

### 1.2.3 1. Newtonův zákon I

**Předpoklady:** 1202

**Pomůcky:** váleček (100 g závaží), ovladač na plátno a obdélník na pevné těleso (jako nájezd), 2 sady na měření koeficientu tření.

Dnešní hodina je nejdůležitější v celé středoškolské fyzice. Ze dvou důvodů:

- Na dnešním problému ztroskotali i staří Řekové (možná proto, že o přírodě spíše jen přemýšleli a prováděli málo experimentů). Naopak jeho konečné vyřešení v druhé polovině 17. století pomohlo odstartovat raketový rozvoj vědy a techniky nejdříve v Evropě a později i ve zbytku světa. Bez Newtonových pohybových zákonů si není možné představit dnešní svět aut, letadel, televizí a počítačů.
- Výsledek, ke kterému dnes dojdeme, odporuje klasickým představám „selského rozumu“. Výsledek je sice logický, ale vyžaduje opravdové zamyšlení. Při řešení příkladů v této hodině pak budeme muset postupovat podle tohoto zákona a ne podle prvního odhadu. Výsledky, ke kterým dospějeme, se při logickém rozboru vždy ukáží správné, ale v prvním okamžiku přijdou většině nefyziků nesmyslné. Budeme se muset naučit dodržovat pravidla a nespoléhat se na první nápady.

Správné pochopení Newtonových zákonů představuje překročení fyzikálního Rubikonu mezi starověkem a moderní vědou. Nic na tom nemění skutečnost, že i velké většině gymnazistů se to nedaří a zůstávají na té starověké straně.

V předchozích hodinách fyziky jsme se naučili popisovat pohyb a ujasnili jsme si, co rozumíme pod pojmem síla. Protože víme, že pohyby kolem nás souvisí se silami, můžeme se nyní pokusit o přesné popsání této souvislosti.

Základní zkušenost s pohybem v běžném životě se dá shrnout asi takto: Každá věc se pohybuje, dokud na ní působí nějaká síla. Co se stane, když zatlačíme do krabíčky od sirek položené na stole?

Dokud budeme do krabíčky tlačit pojedou. Když tlačit přestaneme, krabíčka se zastaví.

Stejnou zkušenost získáme třeba při stěhování skříní a lidé z ní usoudili, že rychlost (pohyb) může existovat jenom tehdy, dokud na těleso působí síla. Představa, že k pohybu je nutná neustále působící síla, byla jedním ze základů do aristotelovské fyziky.

**Problém:** Pokud do krabíčky cvrnkneme, krabíčka se začne pohybovat. Než se zastaví, pohybuje se chvíli i přes to, že už se jí nedotýkáme a žádnou silou na ní nepůsobíme  $\Rightarrow$  rozpor s představou, že pohyb může existovat jenom dokud na těleso působí síla.

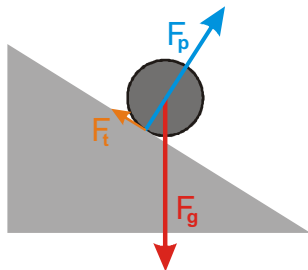
#### **Bližší průzkum situace:**

Vezmeme váleček (po počátečním impulsu se pohybuje déle než krabíčka) a pouštíme ho z nájezdu (tím zajistíme stejný počáteční pohyb).

Váleček se na šikmém nájezdu rozjede, na vodorovné ploše postupně zpomaluje až se zastaví.

**Pedagogická poznámka:** Pokus s válečkem je třeba opravdu provést. Nevyžaduje zvláštní vybavení a je přesvědčivý. Váleček používám místo kuličky, protože u něj není problém s dodržováním přímého směru.

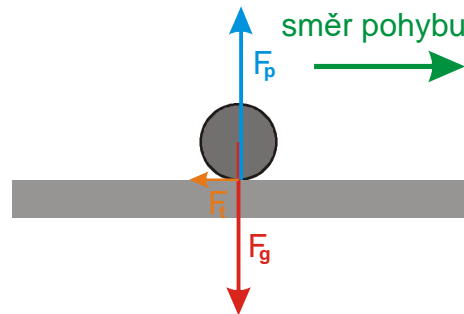
**Př. 1:** Nakresli obrázky válečku na nájezdu a na vodorovné rovině. Do obrázků dokresli síly, které na váleček působí.



Na váleček působí tři síly:

- gravitační  $F_g$
- síla od podložky  $F_p$
- třecí síla  $F_t$

Část gravitační síly ostatní síly přetlačí a stáhne váleček dolů.



Na váleček působí tři síly:

- gravitační  $F_g$
- síla od podložky  $F_p$
- třecí síla  $F_t$

Gravitační síla se odečte se silou podložky  $\Rightarrow$  výslednou silou působící na váleček je třecí síla.

**Pedagogická poznámka:** V tomto okamžiku neřešíme podrobnosti situace na nakloněné rovině. Závěr uvedený v příkladu přijde studentům přirozený a není nutné je o něm přesvědčovat.

Když se zamyslíme nad situací na vodorovné rovině, je to s aristotelovskou fyzikou ještě horší než před chvílí. Nejen, že se váleček pohybuje doprava a nepůsobí na něj v tomto směru žádná síla, on se pohybuje doprava i přes to, že na něj působí třecí síla opačným směrem.

Zformulujeme hypotézu: **Síla způsobuje změny pohybu.**

V našem pokusu s válečkem:

- Na nájezdu gravitační síla roztlačila nehybný váleček.
- Na vodorovné rovině třecí síla pohybující váleček zastavila.

**Př. 2:** Najdi v běžném životě další příklady, kdy síla způsobuje změnu pohybu.

Obrovské množství příkladů, například:

- Strčíme do stojícího předmětu, aby se pohyboval.
- Chytíme míč a při tom ho silou zastavíme.
- Tenisovou raketou odpálíme míček a obrátíme směr jeho rychlosti.
- Silou ruky zvedneme tašku vzhůru.

$\Rightarrow$  Víme, že síla způsobuje změny pohybu, ale nevíme zda je síla nutná i k pohybu samotnému.

Využijeme náš pokus s válečkem.

Během jízdy po vodorovné rovině působí na váleček pouze třecí síla  $\Rightarrow$  budeme zmenšovat velikost třecí síly mezi válečkem a podložkou a sledovat, jak se mění pohyb válečku.

Najdeme si několik různých povrchů a pomocí siloměru a krabičky se přesvědčíme, jak se mění tření, kterým brzdí předměty, které se po nich pohybují.

Získáme například takovou posloupnost povrchů (od největšího tření k nejmenšímu): molitan, chlupatý koberec, hrubý sololit, leštěný sololit.

**Pedagogická poznámka:** Opět není nutné studenty o pořadí povrchů podle velikosti tření přesvědčovat.

Váleček postupně pouštíme ze stále stejného nájezdu tak, aby se při vodorovné části pohybu, kutálel po různých površích.  $\Rightarrow$  **Při každém zmenšení třecí síly se prodlouží dráha, kterou váleček ujede než zastaví.**

Nemáme k dispozici lepší povrch než sklo  $\Rightarrow$  myšlenkový pokus:

- Pustili jsme váleček po molitanu, zastavil se na určité dráze.
- Pustili jsme váleček po koberci, tím jsme snížili tření a on dojel dál.
- Pustili jsme váleček po hrubém sololitu, tím jsme opět snížili tření a on dojel ještě dál.
- Jak by se změnila dráha válečku na kvalitnějším povrchu než je hrubý sololit? Dráha válečku se opět zvětší.

Rozhodující okamžik:

Představme si, že budeme třecí sílu pořád zmenšovat  $\Rightarrow$  dráha, kterou urazí váleček, bude stále delší a delší.

Co se stane, když váleček nebude brzdit žádné tření (ani odpor vzduchu a jiné brzdící síly)?

Dvě možnosti:

- Váleček i s nulovým třením na nějaké (třeba hodně dlouhé) dráze zastaví.
- V okamžiku, kdy váleček nebude nic brzdit, se váleček bude pohybovat pořád dál a dál až do nekonečna. Váleček, na který nepůsobí tření, nebude zpomalovat.

**Váleček, na který nepůsobí žádné síly, nebo výslednice působících sil je nulová, se pohybuje přímočaře stále stejnou rychlostí a nikdy se nezastaví.**

**Pedagogická poznámka:** Pokud budete argumentovat výše uvedeným způsobem, podaří se Vám studenty přesvědčit asi poměrně snadno (v mých hodinách volí špatnou odpověď jen jednotlivci). Tím je ovšem splněna pouze menší část úkolu, protože při řešení příkladů z praxe se většina studentů začne podvědomě vracet k aristotelovskému pojetí.

Proč je tento závěr tak obtížně přijatelný?

V našem okolí neexistují žádné předměty, na které by nepůsobily žádné síly. Na všechny předměty z naší zkušenosti působí třecí síla (nebo odpor vzduchu, nebo obojí). Proto když na ně přestaneme působit ve směru jejich pohybu, postupně zastaví.

**Náš závěr se netýká předmětů, se kterými se běžně setkáváme.**

K čemu je výsledek, který popisuje chování předmětů, se kterými se běžně nesetkáme?

Tímto výsledkem jsme pochopili, jakým způsobem se pohybují předměty v nejjednodušším možném případě (bez působení sil nebo s nulovou výslednicí)  $\Rightarrow$  máme větší šanci pochopit, jak se předměty chovají ve složitějších situacích (s nenulovou výslednicí).

### **1. Newtonův pohybový zákon:**

**Těleso, na nějž působí síly, jejichž výslednice je nulová, se pohybuje rovnoměrně přímočaře nebo zůstává v klidu.**

**Jiná formulace:**

**Každé těleso setrvává v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu, pokud není nuceno vnějšími silami tento stav změnit.**

**Př. 3:** Najdi předměty, které se dlouhodobě pohybují stále stejným způsobem, aniž by na ně působila síla ve směru jejich pohybu.

Například Měsíc se otáčí kolem Země po přibližně kruhové dráze, stále stejnou rychlostí. Ve směru jeho pohybu na něj nepůsobí žádná síla, protože gravitační síla od Země působí do jeho středu, kolmo k jeho dráze.

Podobně obíhá Země kolem Slunce, družice kolem Země.

Kosmické sondy pro průzkum vnějších částí sluneční soustavy se pohybují s vypnutými motory desítky let a dosud se nezastavily (jejich rychlost se však kvůli přitahování Slunce pomalu zmenšuje, přesto je Slunce už nikdy nezastaví).

**Př. 4:** Existuje situace, za které se v běžném životě, tření výrazně zmenší a my můžeme pozorovat pohyb předmětů za situace, která připomíná 1. Newtonův zákon.

**Při náledí** se chvilkově ocitáme v situacích, kdy nám příroda téměř doslovně demonstruje platnost 1. Newtonova zákona:

- Pokud jdeme, nemůže se ihned zastavit ani zatočit.
- Stojící auto se nemůže rozjet.
- Jedoucí auto nemůže zastavit ani zatočit.

Tření je velmi malé  $\Rightarrow$  výsledná síla, která na nás působí je velmi malá  $\Rightarrow$  setrváváme v rovnoměrném přímočarém pohybu nebo v klidu.

**Př. 5:** Najdi situace, ve kterých se kulička položená na vodorovné ploše sama od sebe rozjede (a neplatí pro ni 1. Newtonův zákon).

Například kulička na podlaze vlaku nebo za sedadly auta, se při rozjíždění, zpomalování a zatáčení rozjede.

Situaci v metru si můžeme snadno namodelovat pomocí válečku a krabice. Váleček na krabici stojí, když začneme krabici pohybovat, začne se vůči ní pohybovat i váleček, vzhledem k lavici však zůstává téměř na místě.

Když se na všechny tyto pohyby kuličky podíváme pozorně, zjistíme, že se rozjíždí pouze vzhledem k autu (vlak). Například, když se vlak začne z klidu rozjíždět, kulička se v něm rozjede dozadu. Z pohledu nástupiště se tedy snaží zůstat na místě (přesně, jak má podle 1. Newtonova zákona).  $\Rightarrow$  Existují dva druhy souřadných soustav:

- „Normální soustavy“, kde platí 1. Newtonův zákon (nástupiště, stojící vlak, vlak jedoucí rovnoměrně přímočaře), kterým říkáme **inerciální**.
- „Divné soustavy“, kde neplatí 1. Newtonův zákon (vlak jedoucí zrychleně, nebo projíždějící zatáčkou), kterým říkáme **neinerciální**.

⇒ **Všechny pokusy se budeme snažit popisovat z inerciálních vztažných soustav.**

**Dodatek:** Ve chvíli, kdy začneme uvažovat otáčení Země, přestává být nástupiště inerciální soustavou. Ve většině příkladů však otáčení Země hraje jen velmi malou roli.

**Pedagogická poznámka:** Další diskuse o inerciálních a neinerciálních soustavách nemá v tomto okamžiku smysl. Samotný 1. Newtonův zákon je pro studenty dostatečným problémem.

**„Vysokoškolská“ formulace 1. Newtonova zákona:**

**Izolované těleso se v inerciální souřadné soustavě pohybuje rovnoměrně přímočaře nebo je v klidu.**

**Př. 6:** Na základě předchozí formulace 1. Newtonova zákona, definuj izolované těleso.

Izolované těleso = těleso, na které nepůsobí žádné síly, nebo je výslednice působících sil nulová.

**Shrnutí:** Těleso, na které působí nulová výsledná síla, setrvává v klidu nebo v pohybu rovnoměrném přímočarém.