



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Projekt **ŠABLONY NA GVM**

registrační číslo projektu: CZ.1.07/1.5.00/34.0948

III-2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

1. Mechanika

1. 6. Energie 1

Autor:	Aleš Trojánek
Jazyk:	čeština
Datum vyhotovení:	únor 2013
Cílová skupina:	žáci gymnázia: 1. ročník čtyřletého studia a 5. ročník osmiletého studia, maturitní ročník, věk 16-19 let
Druh učebního materiálu:	podpora a doplnění výuky fyziky, materiál je určen i pro samostatnou práci žáků
Očekávaný výstup:	žáci si osvojí řešení typických fyzikálních úloh z mechaniky.
Anotace:	Učební materiál obsahuje stručné shrnutí poznatků a příklady s tematikou mechanické energie. Může sloužit při výkladu, procvičování i pro samostatnou práci žáků. Velmi vhodný je pro přípravu k maturitní zkoušce z fyziky.

1. 6. Energie 1

Tento text má charakter spíše stručného shrnutí poznatků. Další příklady a úlohy budou obsahem souboru Energie 2.

Připomenutí poznatků (podle [1])

Kinetická energie

Kinetická (neboli pohybová) energie je skalární veličina, která charakterizuje pohybový stav hmotného bodu (nebo soustavy hmotných bodů nebo tělesa) v užití vztažné soustavě.

Je definována na základě tohoto teoretického výsledku: Pohybuje-li se v určité inerciální vztažné soustavě hmotný bod o hmotnosti m a síly, které při tom na něj působí, vykonají v časovém intervalu $< t_1, t_2 >$ práci W , platí

$$\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = W.$$

Přitom v_1 a v_2 jsou velikosti rychlostí hmotného bodu v časech t_1 a t_2 . Veličina

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2, \quad \textit{kinetická energie} \quad (1)$$

jejíž změna je rovna práci vykonané všemi silami na hmotný bod působícími, se nazývá **pohybová** neboli **kinetická energie hmotného bodu**. Platí pro ni

$$E_{k2} - E_{k1} = W, \quad \textit{kinetická energie a práce} \quad (2)$$

kde **W je práce všech sil působících na hmotný bod**. Jednotkou pohybové energie je joule.

Kinetická energie soustavy hmotných bodů (tj. i těles) je definována jako součet kinetických energií všech hmotných bodů (elementů těles). Ve vztahu (2) pak je E_k kinetická energie celé soustavy a W je práce všech sil působících na její hmotné body (elementy). Vztahem (1) je dána kinetická energie tělesa vykonávajícího posuvný pohyb.

Příklad 1

(Jedná se PŘÍKLAD 4.7 z [1], s. 56.)

Kabina výtahu měla hmotnost $m = 200$ kg a stoupala. V bodě P_1 měla její rychlost velikost $v_1 = 2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Lano výtahu působilo na kabinu stálou silou o velikosti $F_1 = 2,2\cdot 10^3$ N, síly odporu a tření byly zanedbatelné. Označíme P_2 bod ve vyšším podlaží ležící ve výšce $l = 10$ m nad bodem P_1 . Určete:

1. práci, kterou vykonala na úseku P_1P_2 síla \vec{F}_1 ,
2. práci, kterou vykonala na tomto úseku tíhová síla působící na kabinu,
3. změnu kinetické energie kabiny,
4. rychlost kabiny v bodě P_2 .

Řešení:

$$1. W_1 = F_1 l \cos 0^\circ = \dots = 2,2 \cdot 10^4 \text{ J.}$$

$$2. W_G = F_G l \cos 180^\circ = -mgl = -2,0 \cdot 10^4 \text{ J.}$$

$$3. \Delta E_k = W_1 + W_G = \dots = 2 \cdot 10^3 \text{ J.}$$

$$4. \Delta E_k = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2 \Delta E_k}{m} + v_1^2} = \dots = 4,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Připomenutí poznatků - pokračování

Potenciální energie

Potenciální neboli polohová energie soustavy hmotných bodů (těles) je definována na základě tohoto experimentálního výsledku: Některá silová pole, jimiž na sebe působí hmotné body nebo tělesa některých soustav, např. pole gravitační nebo elektrostatické, mají tu vlastnost, že práce, kterou vykonají síly polí při vzájemném pohybu částí těchto soustav, závisí pouze na jejich počátečních a koncových vzájemných polohách, a nikoli na způsobu, jakým se částí soustavy z jedné polohy do druhé dostaly.¹ Potenciální energie takové soustavy je definována takto: Vybereme ze všech možných stavů soustavy charakterizovaných vzájemnými polohami těles jeden a označíme ho např. S_0 . Potenciální energii soustavy v tomto stavu, kterou označíme E_{p0} , položíme rovnu nule, $E_{p0} = 0$. Potenciální energii v libovolném jiném stavu S označíme E_p a definujeme ji vztahem

$$E_p - E_{p0} = W, \text{ tj. } E_p = W, \quad \textit{potenciální energie}$$

kde W je práce, kterou vykonají uvažované síly (síly daného pole) při přechodu soustavy ze stavu S do stavu S_0 .

Je zřejmé, že platí: přejde-li soustava libovolným způsobem ze stavu S_1 , v němž má potenciální energii E_{p1} , do stavu S_2 , v němž má potenciální energii E_{p2} , vykonají příslušné konzervativní síly práci W danou vztahem

$$W = E_{p1} - E_{p2}. \quad (3)$$

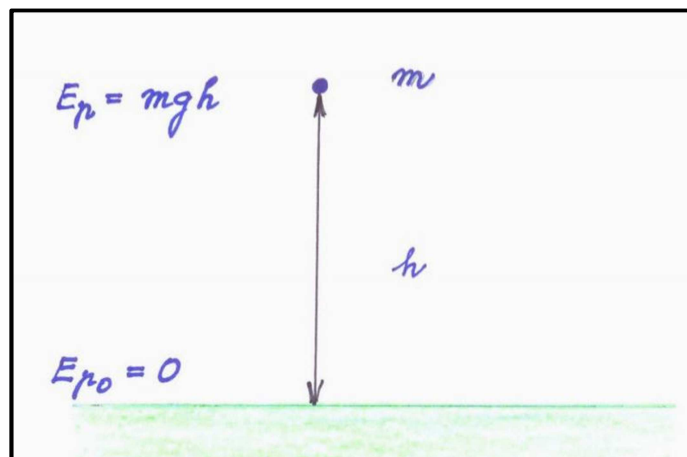
Dva příklady potenciální energie:

1. **Tíhová energie E_t hmotného bodu** (malého tělesa) o hmotnosti m v bodě P ve výšce h nad povrchem Země (kde $h \ll R_{Země}$) je přibližně rovna gravitační potenciální energii soustavy „hmotný bod – Země“. Je dána vztahem

$$E_t = mgh \quad \textit{tíhová potenciální energie}$$

Pro hmotný bod, který leží na povrchu Země, je $E_t = 0$. Tíhová energie se značí též E_p . Pro těleso konečných rozměrů je h výška jeho těžiště nad povrchem Země.

¹ Takové síly a silová pole se nazývají **konzervativní**.



Obr. 1

Příklad 2

(Jedná se PŘÍKLAD 4.8 z [1], s. 58.)

Těleso o hmotnosti $m = 100$ g bylo vrženo šikmo vzhůru v bodě P_1 na vodorovném terénu. Největší výšky $h_2 = 16$ m dosáhlo v bodě P_2 a dopadlo v bodě P_3 na střechu domu ve výšce $h_3 = 6$ m nad zemí. Síla odporu vzduchu měla průměrnou velikost $F_0 = 0,1$ N. Určete práci, kterou vykonala tíhová síla na úsecích P_1P_2 , P_1P_3 , P_2P_3 .

Řešení:

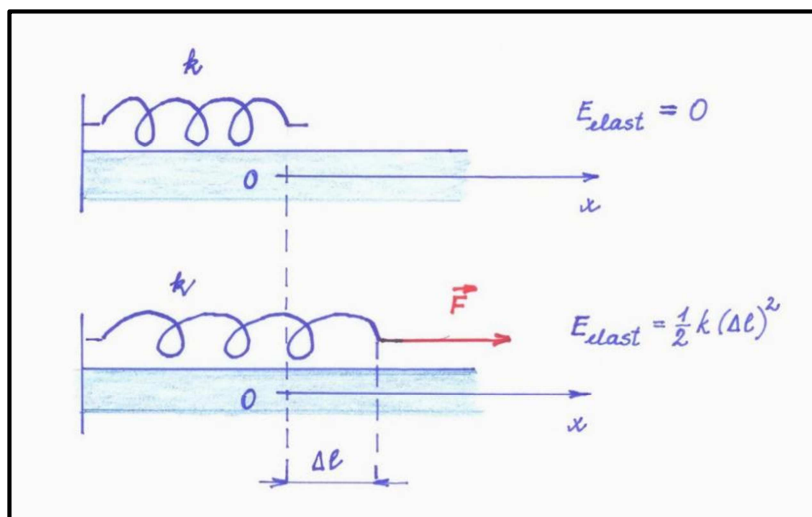
Práce, kterou vykoná tíhová síla, je nezávislá na ostatních působících silách a určí se takto:

$$W_1 = mg(0 - h_2) = \dots = -16 \text{ J}, W_2 = mg(0 - h_3) = -6 \text{ J}, W_3 = mg(h_2 - h_3) = 10 \text{ J}.$$

2. **Potenciální energie pružnosti** elastické pružiny, neboli **elastická energie** E_{elast} , je definována takto: E_{elast} nedeformované pružiny je rovna nule. E_{elast} pružiny protažené nebo stlačené o Δl je rovna práci W' vykonané při deformaci vnějšími silami působícími na pružinu. Lze ukázat, že elastická energie pružiny protažené nebo stlačené o Δl je dána vztahem

$$E_{elast} = \frac{1}{2}k(\Delta l)^2. \quad \text{elastická energie pružiny}$$

Veličina k je charakteristikou pružiny.



Obr. 2

Mechanická energie

Budeme uvažovat mechanickou soustavu, tj. soustavu těles, v níž se nemění vnitřní energie jejich částí (tj. energie neuspořádaného pohybu molekul a potenciální energie jejich vzájemných poloh, energie vazby elektronů a jaderných částic atd.). Budeme ji zkoumat v laboratorní vztahné soustavě a budeme předpokládat, že na ni působí různé síly včetně sil tíhových a vnitřních sil pružnosti. Mechanická energie soustavy E_m (nebo jen E), je součet její kinetické, tíhové a elastické energie.

$$E_m = E_k + E_t + E_{elast}.$$

Mechanická energie a práce

Z předešlých úvah o vztazích mezi změnami energie soustav a prací sil, které na ně působí, plyne: Přejde-li mechanická soustava ze stavu 1, v němž mají její jednotlivé části určité polohy a rychlosti a v němž je její mechanická energie E_1 , do stavu 2 s mechanickou energií E_2 , platí

$$E_2 - E_1 = W, \quad \text{mechanická energie a práce,} \quad (4)$$

kde W je práce všech sil působících na soustavu s výjimkou sil tíhových a vnitřních elastických (nebo jinak řečeno všech vnějších sil a vnitřních nekonzervativních sil)².

Příklad 3

(Jedná se PŘÍKLAD 4.10 z [1], s. 59.)

Těleso o hmotnosti $m = 1$ kg bylo vrženo šikmo vzhůru. V bodě P_1 ve výšce $h_1 = 4$ m nad zemí měla jeho rychlost velikost $v_1 = 10$ m·s⁻¹, v bodě P_2 ve výšce $h_2 = 6$ m mělo rychlost o velikosti $v_2 = 7$ m·s⁻¹. Považujte těleso za hmotný bod a určete:

² Užitím vztahů (2) a (3) dojděte samostatně ke vztahu (4). Pozor: práce W v těchto vztazích neznamená práci stejných sil.

1. energii a) kinetickou, b) potenciální, c) mechanickou v bodě P_1 ,
2. energii a) kinetickou, b) potenciální, c) mechanickou v bodě P_2 ,
3. práci výslednice sil působících na těleso na úseku P_1P_2 ,
4. práci tíhové síly na úseku P_1P_2 ,
5. zjistěte, zda síla odporu vzduchu je zanedbatelná
6. sestrojte náčrtek.

Řešení:

1. a) $E_{k1} = \frac{1}{2}mv_1^2 = 50 \text{ J}$, b) $E_{p1} = mgh_1 = 40 \text{ J}$, c) $E_{m1} = E_{k1} + E_{p1} = 90 \text{ J}$.
2. a) $E_{k2} = 24,5 \text{ J}$, b) $E_{p2} = 60 \text{ J}$, c) $E_{m2} = 84,5 \text{ J}$.
3. $W_v = E_{k2} - E_{k1} = -25,5 \text{ J}$.
4. $W_G = mgh(h_1 - h_2) = -20 \text{ J}$.
5. Pokud by byla síla odporu vzduchu zanedbatelná, byla by E_m konstantní. V našem případě je $\Delta E_m = (84,5 - 90,0) \text{ J} = -5,5 \text{ J}$. E_m se tedy zmenšila asi o 6 %, síla \vec{F}_o nebyla zanedbatelná.

Zákon zachování mechanické energie

Je-li při pohybu mechanické soustavy v tíhovém poli Země práce jiných sil než tíhových a vnitřních elastických stále nulová, plyne ze vztahu (4), že platí $E_2 - E_1 = 0$, neboli že mechanická energie takové soustavy je během pohybu stálá:

$$E = \text{konst.}$$

Tento vztah vyjadřuje **zákon zachování mechanické energie**.

Působí-li v izolované soustavě i jiné síly než konzervativní, např. síly tření a síly vedoucí k trvalé deformaci těles, zákon zachování mechanické energie neplatí. Část mechanické energie přechází v energii neuspořádaného tepelného pohybu molekul (ve vnitřní energii), v deformační energii potřebnou k trvalému posuvu nebo oddělení atomů a molekul v látce atd. Připočteme-li k mechanické energii i tyto další formy energie a působí-li v soustavě i další typy sil, např. síly elektromagnetického pole, připočteme-li i polohovou energii elektrickou atd., zůstává celková energie izolované soustavy stálá. Tento výsledek se nazývá **zákon zachování energie**.

Literatura:

- [1] ŠANTAVÝ, I., TROJÁNEK, A.: *Fyzika. Příprava k přijímacím zkouškám na vysoké školy*. Prometheus, Praha 2000. ISBN 80-7196-138-8.

Zdroje obrázků:

Obr. 1, 2 zhotovil Aleš Trojánek a jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení.