

2.2.1 Změny vnitřní energie tělesa

Předpoklady:

Opakování z prvního ročníku

Zvedneme tenisák a pustíme ho z výšky. Sledujeme změny energie během pádu, zanedbáváme odpor vzduchu:

- Míček padá \Rightarrow potenciální energie se zmenšuje.
- Během pádu se jeho pád zrychluje \Rightarrow kinetická energie se zvětšuje.

Obě změny se přesně rovnají \Rightarrow celková mechanická energie se nemění.

Míček se odrazí a začne stoupat. Sledujeme změny energie během výstupu:

- Míček stoupá \Rightarrow potenciální energie se zvětšuje.
- Rychlost výstupu se zmenšuje \Rightarrow kinetická energie se zmenšuje.

Obě změny se přesně rovnají \Rightarrow celková mechanická energie se nemění.

\Rightarrow **Zákon zachování mechanické energie.**

U skutečného míčku a skutečné podlahy to neplatí. Po každém odrazu se míček odrazí do menší výšky \Rightarrow jeho mechanická energie se postupně zmenšuje, až zcela zmizí a míček zůstane v klidu na podlaze.

Zákon zachování energie přesto platí \Rightarrow mechanická energie se musela změnit na jiné formy energie.

Co se změnilo?

Zvýšila se teplota míčku, podlahy a vzduchu ve třídě \Rightarrow mechanická energie míčku se změnila na vnitřní energii soustavy míček-vzduch-podlaha.

V čem je schovaná vnitřní energie?

Př. 1: Vysvětli pomocí základních poznatků molekulové fyziky, jak se změnil vzduch během poskakování míčku.

Zvýší se teplota vzduchu \Rightarrow zvýší se rychlost neuspořádaného pohybu částic vzduchu \Rightarrow vnitřní energie je tvořena kinetickou energií neuspořádaného pohybu částic.

Př. 2: Při chodu spalovacího motoru zapálí malá jiskra ve válci stlačenou směs vzduchu a benzínu. Po zapálení směs vybuchne a rychle se zvětší jejich teplota (i tlak). Změní se (pokud zanedbáme energii obsaženou v jiskře) během tohoto děje vnitřní energie benzínové směsi? Proč?

Vnitřní energie směsi plyn-vzduch se nezměnila (zdá se, že vnitřní energie vzrostla, ale musíme si uvědomit, že kromě zanedbatelné energie jiskry směs ve válci nepřijímá žádnou energii z okolí), zvýšila se však kinetická energie částic \Rightarrow částice jsou v benzínu vázány tak, že mají větší energii než částice vázané ve zplodinách hoření \Rightarrow vnitřní energie je tvořena potenciální energií chemických vazeb.

Př. 3: Najdi příklady dějů, při kterých se zvětšuje potenciální energie vzájemné polohy částic.

Jde o všechny endotermní chemické reakce. Vznikají tak látky, které mohou reagovat exotermně a tím uvolňovat energii. Nejdůležitějším příkladem je fotosyntéza.

Vnitřní energie tělesa U [J] energie „schovaná“ uvnitř tělesa \Rightarrow

- celková kinetická energie neuspořádaného pohybu částic látky,
- celková potenciální energie vzájemné polohy částic látky.

Př. 4: Po pobytu v mrazu zebou ruce. Jakými způsoby můžeme ruce zahřát?

Můžeme:

- třít ruce o sebe,
- strčit ruce do teplé vody (přitisknout je k topení).

Zahřívání rukou = zvyšování jejich vnitřní energie \Rightarrow vnitřní energii můžeme zvyšovat dvěma způsoby:

- **konáním práce** (tření rukou),
- **tepelnou výměnou** (ruce v teplé vodě).

Př. 5: Najdi další příklady, při kterých se konáním práce zvyšuje vnitřní energie tělesa.

Vrtání, řezání, otáčení, stlačování plynu (pumpička na kolo), ohýbání předmětů (čím hůře se předmět ohýbá, tím více se zahřívá) ...

Změna vnitřní energie vysvětluje ztráty způsobené třením (nebo jinými odporovými silami), které jsme pozorovali při mechanických dějích. \Rightarrow

Zákon zachování energie

Při dějích probíhajících v izolované soustavě těles zůstává součet kinetické, potenciální a vnitřní energie těles konstantní.

Př. 6: Při šplhu o tyči nebo na laně je při sestupu nutné pomalu ručkovat. Proč není možné se po tyči jednoduše spustit dolů a přibrzďovat tlakem rukou o tyč?

Pokud se po tyči spustíme a budeme přibrzďovat rukama, bude se naše potenciální energie měnit na vnitřní energii tyče a rukou \Rightarrow můžeme si ruce spálit.

Př. 7: Urči změnu vnitřní energie soustavy, pokud se student o hmotnosti 70 kg spouští po tyči z výšky 3,5 m. Vysvětli, proč je bezpečnější dolů ručkovat než se spouštět dolů.

$$m = 70 \text{ kg}, h = 3,5 \text{ m}, \Delta U = ?$$

Student má potenciální energii, která se změní na přírůstek vnitřní energie rukou a tyče.

$$\Delta U = E_p = mgh$$

$$\Delta U = mgh = 70 \cdot 10 \cdot 3,5 \text{ J} = 2450 \text{ J}$$

Vnitřní energie rukou a tyče se zvýší o 2450 J.

Pokud se spouštíme zahřívá se pouze malá část rukou a tak se může teplota této části pokožky značně zvýšit. Když dolů ručkovujeme, zvyšuje se vnitřní energie svalů, kterých je daleko více a tak se jejich teplota zvýší daleko méně.

Pedagogická poznámka: Diskuse o bezpečnosti ručkování je podle mě nutná. Je nutné, aby si studenti uvědomili, že pokud se chtějí dostat z tyče dolů, musí se nějakým způsobem zbavit 2450 J energie. Výhoda ručkování je právě v tom, že tuto energii lépe rozptýlí, ne v tom, že by nutnost zbavovat se energie odstranilo. Odvedení energie, která vznikla konáním práce, je častý problém technické praxe.

Př. 8: Automobil o hmotnosti 1600 kg jedoucí rychlostí 90 km/h prudce zastaví. U kterých těles se zvýší jejich vnitřní energie? Jak?

$$m = 1600 \text{ kg}, \quad v = 90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} = 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, \quad \Delta U = ?$$

Zvýší se vnitřní energie brzdných kotoučů, brzdného obložení, pneumatik, silnice, vzduchu. Změna vnitřní energie těchto těles odpovídá původní kinetické energii auta.

$$\Delta U = E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Delta U = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}1600 \cdot 25^2 \text{ J} = 500000 \text{ J}$$

Vnitřní energie soustavy se změnila o 0,5 MJ.

Př. 9: Dítě o hmotnosti 25 kg sjíždí z vodní skluzavky. Urči změnu vnitřní energie dítěte, vody, skluzavky a vzduchu pokud má skluzavka průměrný sklon 10° a je dlouhá 35 m? Na konci skluzavky se dítě pohybuje rychlostí $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Jaká část potenciální energie dítěte se změnila na vnitřní energii?

$$m = 25 \text{ kg}, \quad \alpha = 10^\circ, \quad d = 35 \text{ m}, \quad v = 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, \quad \Delta U = ?$$

Na počátku skluzavky mělo dítě potenciální energii, na konci skluzavky má energii kinetickou. Jejich rozdíl se změní na vnitřní energii.

Potenciální energie na počátku pohybu: $E_p = mgh$, výšku musíme určit z délky skluzavky a

$$\text{jejího sklonu: } \sin \alpha = \frac{h}{d} \Rightarrow h = \sin \alpha \cdot d$$

$$E_p = mgh = mgd \sin \alpha$$

Kinetická energie na konci skluzavky: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

$$\Delta U = E_p - E_k = mgd \sin \alpha - \frac{1}{2}mv^2 = m \left(gd \sin \alpha - \frac{1}{2}v^2 \right)$$

$$\Delta U = m \left(gd \sin \alpha - \frac{1}{2}v^2 \right) = 25 \left(10 \cdot 35 \cdot \sin 10^\circ - \frac{1}{2}6^2 \right) \text{ J} = 1070 \text{ J}$$

$$100\% \quad \dots \quad E_p = mgd \sin \alpha = 25 \cdot 10 \cdot 35 \cdot \sin 10^\circ \text{ J} = 1520 \text{ J}$$

$$x\% \quad \dots \quad 1070 \text{ J}$$

$$\frac{x}{1070} = \frac{100}{1520} \Rightarrow x = \frac{100}{1520} \cdot 1070 = 70$$

Na vnitřní energii se změnilo 70% původní potenciální energie dítěte.

Shrnutí: Vnitřní energie je schována v pohybu částic a potenciální energii jejich vazeb.