

Síla a její znázornění.....	2
Gravitační síla	3
Převody jednotek, opakování	4
Skládání dvou sil stejného směru.....	5
Skládání dvou sil opačného směru.....	6
Rovnováha sil	7
Těžiště tělesa.....	8
Posuvné účinky síly – Zákon síly.....	9
Zákon setrvačnosti	11
Zákon vzájemného působení síly (akce a reakce)	13
Otáčivé účinky síly	14
Páka, rovnovážná poloha páky, užití páky v praxi	15
Kladka	16
Tlaková síla, tlak	17
Třecí síla	18

Síla a její znázornění

Jaké jsou účinky síly na těleso?

Působí-li ruka na vozík, může ho – uvést do pohybu, zrychlit, zpomalit, zastavit, změnit směr jeho pohybu, změnit jeho tvar = zdeformovat

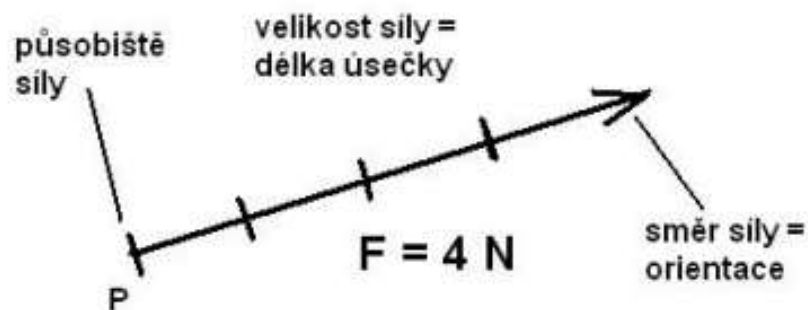
Co musíme o síle vědět, abychom mohli říct, jaké budou její účinky na těleso?

- jak je velká (větší síla $\rightarrow$ větší účinky)
- jakým směrem síla působí
- kde na těleso působí, tzv. působiště

Tedy:

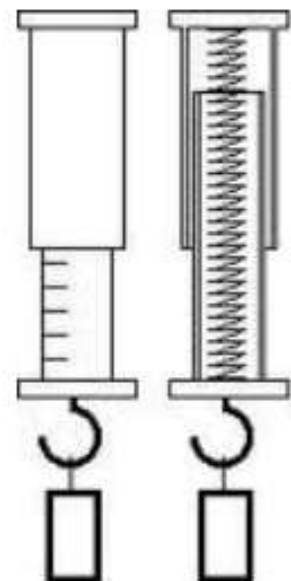
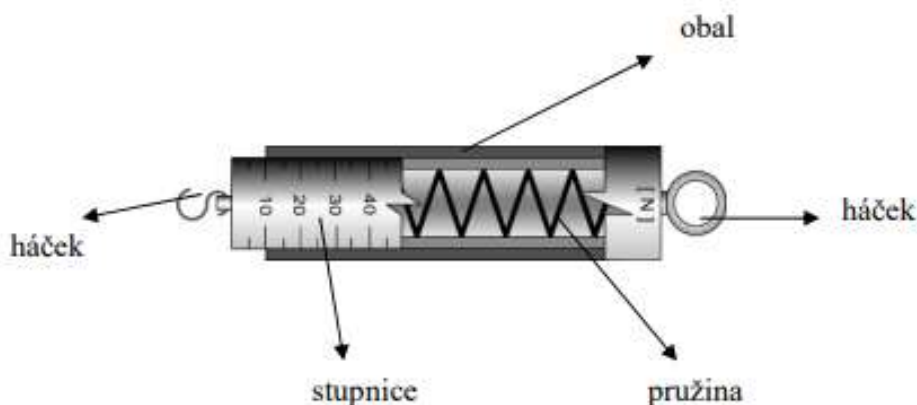
Sílu značíme F , jednotkou síly je 1 N (Newton). K jednoznačnému popisu síly musíme uvést nejen velikost síly, ale i její směr a působiště.

Sílu znázorňujeme úsečkou se šipkou. Délka úsečky odpovídá velikosti síly.



MĚŘENÍ SÍLY, SILOMĚR.

Sílu měříme pružinovým siloměrem. Jeho princip je založen na prodlužování pružiny v souvislosti s váhou závaží na ní – čím víc závaží, tím víc se pružina prodlouží.



JEDNOTKY SÍLY. GRAVITAČNÍ SÍLA.

Řekli jsme si, že na každé těleso působí gravitační síla. Ta je různě velká podle toho, jak je těžké těleso. Tohoto poznatku si všiml Isaac Newton, po kterém je také jednotka síly pojmenována.

Tedy:

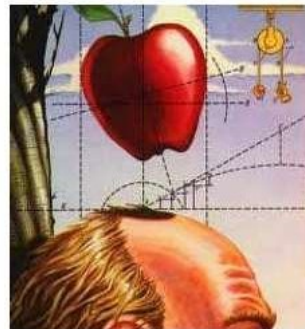
1 N je síla, kterou Země působí na těleso o hmotnosti 0,1 kg = 100 g.

Vedle jednotky 1 N se používají ještě další, a to:

1 kN = 1 000 N

1 MN = 1 000 000 N

1 mN = 0,001 N



Tedy:

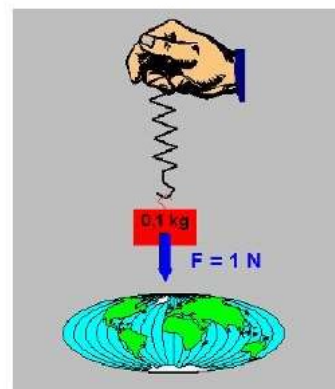
Gravitační síla, kterou Země působí na těleso v gravitačním poli, je přímo úměrná hmotnosti tělesa (čím těžší těleso, tím větší gravitační síla).

Velikost gravitační síly F_g , kterou Země působí na těleso o hmotnosti m (v kg), vypočítáme tak, že hmotnost tělesa vynásobíme gravitační konstantou $g = 10 \text{ N/kg}$, neboli

$$F_g = m \cdot g$$

Chceme-li vyjádřit hmotnost, opět si můžeme pomoci následujícím domečkem:

Nakresli domeček pro výpočet gravitační síly.



Příklad 1

Jak velkou gravitační silou působí Země na chlapce, který má hmotnost 45 kg?

$$m = 45 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$F_g = ? \text{ (N)}$$

$$F_g = m \cdot g$$

$$F_g = 45 \cdot 10$$

$$F_g = \underline{450 \text{ N}}$$

Na chlapce působí gravitační síla 450 N.

Příklad 2

Na jak těžké těleso působí gravitační síly 7 895 N?

$$F_g = 7\,895 \text{ N}$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$m = ? \text{ (kg)}$$

$$m = F_g : g$$

$$m = 7\,895 : 10$$

$$m = \underline{789,5 \text{ kg}}$$

1. Převed' jednotky síly:

N	250		3 250			20 500		35		430	
kN		0,355		5	0,003		0,250		4,5		0,04

2. Jaké síle odpovídá hmotnost:

- | | |
|---------------------|------------------------------|
| a) 150 g =N | b) 0,05 kg =g =N |
| c) 400 g =N | d) 4,5 kg =g =N |
| e) 2 500 g =N | f) 0,7 kg =g =N |
| g) 50 g =N | h) 10,5 kg =g =N |

- Jak velká gravitační síla působí na těleso o hmotnosti 65 kg?
- Jaká je hmotnost tělesa, na které působí gravitační síla o velikosti 240 N?
- Karlova aktovka váží 4 kg. Petrova aktovka má hmotnost 5 kg. Která z aktovek je k Zemi přitahována větší gravitační silou?
- Jak velkou silou přitahuje Země těleso o hmotnosti a) 0,2 kg, b) 150 g, c) 10,5 kg, d) 0,3 t, e) 500 g?
- Jaká je hmotnost tělesa, které je k Zemi přitahováno gravitační silou: a) 250 N, b) 3,4 kN, c) 8 N, d) 0,5 kN?
- V obchodě chlapec nakoupil 2 kg chleba, 3 kg brambor, 250 g másla, půl kilogramu cibule a 10 čtyřicetigramových rohlíků. Urči, jakou hmotnost měl nákup a jak velká síla působí na chlapcovu ruku, ve které nese tašku.

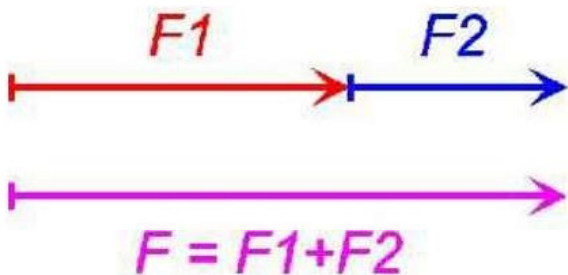
SKLÁDÁNÍ DVOU SIL STEJNÉHO SMĚRU.



V přírodě většinou na jedno těleso nepůsobí jen jedna síla, ale bývá jich více. Např. parašutista – působí na něj síla gravitační směrem dolů a síla odporu vzduchu směrem nahoru.

V některých případech lze najít jednu sílu, která bude mít na těleso stejný účinek jako všechny síly, které na těleso působily.

Síla, která má na těleso stejný účinek jako několik současně působících sil, se nazývá výsledná síla neboli výslednice. Výslednou sílu hledáme skládáním působících sil.



POKUS – SKLÁDÁNÍ SIL STEJNÉHO SMĚRU

na pružinu postupně zavěšovat více závaží působící silami stejného směru – dolů. Jak určíme výslednou sílu?

Nakresli a popiš: učebnice str. 40/ obr. 1.35 a, b, c

Tedy:

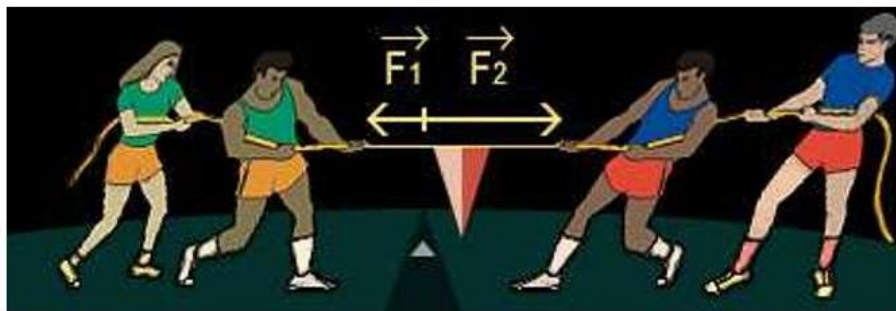
Výslednice dvou sil stejného směru má s oběma silami stejný směr a její velikost se rovná součtu velikostí obou sil, tj.

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

Pozn.

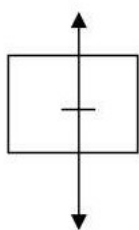
Posuvný účinek síly se nijak nezmění, posuneme-li působící sílu do jiného bodu těleso po přímce, ve které síla působí – např. vlak a dvě lokomotivy, jedna vepředu a druhá vzadu, obě táhnou vlak směrem dopředu jakoby byli u sebe.

SKLÁDÁNÍ DVOU SIL OPAČNÉHO SMĚRU.



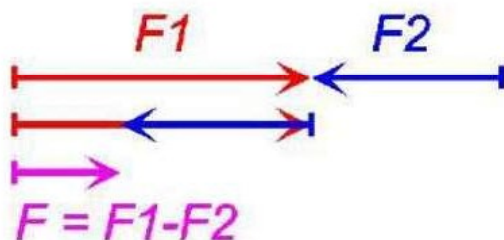
POKUS – SKLÁDÁNÍ OPAČNÝCH SIL

SKLONNÉ VÁHY, TĚLESO, SILOMĚR



Na těleso o hmotnosti $m = 0,5 \text{ kg}$ působí Země gravitační silou $F_1 = 5 \text{ N}$. Při pádu je nadlehčováno odporovou silou vzduchu, např. o velikosti $F_2 = 2 \text{ N}$. Jaká je výsledná síla?
Výsledná síla bude 3 N .

Působí-li na těleso v jednom místě dvě síly opačného směru, pak výsledná síla má stejný směr jako větší síla a velikost se rovná rozdílu velikostí obou sil, tj. $F = F_2 - F_1$



!!! Odečítáme vždy menší sílu od větší

PŘÍKLADY NA SKLÁDÁNÍ SIL.

Stejného směru

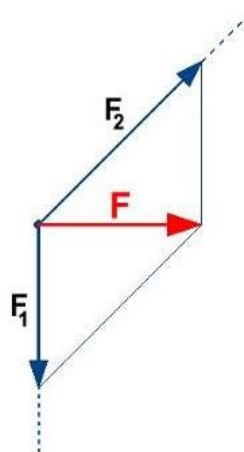
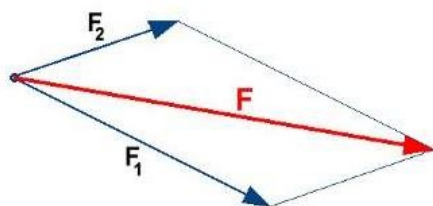
- graficky
- početně

Opačného směru

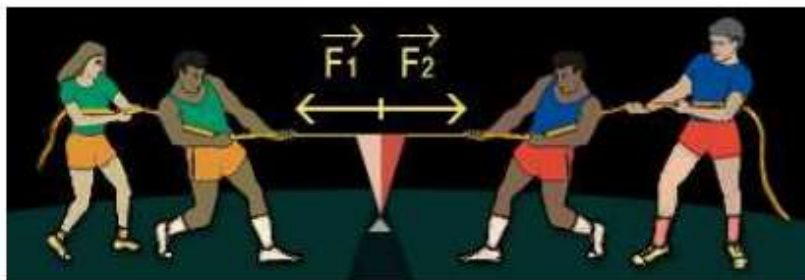
- graficky
- početně

Různého směru

- pouze graficky



ROVNOVÁHA SIL.



Někdy se může stát, že na těleso působí dvě stejně velké síly, ale opačného směru. Jaká bude výsledná síla, která bude na těleso působit?

POKUS

Sklonné váhy, těleso, siloměr – na sklonné váhy položíme těleso a ukážeme si, jakou silou na ně působí. Pak stejně velkou silou budeme působit na těleso a ručka na sklonných váhách bude na nule.

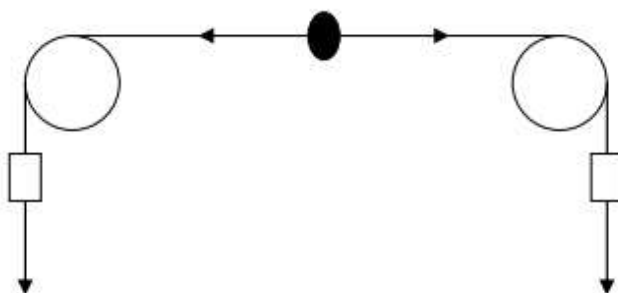


Tedy:

Dvě síly opačného směru a stejné velikosti, které působí současně na těleso v jednom bodě (přímce), mají nulovou výslednici.

Jaké jsou pohybové účinky?

Jestliže výsledná síla je nulová, působící síly jsou v rovnováze. Pohybové účinky těchto sil se vyrovnávají, tedy se s tělesem nepohne!



TĚŽIŠTĚ TĚLESA.



POKUS

Zkuste si na vodorovně natažený prst položit tužku tak, aby nespadla. Tužka z prstu nespadne tehdy, když ji podepřete v jednom speciálním bodě a o tom si řekneme něco více.

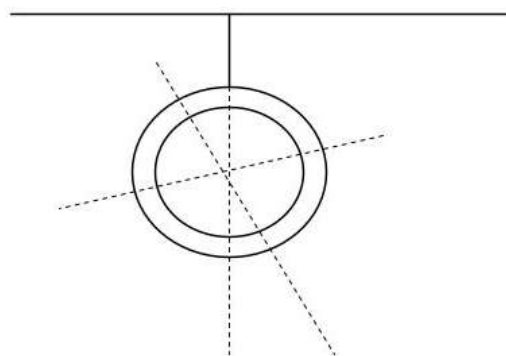
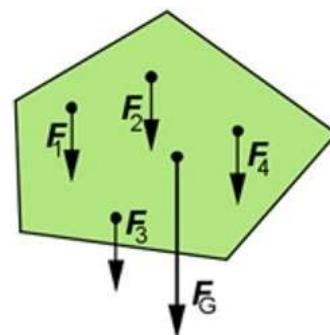
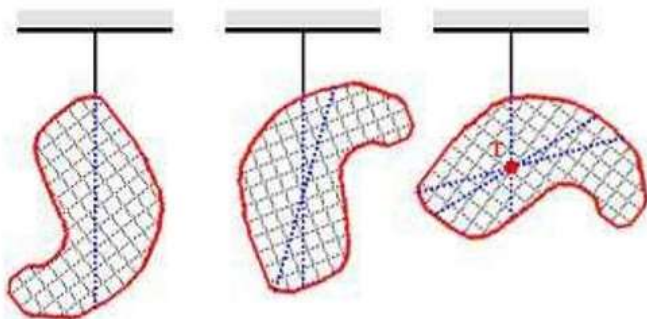
POKUS – URČENÍ POLOHY TĚŽIŠTĚ

Postupně budeme zavěšovat nějaké těleso a přikládat k němu v místě zavěšení olovnici. Znázorníme si na tělese svislé směry → ty se pak protnou v jednom bodě.

Bod T, ve kterém je těleso při zavěšení v klidu, se nazývá **těžiště tělesa**.

Těžiště tělesa:

- působíště gravitační síly F_g , která působí na těleso v gravitačním poli
- je jen jedno pro dané těleso
- jeho poloha závisí na rozložení látky v tělese
- těžiště nemusí ležet v tělese
- určíme ho pokusem

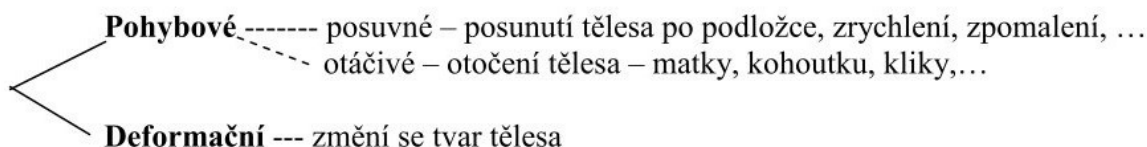


uvnitř – hruška, kruh, čtverec
mimo – obruč, prstýnek, dutá koule

POSUVNÉ ÚČINKY SÍLY.

POSUVNÉ ÚČINKY SÍLY. POHYBOVÉ ZÁKONY.

Působí-li na těleso síla, může mít na něj tyto účinky:

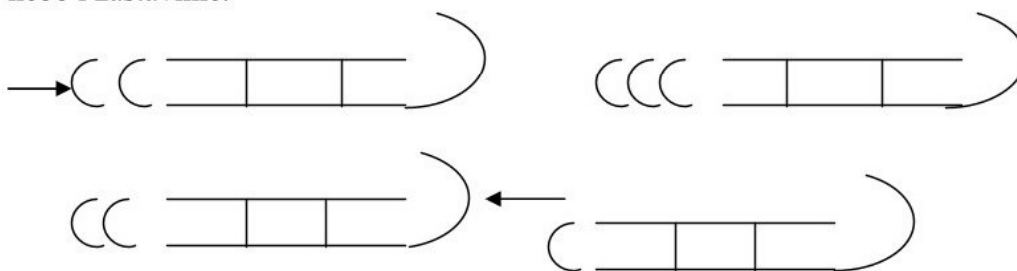


Nyní se budeme podrobněji zabývat posuvnými účinky síly, viz obr. v učebnici – chlapec a jeho působení na sánky.

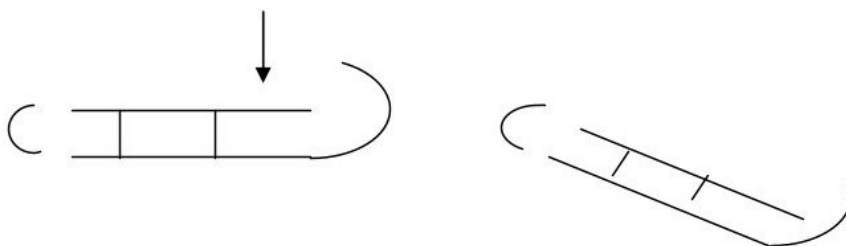
Na začátku máme sánky v klidu. Začneme-li na ně působit silou, uvedeme je do pohybu (v praxi – roztlačení auta, kola, ...).



Nyní máme sánky v pohybu. Opět na ně budeme působit silou. Pokud bude síla mít stejný směr jako sánky, dojde k jejich zrychlení. Pokud bude její směr opačný, sánky zpomalíme nebo i zastavíme.



Budeme-li na sánky působit z boku, dojde ke změně směru – zatočí se.



Tedy:

Působíme-li na těleso silou, měníme jeho rychlost nebo směr pohybu.

Na čem závisí velikost této změny? Na čem závisí pohybové účinky síly? Závisí na tom, jakou silou budeme na sánky působit? Závisí na tom, zda na sánkách někdo sedí? Závisí na tom, jak dlouho na ně působíme?

**Závisí na → velikosti působící síly
hmotnosti tělesa
době působení síly**

Pohybové účinky síly na těleso zkoumal **I. Newton**, který své poznatky zformuloval do třech pohybových zákonů:

1NPZ ... zákon setrvačnosti

2NPZ ... zákon síly

3NPZ ... zákon vzájemného působení dvou těles = zákon akce a reakce

URYCHLUJÍCÍ A BRZDNÉ ÚČINKY SÍLY NA TĚLESO. ZÁKON SÍLY.

Příklad se sáňkami vysvětluje právě jeden z pohybových zákonů, konkrétně ten prostřední – zákon síly.

2NPZ ... zákon síly:

Působí-li na těleso síla, mění se jeho rychlost nebo směr pohybu. Tzn., že těleso se z klidu uvede do pohybu, zrychlí, zpomalí, zastaví nebo zatočí.

Důsledky:

Čím větší silou budeme působit, tím větší změna se projeví.

Čím větší je hmotnost tělesa, na které působí síla, tím menší jsou změny pohybu.

Čím déle síla působí, tím větší změna se projeví.

Pozn.

Silám působícím proti směru pohybu se říká brzdné síly, jsou třecí nebo odporové, díky kterým těleso po určité době zastaví (pokud bychom přestali silou působit).

ZÁKON SETRVAČNOSTI.

Ze zkušenosti víme, že stojící těleso můžeme uvést do pohybu jen působením nějaké síly, např. stojící vozík uvedeme do pohybu, když ho začneme tlačit, do míče stačí jen kopnout, ...

Co se stane, když síla přestane působit? Zastaví se okamžitě? **NE**

Těleso setrvává v pohybu, i když na něj síla nepůsobí, ale díky brzdícím silám (tření) po určité době zastaví.

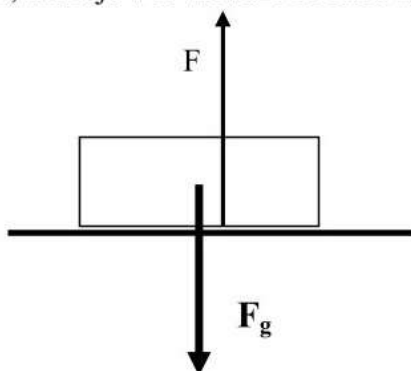
Jak by se těleso pohybovalo, kdyby brzdící síly nebyly? Zastavilo by se dříve?

Ne, těleso se pohybuje mnohem déle, až se zdá, že jde o pohyb rovnoměrný. V ideálním případě by nezastavilo nikdy.

Zdá se tedy, že tělesa jsou buď v klidu anebo v rovnoměrném přímočarém pohybu. A změnit to lze jen působením síly. Tuto myšlenku poprvé vyslovil Galileo Galilei a na základě pokusů ji později zformuloval Isaac Newton do zákona setrvačnosti:

Proč zůstává těleso na vodorovné podložce v klidu?

Na všechna tělesa na Zemi působí Země gravitační silou F_g svisle dolů. Je-li těleso na podložce, ta na něj působí silou F , která je v rovnováze se silou F_g . Výslednice obou sil je nulová.



1NPZ ... zákon setrvačnosti:

Těleso setrvává v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu, jestliže na něj nepůsobí jiná tělesa silou nebo působící síly na těleso jsou v rovnováze.

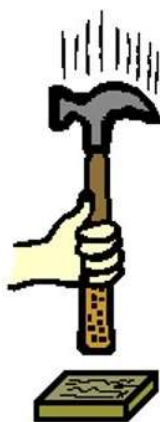
Obecná vlastnost těles setrvávat v klidu nebo v pohybu rovnoměrném přímočarém, nepůsobí-li na ně jiná tělesa silou, se nazývá setrvačnost těles.

Setrvačnost je vlastnost, se kterou se setkáváme denně v běžném životě:

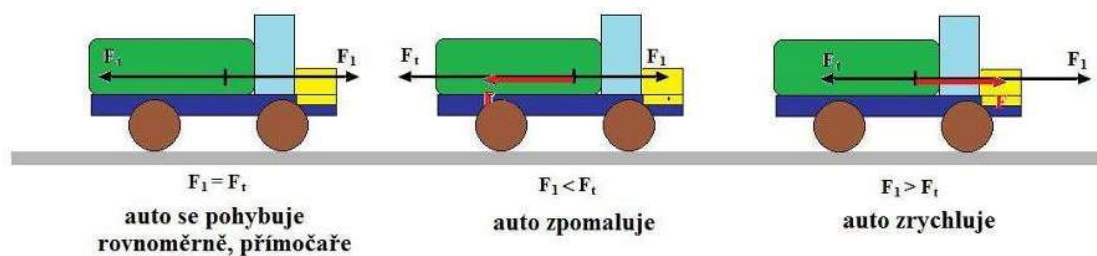
- a) brzdící auto nezastaví hned – díky setrvačnosti se ještě chvíli pohybuje
- b) když proběhnete cílem při běhu také nezastavíte hned, ale až po pár krocích
- c) když autobus prudce zabrzdí, cuknete sebou dopředu – chcete pokračovat díky setrvačnosti dále dopředu

- d) vyklepávání prachu z koberce, šatů – smetí díky setrvačnosti vypadne z koberce
- e) nasazování sekery (kladiva) na toporo – úderem o nějaký předmět se sekera posune dál na toporo – díky setrvačnosti totiž pokračuje dále v pohybu i když se toporo už zastavilo
- f) vyndávání obsahu masové konzervy
- g) při bruslení, jízdě na kole, ...
- h) posunování železničních vagónů
- i) zakopnete-li, padáte vpřed
- j) před vstupem na jezdící schody se nesmíte zastavit, ...

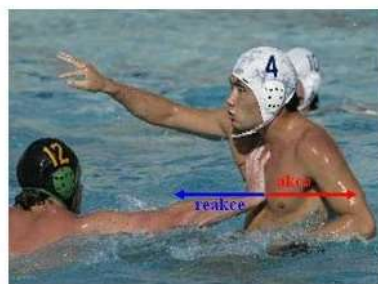
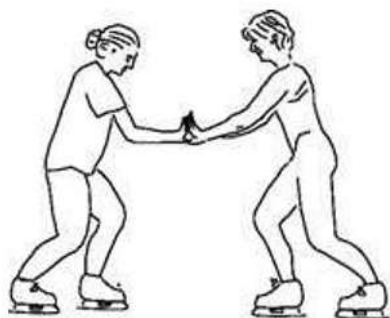
Ve všech případech zabrzdíme jednu část tělesa (např. šaty, držadlo, konzerva) a druhá část zůstává v pohybu (např. prach, sekera, maso).



Zákon setrvačnosti

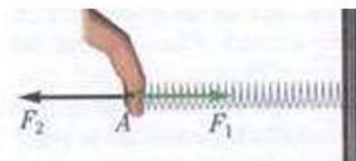


ZÁKON VZÁJEMNÉHO PŮSOBNÍ DVOU TĚLES (zákon akce a reakce)



Se vzájemným působením dvou těles jsme se již setkali:

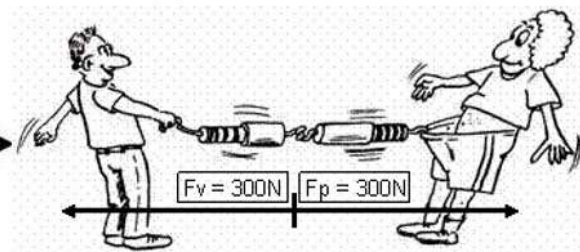
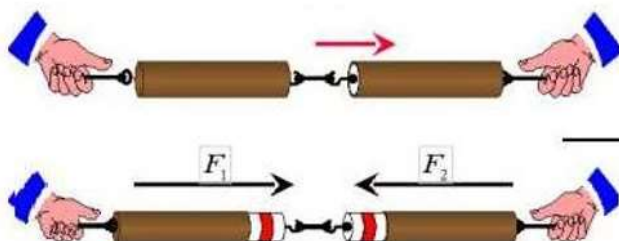
- ♦ působíme rukou na pružinu a ona působí na nás
- ♦ dva magnety se buď přitahují nebo odpuzují
- ♦ zelektrizovaná tělesa se buď přitahují nebo odpuzují



POKUS č. 1: dva žáci a siloměry

- ♦ jeden táhne za konec siloměru a druhý ne
 - ♦ druhý táhne za konec siloměru a první ne
 - ♦ oba táhnou za konce siloměrů
- na siloměrech bude vždy stejný údaj!!!**

POKUS č. 2: jeden siloměr upevníme a za druhý k němu přichycený budeme tahat – oba ukáží vždy stejný údaj.



Výsledky těchto pokusů potvrzují platnost posledního pohybového zákona:

3NPZ ... zákon akce a reakce

Působí-li jedno těleso na druhé, působí i druhé těleso na první stejně velkou silou opačného směru. Síly vzájemného působení (síly akce a reakce) vznikají a zanikají současně. Každá z nich působí na jiné těleso a proto nejsou v rovnováze (jejich účinky se nevyruší)

Důsledky:

Dvě loďky, chlapec v první loďce odstrčí druhou loďku. Co se stane? Budou se pohybovat obě a to od sebe.

Otáčivé účinky síly

Kde se uplatňuje otáčivý účinek síly?

- dveře, kohoutek, ventilátor, ručičkové hodiny, šroubovák, volant, ...

Otáčivé účinky síly závisí na:

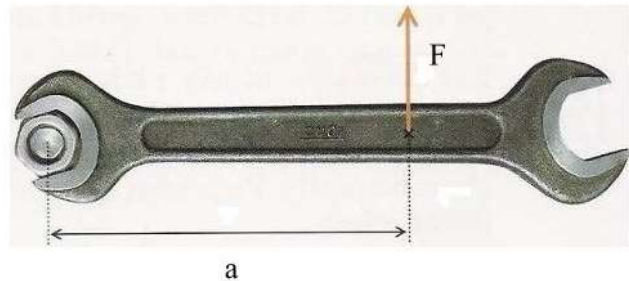
- na velikosti síly
- na vzdálenosti síly od osy otáčení

Otáčivé účinky síly popisuje **moment síly**.

Značka: M

Vzorec pro výpočet: $M = F \cdot a$

Jednotka: N.m (newtonmetr)



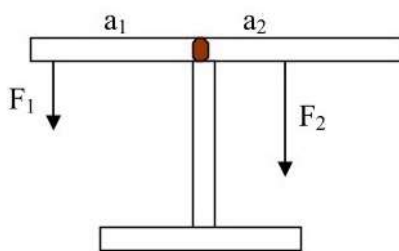
Moment síly závisí na velikosti síly a na vzdálenosti od osy otáčení.

Čím je velikost síly větší, tím je otáčivý účinek větší.

Čím větší je vzdálenost od osy otáčení, tím je otáčivý účinek síly větší.

Páka – tyč otáčíva kolem pevné vodorovné osy.

Platí, čím větší je hmotnost tělesa, tím blíže je k ose otáčení.



a_1 ...rameno na levé straně páky

a_2 ... rameno na pravé straně páky

F_1 ... síla působící na levé straně páky

F_2 ... síla působící na pravé straně páky

Aby byla páka v rovnováze musí platit:

$$M_1 = M_2$$

$$F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$$

$$F_1 = \frac{F_2 \cdot a_2}{a_1} \quad F_2 = \frac{F_1 \cdot a_1}{a_2}$$

$$a_1 = \frac{F_2 \cdot a_2}{F_1} \quad a_2 = \frac{F_1 \cdot a_1}{F_2}$$

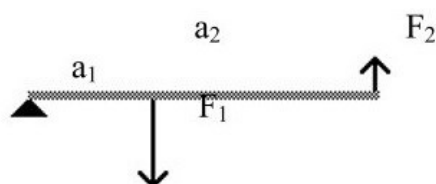


Páka, rovnovážná poloha páky, užití páky v praxi

S pákou se setkáváme téměř všude, neboť je součástí mnoha strojů a zařízení. Páku používáme: ke zvedání těles, při veslování, otvírání plechovek, stříhání, otvírání lahví, posilování,

Zatím jsme pracovali s pákou, na kterou působily dvě síly, přitom každá byla na jiné straně – **páka dvojzvrtná.**

Ted' se podíváme na jiný typ – obě síly budou působit na jeden konec páky – **páka jednozvrtná.**



Aby byla páka v rovnováze musí platit:

- každá působí jiným směrem
- větší je blíže k ose otáčení

S tímto případem se setkáme např. u koleček, otvírák, louskáček, ...



I v tomto případě platí stejná rovnice pro rovnováhu páky:

$$F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$$

Rovnováha na páce je závislá na délce ramene síly.

Kladky

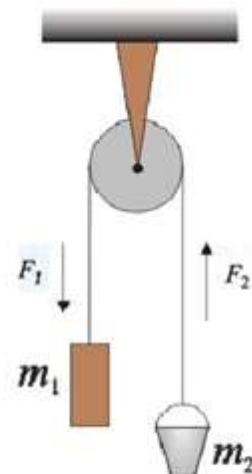
Video: <https://www.youtube.com/watch?v=zuNRMjZeZKA> <https://www.youtube.com/watch?v=qnd1QFi4Y-U>

Další příklad tělesa otáčivého kolem pevné osy je **kladka**.

a) **Pevná kladka** – kotouč otáčivý kolem pevné vodorovné osy, na obvodě má žlábek pro lano.

Pevná kladka je v rovnovážné poloze, pokud na oba konce lan působí stejně velké síly.

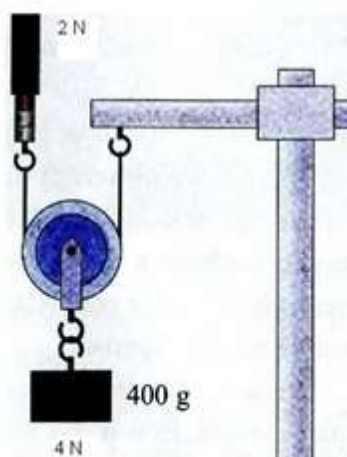
tj. $F_1 = F_2$



Výhoda pevné kladky je pouze v tom, že usnadňuje manipulaci s břemenem – táhnout za provaz směrem dolů je snazší než zvedat břemeno přímo vzhůru.

b) **Volná kladka**

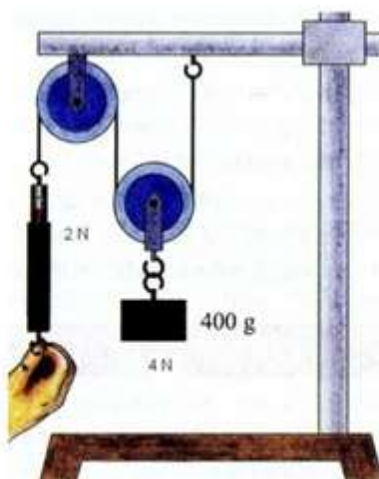
Volná kladka je v rovnovážné poloze, když na volný konec lana působíme silou **poloviční** velikosti, než je gravitační síla působící na zvedaný náklad.



c) **Kladkostroj**

Pokud volný konec lana volné kladky povedeme přes pevnou kladku, budeme táhnout **poloviční silou**. Takové zařízení se nazývá kladkostroj.

V praxi se používají kladkostroje složené z několika pevných a volných kladek, což umožní zvedat náklady ještě menší silou než při použití jednoduchého kladkostroje.



Tlaková síla, tlak

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=0ae-pDaUMEM>

Tlaková síla je celková síla, kterou působí jedno těleso na druhé kolmo na dotykovou plochu.

Tlaková síla může mít na těleso deformační účinek.

Deformační účinky síly závisí na velikosti působící síly a na ploše, na kterou síla působí. Čím větší síla, tím větší deformace, čím větší plocha, tím menší deformace.

TLAK

Značka p

Jednotka ... **1 Pa** (Pascal)

Vzorec ...

$$p = \frac{F}{S}$$

F ... působící síla

S ... plocha, na kterou síla působí

1 Pa ... tlak, který vyvolá síla 1 N působící na plochu o obsahu 1 m² ... (1 Pa = 1 N/m²).

Kromě této jednotky máme i další:

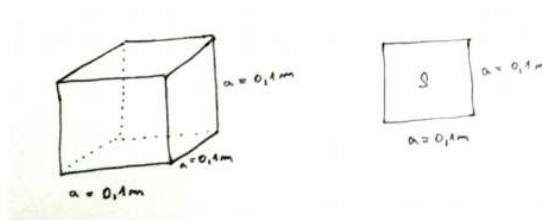
$$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kPa} = 1\,000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Mpa} = 1\,000\,000 \text{ Pa}$$

Příklad:

- $a = 0,1 \text{ m}$, $m = 2 \text{ kg}$, $p = ?$
- Určit sílu $F = F_g = m \cdot g = 2 \cdot 10 = 20 \text{ N}$
- Určit plochu $S = a \cdot a = 0,1 \cdot 0,1 = 0,01 \text{ m}^2$
- Určit tlak $p = \frac{F}{S} = \frac{20}{0,01} = 20 : 0,01 = 2000 \text{ Pa}$



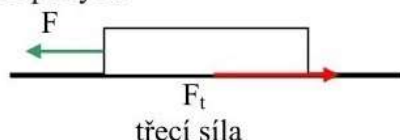
Třecí síla

Třecí síla vzniká při pohybu tělesa po podložce, např. při posunování židle. Jev, při kterém vzniká třecí síla, se nazývá tření.

Vlastnosti:

- Třecí síla působí vždy proti směru pohybu tělesa
- Působí v dotykové ploše pohybujícího se tělesa a podložky
- Má směr opačný než je směr pohybu tělesa

směr pohybu



Co je příčinou vzniku třecí síly?

- **Drsnost dotykových ploch** ... při vzájemném pohybu těles do sebe zapadají nepatrné nerovnosti dotykových ploch a tak brzdí pohyb
- **Silové působení částic v dotykových plochách** ... u hodně hladkých těles dojde k většímu přilnutí těles k sobě a jejich pohyb po sobě je pak náročnější a těžší (sklo)

Na čem závisí velikost třecí síly?

- **Třecí síla je přímo úměrná tlakové síle, kterou působí těleso kolmo na podložku** (tedy závisí na hmotnosti tělesa – čím těžší těleso, tím větší třecí síla)
- **Třecí síla také závisí na materiálu a drsnosti dotykových ploch** (čím drsnější podložka, tím je třecí síla větší)

Druhy třecích sil:

Pohybová ... má ji pohybující se těleso

Klidová ... má ji těleso v klidu, je větší než třecí síla pohybová

Smyková ... má ji těleso pohybující se přímo po podložce

Valivá ... má ji těleso pohybující se např. po válečcích, je tedy podloženo jinými tělesy a má menší dotykové plochy, je tedy menší než třecí síla smyková



smykové tření



valivé tření

VÝZNAM TŘECÍ SÍLY PRO POHYB TĚLES V PRAXI

Dosud jsme uvažovali o smykové třecí síle jako o jedné z brzdících sil při posuvném pohybu těles.

V tomto případě se **tření projevuje nepříznivě** – při vzájemném pohybu součástí strojů po sobě se součásti zahřívají, jejich dotykové plochy se odírají a stroj se rychle opotřebovává. Tření se projevuje nepříznivě např. i při lyžování, bruslení, na skluzavce, u dveří, ...

Proto se snažíme třecí sílu zmenšit – vodou, leštěním dotykových ploch, mazivem, atd.

V praxi se také používají kuličková nebo válečková ložiska (valivá třecí síla je menší než smyková, asi 20-30krát). Ložiska jsou důležitou součástí mnoha strojů a dopravních prostředků.



KDY JE TŘENÍ UŽITEČNÉ?

Kdykoliv se pohybujeme, potřebujeme třecí sílu.

- Bez ní bychom nemohli zabrzdit kolo nebo auto.
- Setkáváme se s ní i při našem pohybu.

Kdyby totiž neexistovala třecí síla mezi podrážkou bot a podlahou či chodníkem, nemohli bychom udělat ani krok, uklouzli bychom → proto se při náledí sypou chodníky, aby se zvýšilo tření. Na pneumatikách jsou vylisovány zářezy, aby se zvýšila třecí síla v místě dotyku kola s podložkou a snížilo se tak nebezpečí smyku.

Zkuste si představit, co by se stalo, kdyby klidová třecí síla neexistovala!

- Hřebíky by vypadly ze zdí
- Nábytek by klouzal po podlaze
- Každý uzel by se rozvázal
- Neudrželi bychom tužku v ruce
- Nemohli bychom kreslit a psát