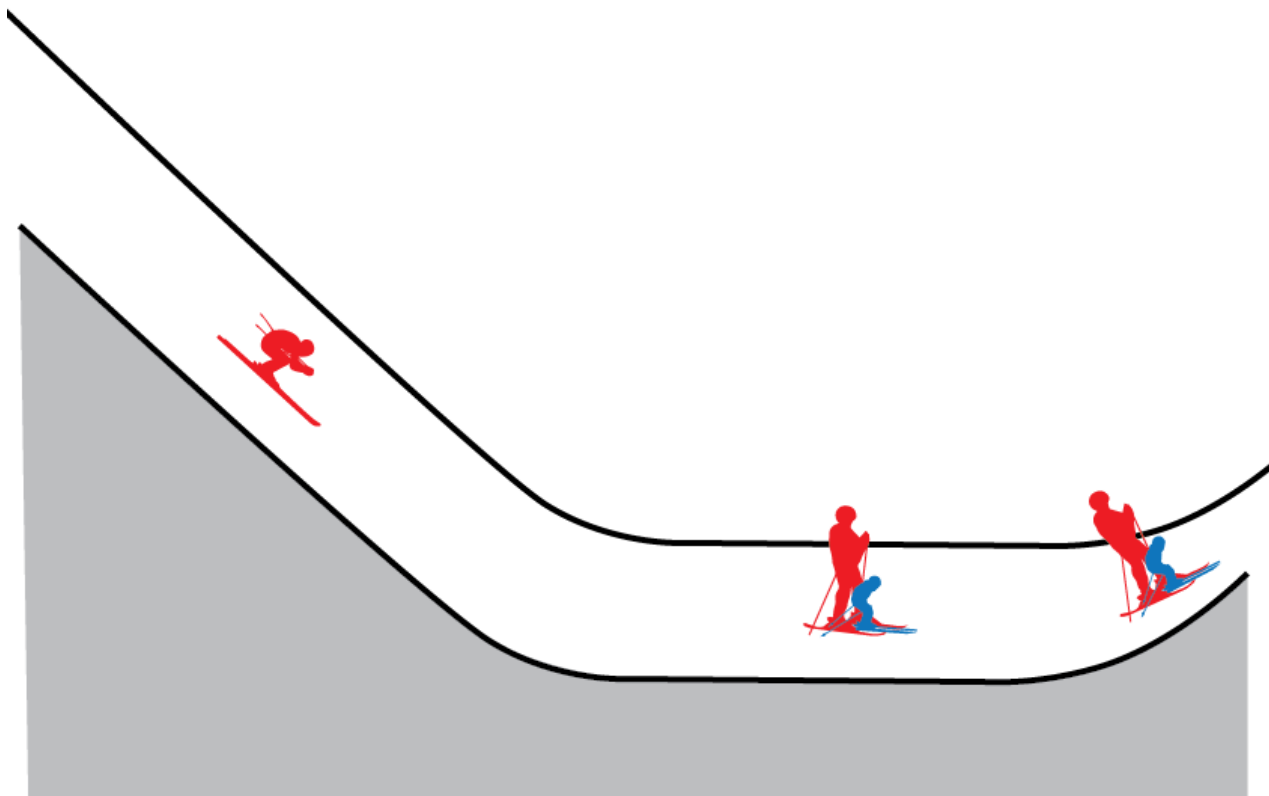
Tento materiál byl vytvořen v rámci
projektu „Hrátky s fyzikou“,
reg. č. CZ.02.3.68/0.0/0.0/18_067/0012381

Zásobník úloh – pokročilá úroveň

1. Nepozorný lyžař

Nepozorný lyžař o hmotnosti 80 kg sjíždí po občerstvení poslední úsek sjezdovky o délce 50 m se sklonem 100. Sjezdovka pokračuje krátkým vodorovným úsekem a pak přechází v protisvah se sklonem 50.

Na vodorovném úseku se lyžař srazí se stojícím dítětem o hmotnosti 40 kg, které naštěstí zachytí mezi svými lyžemi a pokračují společně v jízdě do protisvahu (viz obrázek). Při řešení úlohy zanedbejte tření.



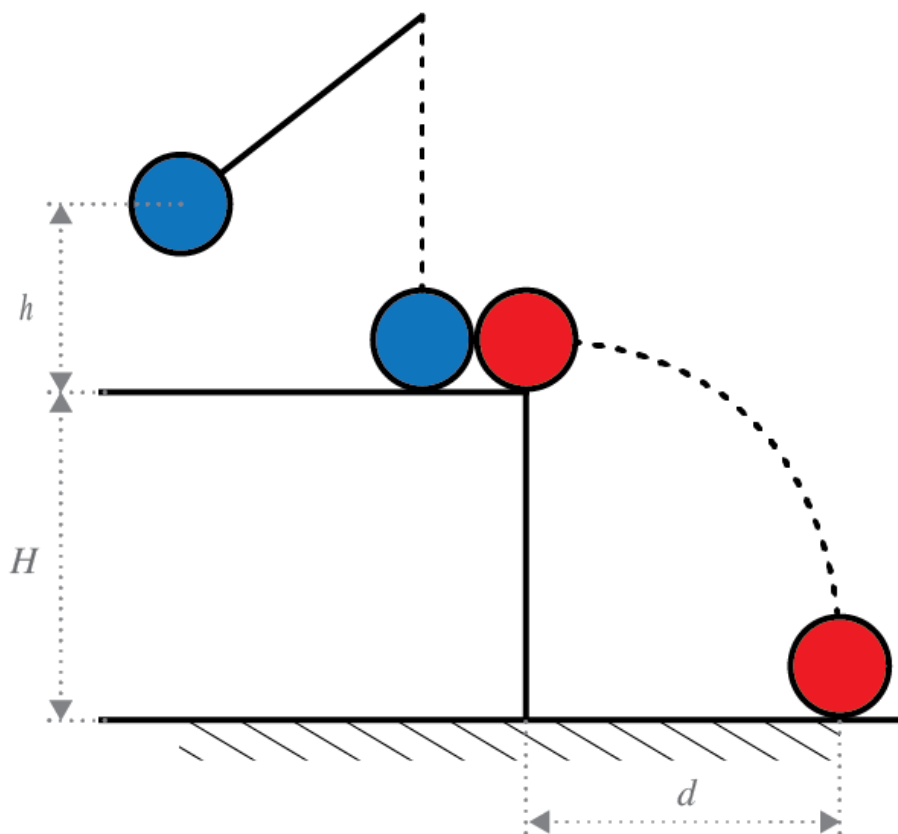
- Jaké bylo převýšení na poslední části sjezdovky?
- Jakou rychlost měl lyžař na vodorovném úseku?
- Jakou rychlost mají lyžař s dítětem po srážce?
- Do jaké vzdálenosti na protisvahu dojedou?

Odpovědi: a) $h = 5,2\text{m}$ b) $v = 10,2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ c) $v_1 = 6,8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ d) 26 m



2. Srážka kuličky

Při laboratorních pracích žáci proměřovali místo dopadu kuličky po srážce s tělesem (viz obrázek). Kulička i těleso měly hmotnost 100 g. Těleso bylo puštěno z výšky $h = 20$ cm nad stolem. Po nárazu do kuličky se zastavilo a odevzdalo 30 % své mechanické energie kuličce, která spadla na podlahu. Hrana stolu je ve výšce $H = 1$ m nad podlahou.



- Určete rychlost tělesa před srážkou.
- Zjistěte rychlost kuličky po srážce.
- Jaký pohyb kulička konala?
- Určete vzdálenost místa dopadu d .

Odpovědi: a) $v = 2 \text{ m.s}^{-1}$ b) $v_k = 0,25 \text{ m.s}^{-1}$ c) vodorovný vrh d) $d = 0,11 \text{ m}$



3. Příklad penězokazectví

Představte si, že máte před sebou hromádku historických mincí, u nichž je podezření, že některé jsou padělky (jsou sice stejně velké, ale mají nižší obsah drahých kovů, a tím jsou lehčí než pravé). Šlo by „cvrnkáním“ mincí o sebe určit, které z nich jsou lehčí?

Představme si, že budeme narážet jednou mincí (střela) o druhou (terč), přičemž cílová mince je v klidu.

- Vytvořte hypotézu, jak se budou pohybovat po nárazu obě mince, pokud mají **obě stejnou hmotnost**.
- Vytvořte hypotézu, jak se budou pohybovat po nárazu obě mince, pokud má cílová mince **menší hmotnost**.
- Vytvořte hypotézu, jak se budou pohybovat po nárazu obě mince, pokud má cílová mince **větší hmotnost**.
- Hypotézy ověřte pomocí mincí o různých hmotnostech (např. 5 Kč a 20 Kč).
- Hypotézy ověřte pomocí aplikace.

Odpovědi:

- Střela se po nárazu zastaví, cílová se rozpohybuje původní rychlostí střely.*
- Střela mince i cílová mince se pohybují stejným směrem. Jejich rychlost cílová je větší než původní rychlost střely.*
- Střela se po nárazu odrazí od cílové mince. Cíl se pohybuje pomalu kupředu a střela dozadu.*



Náměty do výuky

4. Balistické kyvadlo

Balistické kyvadlo je vynález 18. století, který sloužil k určení rychlosti vystřelené kulky. Balistické kyvadlo se skládá z dřevěného bloku, do kterého se kulka zachytí, a závěsu, na kterém se blok „zhoupne“. Z pohybu kyvadla jde určit rychlost kulky.

V současnosti jsou ústřední rychlosti zbraní měřeny pomocí elektronických hradel.

5. Rázostroj – Newtonova houpačka

Rázostroj je zařízení na demonstraci zákona zachování energie a hybnosti. Skládá se z řady kyvadel na dvojitěm závěsu. Kyvadla jsou tvořena nejčastěji kovovými koulemi zavěšenými na vláknech. Cílem konstrukce je vytvořit při nárazu dokonale pružnou srážku, díky které lze sledovat důsledky zákona zachování hybnosti i (kinetické) energie

6. Kulečnick

Srážky koulí studoval již Galileo Galilei. Na kulečnických koulích se dá studovat pružné rázy stejně hmotných těles. Srážky reálných těles se proti situacím v aplikaci liší v tom, že koule před nárazem a po nárazu rotují.

Jednoduchá školní situace může platit pouze při plném nárazu (koule se srazí svými středy v ose pohybu). Jelikož ale hraná koule před srážkou rotovala, mohou i při těchto rázech nastat situace, které s pomocí aplikace vysvětlit nejdou.

7. Animace pohybu a srážek částic

Simulaci pohybu a rázů částic na počítači se věnuje i Khanova akademie (Khan Academy) v kurzu počítačových věd v zákulisí studia Pixar. Například: Khan Academy Dostupný na WWW: <https://cs.khanacademy.org/computing/pixar/effects/particle/v/fx3-finalcut2xx>

Jedná se o typické využití programu STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematic) ve výuce.