

## Práce – mechanická

---

**Cílem je, aby žákyně a žáci dokázali rozhodnout, kdy síla koná a nekoná práci a na čem to závisí. Zároveň je však upozorňuji, že slovní spojení „síla (ne)koná práci“ je nesmyslné, protože síla je fyzikální veličina, a ta konat práci nemůže. Práci koná nějaké těleso prostřednictvím síly, kterou působí na jiné těleso. Třeba práci konáme my, když něco (prostřednictvím síly) tlačíme. Dodávám však, že kvůli jasnému a stručnému vyjadřování budeme toto slovní spojení běžně používat.**

Žákyním a žákům ukážu 3 příklady a ptám se jich, kdy jsem vykonal (nej)větší práci.

1. Vezmu židli a rovnoměrně ji posunu asi o 3 metry (tlačím kolmo na opěradlo)
2. Na židli položím knížku a posunu ji zase o 3 metry
3. Židli nadzvednu a chvíli ji držím ve vzduchu

Není pochyb o tom, že při tlačení židle s knížkou jsem vykonal (i když asi ne o moc) větší práci. Diskuse se strhne, zda konám práci, když židli pouze držím ve vzduchu.

Říkám, že v tomto případě práci nekonám, i když to někomu zatím někomu přijde divné. Je tedy rozdíl „nadřít se“ a „konat práci“.

Pak se ptám, na čem tedy bude práce asi záviset, když jsem při tlačení těžší židle vykonal větší práci.

- určitě na síle, kterou tlačím, abych židli posunoval → čím větší síla, tím větší práce

Když držím ale židli ve vzduchu, působím na ni také silou, přitom práci nekonám. Práce tedy musí záležet ještě na něčem. Většinou to už je jasné, ale dávám ještě otázku: „Kdy vykonal větší práci; když židli budu tlačit 3 metry, nebo 3 kilometry?“

Nyní je zřejmé, že práce taky záleží

- na vzdálenosti, o kterou ten předmět posunu – na posunutí

$$W = F \cdot s$$

Větší síla = větší práce

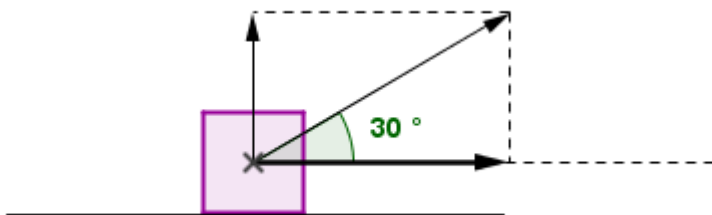
Větší posunutí = větší práce

Pak se ještě ptám, zda práce závisí ještě na něčem. Žákyně a žáci většinou odpovídají, že ano, když se ptám. Říkám, že mají pravdu, že si o tom řekneme za chvíli.

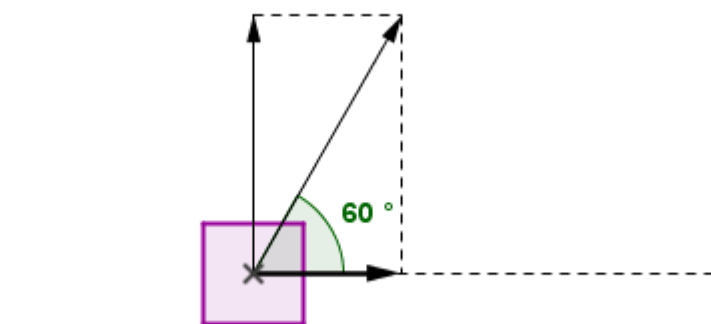
V rámci procvičení sil zadávám studentům ještě nakreslit všechny síly, které působí na židli ve všech třech výše uvedených případech. Opakování se hodí pro další výklad.

Dále vezmu klíče, v kabinetě najdu nějaký kabel (provázek většinou nemám), klíče k němu přivážu a následovně je tahám po katedře.

1. Kabel (a tedy i tažná síla) svírá se směrem posunutí nějaký úhel (třeba  $\pm 30^\circ$ ).



2. Kabel (a tedy i tažná síla) svírá se směrem posunutí větší úhel než v prvním případě (třeba  $\pm 60^\circ$ ). Předpokládáme, že i při takto velkém úhlu klíče nezvednu ze stolu.



Jaké účinky má tato „šikmá“ síla na těleso (klíče)?

Určitě účinek posuvný, to je na pokusu s klíči hned vidět; a také mírně nadlehčovací – klíče trochu nadlehčuje.

Síla jde tedy rozložit do dvou složek – posuvné (*rovnoběžná se směrem posunutí, na obrázcích vyznačena tučně*) a nadlehčovací. Vidíme, že pro větší úhel je posuvná síla menší a pokud by byla menší než síla třecí, nemusela by s tělesem hnout – nekonala by se tak žádná práce.

*Pozn.: V tomto okamžiku je dobré se studenty diskutovat podmínky, kdy se těleso bude pohybovat rovnoměrným pohybem a kdy bude zrychlovat. Pokud na to není čas, je důležité se k tomu vrátit příští hodinu.*

*Pozn. 2: Pedagogickou otázkou totiž je, zda se snažit pro oba úhly táhnout stejnou silou a říkat, že pro menší úhel klíče více zrychlují (posuvná síla je větší) → koná se větší práce, nebo klíče na kabelu táhnout rovnoměrně a říkat, že pro větší úhel musí být tažná síla kabelu větší (viz 1. Newtonův pohybový zákon.) Osobně jsem pro první možnost – tak, jak je to zobrazeno na obrázcích*

Z uvedeného vyplývá: větší úhel → menší práce

Vyjádříme-li si posuvnou sílu (ta která koná práci) pomocí síly kabelu a úhlu, dostaneme:

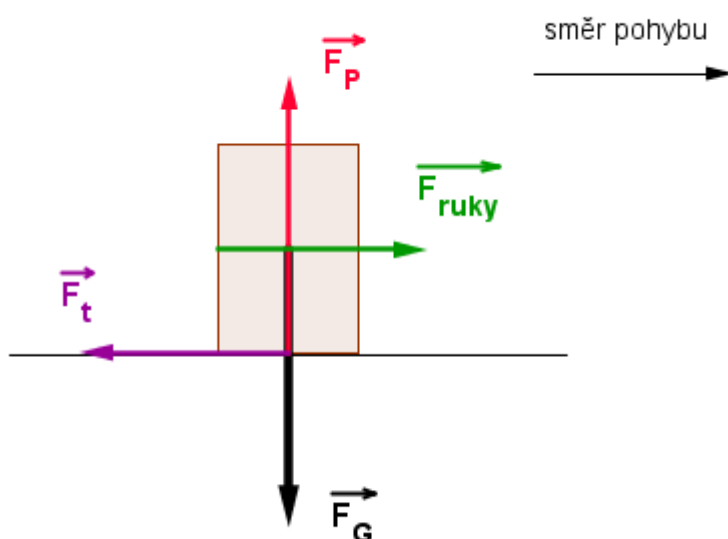
$$F_{\text{posuvná}} = F \cos \alpha$$

Pro práci pak můžeme psát:

$$W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

Nyní se vrátíme k naší židli ze začátku hodiny. Žákyním a žákům říkám, ať se podívají na obrázek, kde kreslili síly působící na židli, kterou rovnoměrně tlačím.

Na obrázku opět zopakuji 1. *Newtonův pohybový zákon* a zdůrazňuji, že k pohybu není vždy potřebná síla; upozorňuji na vlastnost těles – *setrvačnost*.



Práci konám já, prostřednictvím síly, kterou na židli tlačím.

Jelikož svírá se směrem posunutí úhel  $0^\circ$ , pro práci platí:

$$W = F \cdot s \cdot \cos 0^\circ = F \cdot s \cdot 1 = F \cdot s$$

Proč práci nekoná Země prostřednictvím tíhové síly nebo podlaha prostřednictvím tlakové síly? Protože tíhová síla a síla od podlahy svírá se směrem posunutí úhel  $90^\circ$ .

$$W = F \cdot s \cdot \cos 90^\circ = F \cdot s \cdot 0 = 0$$

*Pozn. 3: Studenti v prvním ročníku zatím neovládají grafy goniometrických funkcí. Je tedy dobré, když se hodnoty kosinu (i sinu)  $0^\circ$  a  $90^\circ$  naučí nazpaměť, případně je vypočítají na kalkulačce.*

Výše probrané učivo je pak nutné procvičit na příkladech.