

1.2.1 Síly I

Předpoklady:

Pedagogická poznámka: Jak už bylo napsáno v úvodu, považuji dynamiku za nejobtížnější část středoškolské fyziky, právě proto, že studenti mají o fungování světa své (bohužel špatné představy) a ve fyzice nestačí jim pouze představit ty správné, musíte jim vyvrátit ty špatné.

Celý problém začíná už u špatného pochopení sil, proto obsahuje tato učebnici tuto hodinu, která zabývá něčím, co je obsahem učiva základní školy, ale studenti to v prvním ročníku neumějí (ve třech třídách jsem zatím nepotkal ani jednoho, který by dokázal nakreslit správně síly do obrázku kuličky rovnoměrně se kutálející po vodorovném stole).

Pedagogická poznámka: Přístup uvedený v této kapitole pro rozlišování sil se v učebnicích nepoužívá. Moje zkušenosti ho však ukazují jako jediný systém, který studenty naučí rozlišovat, co je možné považovat za sílu a co ne. Podle klasické definice uvedené níže studenti síly rozlišovat nedokáží.

Druhým cílem hodin je vyvrácení představy o setrvačnosti jako síle. Nesnažím se popírat, že něco jako setrvačnost existuje, ale zdůrazňuji, že o ní není možné uvažovat jako o síle, protože se od ostatních sil velmi liší (nesplňují podmínky na síly kladené). Přesto je třeba zdůraznit, že i po této hodině se najdou studenti, kteří budou „setrvačné“ síly z setrvačnosti kreslit. Je potřeba je sledovat a jejich blud jim vytrvale vyvracet.

Pedagogická poznámka: Je třeba si uvědomit, že se v této hodině snažíte přesvědčit studenty o něčem, čemu nevěří. Proto všechny síly, o kterých je v hodině řeč, při výkladu ihned demonstřuji.

Dosud jsme se zabývali způsoby, jak pohyb zachycovat a popisovat. Na tom není nic zvlášť užitečného, dokud nezjistíme, proč se tělesa pohybují. Poznání příčin pohybu (ke kterému budeme schopni jej popsat samozřejmě potřebovat) nám umožní předpovídat, co se stane. Právě schopnost předvídat je nejcennější předností fyziky a přírodních věd vůbec.

Pokud máme na stole stojící předmět (krabička od sirek) a chceme ho uvést do pohybu, potřebujeme jediné – strčit do krabičky prstem (zapůsobit na krabičku silou).

Pochopení pojmu síla i objasnění příčin pohybu se zdá velmi jednoduché a většina lidí má pocit, že tomu přirozeně rozumí. Bohužel je to přesně naopak.

Na tomto problému ztroskotali i staří Řekové a objev zákonů pohybu odstartoval rozlet vědy i člověka až v 17. století. Ani dnes není situace o mnoho lepší a dokonce i velká většina gymnazistů zcela v rozporu s tím, co se učili ve škole, uvažuje v běžném životě stejným způsobem jako lidé ve starověku.

Protože pohyb předmětů rozhodujícím způsobem ovlivňují síly, musíme si nejdříve důkladně vyjasnit, co pojem síla znamená.

Definovat jednoznačně sílu je (stejně jako ostatních základních veličiny) těžké, pro naše potřeby bude stačit, definice ze základní školy:

Síla je fyzikální veličina, která popisuje vzájemné působení těles.

Síla je vektorová veličina (je určena velikostí a směrem).

Existuje mnoho druhů sil:

- gravitační
- magnetická
- elektrická
- třecí
- tlaková
- atd.

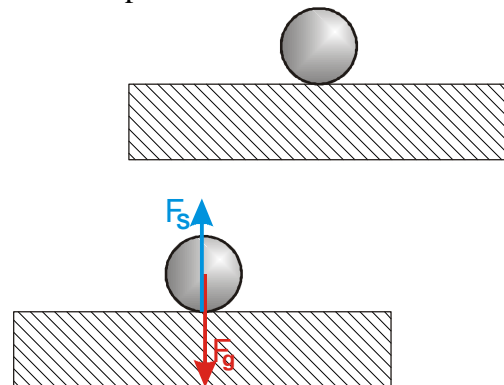
Př. 1: Mezi gravitační, magnetickou a elektrickou silou na straně jedné a třením nebo tlakovou silou na straně druhé je zásadní rozdíl. Jaký?

Gravitační (magnetická, elektrická) síla působí na dálku. Předměty, které na sebe těmito silami působí se nemusí dotýkat.

Třecí (tlaková) síla působí pouze při vzájemném kontaktu.

Síly mohou působit na dálku (gravitační, elektrická, magnetická) nebo pouze při vzájemném kontaktu předmětů (tření, dotykové síly).

Př. 2: Na obrázku je nakreslena kulička ležící na stole. Nakresli do něj všechny síly, které působí na kuličku.



Na kuličku působí dvě síly:

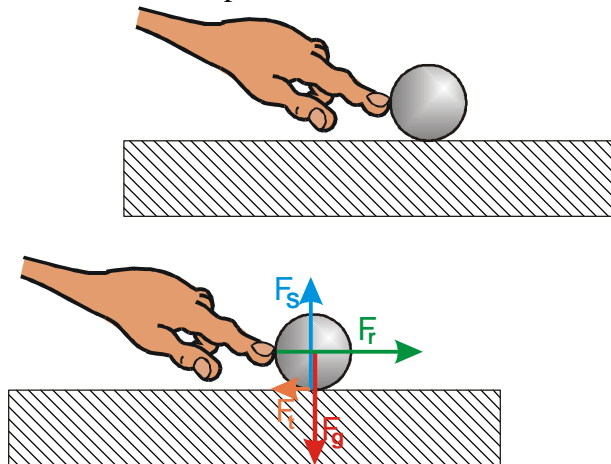
- gravitační síla Země F_g ,
- tlaková síla od stolu F_s .

Obě jsou stejně velké, mají opačný směr a jejich působení se navzájem ruší.

Dodatek: Obě síly působí na svislé přímce procházející středem kuličky, měly by se tedy překrývat. Pak by však ta vrchní vypadala větší. Zvolili jsme proto menší zlo a nakreslili síly trochu vedle sebe, aby bylo vidět, že jsou stejně dlouhé.

Pedagogická poznámka: Zejména kvůli budoucnosti je dobré už v tomto okamžiku trvat na tom, aby studenti kreslili počáteční body šipek do působišť sil. Tady opět nepomáhá nic jiného, než nechat studenty, aby síly kreslili sami a opravovat jejich špatné obrázky.

Př. 3: Do kuličky z předchozího příkladu cvrnká prst. Nakresli opět všechny síly, které na kuličku působí.

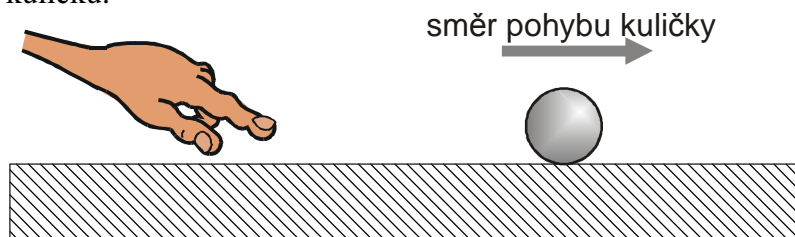


K silám z předchozího příkladu přibyly:

- doprava působící síla od prstu F_r ,
- doleva působící tření F_f , které se snaží kuličku zastavit.

Síla ruky je větší než tření a kulička se rozjede doprava.

Př. 4: Další obrázek zachycuje situaci o chvíli později. Ruka už se kuličky nedotýká, ale kulička se stále kutálí doprava. Dokresli do obrázku všechny síly, které působí na kuličku.

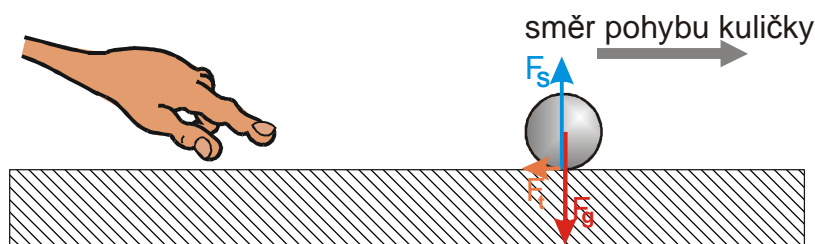


Situace je skoro stejná jako v předchozím případě, na kuličku působí opět čtyři síly, ale setrvačná síla od ruky už je menší než předtím.



Předchozí odpověď je sice častá (lépe řečeno, takto odpovídají téměř všichni), ale přesto **špatná**:

- Na kuličku působí pouze tři síly.
- Na kuličku nepůsobí žádná „setrvačná síla od ruky“. Na kuličku působila ruka pouze, když se kuličky dotýkala (jde o tlakovou sílu působící pouze při doteku). Od okamžiku, kdy se kuličky ruka přestala dotýkat, už na ni tato síla nepůsobí.



Pedagogická poznámka: Běžně v učebnici neuvádím špatné odpovědi, ale v tomto případě činím výjimku. Prakticky se nestává, že bych od dětí, které přijdou ze ZŠ, slyšel něco jiného.

Ruka působící na kuličku v příkladu 3 doopravdy na kuličce něco změní a tato změna v kuličce „zůstává“ dokud se pohybuje. Ale tuto změnu ve stavu kuličky nemůžeme považovat za sílu (situaci si vyjasníme v přespříští hodině).

⇒ Musíme zpřesnit definici síly, například tím, že si vyjasníme podmínky, které musí splňovat každá síla.

Poznámka: Například si můžeme určit, že auto je každé vozidlo, které má čtyři kola a motor. Je jasné, že autem není ani motorka (i když má motor, chybí jí čtyři kola) ani přívěsný vozík za nákladní automobil (má čtyři kola, ale nemá motor).

Dvě podmínky najdeme snadno, z pouhého přehledu sil schválených v předchozích příkladech:

- Země přitahuje kuličku gravitační silou směrem dolů.
- Stůl působí na kuličku silou a nadzvedává ji.
- Stůl brzdí třením kuličku a zastavuje ji.
- Prst strčí do kuličky silou a rozpohybuje ji.

⇒ u každé síly je možné nalézt těleso, které ji způsobuje (**původce**), a těleso, na které síla působí (**cíl**).

Př. 5: Označ u čtyř probíraných sil původce a cíl.

Původce sil je označen červeně, cíl je označen modře.

Země přitahuje **kuličku** gravitační silou.

Stůl působí na **kuličku** silou a nadzvedává ji.

Stůl brzdí třením **kuličku** a zastavuje ji.

Prst strčí do **kuličky** silou a rozpohybuje ji.

Pedagogická poznámka: V hodinách předchozí příklad přeskakují. Studentům je to jasné, jde spíš o značení ve zbytku kapitoly.

Pedagogická poznámka: Ve zbytku této hodiny projektor příliš nepoužívám. Zadání si řekneme, jde o jednoduché úkoly.

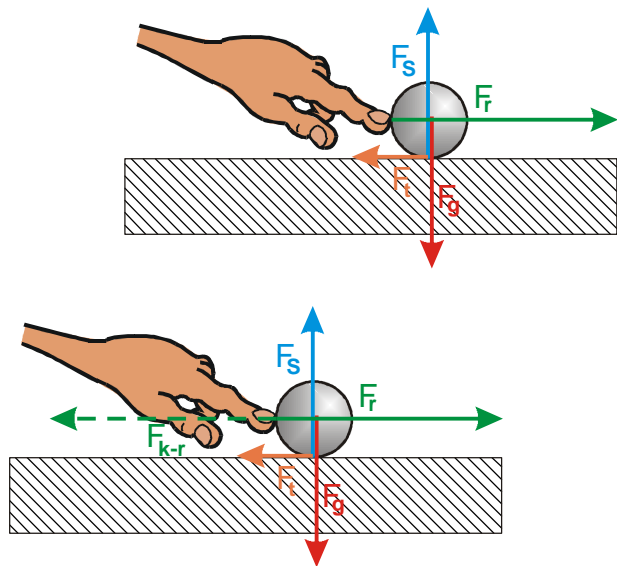
Třetí podmínka je pozorovatelná hůře.

Při cvrnkání do kuličky cítíme, jak nás kulička tlačí do prstu (u těžké kuličky a velkého cvrnknutí to bolí) ⇒ když působíme prstem na kuličky, působí i kulička na prst.

- Prst působí silou (cvrnká) na kuličku, kulička působí silou (tlačí) na prst \Rightarrow zkoumaná dvojice sil má prohozené role původce a cíl.
- Obě síly ve dvojici se spolu zvětšují nebo zmenšují (když víc cvrnkneme, víc to bolí a kulička se víc rozjede).
- Obě síly nemohou existovat jedna bez druhé (není možné cvrnknout prstem do kuličky, aniž bychom to cítili).

Poznámka: Předchozí tři vlastnosti dokonale naplňují definici síly jako „vzájemného působení dvou těles“.

Př. 6: Nakresli do obrázku čárkovaně sílu kuličky na prst.



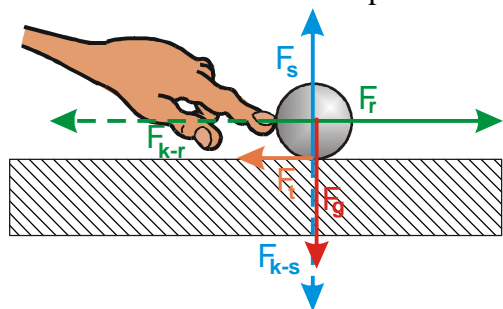
Síla má opačný směr než síla, kterou prst tlačí na kuličku.

Shrneme to: Jestliže působí ruka na kuličku, objeví se i její „partnerská síla“, kterou působí kulička na ruku. Tato síla má prohozenou dvojici původce-cíl, opačný směr, stejnou velikost a vzniká a zaniká současně se silou ruky na kuličku.

\Rightarrow Pokud je existence partnerské síly třetí vlastností, kterou musí splňovat všechny fyzikální síly, musíme najít partnerské síly ke všech zbývajícím silám na obrázku ruky cvrnkající do kuličky.

Př. 7: Najdi partnerskou sílu k síle, kterou stůl působí na kuličku a dokresli ji do obrázku.

Partnerská síla je přesně popsána \Rightarrow stačí sledovat její vlastnosti a konkretizovat podle síly stolu na kuličku \Rightarrow kulička působí na stůl, kolmo dolů stejně velkou silou.

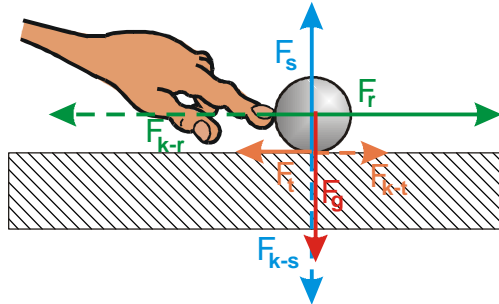


Jediný problém: nevypadá to, že by kulička takovou silou na stůl opravdu působila, ale:

- Pokud bychom drželi kuličku v ruce cítili bychom její tlak.
 - Pokud by kulička byla položena list papíru, prohnula by ho.
 - Pokud by kulička byla těžší (třeba 500 kg) stůl by se prohnul (nebo prasknul).
- ⇒ Ačkoliv na první pohled není síla kuličky na stůl vidět, existuje a neprojevuje se, protože je relativně malá v porovnání s konstrukcí a účelem stolu.

Př. 8: Najdi partnerskou sílu k třecí síle, kterou stůl brzdí kuličku a dokresli ji do obrázku. Proč není tato síla na první pohled viditelná?

Partnerská síla je přesně popsána ⇒ stačí sledovat její vlastnosti a konkretizovat podle třecí síly stolu na kuličku ⇒ kulička působí na stůl třecí silou, směrem doprava.



Třecí síla stolu, která brzdí kuličku je velmi malá (zastavení kuličky jí trvá velmi dlouho) ⇒ její působení na daleko těžší stůl nebude viditelné.

Snadno můžeme najít situace, kdy je třecí síla předmětu na podložku dobře vidět:

- Na stůl položíme papír a teprve po něm táhneme krabičku (kvádřík) ⇒ papír se začne pohybovat ve směru pohybu krabičky (ve směru třecí síly krabičky na papír).
- Koberec se shrne ve směru, kterým po něm šoupeme skříní.
- Od kol zrychlujícího auta odskakují kamínky.

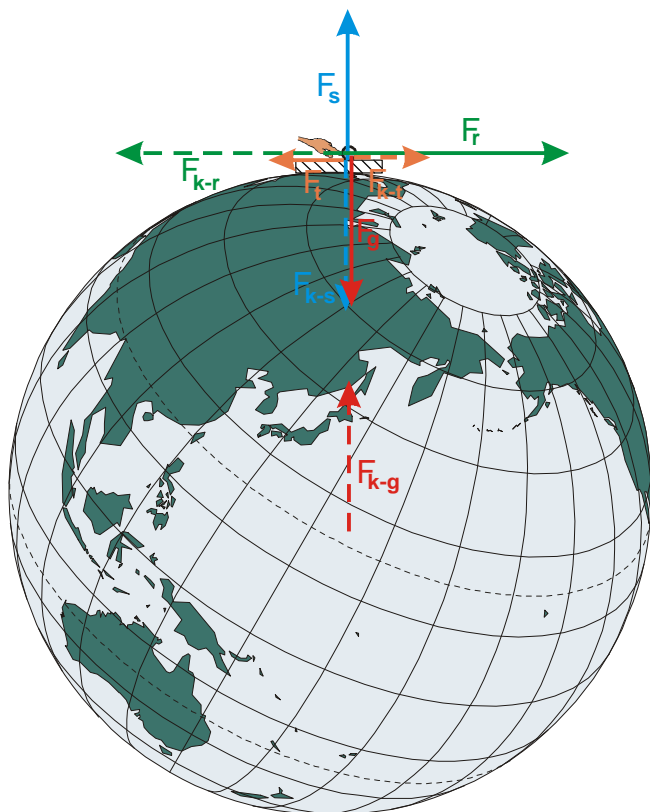
Př. 9: Najdi partnerskou sílu ke gravitační síle, kterou přitahuje Země kuličku.

Partnerská síla je přesně popsána ⇒ stačí sledovat její vlastnosti a konkretizovat podle gravitační síly Země na kuličku ⇒ kulička působí na Zemi gravitační silou směrem nahoru.

Zdá se neuvěřitelné, že by kulička měla táhnout Zemi nahoru. Když bychom kuličku zvedli a pustili, tak by kulička měla padat dolů a Země by měla letět nahoru. Nic takového nevidíme. Síla, kterou ji kulička přitahuje Zemi nahoru je na obrovskou hmotnost Země strašlivě malá. Zatímco kulička váží třeba 0,1 kg, váží Země přibližně 60000000000000000000000000000000 kg. S tak obrovskou hmotností nedokáže síla, která přitáhne kuličku k Zemi viditelně pohnout.

Pokud má být síla, kterou přitahuje Zemi vidět, musí být předmět daleko těžší než kulička. Země přitahuje gravitační silou Měsíc (drží ho na oběžné dráze) a Měsíc působí gravitační silou na Zemi (způsobuje příliv a odliv).

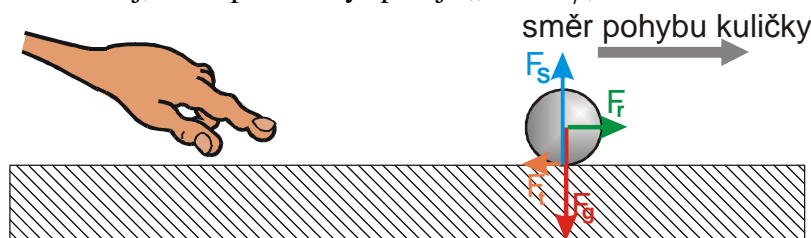
Pokud budeme chtít partnerskou sílu ke gravitačnímu přitahování nakreslit, musíme použít trochu jiný obrázek:



U každé pravé síly musíme nalézt:

- * **původce** (těleso, které ji způsobuje),
- * **cíl** (těleso, na které působí),
- * **partnerskou sílu** (sílu, která má obrácenou dvojici původce-cíl, stejnou velikost, opačný směr a vzniká a zaniká současně).

Př. 10: Zkontroluj, které podmínky splňuje „síla“ F_r , nakreslená v následujícím obrázku:



- Původce: pro „sílu“ F_r **nemůžeme nalézt původce**. Ruka nemůže být původcem této „síly“, protože rukou nemůžeme působit na dálku (ruka působí pouze přímým dotykem).
- Cíl: cílem „síly“ F_r je kulička.
- Partnerská síla: **nejde nalézt partnerskou sílu**. Když nemáme původce nemáme ani cíl, na který by partnerská síla mohla působit.

⇒ Šipka s popisem F_r neznázorňuje sílu.

I ve fyzice používáme pojem „setrvačnost“, který souvisí s tendencí předmětu setrávat ve svém pohybu (kulička setrává v pohybu, do kterého ji uvedla ruka).

V žádném případě nemůžeme považovat setrvačnost za druh síly, kterým ruka působí na kuličku i poté, co se jí přestala dotýkat.

Setrvačnost není síla.

Shrnutí: U každé síly musíme najít původce, cíl a partnerskou sílu. Veličiny, které tyto podmínky nesplňují, nemůžeme považovat za síly.