

Pohyb v tíhovém poli Země

Zadání:

U každé následující úlohy rozhodněte, zda v popsané situaci platí zákon **zachování mechanické energie** a své tvrzení zdůvodněte. Stejně rozhodněte i o **zákonu zachování hybnosti**.

Pro vaše rozhodování není důležité, zda je daný zákon potřeba k vyřešení úlohy či nikoli.

Úlohy nemusíte řešit.

Ukázka:

Na pevné kladce visí dvě tělesa o hmotnostech 3 kg a 5 kg. Těleso o menší hmotnosti je ve vzdálenosti 2 m pod tělesem o větší hmotnosti. Počáteční rychlost obou těles je nulová. Určete zrychlení soustavy. Hmotnost kladky i provázku zanedbejte, tření neuvažujte.

Řešení: Zákon zachování mechanické energie platí, zákon zachování hybnosti nikoli. Protože v úloze neuvažujeme tření, zanedbáváme tím ztrátu mechanické energie, ke které by vlivem tření docházelo. V takovém případě se bude pouze přeměňovat potenciální energie v kinetickou a naopak, a tedy platí zákon zachování mechanické energie.

Hybnost soustavy je na začátku pohybu jiná než na konci pohybu, protože vlivem tíhové síly Země (vnější síla) se celá soustava rozjíždí a zvyšuje tím svou hybnost. Zákon zachování hybnosti zde tedy neplatí.

Shrnutí, kdy platí zákon zachování mechanické energie a zákon zachování hybnosti:

Zákon zachování mechanické energie splňuje podmínky platnosti v případech, kdy můžeme zanedbat působení odporových sil (tření, odpor vzduchu, ...), deformační účinky sil, či změnu vnitřní energie tělesa, resp. soustavy těles.

Zákon zachování hybnosti platí v případě, že se uvažované těleso, resp. soustava těles nachází v izolované soustavě, tedy, pokud je výslednice všech vnějších sil působících na soustavu nulová.

Úlohy:

1. Vozík o hmotnosti 250 kg jede po vodorovných kolejích rychlostí $2,4 \text{ m s}^{-1}$ a srazí se s vozíkem o hmotnosti 500 kg, který jede rychlostí $1,8 \text{ m s}^{-1}$. Při srážce se oba vozíky spolu spojí a dále se pohybují společně. Vypočtete úbytek mechanické energie vozíků při srážce, jestliže vozíky před srážkou jedou za sebou.

Řešení: V této úloze se jedná o nepružnou srážku dvou těles. Část původní kinetické energie se přeměnila na vnitřní energii soustavy (ta se projeví např. zvýšením teploty v oblasti nárazu či deformací). Z toho důvodu **není splněna** podmínka platnosti **zákona zachování mechanické energie**.

Zákon zachování hybnosti zde však **platí**, neboť výslednice všech vnějších sil působících na tělesa jsou nulové a lze tak popsanou situaci brát jako izolovanou soustavu. V okamžiku srážky na sebe vozíky sice vzájemně působí, ale jedná se o vnitřní síly, které zákon zachování hybnosti nijak neovlivňují.

Výsledek: 30 J

2. Na stromě ve výšce 1,8 m visí jablko. Jablko se utrhne a padá k zemi. S jakou rychlostí dopadne?

Řešení: Pokud zanedbáme odporové síly, bude se potenciální energie jablka postupně přeměňovat na kinetickou. Protože se tato energie nemění v žádnou jinou formu energie, ani není jablku žádná další energie dodávána, **platí zákon zachování mechanické energie**.

Na jablko působí nenulová vnější síla – tíhová síla Země. **Zákon zachování hybnosti** tedy **neplatí**.

Výsledek: 6 m s^{-1}

3. Chlapci Tomáš a Petr sáňkovali na kopci. Sáňky i s nimi měly hmotnost 87 kg. Aby jeli co nejrychleji, vždy se nahoře rozběhli, naskočili na sáňky a jeli dolů. Počáteční rychlost sáňek s oběma chlapci je 7 km h^{-1} . Kopec je vysoký 15 m. Jak velkou rychlost mají sáňky s chlapci na úpatí kopce? Předpokládejte, že chlapci nebrzdí nohama a že tření sáňek při pohybu po svahu lze zanedbat. Odpor vzduchu rovněž neuvažujte.

Řešení: **Zákon zachování mechanické energie** v této úloze **platí**. Na kopci mají sáňky tíhovou energii a díky počáteční rychlosti i kinetickou energii. Během pohybu sáňek dolů z kopce se potenciální energie přeměňuje na kinetickou. Protože zanedbáváme tření a odpor vzduchu, k jiné přeměně energie již nedochází.

Pokud by chlapci během sjíždění kopce brzdili nebo pokud by tření bylo tak velké, že by nešlo zanedbat, zákon zachování mechanické energie by neplatil.

Zákon zachování hybnosti v této situaci **nelze použít**, neboť na sáňky působí vnější síla, kterou je síla tíhová.

Výsledek: 61 km h^{-1} (17 m s^{-1})

4. Na vzduchové dráze se srazí vozík dokonale pružně s druhým vozíkem, který byl do srážky v klidu. Po srážce se oba vozíky pohybují stejně velkými rychlostmi opačným směrem. Určete poměr hmotností obou vozíků.

Řešení: Při dokonale pružném rázu platí zákon zachování mechanické energie i zákon zachování hybnosti. V tomto případě tedy **oba zákony platí**, pokud neuvažujeme třecí a odporové síly působící proti směru pohybu.

Výsledek: Vozík, který je před srážkou v pohybu, je 3 krát lehčí než vozík, který je v klidu.

5. Těleso o hmotnosti 0,5 kg se pohybuje po dokonale hladké vodorovné rovině rychlostí 6 m s^{-1} . Do tělesa vnikla střela o hmotnosti 0,01 kg, která se pohybovala kolmo ke směru pohybu tělesa rychlostí 600 m s^{-1} . Určete výslednou rychlost tělesa po vniknutí střely a úhel, který svírá směr této rychlosti se směrem původní rychlosti.

Řešení: **Zákon zachování mechanické energie** v této úloze **neplatí**, neboť se jedná o nepružnou srážku dvou těles. Střela vnikne do tělesa a část původní kinetické energie obou těles se tak spotřebuje na její „zavrtání“.

Podmínky platnosti **splňuje zákon zachování hybnosti**, protože těleso se střelou můžeme pokládat za izolovanou soustavu. (Těleso i střela se pohybují rovnoměrným přímočarým pohybem. Výsledná síla, která na ně působí, je tedy nulová).

Poznámka: Při řešení úlohy lze také vypočítat změnu vnitřní energie soustavy.

Výsledek: 13 m s^{-1} , 63° , (vnitřní energie soustavy se zvýší o 1,8 kJ)

6. Po nakloněné rovině, která svírá s vodorovnou rovinou úhel 30° , sjíždí dřevěný kvádr. Určete velikost jeho zrychlení, je-li součinitel smykového tření mezi kvádrem a nakloněnou rovinou 0,4.

Řešení: V této úloze **neplatí ani zákon zachování mechanické energie ani zákon zachování hybnosti**. Zákon zachování mechanické energie zde neplatí, protože část energie se spotřebává na překonání třecí síly (mechanická energie se přeměňuje na vnitřní energii kvádrů a roviny), a zákon zachování hybnosti zde neplatí, protože na kvádr působí vnější síla, kterou je tíhová síla Země.

Výsledek: $1,5 \text{ m s}^{-2}$

Použitá literatura s označením úloh ve zdrojích:

BARTUŠKA, K. *Sbírka řešených úloh z fyziky pro střední školy I.* 2.vyd. Praha: Prometheus, 1997. ISBN: 80-7196-236-8.

- úlohy: **1** (č. 109)

BEDNAŘÍK, M., ŠIROKÁ, M. *Fyzika pro gymnázia – Mechanika.* 4. vyd. Praha: Prometheus, 2010. ISBN: 978-80-7196-382-0.

- úlohy: **5** (teoretická cvičení 7, úloha 5)

KOUPILOVÁ, Z. *Sbírka řešených úloh z fyziky* [online]. [cit. 21. 11. 2013] Dostupné z: <http://fyzikalniulohy.cz>

- úlohy: **3** (č. 217), **4** (č. 32)

LEPIL, O. & KOL. *Sbírka úloh pro střední školy Fyzika.* 1. vyd. Praha: Prometheus, 1995. ISBN: 80-7196-048-9.

- úlohy: **6** (č. 2.124)