

# **Newtonovy pohybové zákony pro studijní obory**

Autor: Mgr. Jaromír JUŘEK

Kopírování a jakékoliv další využití výukového materiálu je povoleno pouze s uvedením odkazu na [www.jarjurek.cz](http://www.jarjurek.cz).



## 1. Newtonovy pohybové zákony - studijní obory

Issac Newton položil základ klasické mechanice. Vyslovil tři pohybové zákony:

1. **Zákon setrvačnosti**
2. **Zákon síly**
3. **Zákon akce a reakce**

### I. pohybový zákon - zákon setrvačnosti (princip setrvačnosti)

**Těleso setrvává v klidu nebo v pohybu rovnoměrném přímočarém tak dlouho, dokud na něj nepůsobí nějaká vnější síla, případně dokud všechny působící síly jsou v rovnováze.**

*Příklady:*

Jízda v tramvaji; lidé v ní mají rychlost tramvaje. Ta náhle zastaví a lidé začnou padat. Opačná je situace při rozjíždění.

*Poznámka:*

Setrvačnost je schopnost tělesa setrvávat v klidu nebo v pohybu rovnoměrném přímočarém.

*Užití zákona setrvačnosti:*

- ve sportu: Vrh koulí, oštěpem

*Zajímavý příklad:*

Mějme poleno, které je zavěšeno na provázku od stropu; provázek pokračuje i pod zavěšeným polenem. Jestliže zatáhneme pomalu, působí na horní část provázku síla naše + síla polena, proto se provázek přetrhne nahoře. Pokud ale zatáhneme rychle, působí síla polena směrem nahoru (setrvačnost) a proti ní síla naše, provázek se tedy přetrhne dole.

### II. pohybový zákon - zákon síly

Mějme veličiny  $F$  (síla),  $m$  (hmotnost),  $a$  (zrychlení). Mezi nimi platí vztah  $a \sim F$  (1)

Zrychlení tělesa je přímo úměrné působící síle.

Dále lze odvodit, že  $a \sim (1/m)$

Zrychlení je tedy nepřímo úměrné hmotnosti tělesa.

**Zrychlení je přímo úměrné působící síle při konstantní hmotnosti tělesa a nepřímo úměrné hmotnosti tělesa při konstantní síle.**

Ze vzorce (1) pak snadno dostaneme závěr  $F = m \cdot a$

**Jednotky síly:**

1 newton = 1 N

$[N] = [kg \cdot m \cdot s^{-2}]$

**Jeden newton je síla, která tělesu o hmotnosti 1 kg uděluje zrychlení 1 m/s<sup>2</sup>.**

*Druhý pohybový zákon může mít i jiné formulace:*

$$F = m \cdot a$$

Platí ale, že  $a = v/t$  tedy  $F = m \cdot (v/t)$

neboli  $F \cdot t = m \cdot v$

$F \cdot t$  ... Impuls síly

$m \cdot v$  ... hybnost tělesa

**Impuls síly je roven hybnosti touto silou vyvolané.**

*Třetí formulace druhého pohybového zákona:*

**Síla je rovna časové změně hybnosti.**

**Příklad 1:**

Na těleso o hmotnosti 120 g, které je v klidu, začne působit stálá síla. Účinkem této síly urazí těleso za 5 minut dráhu 1800 m. Jak velká je síla?

**Řešení:**

$$m = 120 \text{ g} = 0,12 \text{ kg}$$

$$t = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$$

$$s = 1800 \text{ m}$$

$$F = ?$$

-----

$$F = m \cdot a \qquad a = 2s/t^2$$

$$F = 2ms/t^2$$

$$F = 2 \cdot 0,12 \cdot 1800/300^2$$

$$F = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Síla má velikost  $4,8 \cdot 10^{-3} \text{ N}$ .

**Příklad 2:**

Vůz, jehož hmotnost je 490 kg a je původně v klidu, je tažen silou 24,5 N. Za jakou dobu dosáhne rychlosti 2,0 m/s?

**Řešení:**

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$m = 490 \text{ kg}$$

$$F = 24,5 \text{ N}$$

$$t = ?$$

-----

$$t = v/a = v/(F/m) = mv/F$$

$$t = 490 \cdot 2/24,5$$

$$t = 40 \text{ s}$$

Vůz dosáhne rychlosti za 40 sekund.

**Příklad 3:**

Těleso vážící 20 tun se pohybuje se zrychlením  $0,5 \text{ km/s}^2$ . Určete velikost síly, která tento pohyb způsobuje.

**Řešení:**

$$m = 20 \text{ t} = 20\,000 \text{ kg}$$

$$a = 0,5 \text{ km/s}^2 = 500 \text{ m/s}^2$$

$$F = ?$$

$$F = m \cdot a$$

$$F = 20\,000 \cdot 500 = 10\,000\,000$$

$$F = 10\,000\,000 \text{ N} = 10 \text{ MN}$$

Velikost síly je 10 MN.

*Poznámka:*

### Setrvačná hmotnost

Hmotnost tělesa můžeme určit i jinak než vážením. Známe-li sílu a zrychlení, můžeme hmotnost spočítat:

$$F = m \cdot g \Rightarrow m = \frac{F}{g}$$

*Užití:* Některé typy kuchyňských vah, astronomie, atomová fyzika.

## III. pohybový zákon - zákon akce a reakce

**Síly, kterými na sebe navzájem působí dvě tělesa, jsou stejně velké a opačně orientovaného směru. Současně vznikají a současně zanikají.**

*Využití:*

- Nálevka se zahnutou gumovou hadičkou ... síla, kterou je voda vyháněna ven je akce, "narovnění" hadičky je reakce.
- Segnerovo kolo (nálevka se dvěma rameny dole, z nichž vytéká voda na opačné strany) ... v lihovaru výroba kyseliny octové
- Heronova baňka (nádobka se dvěma rameny, z nichž vychází pára na opačné strany) ... jednoduchý parní stroj
- Zpětný ráz při střelbě
- Lodní šroub, vrtule
- Raketové motory



## 2. Newtonovy pohybové zákony - procvičovací úlohy

1. **Síla o velikosti  $F = 4 \text{ N}$  uděluje vozíku, který se pohybuje bez tření, konstantní zrychlení o velikosti  $a = 20 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-2}$ . Určete hmotnost vozíku.** 804

OK 20 kg

2. **Nákladní automobil o hmotnosti 3 600 kg jede rychlostí o velikosti  $72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Jak velká je jeho brzdicí síla, zastaví-li během 10 s?** 805

OK 7,2 kN

3. **V následující tabulce vidíte, jakou silou by bylo přitahováno kilogramové závaží na povrchu Slunce, Měsíce a planet sluneční soustavy. Pan Prokop má na Zemi hmotnost 85 kg. Jaká by byla jeho tíha na Marsu?** 801

Slunce	Merkur	Venuše	Země	Měsíc	Mars	Jupiter	Saturn	Uran	Neptun	Pluto
270 N	4 N	8 N	10 N	1,6 N	4 N	26 N	11 N	9 N	15 N	8 N

OK 340 N

4. **Hokejista udeřil do puku o hmotnosti 200 g ležícího v klidu na ledě silou o velikosti 420 N ve vodorovném směru. Jak velkou rychlostí odletěl puk, trval-li náraz hokejky dobu 0,010 s?** <sup>810</sup>

OK 21 m/s

5. **Jaká je tíha člověka o hmotnosti 75 kg (hodnota tíhového zrychlení je přibližně:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )?** <sup>798</sup>

OK 750 N

6. **Jaké rychlosti dosáhne těleso o hmotnosti 50 kg, působí-li na něj síla o velikosti 100 N po dobu 30 s?** <sup>806</sup>

OK 60 m/s

7. **Na těleso o hmotnosti 0,5 kg, které je v klidu, začne působit stálá síla. Těleso za dobu 10 s urazí dráhu 50 m. Určete velikost působící síly.** <sup>812</sup>

OK 0,5 N

8. **Jak velká síla působila na střelu o hmotnosti 20 g, která proletěla hlavní za dobu 0,010 s a nabyla rychlosti o velikosti  $800 \text{ m.s}^{-1}$ ?** <sup>809</sup>

OK 1,6 kN

9. **Síla o velikosti 3,0 N působí po dobu 10 s na těleso, které bylo na počátku v klidu. Těleso dosáhlo konečné rychlosti o velikosti  $2,0 \text{ m.s}^{-1}$ . Jak velká je hmotnost  $m$  tělesa?** <sup>812</sup>

OK 15 kg

10. **Na povrchu Měsíce je těleso přitahováno silou šestkrát menší než na Zemi. Určete, jak velkou silou je na povrchu Měsíce přitahováno těleso o hmotnosti 54 kg? Hodnota tíhového zrychlení je  $10 \text{ m/s}^2$ .** <sup>803</sup>

OK 90 N

11. **Jakou tíhu má závaží o hmotnosti 1 kg? Hodnota tíhového zrychlení je  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .** <sup>797</sup>

OK 10 N

12. **Vlak o hmotnosti 500 t konal rovnoměrný pohyb. Když na něj přestala působit tahová síla lokomotivy, jel zpomaleně a účinkem odporových sil o velikosti 100 kN zastavil za dobu 1 min. Určete velikost počáteční rychlosti vlaku  $v_0$ .** <sup>807</sup>

OK 12 m/s

13. **Jakou hmotnost (v kilogramech) má automobil, který je k Zemi přitahován silou 8 kN? (hodnota tíhového zrychlení je přibližně  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ).** <sup>799</sup>

OK 800 kg

14. **Nákladní automobil o hmotnosti 4 500 kg jede rychlostí o velikosti  $72 \text{ km.h}^{-1}$ . Jak velká je brzdicí síla, zastaví-li se právě za dobu 5 s?** <sup>806</sup>

OK 18 kN

15. **Jak velkou silou (v N) přitahuje Země mouchu o hmotnosti 8 mg? Hodnota tíhového zrychlení je  $10 \text{ m/s}^2$ .** <sup>802</sup>

OK 0,00008 N

16. **V následující tabulce vidíte, jakou silou by bylo přitahováno kilogramové závaží na povrchu Slunce, Měsíce a planet sluneční soustavy. Pan Prokop má na Zemi hmotnost 85 kg. Jaká by byla jeho hmotnost na Marsu?** <sup>800</sup>

Slunce	Merkur	Venuše	Země	Měsíc	Mars	Jupiter	Saturn	Uran	Neptun	Pluto
270 N	4 N	8 N	10 N	1,6 N	4 N	26 N	11 N	9 N	15 N	8 N

OK 85 kg

 **Obsah**

- |   |   |
|---|---|
|  1. Newtonovy pohybové zákony - studijní obory     | 2 |
|  2. Newtonovy pohybové zákony - procvičovací úlohy | 4 |