

## Žákovská cvičení Rovnováha

Obj. číslo 116.2014



### Témata

1. Síly
2. Síly v akci
3. Hmotnost je také síla
4. Pružnost
5. Závěsná váha
6. Další druhy sil
7. Jak se síly sčítají?
8. Konstrukce rovnoběžníku sil
9. Součet paralelně působících sil
10. Třecí síla
11. Těžiště
12. Jak můžeme naši sílu efektivně využít?
13. Rovnováha tyče
14. Jednoduché stroje
15. Dvojitá páka
16. Jednostranná páka (břemeno mezi osou otáčení a vyrovnávací silou)
17. Jednostranná páka (vyrovnávací síla mezi osou otáčení a břemenem)
18. Příklady pák
19. Kladky
20. Pevné kladky
21. Volné kladky
22. Kladkostroj
23. Nakloněná rovina

---

CONATEX – DIDACTIC UCEBNI POMUCKY s.r.o. – Velvarská 31 – 160 00 Praha 6

Tel.: 224 310 671 – Tel./Fax: 224 310 676

Email: [conatex@conatex.cz](mailto:conatex@conatex.cz) – <http://www.conatex.cz>

24. Tlak
25. Rovnováha sil v kapalinách
26. Tlak, který vzniká vlastní vahou kapaliny
27. Rovnováha tlaku v propojených nádobách
28. Manometr: jak se měří tlak?
29. Existence vzduchu
30. Atmosférický tlak

## Obsah

- 1 pokusný provázek
- 1 tyč s hákem
- 1 dvojitá svorka
- 4 kotoučová závaží po 50 g
- 1 deska s těžištěm
- 1 sada závěsných závaží (10 ks po 50 g)
- 1 skládací metr
- 1 rameno páky
- 1 nakloněná rovina s vodicí kladkou
- 1 autíčko
- 2 kladky s háky
- 1 závěsná váha
- 1 papírový úhломěr
- 1 PVC tyčka
- 1 tyčový magnet
- 1 ocelová pružina
- 1 list tvrdého papíru
- 1 skládací tyč stativu
- 1 závěs pro rameno páky
- 2 kladky na tyči
- 1 tlakové zařízení (3 stříkačky různého průřezu)
- 1 U manometr
- 1 gumová hadice
- 1 trychtýř
- 1 válcová odměrka
- 1 odměrka 250 ml
- 1 trojnožka
- 1 gumový míček
- 1 stříkačka 100 ml
- 1 zkumavka
- 1 plastový kufr

**Přehled pomůcek**



Experimentierschnur	pokusný provázek
Stab mit Haken	tyč s hákem
Doppelmuffe	dvojitá svorka
Schwerpunktplatte	deska s těžištěm
Hakengewicht	závěsné závaží
Zollstock	skládací metr
Rolle mit Haken	kladka s háky
Schiefe Ebene mit Umlenkrolle	nakloněná rovina s vodící kladkou
Federwaage	závěsná váha
Gradscheibe aus Papier	papírový úhloměr
Hebelarm	rameno páky
Stahlfeder	ocelová pružina
PVC-Stab	PVC tyčka
Stabmagnet	tyčový magnet
Spritze 100 ml	stříkačka 100 ml
Karte	list tvrdého papíru
Aufhängung für Hebelarm	závěs pro rameno páky
Rolle auf Stab	kladka na tyči
Zerlegbarer Stativstab	skládací tyč stativu
Gummischlauch	gumová hadice
Druckgerät	tlakové zařízení
Reagenzglas	zkumavka
Trichter	trychtýř
Messbecher	odměrka
Dreifuß	trojnožka
Fahrbahnwagen	autíčko
Messzylinder	válcová odměrka
U-Rohr-Manometer	U manometr
Scheibengewicht 50 g	kotoučové závaží 50 g
Gummiball	gumový míček

## Úvod

Pro mnohé pokusy potřebujete trojnožku se stativem. Spojte nejprve obě části tyče. Pro utažení šroubů použijte tyč s hákem. Našroubujte tyč stativu do trojnožky pomocí přiloženého šroubu s rýhovanou hlavou. Tyč s háky upevněte rovněž pomocí šroubu s rýhovanou hlavou (viz následující obrázky).



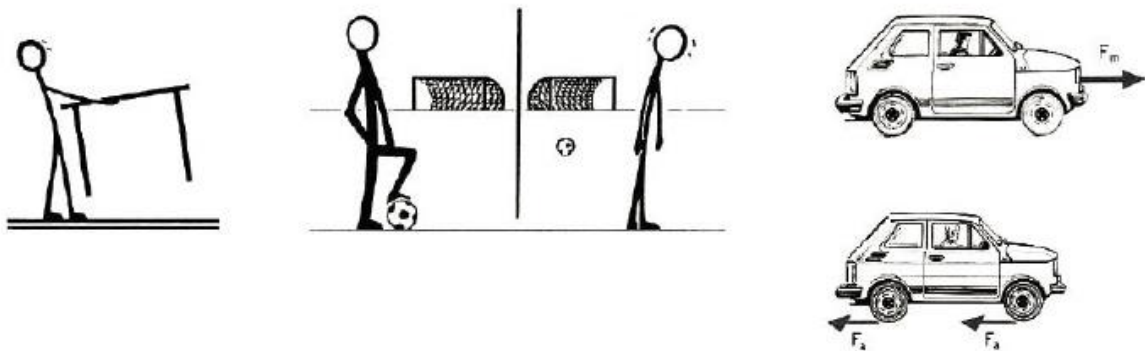
## 1. Síly

V našem každodenním životě se setkáváme s četnými jevy, které nás intuitivně konfrontují s pojmem síla.

Chcete-li pohnout s nějakým předmětem, musíte jej často nadzvednout, přičemž používáte sílu svých svalů.

Při hraní fotbalu uvádíte míč do pohybu pomocí svalů nohou a chodidel.

Abychom se rozjeli s autem, musíme nádrž naplnit palivem; palivo je spalováno motorem a převodovkou je pak tato síla přenášena na kola. Pro zastavení auta musíme sešlápnout brzdu, k čemuž je rovněž zapotřebí síly.



Seznam sil vyskytujících se v přírodě je velmi dlouhý:

**gravitace, elektrická síla, magnetická síla, pružnost, třecí síla, jaderná síla atd.**

Každá z těchto sil se projevuje svými charakteristickými vlastnostmi. Abychom je od sebe rozlišili, musíme vědět následující:

- Co tuto sílu vyvolává?
- Jaký vliv má tato síla na volně se pohybující předměty?
- Jaký vliv má tato síla na pevné předměty?
- Jak můžeme jednotlivé síly navzájem rozlišit?
- Jakými měřicími prostředky můžeme změřit velikost této síly?
- Jaké síly se mohou složit dohromady?
- Jak je možné sílu zvětšit?

Odpovědi na tyto otázky – a něco navíc – se naučíte při provádění pokusů popsanych v tomto návodu.

## 2. Síly v akci

Existují předměty, s nimiž je možné pohybovat. Jiné předměty jsou zase pevné. Pohnout můžete například tužkou nebo automobilem, naopak zdí pohnout nemůžete. Je zajímavé sledovat působení síly na dva různé předměty. Proveďte na toto téma následující jednoduchý pokus.

### Pokus 1

Potřebné pomůcky: 1 autíčko, 1 pokusný provázek

Postavte autíčko na rovný stůl a připojte k němu kousek provázku. Zatáhněte za konec provázku.

Jak označujeme sílu, která vznikne, zatáhnete-li za provázek?

Postrčte nyní autíčko prstem. Jak označujeme tuto sílu?

Co tyto akce způsobí?



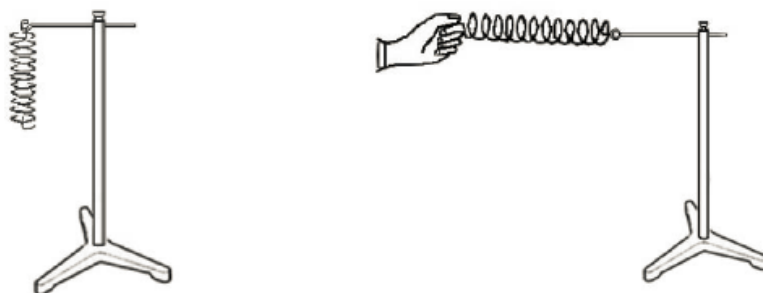
### Pokus 2

Potřebné pomůcky: 1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 tyč s hákem, 1 ocelová pružina

Po montáži stativu pověste ocelovou pružinu na hák a napněte ji rukou tak, jak je uvedeno na následujícím obrázku. Jaký efekt má tato akce na pružinu?

Souhrnem lze říci:

***U volně stojícího předmětu způsobuje vyvozená síla pohyb nebo ustálení klidové polohy, u pevně uchyceného předmětu způsobuje síla deformaci.***



### 3. Hmotnost je také síla

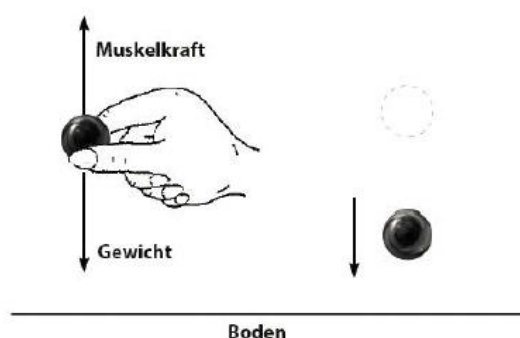
Jak jsme viděli, pokud na předmět působí síla, předmět se pohne ze své klidové polohy anebo se zdeformuje.

#### Pokus 3

Potřebné pomůcky: 1 gumový míček

Podržte míček v ruce v určité výšce nad podlahou. Vaše svalová síla vyrovnává jeho hmotnost. Míček zůstává v klidu. Jakmile jej pustíte, spadne na zem.

Jaká síla uvádí míček do pohybu?



Muskelfraft	Svalová síla
Gewicht	Hmotnost
Boden	Zem

#### Pokus 4

Potřebné pomůcky: 1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 tyč s hákem, 1 ocelová pružina, 1 sada závěsných závaží

Uspořádejte pokus tak, jak je znázorněno na obrázku vpravo.

V tomto případě není pružina volná, je upevněna k háku.

Jak ovlivňuje pružinu závěsné závaží, které je k ní zavěšeno?

Jaká síla způsobuje protažení pružiny?

Bylo by na základě předchozích pokusů správné tvrzení, že

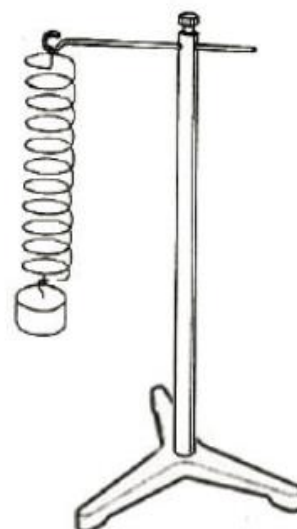
hmotnost tělesa představuje také sílu?

Proč mají všechna tělesa v blízkosti Země hmotnost?

Změnila by se hmotnost, pokud by se těleso nacházelo na

Měsíci?

Pokud se těleso od Země vzdaluje, bude jeho hmotnost růst nebo klesat?





#### 4. Pružnost

Necháme-li míček dopadnout na zem, několikrát poskočí, než zůstane ležet. Guma je pružný materiál.

Pokud je míček deformován vnější silou, působí proti této vnější síle vnitřní síla míčku, která jej v okamžiku, kdy na něj vnější síla přestane působit, vrací zpět do původního tvaru. Existuje celá řada jiných materiálů, které disponují různým stupněm této vlastnosti. V následující tabulce naleznete seznam materiálů; zakroužkujte ty materiály, o kterých si myslíte, že jsou pružné.

	<b>ocel</b>		<b>guma</b>		<b>vosk</b>
	<b>jíl</b>		<b>vzduch</b>		<b>sklo</b>
	<b>písek</b>		<b>papír</b>		<b>dřevo</b>

Ocelové pružiny jsou extrémně pružné. Pomocí ocelové pružiny obsažené v sadě můžete dokázat jeden důležitý zákon, který platí pro všechna pružná tělesa.

#### Pokus 5

Potřebné pomůcky: *1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 tyč s hákem, 1 ocelová pružina, 1 sada závěsných závaží, 1 skládací metr*

Smontujte stativ se spirálovou pružinou tak, jak je uvedeno na obrázku a změřte vzdálenost  $l_0$  mezi spodní hranou pružiny a stolem.



Zavěste na pružinu závěsné závaží o hmotnosti 50 g a zaznamenejte novou vzdálenost  $l_1$  mezi spodní hranou pružiny a povrchem stolu. Rozdíl  $l_0 - l_1$  odpovídá délce protažení pružiny při zatížení hmotností  $P$  závěsného závaží.

Zopakujte pokus s tím, že na pružinu zavěsíte dvě a poté tři závěsná závaží a poznamenejte si příslušnou délku protažení pružiny.

Vyplňte naměřené hodnoty do následující tabulky.

Výchozí délka	Zavěšená síla	Konečné protažení	Rozdíl
$l_0$	$P$	$l_1$	$l_0 - l_1$
$l_0$	$2P$	$l_2$	$l_0 - l_2$
$l_0$	$3P$	$l_3$	$l_0 - l_3$

S ohledem na malé odchylky způsobené nepřesnostmi měření zjistíte, že je změna vzdálenosti úměrně závislá na zavěšené síle. To znamená, že zdvojení nebo ztrojení síly způsobí dvojnásobné nebo trojnásobné protažení ocelové pružiny.

## 5. Závěsná váha

Vlastnosti ocelové pružiny umožňují za pomoci stupnice kalibrovaného měřidla přímé měření zavěšené síly. Závěsná váha v této pokusné sadě sestává z průhledného válce potaženého stupnicí a z vestavěné pružiny. Na spodní části pružiny se nachází tenká tyčka s ukazatelem a hákem.

Před každým měřením musí být závěsná váha vynulována, tzn., že šroub na horní straně zařízení musí být bez zavěšeného břemena nastaven tak, aby byl ukazatel na nule. Každá závěsná váha se vyznačuje maximální hodnotou (max. rozsahem měření), jíž může být zařízení zatíženo, aniž by hrozilo jeho poškození.

Závěsnou váhu použijte jednoduše tak, že na spodní hák zavěsíte předmět, který chcete zvážit, a na stupnici odečtete jeho hmotnost (viz obrázek dole).



Měrnou jednotkou síly je v systému mezinárodních jednotek (SI) jeden **Newton** (symbol: **N**).

Hmotnost závěsného závaží, které jsme používali v posledním pokusu, činí asi **0,5 N**.

Hmotnost je také udávána v kg. Platí tedy:

$$1 \text{ kg} = 9,8 \text{ N}$$

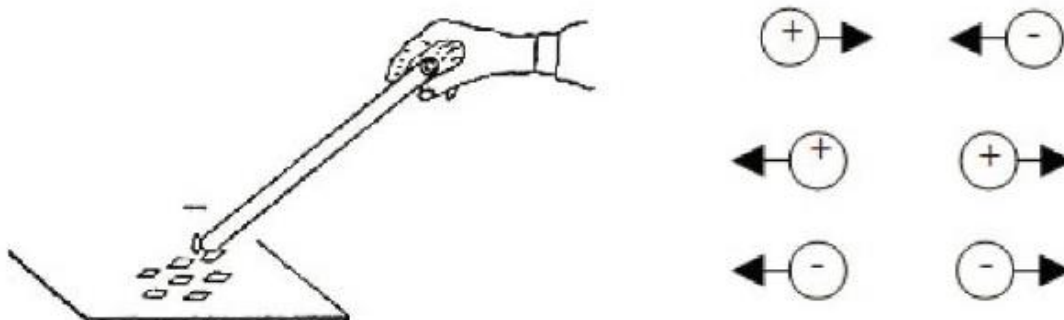
## 6. Další druhy sil

V předcházejících pokusech jsme se seznámili se svalovou silou, s gravitací, která působí na všechna tělesa na Zemi a s pružností. Existují však ještě další síly, se kterými se seznámíme v následujícím pokusu.

### Pokus 6

Potřebné pomůcky: 1 PVC tyčka, 1 hadřík, 1 list průsvitného papíru

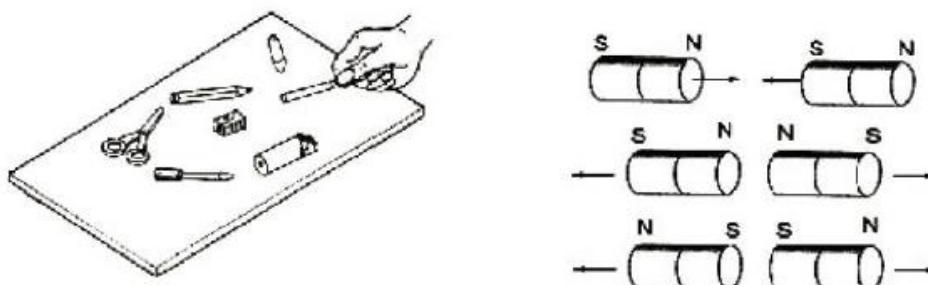
Natřete list průsvitného papíru na malé útržky a poté třete PVC tyčkou o hadřík. Tyčku přiložte k útržkům papíru. Uvidíte, jak jsou útržky papíru z určité vzdálenosti PVC tyčkou přitahovány. Síla, která působí mezi PVC tyčkou a útržky papíru, se nazývá **elektrická síla** (nebo také elektrostatická síla). Síly vznikající mezi nabitými tělesy působí přitažlivě při nespolečné polaritě nábojů a odpudivě při stejné polaritě nábojů (viz obrázek vpravo dole).



### Pokus 7

Potřebné pomůcky: 1 magnet, drobné předměty z různých materiálů

Položte na stůl různé drobné předměty, jako např. hřebík, kousek papíru, kancelářskou sponku apod. Jaké předměty budou magnetem přitahovány? Síla, která působí mezi magnetem a feromagnetickými materiály, se označuje jako **magnetická síla**. Magnet má bez ohledu na svůj tvar dva póly, zvané severní a jižní pól. Mezi stejnými póly dvou magnetů působí odpudivá síla, zatímco nespolečné póly dvou magnetů jsou k sobě přitahovány (viz obrázek vpravo dole).



## 7. Jak se síly sčítají?

Pokud k sobě přidáváte homogenní množství, pak toto množství sčítáte. Máte-li například tři tužky a dostanete další dvě, máte celkem 5 tužek. Nebo pokud máte v kýblu tři litry vody a přilijete k nim další tři litry, dostanete v součtu šest litrů vody.

Jak je tomu u sil? Jistě předpokládáte, že toto pravidlo platí i u nich. Následující pokus ukazuje, že tomu tak není vždy. Než s ním začnete, je dobré vědět, že pro síly jsou charakteristické čtyři veličiny:

- Bod, v němž síla působí
- Směr, kterým síla působí
- Účinek síly
- Intenzita síly

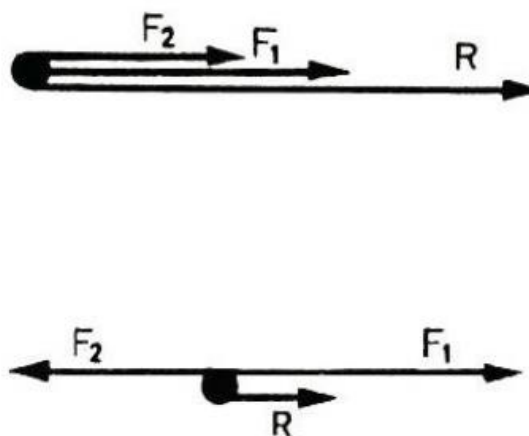
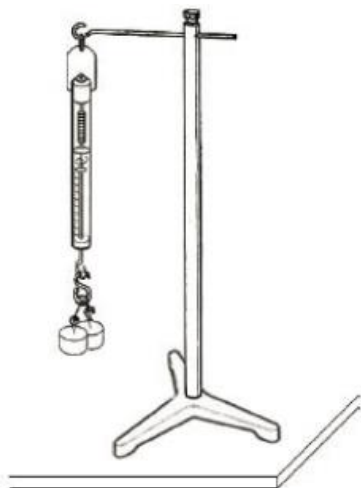


Kvůli těmto veličinám se síla graficky zobrazuje jako šipka zvaná **vektor**.

### Pokus 8

Potřebné pomůcky: 1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 tyč s hákem, 1 závěsná váha, 1 sada závěsných závaží, 1 pokusný provázek

Připravte pokus tak, jak je znázorněno vlevo dole. Vyvozené síly, každá o velikosti 0,5 N, působí v tomtéž bodě a v tomtéž směru.



Jak velký je součet sil?

Doplňte následující větu:

Pro výslednou sílu  $R$  dvou paralelních sil  $F_1$  a  $F_2$ , které působí ve stejném směru se stejným znaménkem, platí: Výsledná síla  $R$  odpovídá \_\_\_\_\_ (1) \_\_\_\_\_ jednotlivých sil.

(1) součtu

Jaký je výsledek, pokud síly působí ve stejném směru se stejnou intenzitou, ale s opačným znaménkem?

Pokud mají dvě síly stejnou intenzitu a působí ve stejném směru, ale mají opačné znaménko, je výsledkem nula, neboť se obě síly vyrovnají.

### Pokus 9

Potřebné pomůcky: *1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 tyč s hákem, 1 závěsná váha, 1 sada závěsných závaží, 1 pokusný provázek, 1 rameno páky, 1 závěs pro rameno páky, 2 kladky na tyči*

Smontujte zkušební sestavu dle obrázku vlevo dole a doplňte ji tak, jak je znázorněno na obrázku vpravo.



Jakou hodnotu ukazuje závěsná váha?  
Proč je naměřený výsledek menší než 1 N?

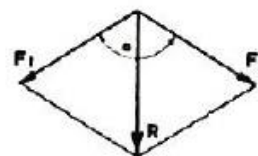
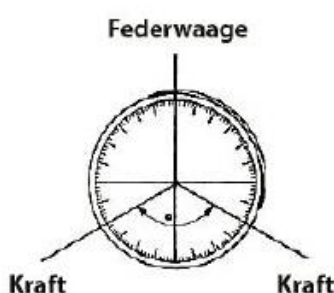
### 8. Konstrukce rovnoběžníku sil

V posledním pokusu jsme viděli, že se síly, které nepůsobí paralelně, zjevně aritmeticky nesčítají. Abychom porozuměli, proč tomu tak je, provedeme následující pokus.

### Pokus 10

Potřebné pomůcky: 1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 tyč s hákem, 1 závěsná váha, 1 sada závěsných závaží, 1 pokusný provázek, 1 rameno páky, 1 závěs pro rameno páky, 2 kladky na tyči, 1 úhломěr

Pomocí úhломěru zjistíte úhel, pod nímž pokusný provázek na závěsné váze působí. Tento úhel odpovídá za sílu, která působí na závěsnou váhu.



Federwaage	Závěsná váha
Kraft	Síla

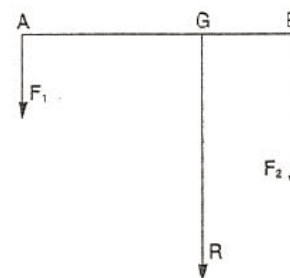
Načrtněte na list papíru rovnoběžník s délkou strany 50 mm. Úhel musí odpovídat úhlu, který jste naměřili úhломěrem. Nyní změřte úhlopříčku. Pokud jste rovnoběžník zkonstruovali svědomitě, pak můžete jistě doplnit následující větu:

**Výsledná síla  $R$  dvou neparalelních sil  $F_1$  a  $F_2$ , které působí na jedno místo, odpovídá \_\_\_\_\_ (1) \_\_\_\_\_ rovnoběžníku, jež představuje směr a velikost působení jednotlivých sil coby stran.**

(1) úhlopříčce

### 9. Součet paralelně působících sil

Pokud dvě síly  $F_1$  a  $F_2$  působí paralelně a ve stejném směru, avšak ne ve stejném bodě, pak je výsledná síla  $R$  paralelní k jednotlivým silám. Stanovme body  $A$  a  $B$ , v nichž působí síla  $F_1$  a  $F_2$ . Hledáme velikost výsledné síly v bodě  $G$  na úsečce  $AB$ . Platí: výsledná síla  $R$  v bodě  $G$  působí nepřímo úměrně k délce obou úseček  $GA$  a  $GB$ .



Platí tedy:

$$R = F_1 + F_2$$

a

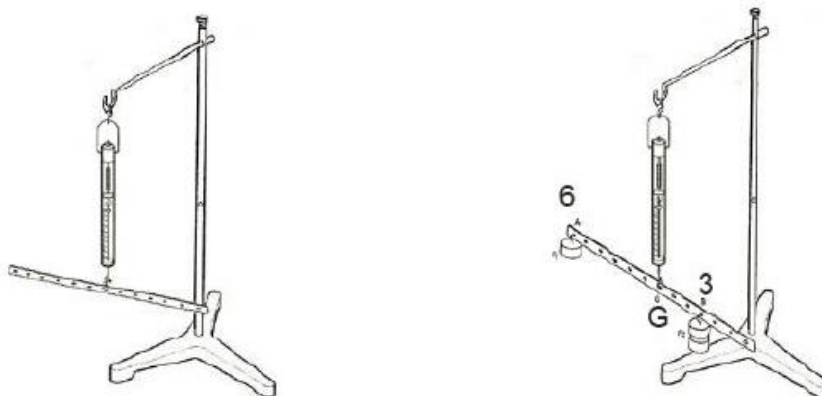
$$F_1 : F_2 = BG : AG$$

Toto tvrzení můžete ověřit následujícím pokusem.

### Pokus 11

Potřebné pomůcky: 1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 tyč s hákem, 1 závěsná váha, 1 sada závěsných závaží, 1 rameno páky, 1 závěs pro rameno páky

Smontujte zkušební sestavu dle vyobrazení dole vlevo a zaznamenejte si hodnotu naměřenou na závěsné váze (hmotnost ramena páky). Tato hodnota bude pro další měření považována za nulový bod.



Zavěste nyní jedno závaží do šestého otvoru nalevo od závěsné váhy a dvě závěsná závaží do třetího otvoru napravo od bodu působení závěsné váhy.

Otázky:

Jaký je vztah mezi  $F_1$ ,  $F_2$  a  $R$ ?

Jaký je vztah mezi  $F_1$ ,  $F_2$  a vzdálenostmi  $AG$  a  $BG$ ?

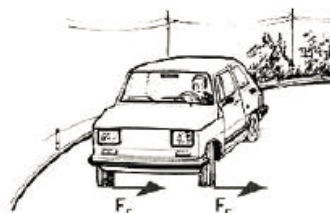
Opakujte pokus tak, že vyměníte polohu obou závaží, a vyplňte následující tabulku.

$F_1$	$F_2$	$AG$	$BG$

Odpovídají výsledky rovnici  $F_1 : F_2 = BG : AG$ ?

## 10. Třecí síla

Všechny dosud zkoumané síly, které působí na těleso, způsobují pohyb tělesa. Existují však ještě další, pasivní síly, které pohybu brání nebo jej omezují. Pokaždé, když se těleso kutálí nebo klouže po nějaké rovině, působí proti tomuto pohybu určitá síla, která se označuje jako **třecí síla**. V některých případech, např. v obráběcích strojích, může síla tření vést až k poškození; proto se zde použitím maziv toto tření snižuje. V jiných případech je tření významným parametrem funkce, např. tření mezi gumou a asfaltovým povrchem u pneumatik nebo mezi podrážkami a silnicí. Bez tření by v obou případech nebyl možný bezpečný pohyb.



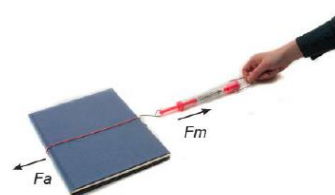
Tření, které vzniká mezi dvěma pevnými tělesy, jež se vůči sobě navzájem pohybují, se nazývá **kluzné tření**.

Existenci kluzného tření prokážeme následujícím pokusem.

### Pokus 12

Potřebné pomůcky: 1 závěsná váha, 1 pokusný provázek, 1 kniha

Uvažte knihu na pokusný provázek a táhněte ji na listu papíru po desce stolu. Upevněte provázek k závěsné váze. Váhu lehce nadzvedněte tak, aby se nedotýkala povrchu stolu a za váhu zatáhněte. Zjistíte, že se kniha nebude pohybovat, dokud síla nedosáhne určité velikosti.



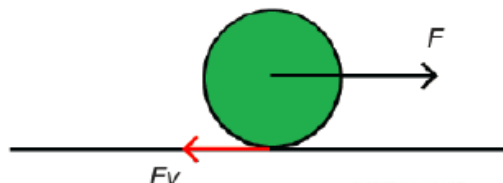
V tomto případě odpovídá síla, kterou vyvinete rukou, kluzné síle  $F_a$  mezi povrchem knihy a deskou stolu. Kniha se začne pohybovat v okamžiku, kdy síla vašich svalů  $F_m$  přesáhne velikost kluzné síly.



Pokud se kniha pohybuje, platí síla  $F = F_m - F_a$ .

Jaká je minimální síla potřebná pro udržení pohybu knihy?

Třecí sílu lze snížit namazáním třecí plochy (např. olejem); další možností je použití válečků mezi oběma plochami. Tak je kluzná síla nahrazena valivou silou, která přináší menší odpor než kluzná síla.



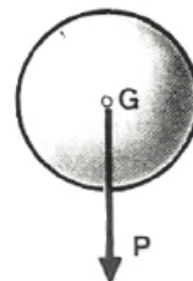
Tato schopnost vysvětluje význam vynálezu kola pro technologický pokrok lidstva. Dalším vynálezem je vývoj **kuličkového ložiska**, které nahrazuje kluzné tření otáčejících se hřídelí za valivé tření, jež snižuje opotřebení.



## 11. Těžiště

Souhrnem můžeme říci, že hmotnost tělesa představuje vektor směřující do středu Země. Bod na tělese, v němž tento vektor začíná, se označuje jako **těžiště tělesa**. Určení těžiště tělesa je důležitým tématem fyziky. Je-li rozložení hmoty tělesa homogenní a má-li těleso symetrický tvar, pak je určení těžiště velmi jednoduché. Těžiště odpovídá (geometrickému) středu tělesa.

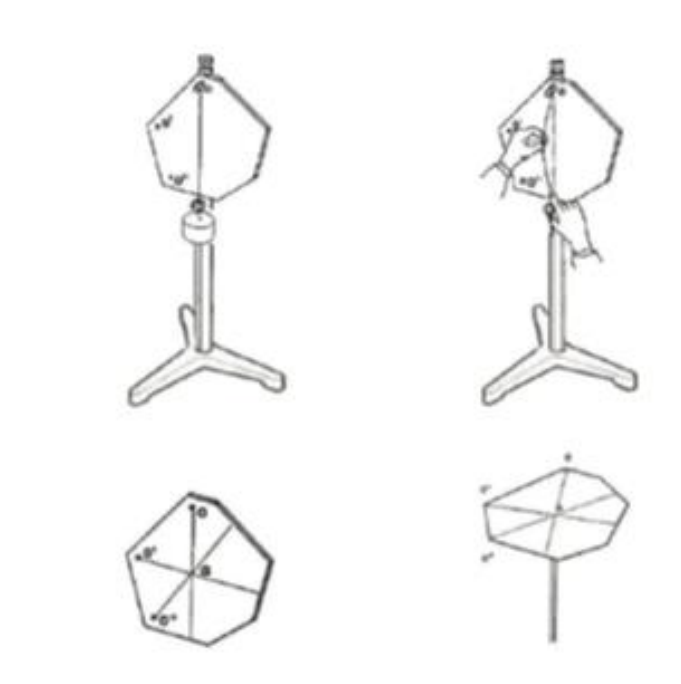
Vyvstává však otázka: Jak určíme těžiště asymetrického tělesa? S odpovědí na tuto otázku vám pomůže následující pokus.



## Pokus 13

Potřebné pomůcky: *1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 tyč s hákem, 1 asymetrická kovová deska, 1 závěsné závaží, 1 pokusný provázek, 1 kousek křídý*

Vezměte cca 40 cm pokusného provázku a uvažte na obou stranách kličku. Vezměte kousek křídý a nabarvěte jí provázek. Sestavte pokus dle níže uvedeného obrázku; do stejného místa volně zavěste nepravidelné těleso a pokusný provázek se závěsným závažím. Po zklidnění kmitavých pohybů provázek trochu napněte a poté jej opět pusťte (viz obrázek vpravo dole). Křída na desce zanechá otisk provázku.



## 12. Jak můžeme naši sílu efektivně využít?

Pokud společně s druhým člověkem zdvíháte rouru o síle 200 N, měl by každý z vás vynaložit sílu 100 N. Pokud jeden člověk zdvíhá rouru blíže ke středu, potřebuje větší nebo menší sílu než 100 N?

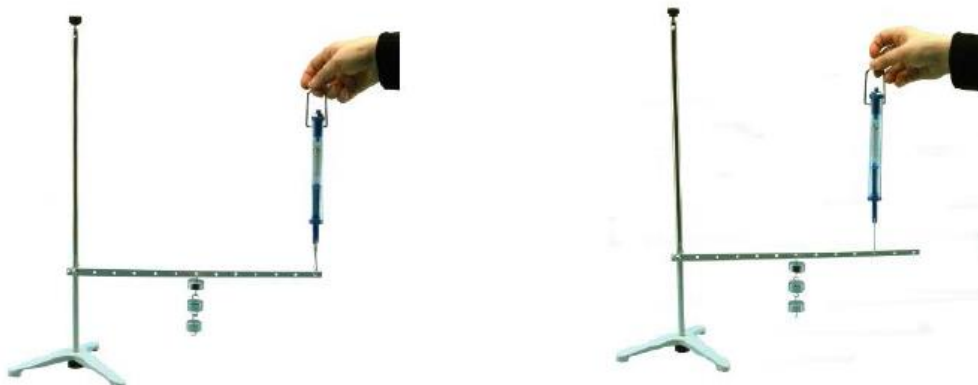


Než na tuto otázku odpovíme, podíváme se na následující pokus.

### Pokus 14

Potřebné pomůcky: *1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 tyč s hákem, 1 závěsná váha, 1 sada závěsných závaží, 1 rameno páky, 1 závěs pro rameno páky*

Předpokládejme, že rameno páky váží 0,3 N. V dané konstrukci sestavy na následujícím obrázku jsou v těžišti ramena páky umístěna 3 závěsná závaží o velikosti 0,5 N. Z toho vyplývá celková hmotnost 1,8 N.



Jakou hodnotu naměříme v pokusu uspořádaném podle obrázku vlevo?

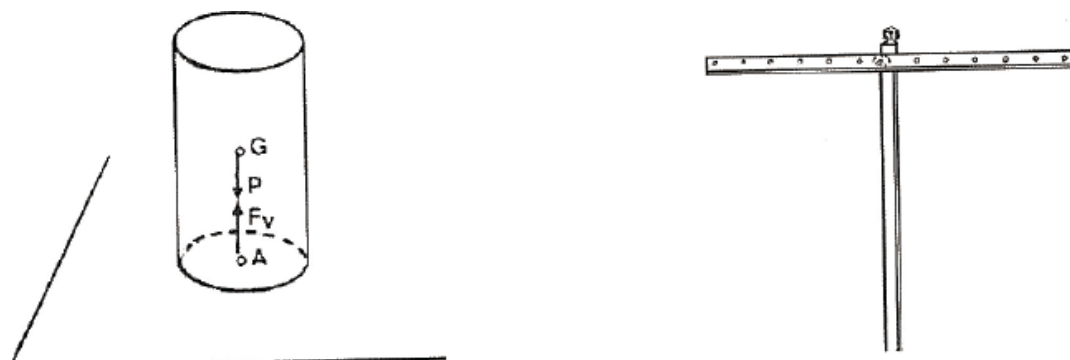
Přesuňte závěsnou váhu dle obrázku vpravo do čtvrtého otvoru od těžiště. Jakou hodnotu naměříme nyní? Opakujte pokus tak, že závěsnou váhu zavěsíte do druhého otvoru od těžiště.

Na základě těchto výsledků můžete rozhodnout, jak máte spolu se svým partnerem rouru zvednout nejefektivněji.

### 13. Rovnováha tyče

Jedním z oborů fyziky je statika, která zkoumá působení sil na objekty, které se nacházejí v klidu a jsou v **rovnováze**. Měli byste vědět, že existují dva druhy pohybu pevných těles: posuv a otáčení. Vozidlo, které jede po silnici, vykonává posuv; jeho kola provádějí otáčení, nazývané také rotace.

Pokud držíte v ruce předmět, aniž byste jej nechali spadnout na zem, odpovídá síla vašich svalů jeho hmotnosti. Těleso, které leží bez pohybu na stole, se nepohybuje, neboť jeho hmotnost je stejně velká jako síla  $F_v$ , která na něj působí z ložné plochy stolu. Rameno na obrázku vpravo je v klidu, protože je jeho váha z obou stran vyrovnávána silou bodu otáčení.



Souhrnem tedy můžeme říci:

**Těleso je v rovnováze tehdy, pokud se součet všech působících sil rovná nule.**

Pojďme nyní sledovat případ, kdy se těleso může otáčet. Otáčení provedeme na tyči, jejíž osa otáčení odpovídá těžišti.

### Pokus 15

Potřebné pomůcky: *1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 závěsná váha, 1 sada závěsných závaží, 1 rameno páky, 1 závěs pro rameno páky*

Smontujte rameno páky dle vedle uvedeného vyobrazení a zavěste na jeden konec závěsné závaží. Zjistíte, že se rameno páky otáčí kolem osy. Toto otáčení je způsobeno silou, která nepůsobí v ose otáčení. To je princip všech strojů, které jsou poháněny motorem a rovněž princip ozubených kol. Vystává pouze otázka, jak tomuto otáčení můžeme zabránit. Jednoduchou odpovědí je zavěsit na protilehlou stranu ramena páky závaží o stejné hmotnosti. Ověříte to pomocí konstrukce uvedené na obrázku vedle.



Následujícím pokusem prokážete, že je rovnováha možná i se silami různé velikosti.

### Pokus 16

Potřebné pomůcky: *1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 závěsná váha, 1 sada závěsných závaží, 1 rameno páky, 1 závěs pro rameno páky*

Zavěste závěsné závaží do šestého otvoru vlevo od osy otáčení.

Jak velké závaží musíte zavěsit do třetího otvoru na pravé straně, abyste uvedli rameno páky do rovnováhy? (viz obrázek vlevo dole)

Jak velké závaží musíte zavěsit do druhého otvoru na pravé straně, abyste uvedli rameno páky do rovnováhy? (viz obrázek vpravo dole)



Nyní můžeme stanovit:

$F_1$  je síla, která působí na levé straně ramena páky od osy otáčení.

$F_2$  je síla, která působí na pravé straně od osy otáčení.

$b_1$  je vzdálenost mezi osou otáčení a místem působení síly  $F_1$ , označovaná také jako rameno břemene  $F_1$ .

$b_2$  je ramenem břemene  $F_2$ .

Vyplňte nyní následující tabulku. Dbejte přitom na to, aby bylo rameno páky ve všech pokusech v rovnováze.

$F_1$	$b_1$	$b_2$	$F_2$
0,5 N	6	6	
0,5 N	6	3	
0,5 N	6	2	

Porovnejte výsledky. Zjevně existuje souvislost mezi oběma silami a jejich relativními vzájemnými vzdálenostmi. Je-li rameno břemene zkráceno na polovinu, musí být síla  $F_2$  zdvojnásobena. Je-li rameno břemene zkráceno na třetinu, je nutné ztrojnásobení síly, aby byla zachována rovnováha.

Pokud se již vyznáte v této úměře, doplňte následující větu:

Rovnováha vzniká tehdy, když se velikost síly vůči ramenu břemene chová  
\_\_\_\_\_ (1) \_\_\_\_\_ úměrně.

(1) nepřímo

Platí tedy:

$$F_1 : F_2 = b_2 : b_1$$

#### 14. Jednoduché stroje

Vezmeme-li v úvahu například starověké chrámy, pyramidy v Egyptě nebo Velkou čínskou zeď, napadne nás, jak tehdy lidé dokázali postavit takové stavby bez současných pomocných prostředků, jako jsou jeřáby, bagry apod. Je historicky dokázáno, že tyto stavby byly postaveny za využití obrovského množství lidí. A je rovněž dokázáno, že již tehdy používali stroje, které zesilovaly sílu lidí a zvířat.

Stroje jako je **páka**, **kladka** a **nakloněná rovina** jsou označovány jako **jednoduché stroje**, které pro přesun velkých břemen využívaly již starověké národy.

U každého stroje působí dvě síly: odpor  $R$  působící proti pohybu a vyrovnávací síla  $F$ , například síla svalů.

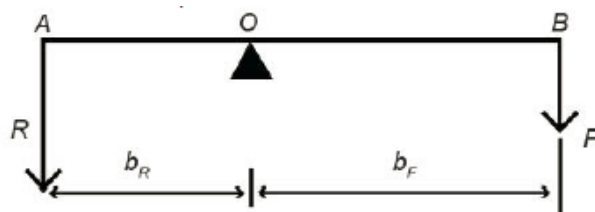
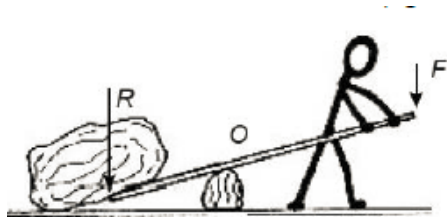
Platí:

**Čím menší je vyrovnávací síla vůči odporu, tím účinnější je jednoduchý stroj.**

### 15. Dvojzvrtná páka

Následující obrázek znázorňuje člověka, který zvedá balvan dvojzvrtnou pákou. Tento typ páky sestává z pevné tyče, která je uložena na **opoře O**. Odpor **R** působí na jedné straně v bodu **A** páky, vyrovnávací síla působí na opačné straně v bodu **B**. Kromě toho platí:

Vzdálenost  $b_R$  mezi bodem **A** působení síly **R** a mezi oporou **O** se označuje jako rameno břemene a vzdálenost  $b_F$  mezi bodem **B** působení síly **F** a osou otáčení se označuje jako rameno síly (viz následující obrázek vpravo).

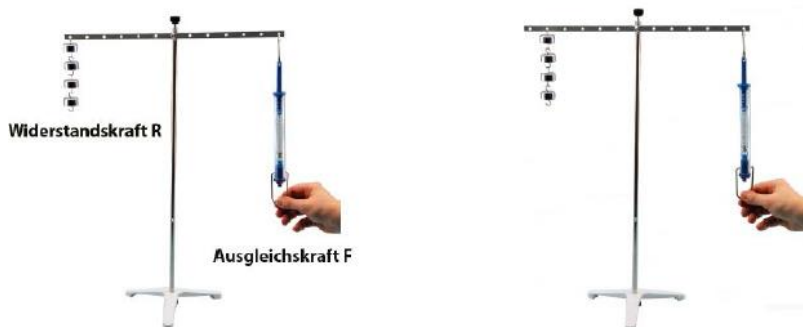


Páka slouží k tomu, aby byl balvan nadzvednut s vynaložením co nejmenší možné síly. Můžete říci, na jakém místě se musí nacházet opora, aby byla minimalizována síla nutná ke zdvižení nákladu? Zjistíte to za pomoci následujícího pokusu.

#### Pokus 17

Potřebné pomůcky: *1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 závěsná váha, 1 sada závěsných závaží, 1 rameno páky, 1 závěs pro rameno páky*

Sestavte pokus tak, jak je znázorněno na následujícím obrázku vlevo. Pokus popisuje dvojzvrtnou páku, jejíž opora se nachází uprostřed mezi břemenem o velikosti 2 N a bodem působení síly závěsné váhy. Měřidlo působí svisle shora dolů. Před zavěšením váhu vynulujte. Proveďte nyní pokus, aniž byste změnil polohu závěsné váhy. Přemístěte závěsná závaží ze šestého otvoru do pátého, poté do čtvrtého atd. a zaznamenejte si hodnotu naměřenou váhou.



Widerstandskraft R	Síla odporu R
Ausgleichskraft F	Vyrovnávací síla F

Dbejte na to, aby páka při měření síly stála vodorovně a aby byl systém v klidu, tzn., aby hodnota síly nekolísala. Zanepte hodnoty síly  $F$  do následující tabulky a vypočítejte hodnotu pro převodový poměr sil  $G$  dle následujícího vzorečku. Vypočítanou hodnotu  $G$  zanepte rovněž do tabulky.

$$\text{Převodový poměr } G = \frac{\text{odpor}}{\text{vyrovnávací síla}}$$

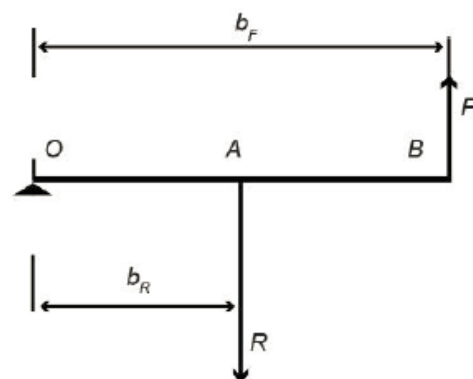
$b_F$	$b_R$	$R$	$F$	$G$
6	6	2N	2N	1
6	5	2N		
6	4	2N		
6	3	2N		
6	2	2N		
6	1	2N		

Protože je délka ramena síly konstantní, vyplývá následující výsledek. Čím kratší je rameno břemene vůči ramenu síly, tím příznivější je převodový poměr. Obě síly se chovají nepřímo úměrně k délce jejich vzdálenosti od osy otáčení. Platí:

$$F : R = b_R : b_F$$

### 16. Jednozvrtná páka (břemeno mezi osou otáčení a vyrovnávací silou)

Následující obrázek znázorňuje člověka, který táhne ruční kárku. Oporou je bod, v němž se kolo dotýká země. Síla, kterou musí člověk vynaložit (= vyrovnávací síla), aby břemeno zdvihl, leží mezi bodem páky a bodem působení síly na kárku.



Toto je příklad jednozvrtné páky s břemenem mezi bodem páky a vyrovnávací síly.

**Pokus 18**

Potřebné pomůcky: 1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 závěsná váha, 1 sada závěsných závaží, 1 rameno páky, 1 závěs pro rameno páky

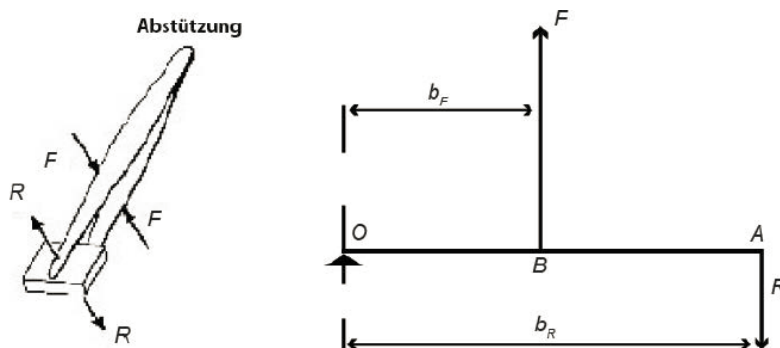
Následující konstrukce znázorňuje typickou jednozvratnou páku shora popsaného tvaru. Můžete dokázat, že tento druh páky je výhodný tehdy, když je rameno vyrovnávací síly (rameno síly) delší než rameno břemene. Platí, že síla  $F$  je vždy menší než síla  $P$ . Převodový poměr  $G$  je vždy větší než 1. Byl by roven 1, pokud by břemeno působilo na stejném místě jako síla.



Widerstandskraft	Síla odporu
Ausgleichskraft	Vyrovnávací síla

**17. Jednozvratná páka (vyrovnávací síla mezi osou otáčení a břemenem)**

Vezměme v úvahu takovou pinzetu. Je zvláštní formou jednozvratné páky, u níž leží vyrovnávací síla mezi oporou a odporem.



Abstützung	Opora
------------	-------

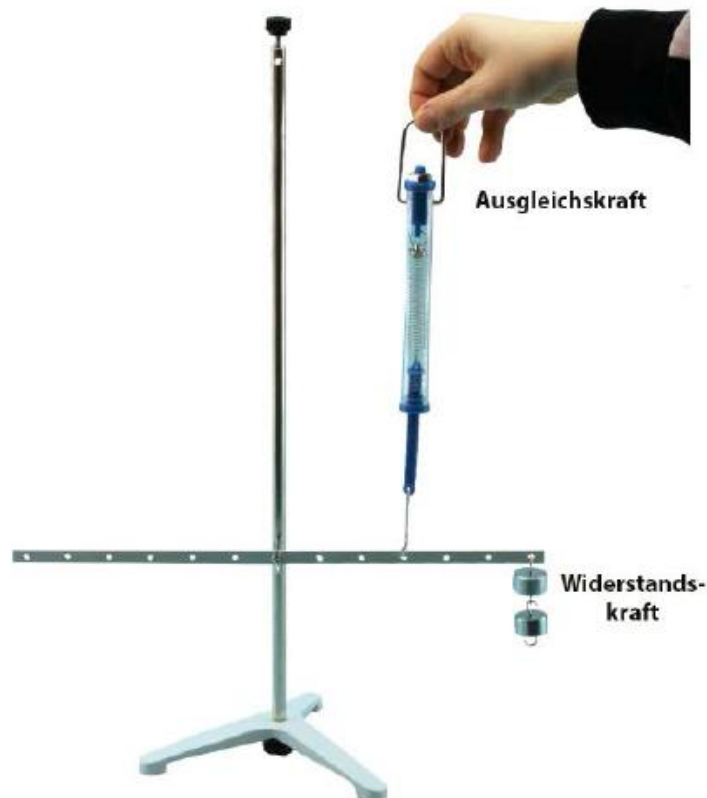


Tento typ páky můžete prozkoumat pomocí následujícího pokusu.

**Pokus 19**

Potřebné pomůcky: *1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 závěsná váha, 1 sada závěsných závaží, 1 rameno páky, 1 závěs pro rameno páky*

Následující konstrukce znázorňuje typickou jednozvratnou páku shora popsaného tvaru. Tato páka má tu vlastnost, že její vyrovnávací síla je vždy menší, než síla odporu, pokud ovšem obě síly nepůsobí v tomtéž bodě.

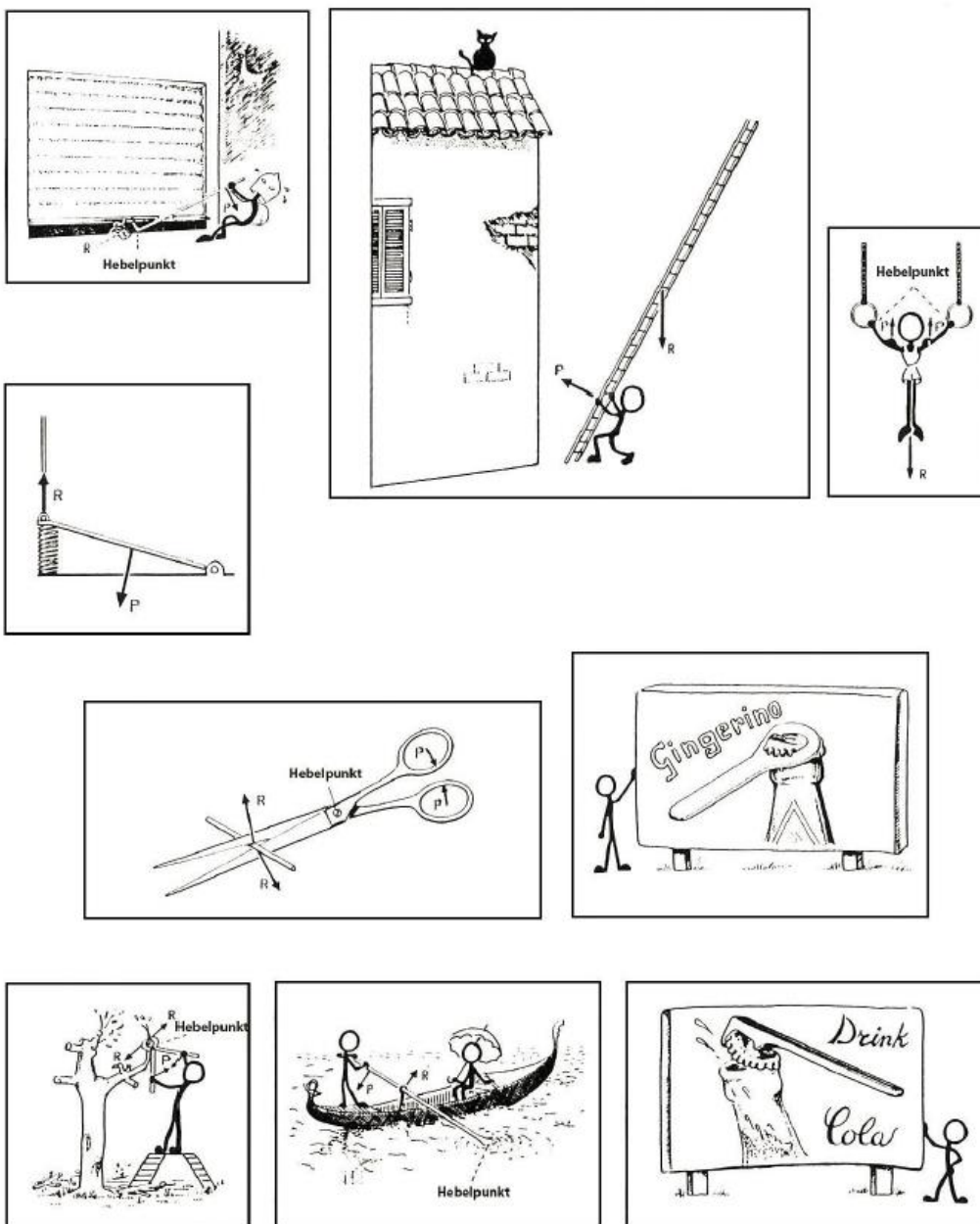


Widerstandskraft	Síla odporu
Ausgleichskraft	Vyrovnávací síla

### 18. Příklady pák

Přiřaďte následující praktické využití k jednotlivým typům pák (typ A, B nebo C).

- A. Dvojzvrtná páka
- B. Jednozvrtná páka (břemeno mezi osou otáčení a vyrovnávací silou)
- C. Jednozvrtná páka (vyrovnávací síla mezi osou otáčení a břemenem)



Hebelpunkt	Bod páky
------------	----------

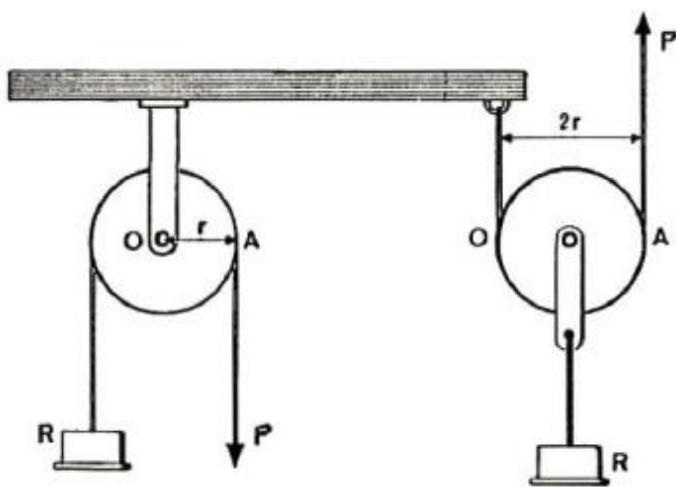
## 19. Kladky

Kladky jsou jednoduchými stroji, které našly širokého využití pro zdvihání břemen již ve starověku. Kladky se volně otáčejí kolem své středové osy (těžiště). Mají **obvodovou drážku**, v níž je vedeno lano. Kladka je uložena na držáku nebo na **závěsu**.

Existují dva druhy kladek:

**Pevná kladka:** závěs je upevněn.

**Volná kladka:** kladka se volně pohybuje, břemeno je upevněno na závěsu.



pevná kladka

volná kladka

## 20. Pevné kladky

V následujícím pokusu prozkoumáte, kdy je pevná kladka výhodná.

### Pokus 20

Potřebné pomůcky: 1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 závěsná váha, 1 sada závěsných závaží, 1 kladka, 1 pokusný provázek

Smontujte kladku, jak je znázorněno na obrázku vlevo dole. Na kousek provázku zavěste tři závěsná závaží a přehodte opačný konec provázku před kladku. Na tento druhý konec provázku umístěte závěsnou váhu a podržte ji dle obrázku vpravo dole tak, aby se systém dostal do rovnováhy. Změňte počet závěsných závaží a přečtěte hodnotu síly naměřenou závěsnou váhou. Jakou výhodu má kladka při zvedání břemene?



Widerstandskraft	Síla odporu
Ausgleichskraft	Vyrovňovací síla

## 21. Volné kladky

### Pokus 21

Potřebné pomůcky: 1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 závěsná váha, 1 tyč s hákem, 1 sada závěsných závaží, 1 kladka, 1 pokusný provázek

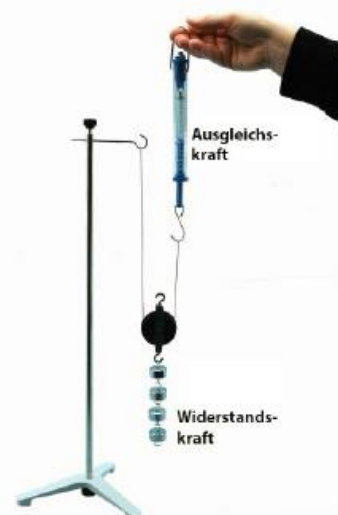
Pomocí závěsné váhy stanovte hmotnost volné kladky, protože její hmotnost musí být přičtena. To znamená:

**Síla odporu = hmotnost kladky + hmotnost všech závěsných závaží**

Protáhněte kousek pokusného provázku kladkou a jeden jeho konec upevněte k háku na tyči stativu. Upevněte nyní závěsnou váhu na druhý konec provázku a na závěs kladky zavěste závaží, jak je znázorněno na následujícím obrázku. Přečtěte hodnotu síly na stupnici závěsné váhy. Zopakujte pokus s jiným počtem závěsných závaží. Označme sílu odporu jako **R** a vyrovňovací sílu jako **F**.

Platí:

$$F = \frac{R}{2}$$



Jaký je poměr sil vůči volné kladce?

Pokud by vyrovnávací síla odpovídala poloviční síle odporu, kde by působila druhá polovina síly?

## 22. Kladkostroj

Zkombinujeme-li pevnou kladku s volnou kladkou, získáme kladkostroj. V následujícím pokusu prozkoumáme jeho vlastnosti.

### Pokus 22

Potřebné pomůcky: *1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 závěsná váha, 1 tyč s hákem, 1 sada závěsných závaží, 2 kladky, 1 pokusný provázek*

Vezměte přibližně 60 cm pokusného provázku a uvažte na obou stranách smyčku. Pověste jednu kladku na tyč stativu a protáhněte provázek oběma kladkami dle vyobrazení níže. Upevněte jeden konec k pevné kladce, druhý k závěsné váze. Závěsná závaží zavěste na závěs spodní volné kladky.

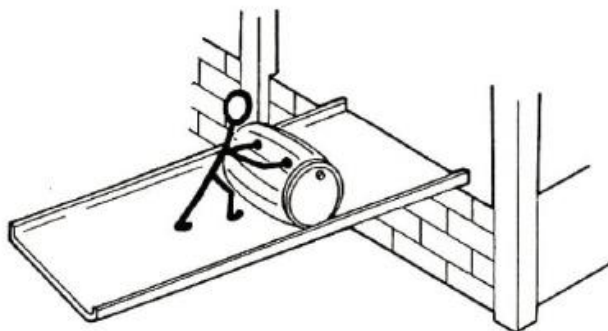
Provádějte pokus s různým počtem závaží.

Jaký je nyní poměr mezi silou odporu a vyrovnávací silou u tohoto jednoduchého stroje zvaného kladkostroj?



### 23. Nakloněná rovina

Jedním z nejstarších jednoduchých strojů je nakloněná rovina. Byla využívána pro přesun těžkých břemen do určité výšky. Bylo-li by například nutné zvednout sud o síle 1000 N na rampu, byla by nutná síla o velikosti 1000 N. Pokud však sud na rampu přivalíme po nakloněné rovině, musíme vynaložit daleko menší sílu. Tuto sílu můžeme vypočítat, jak ukazuje následující pokus.



#### Pokus 23

Potřebné pomůcky: 1 trojnožka, 1 tyč stativu, 1 závěsná váha, 1 tyč s hákem, 4 kotoučová závaží, 1 skládací metr, 1 dvojitá svorka, 1 nakloněná rovina, 1 autíčko, 1 pokusný provázek

Pomocí závěsné váhy změřte hmotnost autíčka. Připravte pokus tak, jak je znázorněno výše. Pomocí závěsné váhy změřte vyrovnávací sílu  $F$ , tj. sílu, s níž musí být autíčko tlačeno po rovině.

#### Otázky:

- Je tato síla větší nebo menší než gravitační síla autíčka?
- Je nakloněná rovina pro přesun břemene výhodnější?
- O kolik menší je síla?
- Jaká je závislost mezi úhlem nakloněné roviny a výsledné síly nutné pro přesun břemene?

Popíšeme-li tento problém matematicky, dostaneme následující vztah:

$$G = \frac{l}{h}$$



Hodnota  $l$  odpovídá **délce nakloněné roviny**,  **$h$  výšce**, která musí být překonána. Skládacím metrem změřte buď  $l$  nebo  $h$  a použijte rovnici pro ověření výsledku pokusu. Zopakujte pokus s různým počtem kotoučových závaží.

## 24. Tlak

Chceme-li přesunout pevné těleso, potřebujeme sílu, která působí v jakémkoliv bodě tohoto tělesa (viz obrázek dole).



Má-li síla působit na kapalinu nebo plyn, pak je nutné toto médium uzavřít do nádoby a sílu vyvodit pístem. Použijeme k tomu stříkačku.



V tomto případě nepůsobí síla bodově, ale rozptýleně prostřednictvím pístu na celé médium. Abychom mohli popsat působení síly na plochu, musíme zavést novou fyzikální veličinu označovanou jako **tlak**. Působí-li **síla  $F$**  na **plochu  $S$** , pak **tlak** definujeme jako poměr síly vůči ploše, na niž působí.

Platí:

$$\text{tlak} = \frac{\text{velikost síly}}{\text{plocha}} = \frac{F}{S}$$

V systému mezinárodních jednotek (SI) se síla měří v **Newtonech (N)** a plocha v **metrech čtverečních (m<sup>2</sup>)**. Jednotkou tlaku je **Pascal (Pa)**.

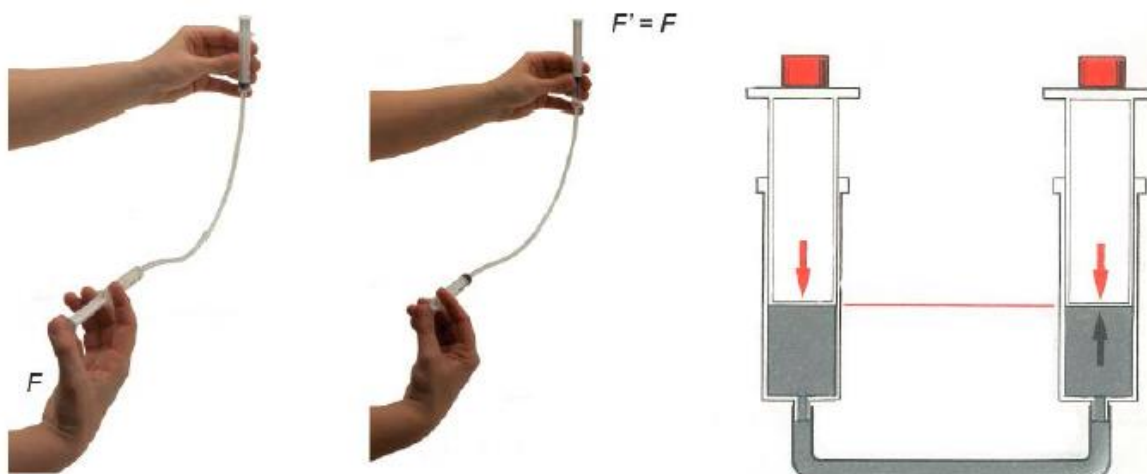
## 25. Rovnováha sil v kapalinách

V předchozích odstavcích jsme navrhli různé pokusy, abychom mohli pozorovat rovnováhu mezi silami, které působí na pevná tělesa. Chceme-li pozorovat rovnováhu sil v kapalinách, je to možné jen za určitých podmínek, jak uvidíme v následujícím pokusu.

### Pokus 24

Potřebné pomůcky: *1 tlakové zařízení s 2 10ml stříkačkami*

VeźmĚte jednu 10ml stříkačku a vytáhnĚte píst až do jeho koncovĚ polohy. Pomocí hadice, jak je znázornĚno níže, spojte stříkačku s druhou 10ml stříkačkou, jejíž píst je zcela zasunut dovnitř. UzavřĚný vzduch slouží jako médium pro přenos tlaku. Místo něho můžete použít i vodu. Stlačeťte píst první stříkačky. Uvidíte, že se píst druhé stříkačky vysunuje.



Můžete ukázat, že síla **F**, kterou působíte na první stříkačku, odpovídá síle **F'**, jež vytlačuje píst druhé stříkačky nahoru. Platí:

$$F' = F$$

To znamená, že jsou síly shodné, pokud jsou shodně velké plochy, na něž síly působí.



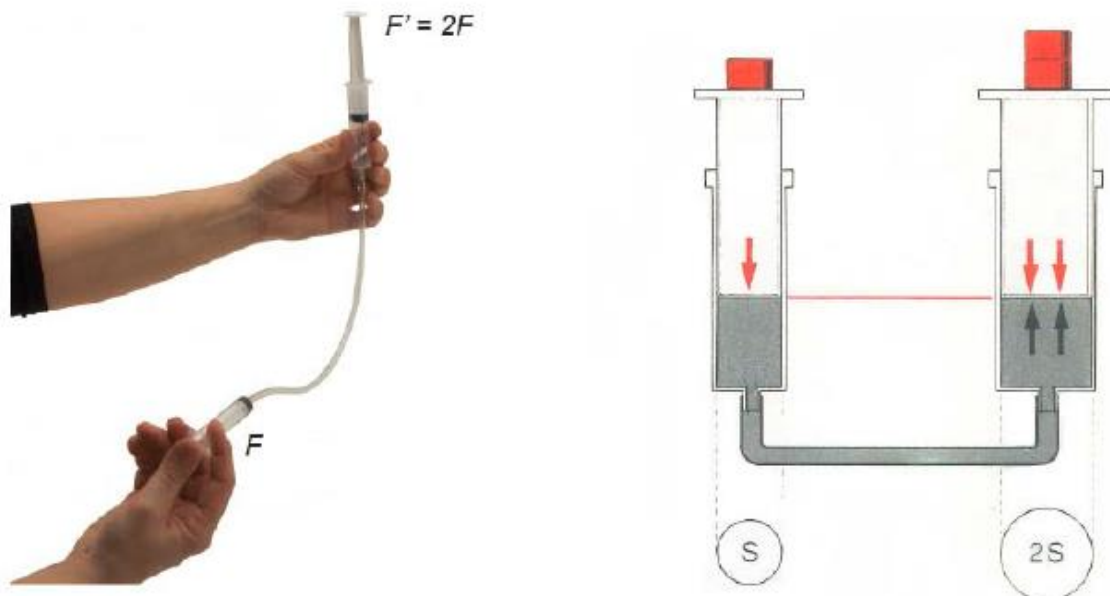
### Pokus 25

Potřebné pomůcky: 1 tlakové zařízení s 1 10ml stříkačkou a s 1 20ml stříkačkou

Zopakujte pokus 24 tak, že druhou stříkačku se zasunutým pístem nahradíte stříkačkou o objemu 20 ml. Levou rukou stisknete píst menší stříkačky a píst druhé stříkačky přidržte pravou rukou. Zjistíte, že síla  $F'$ , která působí na píst větší stříkačky, je větší než síla  $F$ , která působí na menší píst. Je-li  $S$  plocha menšího pístu a  $S'$  dvojnásobně větší plocha většího pístu, pak platí:

$$F' = 2F$$

Z toho plyne, že nestejně síly jsou u kapalin v rovnováze tehdy, pokud jsou poměry síly vůči ploše, na níž působí, shodné.



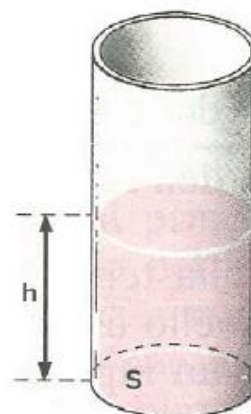
Vezmeme-li v úvahu poměr mezi působící silou a povrchem, na nějž síla působí (což odpovídá tlaku), můžeme říci:

**Tlak, který působí na kapalinu nebo na plyn, je v jakémkoliv bodě prostoru stejná.** (Pascalův zákon).

## 26. Tlak, který vzniká vlastní vahou kapaliny

V předchozích pokusech se stříkačkami byla na kapalinu v systému vyvozena vnější síla, v našem případě síla svalů. Kapaliny však mají svou vlastní hmotnost. Je proto zřejmé, že kapaliny na základě své vlastní váhy vyvozují tlak na nádobu, v níž se nacházejí.

Pro zjednodušení předpokládejme, že je nádoba válcovitá (viz obrázek vedle). Hmotnost kapaliny působí na základnu válce. Pro tlak působící na základnu tedy platí přímá úměra mezi hmotností kapaliny a plochou dna nádoby.



$$\text{Tlak} = \frac{\text{hmotnost kapaliny}}{\text{základna}}$$

To znamená:

$$\text{Tlak} = \frac{\text{specifická hmotnost} \times \text{objem}}{\text{základna}} = \frac{p_s \times V}{S}$$

Na druhé straně platí: Hmotnost kapaliny odpovídá součinu specifické hmotnosti kapaliny  $p_s$  a jejího objemu  $V$ , tedy platí:

Poměr  $V/S$  mezi objemem a základnou odpovídá výšce  $h$ . Platí tedy:

$$\text{Tlak} = \text{spec. hmotnost} \times \text{výška} = p_s \times h$$

Tento vzoreček popisuje tzv. tlak kapaliny na základnu. **Tlak, který působí na dno nádoby, je závislý na výšce kapaliny  $h$  a specifické hmotnosti kapaliny, bez ohledu na tvar nádoby.** Tento jev se nazývá také **hydrostatický paradox**.

## 27. Rovnováha tlaku v propojených nádobách

V následujícím pokusu zjistíme, proč mají kapaliny ve spojených nádobách stejnou úroveň hladiny.

### Pokus 26

Potřebné pomůcky: 1 trojnožka, 1 U manometr, 1 trychtýř, 1 odměrka

U manometr sestává ze skleněné roury ve tvaru U připevněné k plechu s natištěnou stupnicí.

Upevněte manometr na trojnožku a zasuňte pro lepší plnění do jedné větve skleněné trubky trychtýř, jak je znázorněno na obrázku. Naplňte U manometr trochou vody (pro lepší viditelnost ji můžete obarvit).

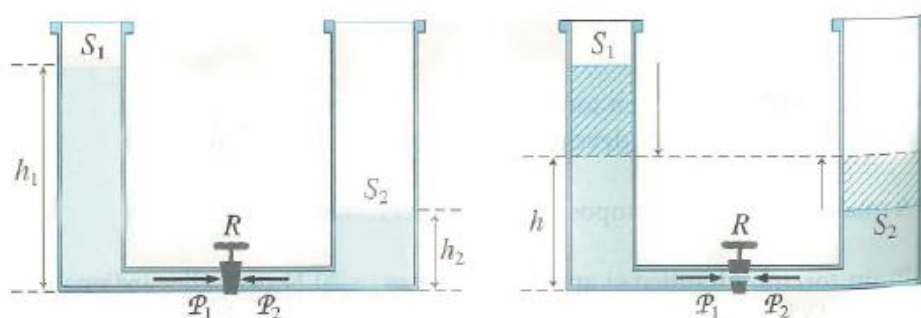


Zjistíte, že hladina kapaliny v obou větvích U manometru zachovává stejnou úroveň, bez ohledu na množství vody.

Tento jev lze vysvětlit shora uvedenou zákonitostí hydrostatického paradoxu.

Podívejte se na obrázek vlevo dole. Kohoutek uzavírá průtok z jedné nádrže do druhé.

Sloupce kapaliny jsou různě vysoké. Protože je tlak závislý výhradně na hladině kapaliny (výšce), dojde po otevření kohoutku k vyrovnání tlaku. Tlak je totiž na obou stranách kohoutku stejný. A protože je tlak podle shora uvedeného závislý pouze na výšce sloupce kapaliny, dojde na základě shodného tlaku na obou stranách kohoutku k vyrovnání hladin sloupců kapaliny v obou větvích.



## 28. Manometr: jak se měří tlak?

Zařízení, které jste používali v minulém pokusu, se nazývá manometr (přesněji: kvůli tvaru konstrukce jako U manometr). Lze jím měřit i malé tlaky. Za použití manometru proveďte následující pokus.

### Pokus 27

Potřebné pomůcky: *1 trojnožka, 1 U manometr, 1 trychtýř, 1 odměrka, 1 100ml stříkačka, 1 gumová hadice*

Připevněte U manometr na trojnožku a nasadte na manometr trychtýř dle vyobrazení. Naplňte do manometru trochu vody z nádoby, dokud hladina kapaliny v obou větvích nedosáhne značky nula (0). Nyní posuňte píst stříkačky zhruba do poloviny válce. Hadicí propojte stříkačku a horizontální konec U manometru podle obrázku.



Nyní opatrně zatlačte na píst. Sloupec kapaliny se posune; výška hladiny kapaliny v obou větvích již není shodná. Hmotnost sloupce kapaliny působí proti tlaku stříkačky a způsobuje rozdílnou výši hladiny kapaliny. Pokud by byl rozdíl výšky hladiny kapaliny 20 cm, pak pro tlak ve stříkačce platí:

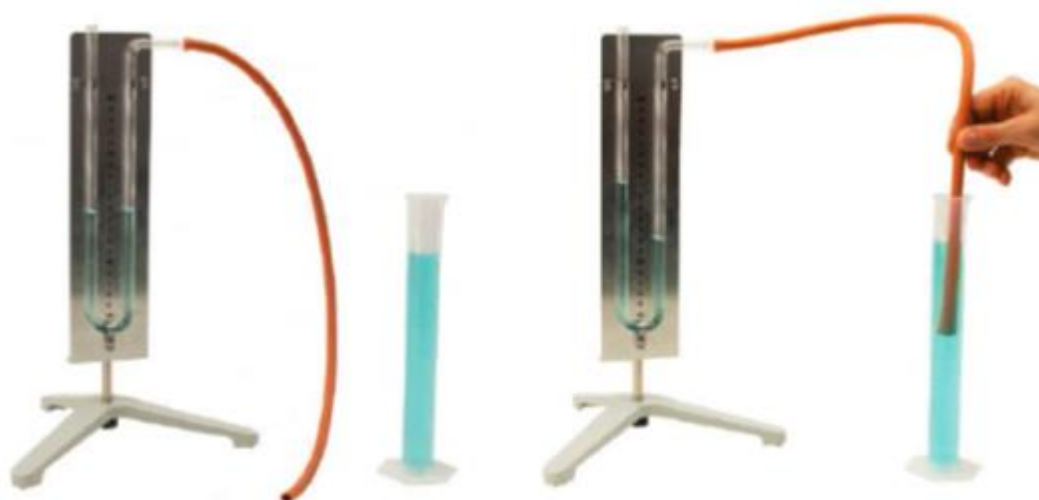
$$Tlak = 1000 \frac{N}{m^3} 0,2 m = 2000 \frac{N}{m^2}$$

V následujícím pokusu prozkoumáme (hydrostatický) tlak ve vodním sloupci.

### Pokus 28

Potřebné pomůcky: *1 trojnožka, 1 U manometr, 1 odměrka, 1 trychtýř, 1 válcová odměrka, 1 gumová hadice*

Připravte si U manometr podle následujícího obrázku vlevo tak, aby hladina dosahovala značky 0 uvedené na stupnici. Nasuňte jeden konec hadice na vodorovný konec manometru. Naplňte odměrku přibližně 100 ml vody. Ponořte volný konec hadice do kapaliny v odměrce. Zjistíte, že tlak s přibývajícím hloubkou ponoru stoupá (viz obrázek vpravo dole).



## 29. Existence vzduchu

Vzduch je médiem, které je kolem nás všudypřítomné. Nevidíme jej, nemůžeme se jej dotknout a necítíme jej. Vzduch cítíme jen tehdy, když se kolem nás pohybuje: vítr pohybuje listy na stromech apod. A třeba vichřice může být tak silná, že strhává tašky ze střech a tvoří vysoké vlny na moři.



Existenci vzduchu můžeme dokázat následujícím pokusem.

### Pokus 29

Potřebné pomůcky: 1 5ml stříkačka, 1 250ml odměrka

Naplňte odměrku vodou. Vytáhněte píst stříkačky co nejvíce dozadu, aniž byste jej úplně vysunuli ven. Ponořte nyní stříkačku do vody a stiskněte píst. Jak zjistíte, unikají ze stříkačky do vody bubliny, které stoupají k hladině (viz následující obrázky).



V kapitole 4 jsme zjistili, že je těleso pružné tehdy, pokud se vlivem síly deformuje a jakmile na něj síla přestane působit, opět zaujímá svou původní podobu.

V následujícím pokusu vyzkoušíme, zda je vzduch pružný.

### **Pokus 30**

Potřebné pomůcky: *1 100ml stříkačka*

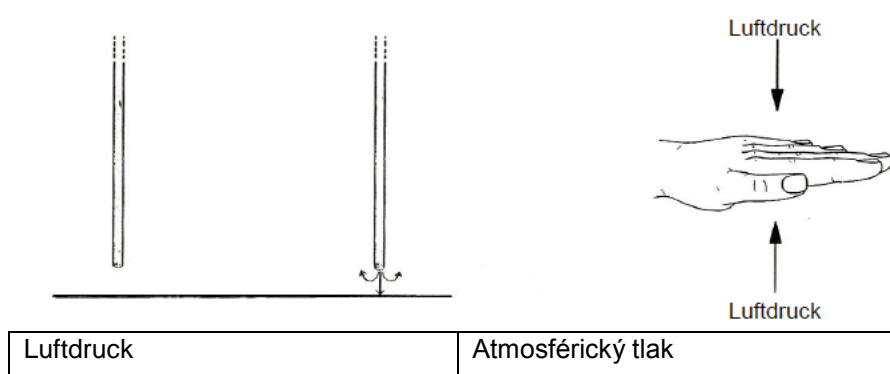
Vytáhněte píst stříkačky dozadu a nasajte tak do stříkačky vzduch. Uzavřete nyní otvor stříkačky prstem a stlačte píst. Zjistíte, že se vzduch chová jako pružina. Píst lze zasunout jen do určité míry, bez ohledu na to, jakou sílu vyvinete. Jakmile píst pustíte, začne se spontánně vracet zpět do výchozí polohy.



### 30. Atmosférický tlak

Jak už jsme zjistili, je naše planeta obklopena atmosférou. Jedná se o vrstvu vzduchu, která sahá až do průměrné výše 100 km. Na jednom centimetru čtverečním spočívá sloupec vzduchu o průřezu  $1 \text{ cm}^2$  a o výšce 100 km. Hmotnost tohoto sloupce vzduchu se označuje jako **atmosférický tlak**.

Jak můžeme tento sloupec vzduchu zvážit? Jste-li dobrým pozorovatelem, můžete celkem snadno vyřešit i tento oříšek. Kapaliny a plyny mají tu vlastnost, že jejich tlak nepůsobí jen shora dolů, ale ze všech stran, tedy i zdola nahoru. Pokud by tomu tak nebylo, byl by každý živý tvor rozmáčknut obrovskou silou atmosférického tlaku.



Následujícím pokusem můžete dokázat, že atmosférický tlak působí ze všech stran.

#### Pokus 31

Potřebné pomůcky: *1 zkumavka, 1 list tvrdého papíru*

Naplňte zkumavku vodou až po okraj tak, aby ve zkumavce nezbyl vůbec žádný vzduch. Položte nyní na zkumavku list tvrdého papíru. Opatrně, bez unáhlených pohybů, otočte zkumavku s listem papíru hlavou dolů (pevně přidržujte list papíru, aby nemohl sklouznout). Zjistíte, že papír nepadne, ačkoliv na něj shora působí tlak vody.



Karte	List tvrdého papíru
Wasserdruck	Tlak vody
Luftdruck	Atmosférický tlak

*Doplňte větu:*

List tvrdého papíru nepadne dolů, protože tlak vody, který na něj působí shora, je menší než \_\_\_\_\_(1)\_\_\_\_\_, který \_\_\_\_\_(2)\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_(3)\_\_\_\_\_.

Řešení:

- (1) atmosférický tlak
- (2) působí
- (3) zdola nahoru.

**Poznámka:**

Skutečné vybavení v pokusné sadě se může od vyobrazení v této dokumentaci mírně lišit, naše zařízení totiž neustále vyvíjíme.