

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA FAKULTA STROJNÍ



FYZIKA I

Dráhový účinek síly

Prof. RNDr. Vilém Mádr, CSc.
Prof. Ing. Libor Hlaváč, Ph.D.
Doc. Ing. Irena Hlaváčová, Ph.D.
Mgr. Art. Dagmar Mádrová

Ostrava 2013

© Prof. RNDr. Vilém Mádr, CSc., Prof. Ing. Libor Hlaváč, Ph.D., Doc. Ing. Irena Hlaváčová, Ph.D., Mgr. Art. Dagmar Mádrová

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3031-5



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1	DRÁHOVÝ ÚČINEK SÍLY	3
1.1	Definice.....	4
1.1.1	Mechanická práce. Konstantní síla.....	4
1.1.2	Dráhový účinek síly. Proměnná síla.....	5
1.1.3	Práce při změně polohy částice	5
1.1.4	Práce při protažení pružiny.....	6



1 DRÁHOVÝ ÚČINEK SÍLY



STRUČNÝ OBSAH PŘEDNÁŠKY:

Mechanická práce.

Elementární a celková práce

Práce při změně polohy částice

Práce při protažení pružiny

Výkon a účinnost



1.1 DEFINICE

1.1.1 Mechanická práce. Konstantní síla

Při změně polohy částice (tělesa) je třeba na ni působit silou. Míra účinku síly, kterým částice mění svou polohu, se vyjadřuje veličinou zvanou práce.

Působí-li na částici konstantní síla tak, že se účinkem této síly posune po dráze s a je-li směr dráhy a síly stejný, práce A se rovná součinu velikosti síly F a dráhy s

$$A = Fs \quad (2.90)$$

Není-li směr síly a dráhy stejný, uplatní se průmět velikosti síly $\vec{F}$ do směru dráhy $\vec{s}$ (obr. 2.23) a platí

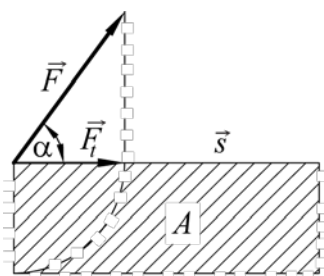
$$A = F_t s = Fs \cos \alpha \quad (2.91)$$

Vztah vyjadřuje velikost skalárního součinu vektorů síly $\vec{F}$ a vektoru dráhy $\vec{s}$

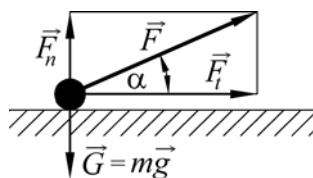
$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} \quad (2.92)$$

kde α je úhel mezi vektory síly $\vec{F}$ a dráhy $\vec{s}$.

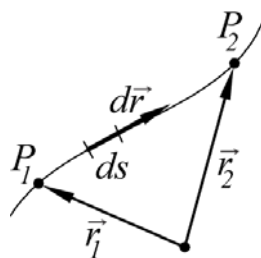
Podle obr. 2.24 koná práci pouze složka síly $\vec{F}$ ve směru dráhy $\vec{F}_t$, na ni kolmá složka $\vec{F}_n$ práci nekoná, způsobuje nadlehčení.



Obr. 2.23 K definici práce



Obr. 2.24 Rozklad síly $\vec{F}$



Obr. 2.25 Proměnná síla

1.1.2 Dráhový účinek síly. Proměnná síla

Působí-li na částici proměnná síla, je nutné dráhu rozdělit na malé intervaly $ds = |d\vec{r}|$, abychom mohli v každém intervalu považovat sílu $\vec{F}$ za konstantní (obr. 2.25).

Elementární práce dA v intervalu ds se rovná skalárnímu součinu síly $\vec{F}$ a elementu posunutí $d\vec{r}$

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (2.93)$$

Mezi body P_1 a P_2 při změně polohy částice se koná celková práce

$$A = \int_{P_1}^{P_2} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (2.94)$$

Integrál (2.94) vyjadřuje dráhový účinek síly (křivkový integrál).

V souřadnicích pro vektory $\vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} + F_z \vec{k}$, $d\vec{r} = dx \vec{i} + dy \vec{j} + dz \vec{k}$ a pro souřadnice bodů $P_1 = [x_1, y_1, z_1]$, $P_2 = [x_2, y_2, z_2]$ je práce

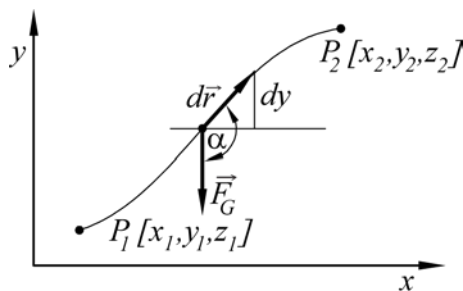
$$A = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx + \int_{y_1}^{y_2} F_y dy + \int_{z_1}^{z_2} F_z dz \quad (2.95)$$

Práce je skalární veličina a její velikost závisí na úhlu α . Pro $\alpha < 90^\circ$ je práce kladná (síla práci koná), pro $\alpha > 90^\circ$ je práce záporná (síla práci spotřebovává) a pro $\alpha = 90^\circ$ je práce rovna nule (síla práci nekoná). Pro $\alpha = 0$ je $A = Fs$, což je vztah (2.90).

1.1.3 Práce při změně polohy částice

Určíme práci, která se vykoná při změně polohy částice z bodu P_1 do bodu P_2 v tíhovém poli Země (obr. 2.26).





Obr. 2.26 Práce při změně polohy částice

Tíhová síla má souřadnice

$$\vec{F}_G = (0, -mg, 0)$$

Z definice práce

$$A = \int_{P_1}^{P_2} \vec{F}_G \cdot d\vec{r} = \int_{P_1}^{P_2} mg \, ds \cos \alpha = -mg \int_{y_1}^{y_2} dy,$$

neboť $ds \cos \alpha$ udává průmět $d\vec{r}$ do osy y , tj. dy .

Pak

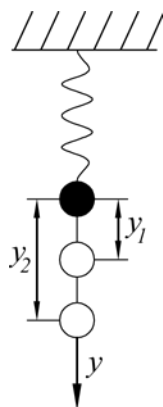
$$A = mg(y_1 - y_2)$$

(2.96)

Pro $y_2 > y_1$ je $A < 0$, $y_2 < y_1$ je $A > 0$, $y_2 = y_1$ je $A = 0$.

1.1.4 Práce při protažení pružiny

Uurčíme práci, kterou koná pružná síla o souřadnicích $F_x = 0$, $F_y = -ky$, $F_z = 0$ při protahování pružiny z polohy y_1 do polohy y_2 (obr. 2.27) – viz kap. 2.2.3.š



Obr. 2.27 Práce při protažení pružiny

Z definice práce

$$A = \int_{r_1}^{r_2} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_{y_1}^{y_2} F_y dy = -k \int_{y_1}^{y_2} y dy$$



$$A = \frac{1}{2}k(y_1^2 - y_2^2)$$

(2.97)

Pro $y_1 = 0$, $y_2 = y$ je

$$A = -\frac{1}{2}ky^2$$

(2.98)

Práce je záporná, pružina práci spotřebovává.

