

FYZIKA

pro školy se základním vzděláváním



Práce, výkon, energie

Teplo

Změny skupenství

Tepelné motory

Proudění tekutin

Elektrostatické jevy

Elektrické obvody

Elektrická práce

Tvořivá škola Brno - základy technického vzdělávání

Autoři: Mgr. Arnošt Míček, Mgr. Roman Kroupa

Odborný recenzent: prof. RNDr. Ivo Volf, CSc.

Tato publikace byla vytvořena v souladu s RVP ZV v rámci projektu Tvořivá škola – učitel činnostního učení v Praze, který je spolufinancován Evropským sociálním fondem a rozpočtem hl. m. Prahy.



EVROPSKÁ UNIE

Projekt byl podpořen z Evropského sociálního fondu
„Praha & EU: Investujeme do vaší budoucnosti”

- Č** Činnosti
- ?** Otázky, úvahy
Problémové otázky
- P** Pokusy
- Př.** Příklady
- U** Úlohy
- |** Vhodné
k zapamatování
- T** Tabulky

Obrázky nejsou vždy
číslované, sami si vy-
berete ten správný.

© Tvořivá škola, 2011

ISBN 978-80-87433-05-8



Poděkování patří především panu prof. RNDr. Ivo Volfovi, CSc., za velmi cenné rady a připomínky při práci na učebnici fyziky.

V publikaci jsou také použity některé materiály a náměty debružárů z AMD ČR (Asociace malých debružárů ČR), která sdružuje zájemce z řad dětí a mládeže libovolného věku o pozitivní přístup zejména k přírodním vědám (www.debruar.cz). Fotografie parních strojů nám umožnil realizovat ve své soukromé expozici pan Jan Tomek - „Paromil“ z Hradce Králové. Děkujeme.

Autoři

Práce



O práci v našem životě často hovoříme nebo ji vykonáváme. Ve fyzice jde však o název další fyzikální veličiny, kterou poznáme a naučíme se s ní pracovat.

☐ Rozhodněte, kdo na úvodním obrázku vykonává nějakou práci.

☐ Vykonal(a) práci žák(yně) zobrazený(á) na dalších fotografiích?

Je téměř jisté, že motor výtahu v obchodním centru vykonává práci, zvedá-li kabinu se zákazníky do vyššího patra.

Zaměříme svoji pozornost na situace, kdy dochází k přemístění určitého tělesa - činka je vyzvednuta nad hlavu, vozík převezen do vzdálenosti několika metrů, kabina výtahu vyjede do vyššího patra. Podobných příkladů najdeme kolem sebe denně velmi mnoho, jmenujte další.

Co mají všechny společného?

- Na přemísťované těleso působí vždy určitá **síla**.
- Těleso se přemísť, tedy urazí určitou **dráhu**.

Působíme-li na těleso silou F a přemístíme ho tak po dráze s , vykonáme mechanickou práci W .



Výpočet práce

Fyzikální veličina práce – **značka W** (viz Tab.)

Př. 1 Chlapec zvedne činku o hmotnosti 1 kg - působí na ni silou $F = 10$ N.

- Zvedne-li činku, která váží 2 kg, působí silou $F = 20$ N.
- Při zvedání činky vážící 10 kg působí už silou $F = 100$ N.

Dráha zvedání je ve všech třech případech stejná.

- Snadno rozhodnete, že vykonaná práce je v uvedených situacích rozdílná. Největší bude v posledním případě, protože působící síla F je největší.

Př. 2 Dívka na obrázku vyzvedne těleso o hmotnosti 5 kg, např. cihlu, ze země na židli, v druhém případě na stůl a nakonec ze země na skříň.

Vždy působí silou $F = 50$ N (hmotnost cihly se nemění).

Nejdříve přemístí cihlu po dráze $s = 0,4$ m, v druhém případě je dráha $s = 1$ m, při dalším zvedání naměříme dráhu $s = 2$ m.

Největší práci vykoná dívka ve třetí situaci, protože působí silou po nejdelší dráze s , síla F se prakticky nemění.

? Z obou příkladů vyplývá, že velikost vykonané práce W je úměrná velikosti působící síly F a délce dráhy s , po které tato síla působí.

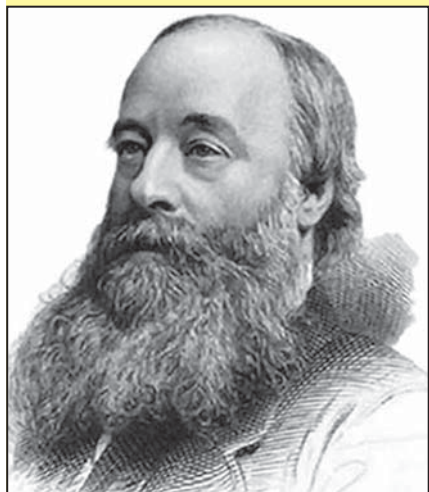
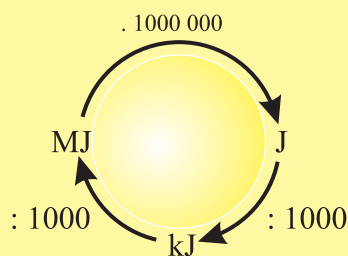
práce = síla . dráha

stručný zápis: $W = F \cdot s$

Působíme-li silou $F = 1$ N po dráze stejného směru $s = 1$ m, vykonáme práci o velikosti jedné základní jednotky. Ta se jmenuje **1 joule - 1 J**.

Další jednotky:

1 kJ	- 1 kilojoule
1 MJ	- 1 megajoule
1 GJ	- 1 gigajoule
1 mJ	- 1 milijoule



James Prescott Joule (1818-1889)

Př. 3 Vypočítejte práci spojenou se zvednutím činky o hmotnosti 10 kg do výšky 210 cm.

Řešení:

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$F = 100 \text{ N}$$

$$s = h = 210 \text{ cm} = 2,1 \text{ m}$$

$$W = ? \text{ J}$$

$$W = F \cdot s$$

$$W = (100 \cdot 2,1) \text{ J}$$

$$W = 210 \text{ J}$$

$$W \doteq 200 \text{ J} = 0,2 \text{ kJ}$$

Zvedneme-li činku nad hlavu, vykonáme práci přibližně 200 J, tj. 0,2 kJ.

U1 Vypočítejte vykonanou práci v dalších případech popsaných v Př. 1 a 2.

Souhlasí výsledky s naší úvahou?

U2 Jak velkou práci vykoná chlapec na obrázku? Knihy, které drží přibližně ve výši 70 cm nad zemí, mají hmotnost zhruba 8 kg.

U3 Na lyžařském vleku je lyžař tažen silou asi 60 N šikmo vzhůru (viz obr.). Vlek je dlouhý 800 m.

Výpočet vykonané práce nebudeme provádět podle výše uvedeného vzorce. Proč?

Obrázek i odůvodnění odpovědi proveď do sešitu.

U4 Hanka a Honza navštěvují 8. A třídu, učebnu mají ve druhém poschodí školy, kam vede celkem 32 schodů, každý má výšku 18 cm. Vypočítejte práci spojenou s vystoupaním do druhého poschodí pro Hanku (i se školní brašnou má hmotnost 68 kg) a pro Honzu (jeho celková hmotnost je 84 kg).

U5 Ocelovou kuličku na vodorovném stole „přitáhne“ magnet magnetickou silou na vzdálenost 15 cm. Kdo nebo co vykoná v daném případě práci?

Převedte na základní jednotky:

$$2,5 \text{ kN} = \quad 4,7 \text{ km} =$$

$$0,75 \text{ kJ} = \quad 0,05 \text{ MJ} =$$

$$5,5 \text{ cm} = \quad 85 \text{ kN} =$$

$$0,04 \text{ GJ} =$$



Mechanická práce a jednoduché stroje

Lidé často používají při vykonávání práce vhodné nástroje nebo zařízení. Vykonání práce je pak snazší. Mezi tato zařízení patří i tzv. jednoduché stroje, např. páka, kladka nebo kladkostroj.

[?] Jak se změní vykonaná práce, zvedneme-li těleso místo rukama pomocí kladky nebo páky do stejné výšky?

Př. 1 Zvedané těleso má hmotnost 20 kg a vyzvedneme je do výše 1,2 m.

a) Použijeme kladku pevnou, viz obr. vpravo:

$$\begin{array}{ll} G = F = 200 \text{ N} & W_1 = F \cdot s_F \\ s_F = h = 1,2 \text{ m} & W_1 = (200 \cdot 1,2) \text{ J} \\ \hline W_1 = ? \text{ J} & \underline{\underline{W_1 = 240 \text{ J}}} \end{array}$$

Vykonaná práce pomocí pevné kladky je 240 J.

b) Použijeme kladku volnou:

$$\begin{array}{ll} G = 200 \text{ N} & W_2 = F \cdot s_F \\ F = 100 \text{ N} & W_2 = (100 \cdot 2,4) \text{ J} \\ h = 1,2 \text{ m} & \underline{\underline{W_2 = 240 \text{ J}}} \\ s_F = 2,4 \text{ m} & \\ \hline W_2 = ? \text{ J} & \end{array}$$

Vykonaná práce pomocí kladky volné je 240 J.

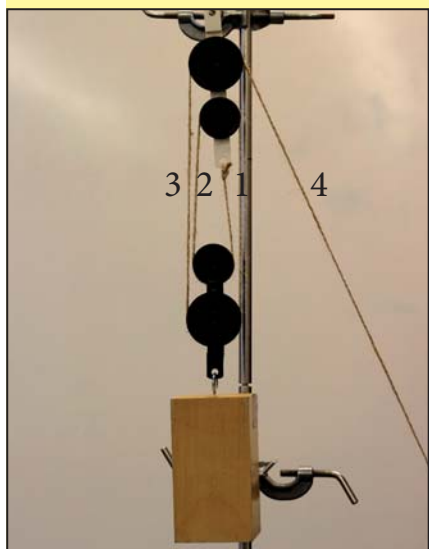
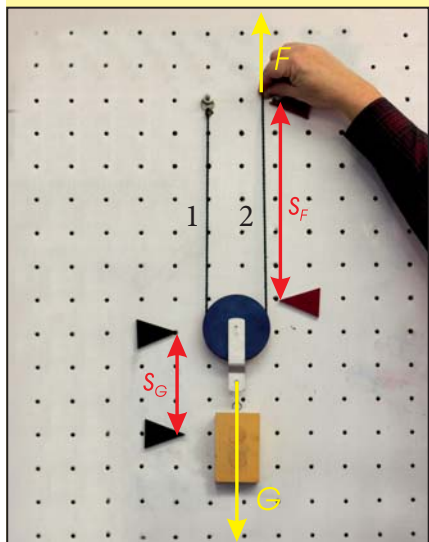
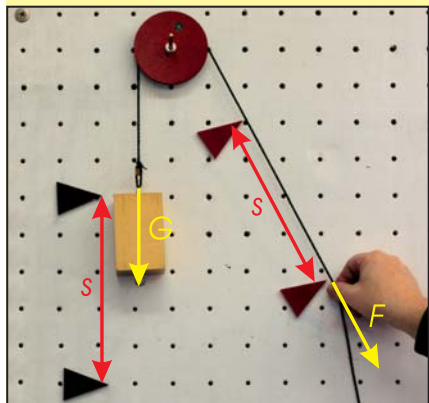
Poznámka: Na volném konci lana jsme působili dvakrát menší silou, ale po dráze dvakrát delší (části lana 1 a 2 se obě musí zkrátit o 1,2 m).

c) Použijeme kladkostroj o 4 kladkách:

$$\begin{array}{ll} G = 200 \text{ N} & W_3 = F \cdot s_F \\ F = 50 \text{ N} & W_3 = (50 \cdot 4,8) \text{ J} \\ h = 1,2 \text{ m} & \underline{\underline{W_3 = 240 \text{ J}}} \\ s_F = 4,8 \text{ m} & \\ \hline W_3 = ? \text{ J} & \end{array}$$

Práce vykonaná pomocí kladkostroje je také 240 J.

Závěr: Použitím kladek nebo kladkostroje ke zvedání těles práci neušetříme, ale usnadníme si její vykonávání, neboť působíme menší silou.



U1 Při opravě domu se dopraví pomocí výtahu na lešení do výšky 4,5 m 30 cihel (po 5 kg) a nádoba s maltou (25 kg). Klec výtahu váží 85 kg.

- Určete práci potřebnou k vyzvednutí nákladu.
- Vypočítejte práci, kterou vykoná motor výtahu.
- Jakou silou je zvedána klec s nákladem?

Př. 2 Naložení tělesa pomocí nakloněné roviny – viz foto.

Těleso o hmotnosti 100 kg vysuneme po nakloněné desce, tj. nakloněné rovině, na horní plochu do výšky 80 cm. Je třeba působit silou přibližně 400 N po celé délce nakloněné roviny, tj. 2,4 m.

$$G = 1000 \text{ N}$$

$$h = 0,8 \text{ m}$$

$$F = 400 \text{ N}$$

$$s = 2,4 \text{ m}$$

$$W_l = ? \text{ J}$$

$$W_l = F \cdot s$$

$$W_l = (400 \cdot 2,4) \text{ J}$$

$$W_l = 960 \text{ J}$$

K naložení břemena pomocí nakloněné roviny je potřeba vykonat práci 960 J.

Při nakládání bez nakloněné roviny vypočítáte potřebnou práci: $W_2 = (1\,000 \cdot 0,8) \text{ J}$, tj. 800 J.

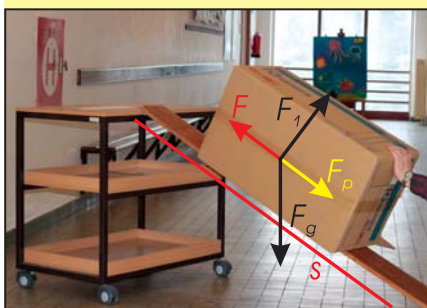
Opět práci neušetříme, ale usnadníme. Práce W_l je o něco větší, než bychom čekali, musíme totiž překonávat i tření při pohybu po nakloněné rovině.

U2 Lyžařský vlek vyveze lyžaře o hmotnosti 85 kg (včetně výstroje) na horní stanici. Její nadmořská výška je oproti dolní stanici vleku o 340 m větší. Jaká práce je spojena s dopravou lyžaře nahoru?

Poznámka: Svah je vlastně nakloněná rovina. I když neznáte tahovou sílu vleku, práci spojenou s potřebným vyzvednutím lyžaře vypočítáte.



Výkon motoru	1200 W
Max. nosnost	250 kg
Rychlost zdvihu	12 m/min
Délka lana	21 m



Výkon

Také slovo výkon má v běžné řeči široký a nejednoznačný význam. Ve fyzice však označuje přesně definovanou fyzikální veličinu se značkou **P** – viz TAB.

Př. 1 Anička váží 45 kg a bydlí ve 3. poschodí obytného domu. Pěšky vyjde po schodech z přízemí domů, tj. do výšky přibližně 8,5 m, za 50 s. Výtahem jí to trvá asi 30 s.

a) Anička jde pěšky a vykoná práci W_1 :

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

$$W_1 = F \cdot h$$

$$F = 450 \text{ N}$$

$$W_1 = (450 \cdot 8,5) \text{ J}$$

$$s = h = 8,5 \text{ m}$$

$$W_1 = 3\,825 \text{ J}$$

$$W_1 = ? \text{ J}$$

b) Anička jede výtahem, užitečná práce spojená s „vyzvednutím“ Aničky do 3. poschodí W_2 je prakticky stejná jako práce W_1 (neuvažujeme práci spojenou se zvedáním kabiny atp.):

$$W_2 = 3\,825 \text{ J}$$

Užitečná práce vykonaná za 1 sekundu:

$$\text{Anička pěšky} \dots 3825 : 50 = 77 \text{ J za 1 s}$$

$$\text{motor výtahu} \dots 3825 : 30 = 128 \text{ J za 1 s.}$$

Užitečný výkon motoru výtahu, tj. práce vykonaná za jednotku času, je větší.

$$\text{Výpočet výkonu:} \quad P = W : t \quad P = W/t$$

Výkon je ovlivněn nejen velikostí vykonané práce, ale i dobou, za kterou byla práce vykonána.

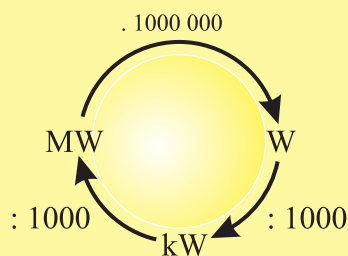
Základní jednotka výkonu 1 J/s (joule za sekundu) má označení 1 W – 1 watt.

Další jednotky výkonu: 1 kW – kilowatt

1 MW – megawatt

1 GW – gigawatt atd.

Jednotka watt představuje poměrně malý výkon, menší jednotky nebudeme prakticky ve škole používat.



Př. 2 Tabulka čokolády má hmotnost 200 g.

Č Do výšky h ji vyzvednete za 1 s. Jaká to bude výška, je-li váš výkon právě 1 W.

Řešení: Čokoládu zvedáme silou 2 N po dobu 1 s. Výkon je 1 W, vykonaná práce má tedy hodnotu 1 J.

$$W = F \cdot h \rightarrow 1 = 2 \cdot h \rightarrow h = 0,5 \text{ m.}$$

Zvednout tabulku čokolády uvedeným způsobem zvládne i malé dítě. 1 watt je opravdu malá jednotka výkonu.



U1 Atlet zvedne činku vážící 110 kg nad hlavu, tj. do výšky přibližně 190 cm, za 3 sekundy. Vypočítejte jeho průměrný výkon při jednom zvednutí.



U2 Výtah vyveze tři zákazníky do 1. poschodí (do výšky asi 3,8 m) za 9 s. Hmotnost tří osob uvažujeme celkem 240 kg, hmotnost kabiny výtahu 140 kg. Vypočítejte užitečný výkon (spojený s dopravou zákazníků) a celkový výkon motoru výtahu.

Č Dvě plastové láhve o objemu 1,5 litru naplněné vodou zvedejte opakovaně nad hlavu po dobu 1 minuty - viz foto. Zjistěte a změřte potřebné údaje. Poté vypočítejte mechanickou práci, kterou jste vykonali během zvedání, i váš průměrný výkon. Porovnejte jej s hodnotou uvedenou v Tabulkách - Informativní tabulka výkonů.



U3 Šatní skříň přesunete po vodorovné podlaze silou přibližně 350 N na vzdálenost 3 metry za dobu 0,5 minuty. Jaký bude váš průměrný výkon?

Výpočet práce - výkon

V praxi je často práce vykonávána pomocí motorů a dalších zařízení. Jejich výkon je uveden přímo na štítku motoru nebo v dokumentaci.

- Př. 1** Motor automobilu má výkon 74 kW. Jakou práci vykoná za $\frac{1}{4}$ hodiny jízdy při plném výkonu?

$$P = 74 \text{ kW} = 74\,000 \text{ W}$$

$$t = \frac{1}{4} \text{ h} = 900 \text{ s}$$

$$W = ? \text{ J, kJ, ...}$$

$$P = W : t$$

$$W = P \cdot t$$

$$W = (74\,000 \cdot 900) \text{ J}$$

$$W = 66\,600\,000 \text{ J}$$

$$W = 67 \text{ MJ}$$

Motor automobilu vykoná práci 67 MJ.

- U1** Fyzikální tabulky uvádějí průměrný výkon člověka při běžné činnosti asi 100 W. Jakou práci vykoná za osmihodinovou pracovní směnu? Určitý čas - asi 2 h - počítejte na organizaci a prostoje.

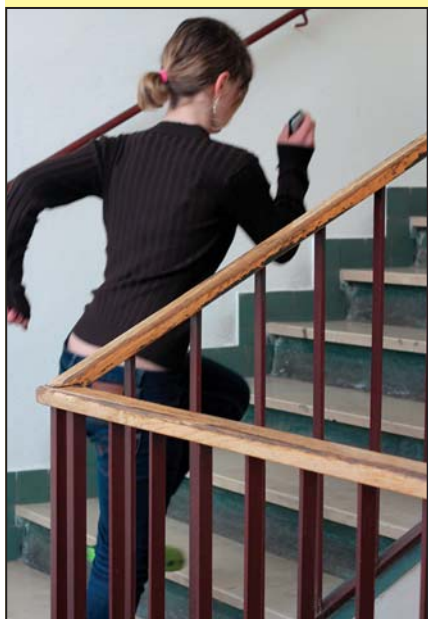
- U2** Porovnejte práci jednoho člověka z úlohy U1 s prací vykonanou spotřebičem, např. „úspornou“ žárovkou o výkonu 20 W.

- U3** Vystoupáte-li klidnou chůzí např. do druhého poschodí, vykonáte určitou práci. Změřte si dobu k tomu potřebnou a vypočítejte svůj výkon. Porovnejte ho s údajem uvedeným v Tabulkách.

Č

Celou situaci zopakujte a snažte se do poschodí dostat v co nejkratší době, kterou opět změříte. Vypočítaný výkon porovnejte s údajem v Tabulkách a výkonem z předchozí úlohy.

Potřebné údaje a hodnoty příslušných veličin si změřte. Výšku poschodí určíte, změříte-li výšku jednoho schodu, počet schodů snadno spočítáte (např. v U4 na str. 7 je uvedena výška schodu 18 cm). Znáte-li svoji hmotnost, postačí vám k měření stopky, např. v mobilním telefonu.



Výpočet práce - další jednotky práce

Př. 2 Elektrická lokomotiva s výkonem 500 kW přepravuje nákladní vlakovou soupravu. Přeprava trvá nepřetržitě 3 hodiny. Vypočítáme vykonanou práci.

Řešení:

Do známého vzorce dosadíme výkon v kilowattech a čas v hodinách, výsledek dostáváme v jednotkách kilowatthodiny - kWh:

$$P = 500 \text{ kW}$$

$$W = P \cdot t$$

$$t = 3 \text{ h}$$

$$W = (500 \cdot 3) \text{ kWh}$$

$$W = ? \text{ kWh}$$

$$W = 1\,500 \text{ kWh}$$

Motory elektrické lokomotivy vykonaly práci 1 500 kWh, tj. 1 500 000 Wh.

U 4 Jak velkou práci vykoná spotřebič, např. motor lyžařského vleku, s výkonem 1 500 wattů za dobu tří minut?

Výsledek vyjádřete v joulech, wattsekundách a kilowatthodinách.

U 5 Hmotnost Pavla je 80 kilogramů a Tomáše 65 kilogramů. Oba chlapci trénují na horolezecké stěně. Pavel vyleze do výšky 4,5 m za dobu 5,5 s a Tomáš se dostane do výšky 6 m za dobu 6,5 s.

Který z nich vykoná větší práci? Vypočítejte a porovnejte také výkony obou chlapců na horolezecké cvičné stěně.

U 6 Vyberte čerpadlo, které dopraví spolehlivě 3,5 m³ vody do výšky 9,5 m za 5,0 minut. K dispozici máte čerpadla tři: první má maximální výkon 1 kW, druhé pracuje s největším možným výkonem 1 300 W a třetí má výkon 10 kW. Svoje řešení odůvodněte!

Které čerpadlo je nejvýhodnější z hlediska spotřeby energie a ochrany životního prostředí?



Další jednotky práce:

Vycházíme ze vzorce pro výpočet práce:

$$P \cdot t = W$$

$$1 \text{ W} \cdot 1 \text{ s} \rightarrow 1 \text{ Ws}$$

$$1 \text{ W} \cdot 1 \text{ h} \rightarrow 1 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} \rightarrow 1 \text{ kWh}$$

Ws ... wattsekunda

$$1 \text{ Ws} = 1 \text{ J}$$

Wh ... watthodina

$$1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ Ws}$$

kWh ... kilowatthodina

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ Ws}$$



Vodní čerpadlo

Účinnost

Anička v Př. 1 v kapitole Výkon byla výtahem vyzvednuta do 3. poschodí. Motor výtahu vykonal také práci spojenou s vyzvednutím kabiny výtahu i s překonáváním odporových sil (tření). Tím se celková práce motoru zvětšila.

Užitečná práce spojená pouze s vyzvednutím Aničky byla přibližně 3 800 J.

Práce spojená se zvedáním kabiny byla přibližně 18 000 J (odhad).

Motor pracoval po dobu 30 s. Proto jeho celkový aktuální výkon byl 600 W - označíme tuto hodnotu jako **příkon** - P_0 .

Anička vyjela do 3. poschodí výtahem za 30 s, užitečný výkon činil 127 W - označíme tuto hodnotu jako **výkon** P .

Příkon P_0 je vždy větší než výkon P . **Poměr příkonu a výkonu určuje účinnost daného zařízení η .**

$$\eta = P : P_0 \quad \rightarrow \quad \eta = \frac{P}{P_0}$$

Účinnost η (éta - písmeno řecké abecedy) je tedy vždy číslo menší než jedna - $\eta < 1$. Vyjadřuje užitečný výkon jako zlomek celkového příkonu.

Pro lepší porovnávání různých zařízení bývá účinnost vyjádřena v procentech:

$$\eta = \frac{P}{P_0} \cdot 100 \%$$

Poznámka: **Výkon i příkon** vyjadřujeme při výpočtu účinnosti vždy **ve shodných jednotkách**.

Účinnost v našem případě s výtahem:

$$\begin{array}{ll} P = 127 \text{ W} & \eta = 127 : 600 = 0,21 \\ P_0 = 600 \text{ W} & \underline{\underline{\eta = 21 \%}} \end{array}$$

Zlomky:

$$\frac{1}{2}, \frac{8}{9}, \frac{45}{100}, \dots$$

jsou menší než číslo 1.

Jejich čitatel je menší než jejich jmenovatel.



$$P_0 = 1500 \text{ W}$$



$$P_0 = 1750 \text{ W}, P = 650 \text{ W}$$



$$P = 4,5 \text{ kW}$$

Př. 1 Ukázali jsme, že použitím kladek či kladkostroje je práci při zvedání těles neušetříme. Vypočítáme účinnost našeho modelu kladkostroje o dvou kladkách.

Zvedneme 200g závaží do výšky $h = 20$ cm. Siloměr měří sílu F potřebnou k udržení rovnováhy, a tedy i sílu potřebnou ke zvedání závaží rovnoměrným pohybem po dobu 2 sekund.

$$\begin{aligned} \text{Výkon } P: \quad P &= (G \cdot h) : t \\ P &= [(2 \cdot 0,2) : 2] \text{ W} \\ P &= 0,2 \text{ W} \end{aligned}$$

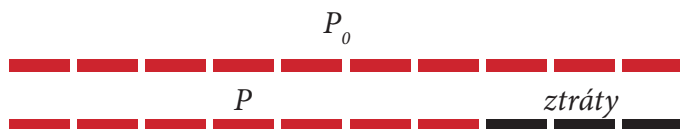
$$\begin{aligned} \text{Příkon } P_o: \quad P_o &= (F \cdot s) : t \\ P_o &= [(1,5 \cdot 0,4) : 2] \text{ W} \\ P_o &= 0,30 \text{ W} \end{aligned}$$

Dráha s , po které působí síla F , je dvojnásobek výšky h . O tuto délku se zkrátí obě části lana vedeného přes volnou kladku kladkostroje.

Účinnost kladkostroje:

$$\begin{aligned} \eta &= P : P_o \\ \eta &= 0,2 : 0,3 \\ \eta &= 67 \% \end{aligned}$$

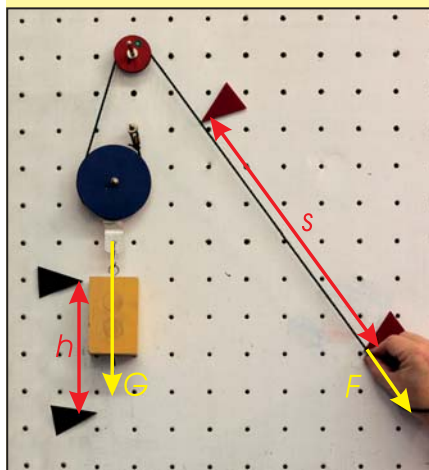
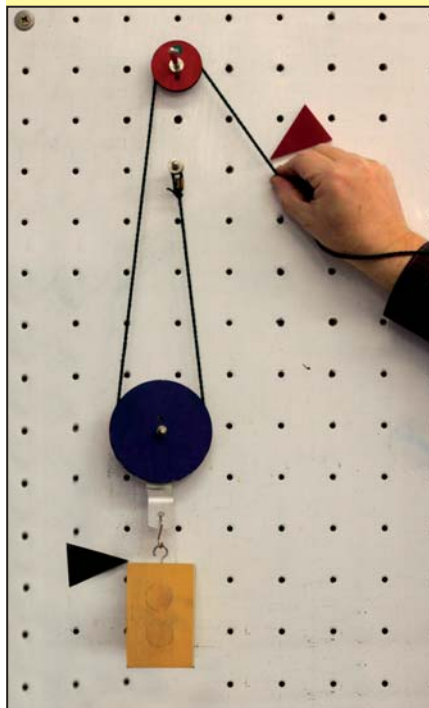
Grafické znázornění:



U1 Účinnost motoru je 40 %. Vyjádřete v procentech jeho ztráty.

U2 Účinnost daného zařízení $\eta = 0,7$. Vyjádřete v procentech jeho výkon i ztráty, koná-li práci. Totéž vyjádřete pomocí zlomků.

U3 Příkon motoru je 8 kW. Jaký bude jeho maximální výkon, jestliže účinnost motoru je $\eta = 75$ %?



U5 Poštovní doručovatel vážící 65 kg donese pěšky balíček o hmotnosti 0,5 kg do druhého poschodí (výška přibližně 6 m) činžovního domu za 3 minuty. Určete účinnost (užitečná práce je spojena pouze s vyzvednutím balíčku do poschodí).

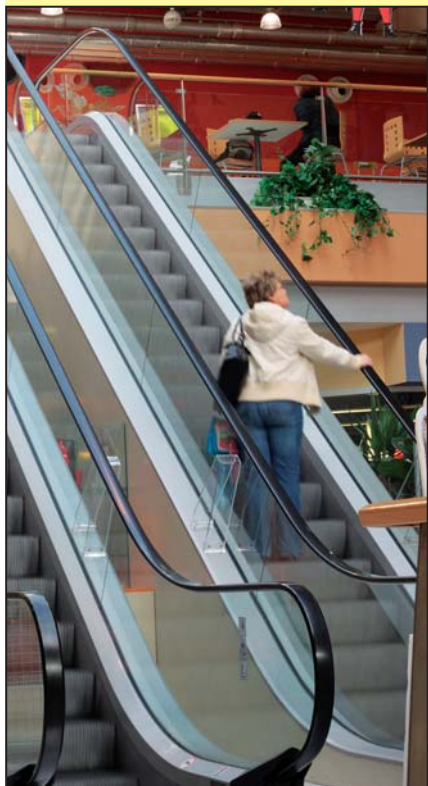
U6 Lze určit účinnost motoru výtahu, znáte-li pouze jeho maximální nosnost (500 kg) a tíhu kabiny výtahu (3 000 N)? Jestliže ano, určete v procentech, pokud ne, odůvodněte!

U7 Schody v obchodním centru dopraví zákazníka o hmotnosti 74 kg do výše 4,8 m. Doba potřebná k přepravení je 32 s. Jaký je výkon motoru, který byl v dané situaci použit? Vypočítejte i příkon motoru, je-li jeho účinnost 0,8?

U8 Balíček z U5 vyzvedněte pomocí provázku za obdobných podmínek. Co byste měli změřit a zjistit, aby bylo možno alespoň přibližně určit účinnost i v tomto případě. Pokud je to reálné, tak měření i výpočty proveďte.

U9 Čerpadlem se má přečerpat 10 hl vody do výšky 120 cm za dvě minuty. Postačí k tomu čerpadlo s příkonem 200 W, má-li jeho motor účinnost 75 %? Pokud ne, navrhnete potřebný příkon čerpadla.

U10 Maximální výkon motorů elektrické lokomotivy je přibližně 2 700 kW, účinnost 0,9. Jaký je maximální příkon těchto motorů? Lokomotiva přepravila soupravu do následující stanice za 27 minut při 50% výkonu motorů. Jaká byla vykonaná práce? Práci určete v kWh a v MJ.



$P = 320 \text{ W}$

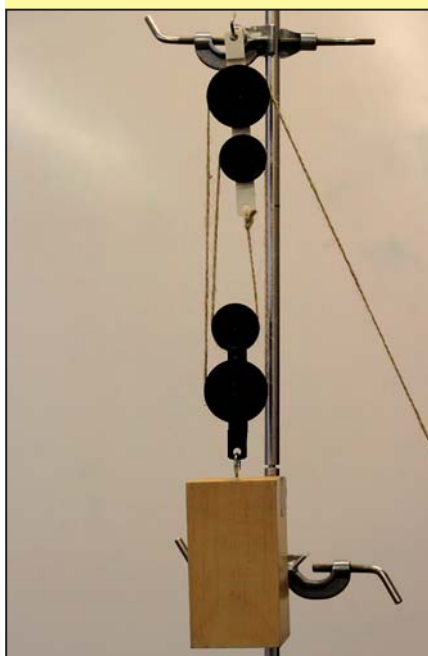
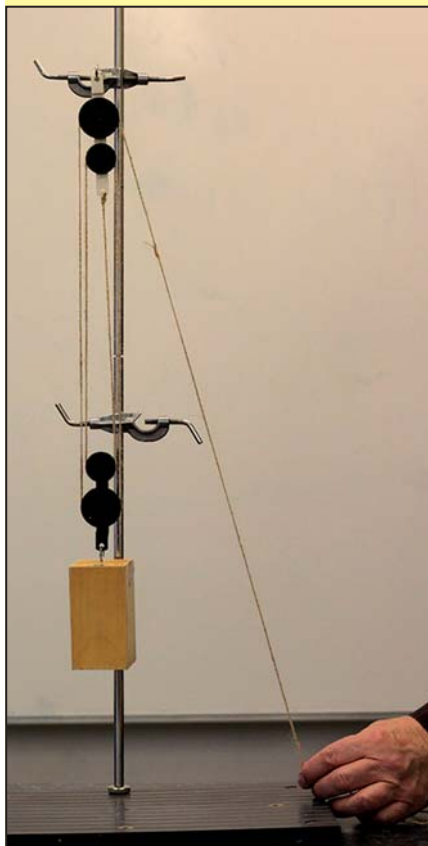


Vyzkoušejte se - práce, výkon, účinnost

- Činku o hmotnosti 0,5 kg zvednete do výšky 30 cm. Jak velkou práci při této činnosti vykonáte?
- Určete hmotnost pevného tělesa. Při jeho vyzvednutí do výše 150 cm byla vykonána práce 150 J.
- Při vykonání práce 0,25 kJ bylo těleso o hmotnosti $m = 2,5$ kg vyzvednuto do výše:
 - 2,5 m,
 - 25 m,
 - 10 m,
 - 0,1 m.
- Pomocí kladkostroje o 4 kladkách jste vyzvedli těleso o hmotnosti $m = 250$ kg do výšky 50 cm.
 - Jak velká je vámi vykonaná práce? Soustava volných kladek má hmotnost 10 kg.
 - Vypočítejte i výkon při zvedání tělesa, víte-li, že to trvalo 8 sekund.
- Stroj pracoval po dobu 1,5 hodiny s průměrným výkonem 1,5 kW. Určete vykonanou práci.
- Jaký příkon má motor, který pracoval $\frac{1}{4}$ h s výkonem 3,6 kW? Jeho účinnost je 75 %.
- Tabulku přerýsujte a doplňte:

P	1 200 W	1,5 kW	?
P_0	?	2,0 kW	4,2 kW
η	$\frac{3}{5}$	?	60 %

- Účinnost parních strojů (dříve poháněly parní lokomotivy) bývala přibližně 12 %. Kolikanásobně větší byly ztráty než jimi vykonaná užitečná práce?



Energie - mechanická

P1 Závaží vyzvednuté do určité výšky h nad desku stolu může vykonat práci. Necháme-li je spadnout na modelínu, změní její tvar - vykoná práci W .

Závaží může vykonat práci „díky“ své poloze v gravitačním poli - má **energii polohovou** v gravitačním poli. Označení - E_p .

P2 Koule valící se určitou rychlostí po nárazu na kvádr tento kvádr posune.

Koule může vykonat určitou práci „díky“ svému pohybu - má **energii pohybovou**. Označení - E_k .

Poznámka: Dolní indexy jsou voleny podle označení cizími výrazy:

- polohová, tj. **potenciální** - index **p**,
- pohybová, tj. **kinetická** - index **k**.

P3 Napnutá tětiva luku po uvolnění vystřelí šíp díky své pružnosti a pružnosti luku. Vykoná práci „díky“ pružnosti - jedná se tedy o **energii pružnosti**.

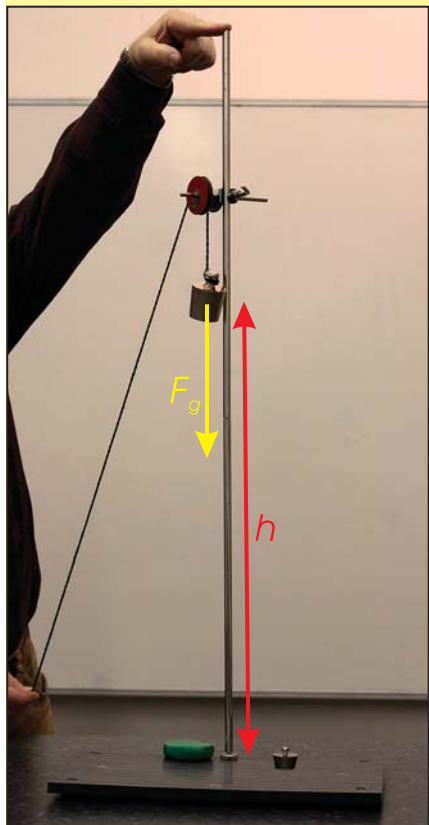
? Aby sledovaná tělesa (závaží z P1, koule z P2, tětiva z P3) získala potřebnou energii E , bylo třeba vykonat nejprve určitou práci W .

Závaží jsme vyzvedli silou, rovnající se jeho tíze, do výšky h . Na kouli jsme působili silou po určité dráze, tětivu jsme napínali potřebnou silou po nedlouhé dráze.

Změnu energie budeme posuzovat podle vykonané práce k tomu potřebné.

Proto uvádíme energie ve stejných jednotkách jako práci. Nejčastěji budeme používat jednotku joule - 1 J - a jeho násobky:

kilojoule	1 kJ
megajoule	1 MJ
gigajoule	1 GJ atd.



Polohová energie v gravitačním poli - E_p

Č1 Vyzkoušejte několik variant P1:

- Vyzvedněte dané závaží postupně do několika různých výšek. Ověřte si, že při větší výšce má závaží větší polohovou energii - svědčí o tom důsledek pádu závaží na modelínu.
- Opakujte experiment se závažím (100g, 200g, 500g, ...) vždy vyzvednutým do stejné výše. Výsledky pokusů prokazují opět míru potenciální energie tělesa.

Vyjádříme práci W potřebnou k vyzvednutí závaží do výchozí polohy:

$$W = F \cdot h \quad \text{a} \quad F = F_g = m \cdot g$$

proto: $W = m \cdot g \cdot h$

$$W = E_p = m \cdot g \cdot h$$

Uvažujeme-li hmotnost tělesa v kg, výšku h v metrech a tíhové zrychlení 10 N/kg, vychází velikost polohové energie tělesa v gravitačním poli také v základní jednotce - joule.

Velikost polohové energie E_p je tedy přímo úměrná hmotnosti tělesa m i výšce tělesa h nad úrovní, k níž E_p vztahujeme: $E_p = m \cdot g \cdot h$

Př. 1 Určete potenciální energii cihly ($m = 5 \text{ kg}$) položené na židli na stole:

- vzhledem k zemi,
- vzhledem k desce stolu.

$$m = 5 \text{ kg}$$

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

$$h_1 = 120 \text{ cm}$$

$$h_2 = 45 \text{ cm}$$

$$E_p = ? \text{ J}$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

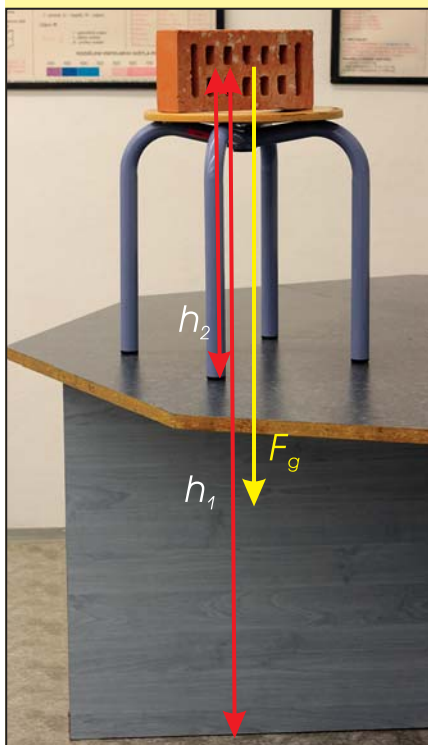
$$\text{a) } E_p = (5 \cdot 10 \cdot 1,2) \text{ J}$$

$$E_p = 60 \text{ J}$$

$$\text{b) } E_p = (5 \cdot 10 \cdot 0,45) \text{ J}$$

$$E_p = 22,5 \text{ J} \doteq 23 \text{ J}$$

Cihla má vzhledem k podlaze polohovou energii 60 J, vzhledem k desce stolu však jen 23 J.



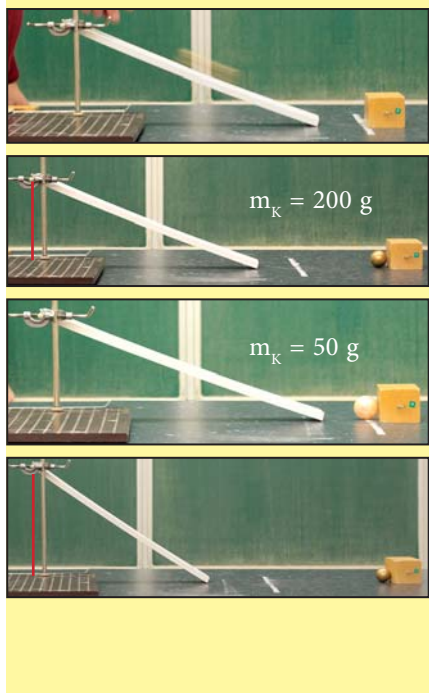
Energie pohybová (kinetická) - E_k

Č Nechte ocelovou kuličku sjíždět z nakloněné roviny (zvětšíte-li výšku nakloněné roviny, bude rychlost kuličky na stole větší). Kulička narazí na kvádř a posune ho - **vykoná určitou práci**. Kulička **má** odpovídající **pohybovou energii**.

U Snadno poznáte, jak souvisí E_k s rychlostí kuličky v okamžiku nárazu.

Použijte kuličky rozdílné hmotnosti při téže výšce nakloněné roviny. Jejich rychlost při nárazu se příliš lišit nebude. Přesto podle posunutí kvádru poznáte, kdy je pohybová energie větší.

Pohybující se těleso má **pohybovou (kinetickou) energii**. Při větší rychlosti je tato energie větší. Těleso v pohybu vykoná práci, až se zastaví - jeho pohybová energie se zcela k tomu využije. Těleso v klidu ($v = 0$ m/s) má nulovou kinetickou energii ($E_k = 0$ J).



Pohybová energie je úměrná hmotnosti tělesa a druhé mocnině jeho rychlosti.

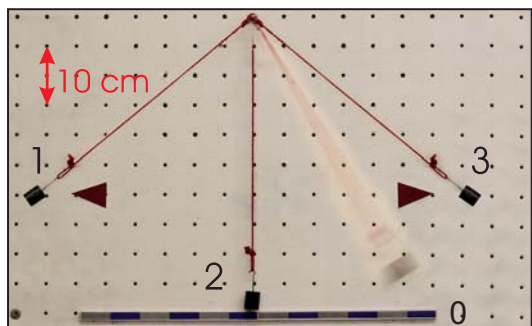
$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

Př. 1 Energie kyvadla v pohybu - kyvadlo se kývá:

? Kyvadlo zvedneme do polohy 1 - vykonáme tak určitou práci vzhledem k rovnovážné poloze. Závaží kyvadla má E_p , kterou dovedeme vypočítat. Po uvolnění závaží kyvadla se závaží pohybuje stále rychleji. Jak se mění jeho polohová i pohybová energie?

V poloze 2 má závaží největší rychlost, a proto i největší kinetickou energii E_k , je v rovnovážné poloze, jeho výška je minimální a energie polohová také.

Při pohybu závaží z polohy 2 do polohy 3 se postupně mění jeho polohová i pohybová energie. Výška závaží se vzhledem k rovnovážné poloze zvětšuje, jeho rychlost se zmenšuje až se závaží zastaví.



Pohybovou energii kuličky v poloze 2 určíme z vypočtené polohové energie v poloze 1.

$$E_{k2} = E_{p1} = m g h$$

U1 Vypočítejte maximální polohovou energii závaží kyvadla ($m = 100 \text{ g}$) vzhledem k „nulové hladině“ a určete i její největší energii pohybovou. Ve které poloze tyto situace nastanou?

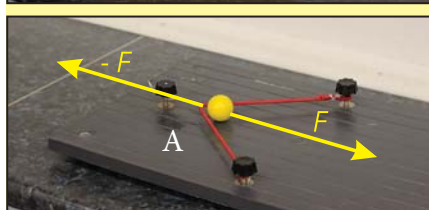
U2 Zapište alespoň tři příklady těles ze svého okolí, která mají kinetickou energii vzhledem k zemi.

U3 Uveďte alespoň tři příklady situací, kdy se pohybová energie daného tělesa zmenšuje a jeho polohová energie se zvětšuje.

U4 Lyžař o celkové hmotnosti 75 kg (včetně výstroje) sjíždí přímo po sjezdovce dolů. Start je o 50 m výše než cíl. Přibližně jakou pohybovou energii má lyžař v cíli? Brzdí až po projetí cílem. Brzdné síly během jízdy neuvažujte.

U5 Lyžař z předcházející úlohy bude mít v cíli kinetickou energii menší, než jste vypočítali. Jak to vysvětlíte na základě svých zkušeností? Podobná situace může nastat při jízdě na saních, na bobech, na kole z kopce dolů.

U6 Situace na vodorovné desce je na fotografii – pohled shora. Kulička je umístěna „uvnitř“ napnutého gumového lanka, zajištěného napnutou nití. Tu v místě A přestříhneme. Popište děj, který pravděpodobně nastane. Vysvětlete, k jakým změnám energie zúčastněných těles dojde. Předpokládejte, že vodorovná deska je dostatečně dlouhá.



- P 1** Provedte pokus se dvěma vozíky:
- Vozík I narazí při vhodné rychlosti na stojící vozík II. Ten se dá do pohybu, zatímco vozík I zůstane stát.
 - Pokus provedte obdobně, jen na vozík I naložte kvádr.
 - Ve třetí variantě pokusu bude vozík I prázdný a vozík II bude naložen.

Ve všech třech variantách dochází k tomu, že pohybující se vozík I má určitou **pohybovou energii**, ta se **změní na nulovou hodnotu**. **Druhý vozík** se dá do pohybu - změní se jeho kinetická energie. Hmotnosti těles mají vliv na rychlost obou vozíků po nárazu.

- P 2** Na konec pružiny, v klidu zavěšené na panelu, umístíme závaží o hmotnosti 500 g. Působením tíhy závaží se pružina prodlouží - je vykonána určitá práce. Pružina získává polohovou **energií pružnosti**. Ta je využita ke zvednutí závaží - opět je vykonána práce. Dochází k opakované změně energie a vykonávání práce.

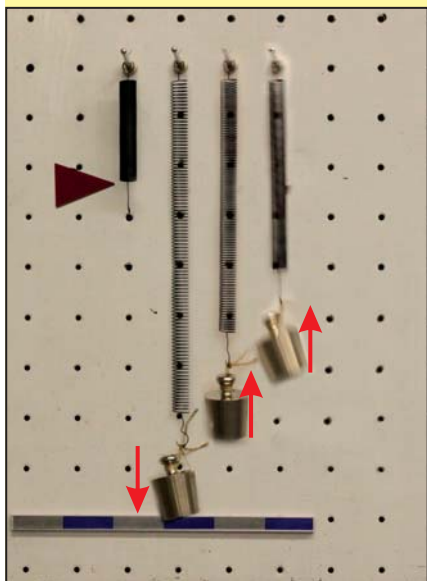
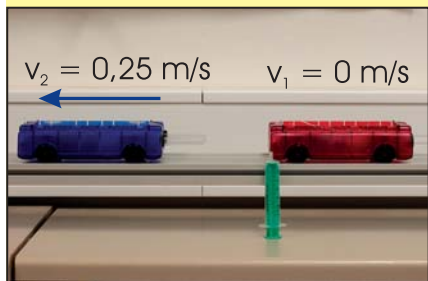
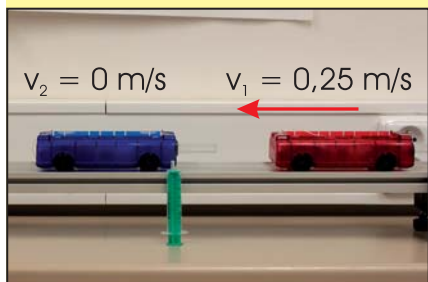
- ?** Proč se tento děj neopakuje neustále a pružina se závažím zůstane po chvíli v klidu?
- ?** Co způsobuje ztráty při přenesení energie a vykonávání práce?

Poznámka: Pružným tělesem může být i stlačený plyn v určitém prostoru - pneumatika nahuštěná vzduchem, míč na odbíjenou atp.

- U 1** Zapište alespoň tři příklady využití polohové energie pružnosti různých těles v praxi.

- U 2** Uveďte tři příklady, kdy dochází k přenesení energie mezi dvěma i více tělesy.

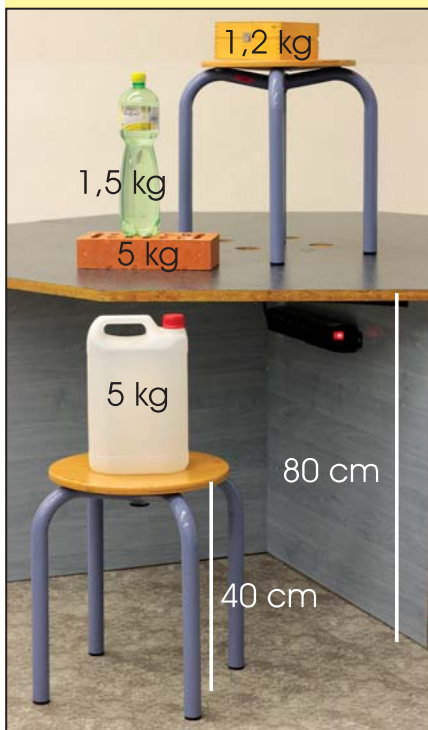
- U 3** Energie vody zadržené za přehradní hrází se využívá v hydroelektrárně. Hladina vody v jezeru je 35 m nad úrovní řeky. Jakou polohovou energii má 1 m^3 vody v uvedené výšce. K čemu se tato energie využívá?



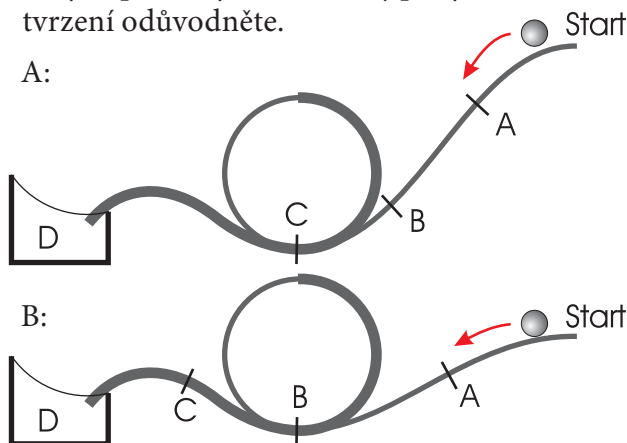
Vyzkoušejte se - energie

Poznámka: Pokud není uvedeno jinak, uvažujeme pohyb těles, jejich rychlost, polohovou či pohybovou energii vzhledem k zemi.

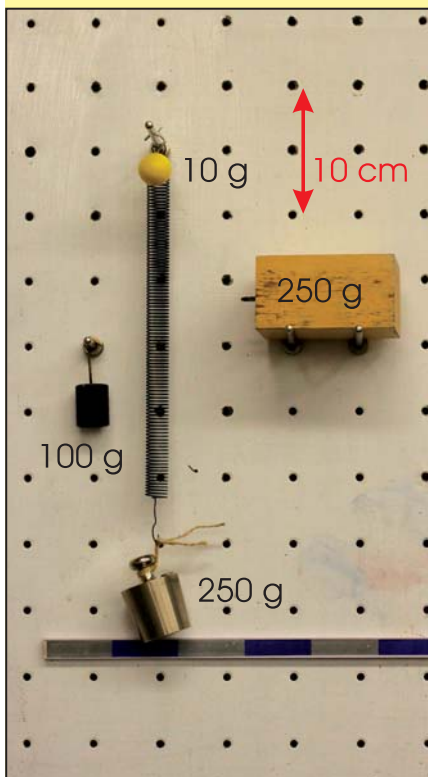
1. Uspořádejte názvy těles na 1. fotografii podle jejich potenciální energie vzhledem k podlaze.
2. Které těleso na panelu má největší a nejmenší polohovou energii vzhledem k vyznačené linii?
3. V jednotlivých příkladech, které si zapíšete do sešitu, doplňte značky E_p a E_k , pokud uvedená tělesa tuto energii mají:
- Jablko na stromě.
 - Cyklista jedoucí z kopce.
 - Auto jede po vodorovné dálnici.
 - Chlapec na skateboardu na horní hraně U-rampy.
 - Míč letící svisle vzhůru.
 - Činka v klidu nad hlavou atleta.



4. Na následujícím obrázku A i B jsou znázorněny trajektorie, po kterých se má pohybovat ocelová kulička. Rozhodněte, ve kterém z míst označených písmeny kulička svůj pohyb ukončí. Svě tvrzení odůvodněte.



5. Určete polohovou energii sekery o hmotnosti 2 kg ve výši 140 cm nad špalkem. Jakou pohybovou energii bude mít sekera těsně před dopadem na špalek? Vysvětlete.



Teplo - stavba látek

Význam slova teplo je v běžném užívání velmi široký. Jinak mluvíme o teple v letním, jinak v zimním období roku. Ve fyzice potřebujeme tento pojem - název další fyzikální veličiny - přesně vymezit.

Připomeňme si proto vědomosti o stavbě látek, jak jsme je poznali ve fyzice už dříve. Všechny látky jsou složeny z velmi malých **částic** (atomů, molekul, iontů atp.), **jejichž základní vlastností je pohyb**.

U 1 Které fyzikální jevy nám tuto skutečnost dokumentují?

U 2 Připomeňte si, jak se od sebe liší pohyb částic látky pevné krystalické, kapaliny a látky plyné.

Které vlastnosti těles pevných, kapalných a plyných jsou toho důkazem?

Víte už, že pohybující se tělesa, tedy i částice látek, mají pohybovou energii. Může se tato energie v průběhu času měnit?

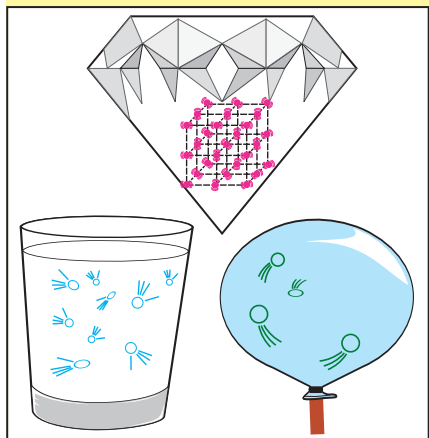
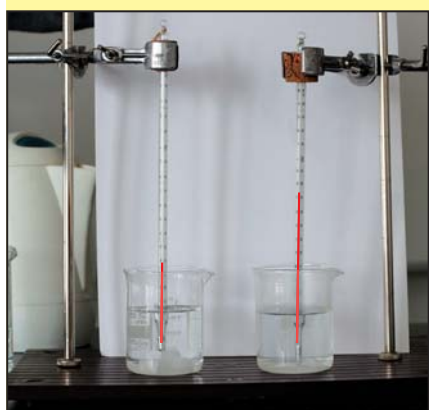
Poznali jste, že ve vodě s vyšší teplotou, kolem $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, se rozpustí kostka cukru rychleji. Teplota nás informuje o tom, že uvnitř kapalného tělesa nastaly určité změny.

P 1 Dva kousky modelíny přitiskněte k sobě navzájem. Jediné těleso drží pohromadě.

P 2 Vodu v injekční stříkačce se vám nepodaří stlačit.

P 3 Většina pevných látek vytváří krystaly - „vyrobte“ je např. odpařováním slané vody.

Uvedené pokusy, a řada dalších, prokazují působení příťažlivých i odpudivých sil, které existují mezi částicemi látek.



Teplo - vnitřní energie těles

Každé těleso je tvořeno velkým množstvím pohybujících se částic. Každá z nich má určitou pohybovou energii.

Důležitá je také vzájemná poloha těchto částic, a tedy i jejich polohová energie.

Označme souhrnně pohybovou a polohovou energii částic tělesa jako jeho **vnitřní energii**.

Že může nastat změna pohybu částic, jsme si už uvědomili. Důsledkem je změna vnitřní energie tělesa - může být dvojitá:

- vnitřní energie tělesa se zvětší,
- vnitřní energie tělesa se zmenší.

Takový přírůstek (úbytek) vnitřní energie tělesa označíme jako **teplo dodané** tělesu (**teplo odevzdané** tělesem).

P1 Jestliže opakovaně udeříte kladivem do hlavičky hřebíku zčásti zatlučeného do dřeva, snadno se hmatem přesvědčíte o tom, že se zahřála.

P2 Hliníkový drát opakovaně v rychlém sledu ohýbejte „sem a tam“. V místě ohybu se drát zahřál.

Podobnou zkušenost získáte při pumpování kola. Těleso pumpičky se opakovaným stlačováním vzduchu zahřeje.

Z práce ve školní či jiné dílně si odnášíte zkušenost, že železný předmět, který pilujete nebo řezáte, se také zahřívá. Zahřívá se i pilník či list pilky.

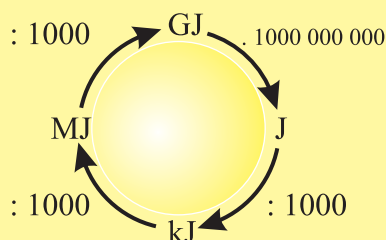
Ve všech uvedených příkladech je vykonávána práce příčinou zvýšení vnitřní energie těles, tedy jejich zahřátí. Těleso získalo teplo.

Pro měření tepla budeme užívat opět jednotku **joule** – **1 J** - nebo její násobky.

Rozlišujte veličiny:

teplota: $t = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T = 1\text{ K}$

teplo: $Q = 1\text{ J}$
 $Q = 1\text{ kJ}, \dots$



Tepelná výměna

[?] Nalijete-li si k snídani sklenici teplého mléka, po chvíli zjistíte, že i sklenice se ohřála.

Proč?

- Molekuly kapaliny narážejí do stěn sklenice a předávají částicím pevného tělesa energii.
- Vnitřní energie kapalného tělesa se postupně zmenšuje - kapalina teplo odevzdává a její teplota klesá.
- Vnitřní energie pevného tělesa se proto zvětšuje - těleso přijímá teplo, sklenice má vyšší teplotu. Tento děj probíhá až do vyrovnání teplot zúčastněných těles. Probíhá **tepelná výměna vedením** mezi tělesy, která jsou v přímém kontaktu a mají rozdílné teploty.

[U1] Zapište do sešitu další příklady výměny tepla vedením mezi tělesy: a) v přírodě, b) doma v kuchyni, c) další různé příklady.

[P1] Na obrázku vidíte uspořádání pokusu. Tři tyčky - hliníková, železná a skleněná - zasahují svým koncem do plamene kahanu. V tomto místě přijímají určité teplo. Na všech tyčinkách jsou v pravidelných vzdálenostech nalepeny parafínové kuličky.

[?] Proč kuličky z parafínu odpadávají postupně z tyčinky hliníkové i železné?

[?] Kuličky v druhé polovině skleněné tyčinky neodpadnou. Proč?

Vysvětlení:

Tepelná výměna vedením nastává postupně mezi dvěma částmi s rozdílnou teplotou téhož tělesa (hliníková, železná tyčka). Hliník i železo jsou dobré **vodiče tepla**.

Ve skle dochází k tepelné výměně vedením jen velmi pomalu. Sklo je tepelný **nevodič**, **tepelný izolant**.



Voda a vzduch jsou látky, které se vyskytují kolem nás prakticky všude. Jak je to s jejich tepelnou vodivostí?

P 2 Pokus uspořádáme podle fotografie. Voda ve zkumavce je v její horní části uvedena do varu ($t \doteq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$). V dolní části je zkumavka chladná - snadno se o tom přesvědčíme. Voda je špatný vodič tepla.

Poznámka:

I sklo je tepelný izolant, jinak by nás dolní část zkumavky „pálila“.

? Jak se liší vzhled vrabce na obou obrázcích? Na snímku A je objem malého opeření výrazně větší, protože se v mrazivém čase načepýřil. V jeho opeření je tak mnohem více vzduchu a chrání jej před prochlazením.

Snímek B byl pořízen při teplotě vzduchu nad nulou.

Podobnou tepelně izolační funkci má i srst celé řady známých zvířat, lépe řečeno vzduch v ní nahromážděný.

Voda i vzduch jsou tepelné izolanty a příroda je dokonale využívá. Lidé se to učí. Používají k tepelné izolaci materiály obsahující ve svém objemu velké množství vzduchu: peří, molitan, kožešiny, polystyren, dutá vlákna v textiliích apod.

P 3 Peřina nehřeje! Kostka ledu pod peřinou neroztaje, ale vydrží po dlouhou dobu.

Poznámka:

Při provádění pokusu doma vložte raději led ještě do igelitového sáčku a pevně jej uzavřete.

Svědčí to o tom, že peří (nebo dutá vlákna) obsahující uvnitř přikrývky hodně vzduchu dobře izoluje ohraničený prostor. Naše tělo pod přikrývkou bude „v teple“. Uschovaná kostka ledu si i pod ní udrží nízkou teplotu.



Okna v našich domech mají dvě i tři skla. Prostor mezi nimi je buď vyplněn **vzduchem** nebo je z něho vzduch odčerpán a můžeme říci, že je zde **vzduchoprázdno**.

- ? Která z uvedených typů oken budou z hlediska tepelné izolace bytu výhodnější? Proč?

Dobrá tepelná izolace našich obydlí snižuje únik tepla, tak šetří i naše životní prostředí!

- ? Plechová krabice a polystyrenová deska jsou delší dobu ve třídě. Nástěnný teploměr zde ukazuje teplotu 21 °C. Jakou teplotu mají uvedená tělesa? Odůvodněte.

- P4 Položte levou ruku na polystyrenovou desku a pravou na víko plechové krabice, jako na obrázku. Levá ruka pocítí teplo, pravá naopak „chlad“.

Vysvětlení: Vaše tělo má teplotu kolem 37 °C. Má vyšší teplotu než obě tělesa a dochází k tepelné výměně vedením. V případě plechu (vodič tepla) je teplo neustále odváděno a ruka se chladí, v druhém případě (polystyren je tepelný izolant) je teplo odváděno jen minimálně.

Vaříme a pečeme v nádobách vyrobených většinou z kovů – **dobrých tepelných vodičů**.

K uchopení těchto ohřátých těles používáme velmi často například „chňapku“ nebo jinou tepelně nevodivou pomůcku.

- ? Proč se při pečení v troubě používá někdy fólie z alobalu svrchu a jindy tzv. pečicí fólie papírová zespodu?

Radiátory ústředního topení jsou vyrobeny z ocelového plechu, někdy jsou i z litiny, aby dobře převáděly teplo topného média (nejčastěji to je voda) do prostoru příslušné místnosti, který vyplňuje vzduch.



Teplo - shrnutí

- Př. 1** Těleso padá z výšky na podložku. V průběhu volného pádu se jeho výška snižuje - mění se jeho polohová energie. Při dopadu na podložku je jeho polohová energie nulová.

Podložka se v místě dopadu zahřeje. Zvýšení teploty je úměrné změně pohybové energie při dopadu.

- U 1** Kde bude mít voda v řece vyšší teplotu, při hladině nad hranou vodopádu, nebo u hladiny pod vodopádem?

- ?** Zvažte, zda by to bylo možné ověřit v praxi.

- U 2** Který z žáků na obrázku pocítí v ruce zvýšení teploty tyčky nejdříve a který nejpozději? (Tyčky jsou ze skla, mědi a hliníku.) Druhý konec tyčí je v plamenu kahanu. Odůvodněte.

- U 3** Na sportování v chladném počasí je výhodné si obléknout více vrstev oděvu (třeba i tenčích) než méně vrstev tlustých. Na tomto principu je založena výroba sportovního oblečení určeného pro zimní sporty. Proč?

- U 4** V dobách Hanče a Vrbaty (průkopníků sportovního lyžování u nás v Krkonoších na začátku minulého století) si lyžaři-závodníci za nepříznivého počasí vkládali pod lyžařskou větrovku ještě rozprostřené noviny.

Jaký to mělo smysl?

Jak to souvisí s problematikou vedení tepla?

- Č** Najděte z různých zdrojů informace, které se budou zabývat využitím tepelných izolantů ve stavebnictví. Vytvořte z nich projekt, doplněný vhodnými obrázky a dalšími objekty. Nejlepší výsledky zveřejněte na nástěnce ve vaší učebně fyziky.



Teplo přijaté a odevzdané

Ukázali jsme si, že přírůstek vnitřní energie tělesa může nastat vykonáním určité práce.

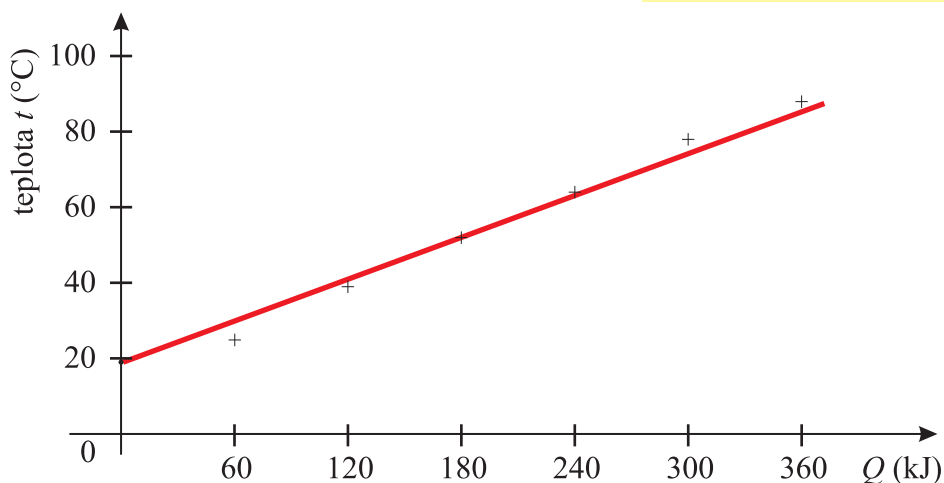
- ☐ Jak závisí změna vnitřní energie tělesa - tedy teplo tělesem přijaté - na jeho hmotnosti, na změně jeho teploty?

Říkáme, že varná konvice dodává při ohřívání vody kapalnému tělesu teplo. Ztráty jsou díky konstrukci konvice minimální. Příkon konvice je 2 000 W, to znamená dodávku 2 000 J (2 kJ) tepla za 1 sekundu. Toto teplo přijímá voda v konvici.

- P 1 Měříme změnu teploty 250 g vody ve varné konvici vždy po 30 sekundách. Za každých 30 s dodá konvice vždy teplo 60 kJ. Tabulka podává příslušné naměřené hodnoty:

Naměřené hodnoty vyjádříme graficky:

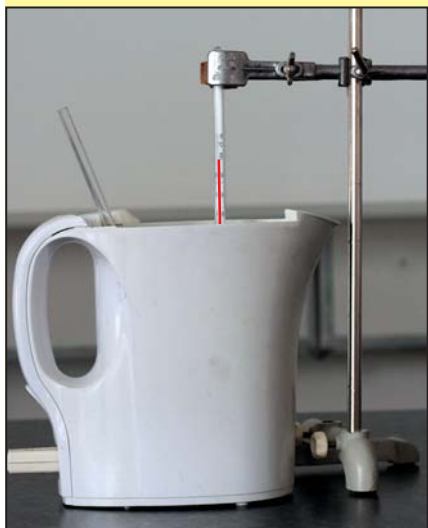
čas t (s)	0	30	60	90	120	150	180
dodané teplo Q (kJ)	0	60	120	180	240	300	360
teplota t (°C)	19	25	39	52	64	78	88



Kolikrát více tepla konvice dodá, tolikrát více ho voda přijme. Dodané teplo Q je přímo úměrné zvýšení teploty ohřívaného tělesa.

Pozn.:

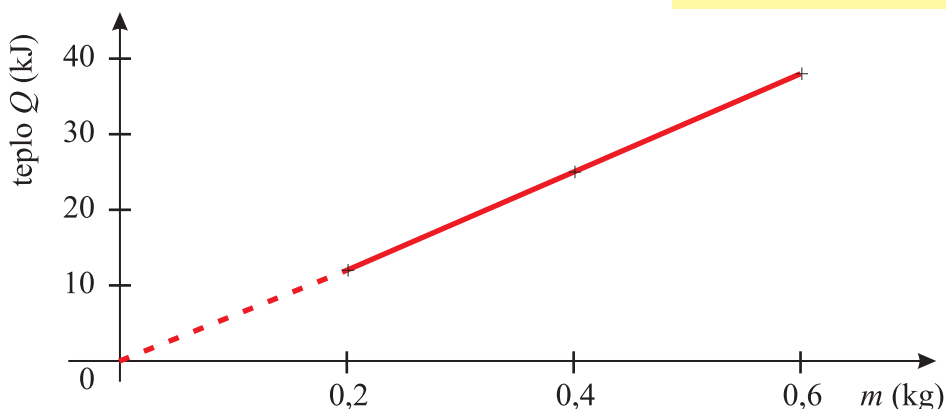
$Q = 1\,200\text{ J} \rightarrow$ Teplo má hodnotu 1 200 joulů, tj. 1,2 kJ.



P2 Ve varné konvici zahřejeme postupně vodu o hmotnosti 0,4 kg, 0,6 kg, 0,8 kg a 1 kg o stejné počáteční teplotě tak, že se její teplota zvýší vždy o 10 °C. Změříme k tomu potřebnou dobu → a tím i dodané teplo Q .

hmotnost vody m (kg)	0,2	0,4	0,6
doba ohřívání t (s)	6	12	19
dodané teplo Q (kJ)	12	24	38

Č Graf: (narýsujte do šk. sešitu)



Hmotnost ohříváné vody se 2x, 3x, ... zvětší, teplo potřebné k jejímu ohřátí o 10 °C je také 2x, 3x, ... větší. Potřebné teplo Q je přímo úměrné hmotnosti m ohříváného tělesa.

Poznámka: Vaříme-li k přípravě jednoho šálku nápoje na snídani 1,5 litru vody ve varné konvici, spotřebujeme asi 5krát více tepla, než je nutné!! Při trošce pozornosti můžeme denně sice málo, ale i tak významně šetřit naše životní prostředí.

U1 Vypočítejte úsporu energie s „naší“ konvicí za celý školní rok.

Uvedené vztahy mezi veličinami platí i pro ohřívání pevných těles. Pokud budeme tělesa ochlazovat, bude potřebné odebrané teplo Q přímo úměrné snížení teploty i hmotnosti tělesa m . **Nenastane přitom změna skupenství.**

Př. 1: Varná konvice

Příkon je 2 kW = 2 kJ/s

Teplo dodané konvicí při ohřívání vody po dobu:

10 s 20 kJ

20 s 40 kJ

60 s 60 kJ

2 min 120 kJ

5 min 300 kJ atd.



Měrná tepelná kapacita látek

Víte už, že teplo potřebné k ohřátí tělesa je úměrné jeho hmotnosti m i zvýšení jeho teploty $(t - t_0)$.

Č Porovnejte výsledky následujících pokusů:

P1 Ve varné konvici máme 1 kg vody o teplotě $t_1 = 100\text{ °C}$ (voda se vařila), na stole ve sklenicích je připraven 1 kg vody ($V = 1\,000\text{ ml}$) o teplotě okolního prostředí $t_2 = 20\text{ °C}$. Tuto vodu rychle nalijeme do konvice a po ukončení tepelné výměny zaznamenejme výslednou teplotu t_v . Změřeno: $t_v \doteq 60\text{ °C}$ *přibližně*

P2 Ve varné konvici máme 1 kg vody o teplotě $t_1 = 100\text{ °C}$, na stole je železné závaží o 1 kg a jeho teplota je shodná s teplotou vzduchu v místnosti $t_2 = 20\text{ °C}$. Závaží vložíme do horké vody a po ukončení tepelné výměny mezi oběma tělesy opět zjistíme výslednou teplotu t_v^* . Změřeno: $t_v^* \doteq 90\text{ °C}$

Studená voda odebrala horké **více tepla** (snížení teploty cca o 40 °C) než železné závaží stejné hmotnosti se shodnou počáteční teplotou (snížení teploty horké vody je přibližně o 10 °C).

Teplota studené vody se zvýšila přibližně o 40 °C , teplota „studeného“ závaží asi o 70 °C .

Závěr: Různé látky o hmotnosti 1 kg potřebují ke stejnému zvýšení teploty dodat **rozdílné teplo**.

Potřebné informace o uvedené fyzikální vlastnosti některých vybraných látek nám podávají naše TABULKY. Najdeme si v nich příslušnou část, která má označení fyzikální veličiny - **měrná tepelná kapacita látek - c** .



Poznámka:
Ukončení tepelné výměny zaznamenejme v okamžiku, kdy se hladina rtuti v teploměru ustálí na určité hodnotě.



Př. 1 Pro látky z našich pokusů zde najdeme hodnoty: a) voda $c = 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

b) železo $c = 0,450 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

Tyto hodnoty měrné tepelné kapacity c znamenají:

a) 1 kg železa zvýší svoji teplotu o 1°C , jestliže přijme teplo 450 J.

b) 1 kg vody zvýší svoji teplotu o 1°C , přijme-li teplo 4 180 J.

Poznámka: Uvedené hodnoty platí za předpokladu, že **se nemění skupenství látky**.

U 1 Podobně vysvětlete další údaje měrné tepelné kapacity c pro jiné látky. Svá vysvětlení stručně zapište do sešitů.

$c \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

Au 0,129

Pb 0,129

Hg 0,139

Cu 0,383

Fe 0,450

ocel 0,460

Al 0,896

sklo 0,961

porcelán 1,087

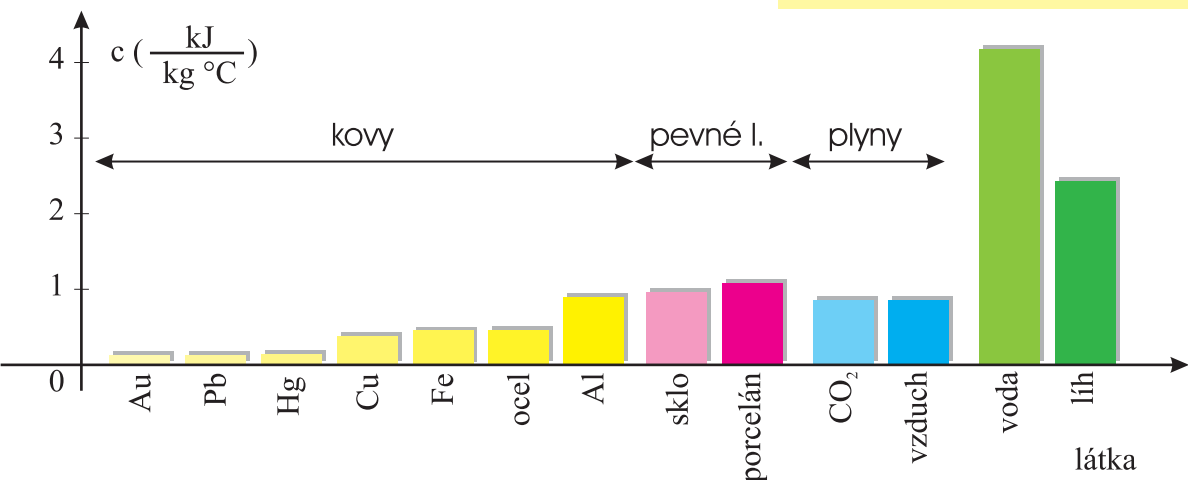
CO₂ 0,857

vzduch 1,41

voda 4,18

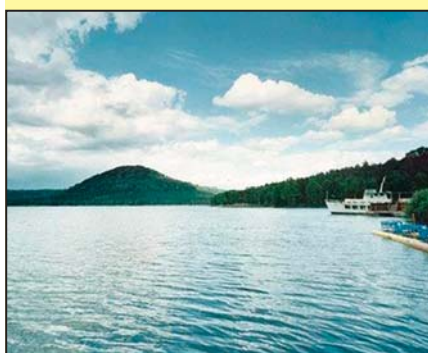
láh 2,43

Diagram - měrná tepelná kapacita:



Z diagramu je patrné, že kovy mají výrazně nižší hodnoty měrné tepelné kapacity c , u plynů je její hodnota několikanásobně vyšší. Výrazně vyšší hodnotu má měrná tepelná kapacita vody.

? Zvažte, jaký význam mají uvedené poznatky při dějích v přírodě! Vezměte v úvahu, jaké objemy vody jsou v oceánech a mořích i ve vodních tocích a nádržích.



Výpočet tepla - tepelná výměna

Provedeme bilanci tepla z pokusů P1 a P2 na stránce 32.

Př. 1 - P1 Horká a studená voda:

Teplota horké vody klesla o 40 °C:

$$\rightarrow (t_i - t_v) = 40 \text{ °C}$$

Hmotnost je 1 kg, pro vodu: $c = 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{°C})$.

Horká voda předala studené teplo $Q_1 = ? \text{ kJ}$.

Toto teplo vypočítáme:

pokles teploty o 1 °C $Q = 4,18 \text{ kJ}$

pokles teploty o 40 °C $Q_1 = (40 \cdot 4,18) \text{ kJ}$

$$\underline{Q_1 = 167 \text{ kJ}}$$

Teplota studené vody se zvýšila o 40 °C, to odpovídá rozdílu $(t_v - t_2) = 40 \text{ °C}$. Hmotnost i měrná tepelná kapacita je stejná.

Studená voda přijala teplo $Q_2 = ? \text{ kJ}$.

Výpočet:

zvýšení teploty o 1 °C $Q = 4,18 \text{ kJ}$

zvýšení o 40 °C $Q_2 = (40 \cdot 4,18) \text{ kJ}$

$$\underline{Q_2 = 167 \text{ kJ}}$$

$$Q_1 = Q_2$$

Těleso s nižší teplotou přijalo stejně velké teplo, jako těleso s vyšší teplotou odevzdalo při tepelné výměně. (Ztráty tepla můžeme zanedbat).

- P2 Horká voda a železné závaží:

Závaží o hmotnosti 1 kg zvýšilo svoji teplotu o 70 °C $\rightarrow (t_v - t_0) = 70 \text{ °C}$.

Pro železo je $c = 0,450 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{°C})$.

Závaží tedy přijalo teplo $Q_3 = ? \text{ kJ}$.

Vypočítáme je : $Q_3 = (1 \cdot 0,450 \cdot 70) \text{ kJ}$

$$\underline{Q_3 = 31,5 \text{ kJ}}$$

Vypočítejte i teplo Q , které horká voda předala.

? Proč nejsou obě hodnoty Q a Q_3 shodné?



Př. 2 Děti zjistily, že největší závaží v jejich sadě má hmotnost 500 g a je z oceli. Bude teplo při jeho ohřátí o 70 °C stejné jako v předchozí situaci?

Pro ocel platí $c = 0,460 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$. Hmotnost ohřívajícího tělesa $m = 0,5 \text{ kg}$ (je 2x menší).

Zvolíme stejný postup výpočtu:

1 kg oceli při zvýšení teploty o 1 °C přijme 0,46 kJ tepla, 0,5 kg za stejných podmínek přijme teplo 2x menší, tedy 0,23 kJ.

Teplota tělesa se zvýší o 70 °C, potřebné teplo je 70x větší, tj. 16,1 kJ.

Stručný zápis výpočtu:

$$Q = m \cdot c \cdot (t - t_o)$$

$$Q = (0,5 \cdot 0,46 \cdot 70) \text{ kJ} = 16,1 \text{ kJ}$$

Uvedený vztah bývá označován jako **kalorimetrická rovnice*** pro výpočet tepla při tepelné výměně.

Poznámka: Důležité je do vztahu dosadit hodnoty veličin ve správných jednotkách.

Př. 3 Malé dítě se bude koupat ve vaničce, do které je napuštěno 60 litrů vody o teplotě 36 °C. Jak velké teplo by bylo potřeba k ohřátí tohoto objemu vody z původní teploty 15 °C?

Řešení:

$$V = 60 \text{ dm}^3$$

$$m = 60 \text{ kg}$$

$$t_o = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t = 36 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c = 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$Q = ? \text{ kJ}$$

$$Q = m \cdot c \cdot (t - t_o)$$

$$Q = [60 \cdot 4,18 \cdot (36 - 15)] \text{ kJ}$$

$$Q = (60 \cdot 4,18 \cdot 21) \text{ kJ}$$

$$Q = 5\,266,8 \text{ kJ}$$

$$Q = 5\,300 \text{ kJ}$$

$$Q = 5,3 \text{ MJ}$$

Teplo potřebné k ohřátí vody je přibližně 5 300 kJ, tj. 5,3 MJ.

U1 Lití olova je starší vánoční zvyk. Kov musíme nejdříve zahřát z pokojové teploty 21 °C na teplotu přibližně 320 °C. Jaké teplo bude třeba, máme-li 25 g tohoto kovu?

Poznámka:

* Kalorie – starší jednotka pro teplo i energii, značka 1 cal.

1 kcal - 1 kilokalorie

- jednotka 1000 x větší než kalorie.



Kalorimetr - určení tepla

V uvedených příkladech v předcházejících kapitolách jsme ztráty tepla do okolního prostředí prostě neuvažovali. Chceme-li je skutečně omezit, použijeme k experimentování **kalorimetr**. Je to systém nádob s dobrou izolací včetně zabudovaného teplooměru, případně míchadla.

Tepelná výměna mezi tělesy v pokusu probíhá ve vnitřní nádobě dobře izolované od okolí. I rtuťový teploměr je zabudován ve víku a lze průběžně sledovat teplotu uvnitř.

U1 Při pokusu v kalorimetru se zvýšila teplota zúčastněných těles o $32\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- a) Jaké teplo přijala vnitřní hliníková nádoba o hmotnosti 120 g ?
- b) Jaké teplo odebrala vnitřnímu prostředí kalorimetru rtuť teplooměru? Objem rtuti teplooměru je přibližně $0,5\text{ cm}^3$.

Zvažte, jaký vliv mají tyto hodnoty na výsledky experimentu.

Č Úniku tepla kapalných těles zamezíme použitím vhodných nádob - např. termosek. Zajímavé je, že podobnou funkci při pokusech ve škole i doma nám zajistí i voskovaný papírový, případně plastový kelímek. Kapalinu před měřením mícháme obyčejnou dřevěnou špejlí.

U2 Ve varné konvici ohřejeme ve vodě tři válečky (hliník, mosaz, železo) o stejném objemu (35 cm^3) na teplotu $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (voda v konvici se vaří). V kalorimetru máme 250 g vody o teplotě $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jeden váleček vložíme rychle do kalorimetru, počkáme do „ukončení“ tepelné výměny a změříme výslednou teplotu t_1 .



Opakujeme pokus s každým ze tří válečků, vždy se shodnou počáteční teplotou vody. Který váleček zvýší teplotu vody v kalorimetru nejvíce, který nejméně?

Č Pokus popsany v U2 proveďte, změřte potřebné hodnoty veličin a ověřte tak správnost své odpovědi i svými výpočty.

U3 Třída má rozměry přibližně 8 m x 12 m x 3,6 m. Po vyvětrání klesla průměrná teplota vzduchu ve třídě o 10 °C. Kolik tepla je potřeba k tomu, aby se obnovila teplota na původní hodnotu?

U4 Voda v ústředním topení má teplotu 75 °C, část své vnitřní energie předá okolnímu prostředí ve třídě a ochladí se na 22 °C. Kolik vody v ÚT „dopraví“ do třídy teplo potřebné k obnovení teploty „v naší třídě“ z úlohy U3?

? Proč je voda pro přenos tepla nejvhodnějším kapalným „médium“ při ústředním vytápění objektů?

Nahradíme-li vodu např. olejem v objektech, kde hrozí teploty pod nulou, změní se podmínky vytápění. Pokuste se to vysvětlit.

U5 Máte ¼ litru vody o teplotě 20 °C a 250 g ledu o teplotě -15 °C. Které z obou těles potřebuje ke zvýšení své teploty o 5 °C více tepla? Porovnejte tyto hodnoty podílem. Řešení odůvodněte.

U6 Proč je vhodné vložit do prázdné sklenice kovovou lžíci, chceme-li do ní nalít horkou vodu?

U7 Kovové odlitky se chladí ve vodě. O kolik °C klesla teplota měděného odlitku o hmotnosti 0,4 kg. Teplota vody ($V = 10$ litrů) se zvýšila o 2 °C? Odlitek byl ve vodě zcela ponořen.



Tepelná výměna při proudění

Začneme pokusem:

- P1** Ve vaničce je obarvená voda. V trubici uchycené v držáku je voda neobarvená. Konce trubice sahají pod hladinu vody ve vaničce. Vodu v trubici zahříváme kahanem. Obarvená voda se postupně dostává do celé trubice - **proudí**. Pozorujeme samovolné promíchávání vody v celém objemu nádob.

Kapalina v nádobě proudí, pokud nemá v celém objemu kapalného tělesa stejnou teplotu. Kapalina se pohybuje - teplá stoupá nahoru, chladnější klesá dolů (rozdílná hustota teplé a studené kapaliny). Dochází tak nejen k promíchání kapaliny, ale i k průběžnému předávání kinetické energie mezi částicemi. Vyrovnává se tak teplota kapaliny v celé nádobě.

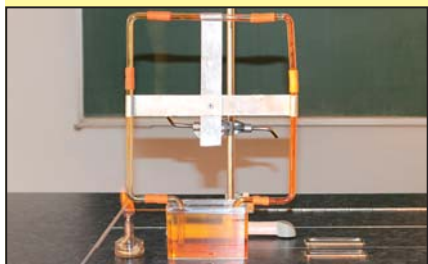
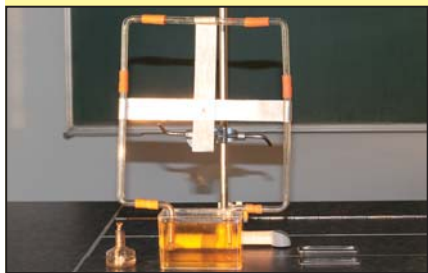
Proudění může nastat jen v látkách, kde jsou částice snadno posouvateľné, tj. **v kapalinách a plynech, dochází přitom k tepelné výměně**.

- P2** Papírový hádek se na špejli nad radiátorem ústředního topení roztočí působením stoupajícího teplého vzduchu. Vzduch chladnější naopak klesá dolů. Vzduch v místnosti proudí, a proto se ohřívá v celé místnosti.

Proudění vzduchu využíváme i při větrání v našich bytech i ve škole.

- P3** Jak vysvětlíte rozdílnou polohu plamene svíčky v dolní a horní části otevřeného okna či dveří při větrání? Teplý vzduch z místnosti uniká a na jeho místo se hrne čerstvý chladnější vzduch z venku. Ve které části okna (dveří) to je?

Poznámka: Větráme-li v zimě, je větrání krátké a proudění vzduchu intenzivní. Není žádoucí, aby teplota vzduchu poklesla příliš. Potřebujeme jen mít v místnosti více čerstvého vzduchu.



U1 Mícháním horkého nápoje urychlíme jeho chlazení. Jak to vysvětlíte? Ve které části kapalného tělesa dochází k největším únikům tepla?

Bude situace odlišná v porcelánovém hrnečku a v hrnečku kovovém?

Radiátory ústředního topení jsou zpravidla umístěny pod okny místnosti. V případě dveří na terasu je topné těleso v podlaze přede dveřmi. Má toto běžné umístění fyzikální odůvodnění?

U2 V obchodním centru mají chladicí boxy pultové, s otvíráním v horní části, i skříňové, s otvíráním svislými dveřmi. Který typ je podle vás výhodnější z hlediska úspory energie potřebné k chlazení?

Č Vzduch se ohřívá nad povrchem země nerovnoměrně. Jinak nad hladinou větší vodní plochy, jinak nad pevninou - to už umíte vysvětlit. Vlivem toho nastávají stoupavé i klesavé proudy vzduchu. Pozorujte, jak toho využívají ptáci, zvláště ti větší (čápi, volavky, dravci), jak toho využívají piloti bezmotorových letadel a roga-la.

U3 Okna v našich bytech i školách bývají opatřena dvěma i třemi skly z důvodů lepší zvukové i tepelné izolace. Bude proudit vzduch v prostoru mezi skly, kde je uzavřen?

? Může nastat proudění mezi skly tzv. vakuovaných oken (mezi jednotlivými skly je vzduch odčerpán)?

Ve starších venkovských domech nebo na chalupách jsou tzv. okna špaletová - na obrázku. Na spodní část okna dávali lidé v zimě jakýsi polštářek. Má toto jednání fyzikální opodstatnění?



Tepelné záření

Ze zkušenosti víme, že mnohé zdroje světla vysílají do okolí i záření, které, pohlceno tělesem, způsobí zvýšení jeho teploty, např.:

V blízkosti svítící žárovky vnímáme i teplo.

Ocelový plát ležící na zemi výrazně zvýší svoji teplotu, je-li delší dobu vystaven slunečnímu záření, atp.

V obou uvedených případech, a také v mnoha dalších, hovoříme o **tepelném záření**. Tělesa, která je do okolí vysílají, jsou **zdroje tepelného záření**. Mají **vyšší povrchovou teplotu**. Slunce je pro Zemi nejdůležitějším zdrojem záření.

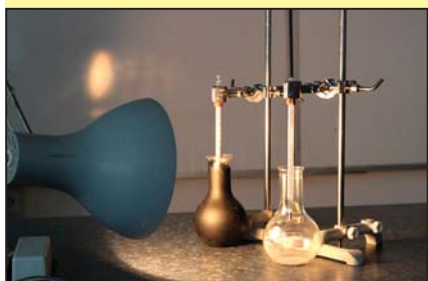
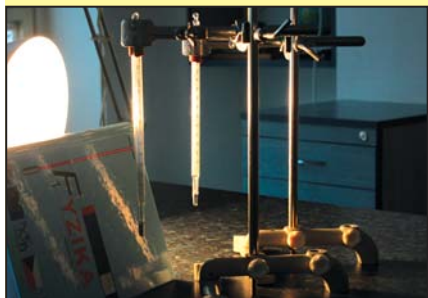
U1 Uveďte další zdroje tepelného záření.

P1 Vyzkoušíme, jak tepelné záření proniká různým prostředím. Mezi zdroj a teploměr umístíme postupně čiré sklo, kyvetu s vodou, list papíru, plech - vždy na stejnou dobu. Výsledky pokusu dokumentují, že různá prostředí více či méně tepelné záření pohlcejí.

Nejlépe se šíří tepelné záření, podobně jako světlo, **ve vakuu**. Má zde i největší rychlost šíření, rychlost světla, tj. **300 000 km/s**. V každém jiném prostředí je tato rychlost menší.

P2 Lampa svítí na dva stejné teploměry. První má nádobku se rtutí v baňce matně černé, druhý v baňce s lesklým povrchem. Po chvíli zjistíme, že teploměry „ukazují“ rozdílné teploty.

Vyšší teplotu naměřil „černý“ teploměr - matný černý povrch pohltí více energie tepelného záření. Nižší teplota byla na teploměru s lesklým povrchem - ten větší část záření odráží.

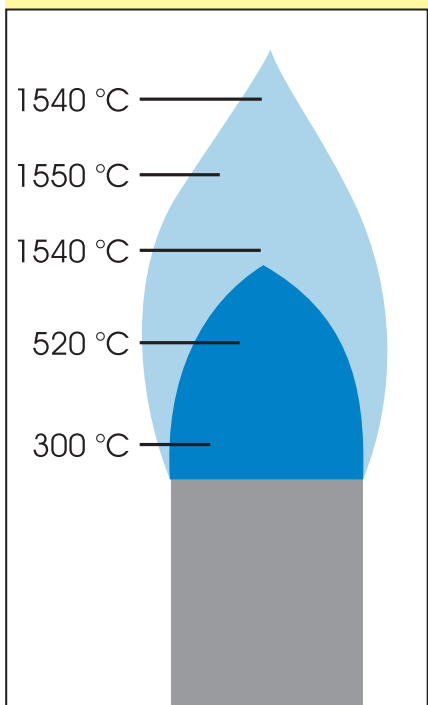


Hvězdy

Slunce 5 780 K

Bílý trpaslík 20 000 K

Červený trpaslík 3 200 K



Shrňme závěry našich úvah a pozorování:

Tělesa zvyšují svoji energii i účinkem tepelného záření. Zvýší se tak jejich vnitřní energie. **Přijaté teplo závisí na kvalitě zdroje** (povrchová teplota), **na vzdálenosti tělesa od zdroje, na kvalitě a barvě povrchu tělesa.**

U1 Kluci a děvčata rychle zjistili, že rozdíl v příjmu tepla u táborového ohničku je závislý na vzdálenosti od něho. Jestliže byli natočeni k ohničku čelem, cítili na zádech chlad. Vysvětlete.

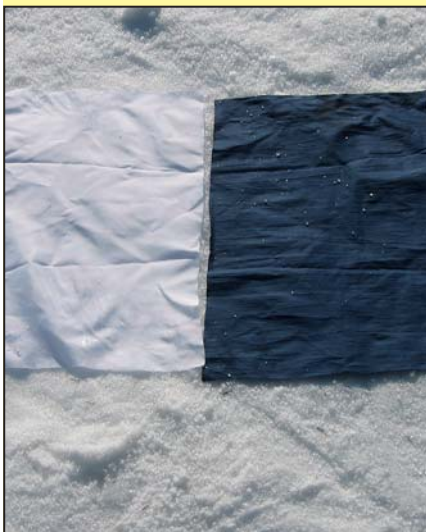
U2 Objeví-li se na lyžařském svahu na sněhu tmavá plocha, např. krtinec, sníh zde rychle mizí. Proč?

? Děvčata provedla v zimě jednoduchý pokus. Dva obdélníky, jeden z bílé a druhý z černé látky, umístila vedle sebe na povrchu sněhové vrstvy. Sluneční záření na ně dopadalo stejně. Teplota v jejich okolí byla shodná. Jak je možné, že sníh pod černým obdélníkem tál rychleji?

Č Máte-li k tomu vhodné podmínky, ověřte vlastním pokusem. Namísto tkaniny je výhodnější použít plech.

U3 Převážné cisterny na dopravu velkého objemu mléka mají povrch stříbřitě lesklý. Dovedete to zdůvodnit? Jaký vliv má na obsah cisterny silné znečištění jejího povrchu, např. vrstvou prachu?

U4 Jaký vliv má na teplotu v kabině osobního automobilu barva a povrch jeho karoserie? Která vozidla jsou, z tohoto pohledu, vhodná pro provoz v oblastech s výrazným denním slunečním svitem?



Využití energie slunečního záření

Slunce je pro naši Zemi nejdůležitějším zdrojem záření potřebného pro existenci všeho živého na ní. Lidé se učí postupně využívat energii záření stále více a více.

V podobě uhlí, zemního plynu, ropy, dřevin apod. máme vlastně energii slunečního záření uschovanou - zakonzervovanou - a musíme ji dobývat. Tyto zdroje nejsou nevyčerpatelné.

Lidé odedávna využívali sluneční záření k sušení potravin, píce i jiných materiálů stále dokonalejším způsobem.

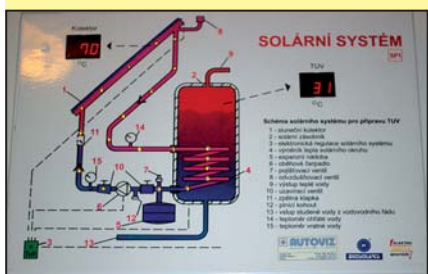
Orientace lidských obydlí a jejich umístění v terénu je stále dokonalejší a stále více umožňuje využívat energii slunečního záření přímo k vyhřívání těchto prostor. Tyto úkoly řeší i moderní architektura.

Nové materiály a technologické postupy umožňují další využívání Slunce. Panely osazené černým potrubím na střechách domů umožňují přímý ohřev užitkové vody. Na snímku je tabule, která informuje žáky školy o aktuálních teplotách vody v panelu na střeše i ve výměníku, odkud teče voda přímo k uživatelům.

Velmi se rozmáhá vytváření tzv. alternativních zdrojů elektrické energie, které dovedou přeměnit přímo energii slunečního záření na energii elektrickou, která je pak dodávána do spotřebitelské sítě. Tyto technologie souvisí se zavedením polovodičových materiálů v praxi. O polovodičích se dozvíte více ve fyzice v dalším ročníku.

Přes všechny nejmodernější poznatky vědy a vynálezy technologů dovede lidstvo využívat jen velmi malou část slunečního záření dopadajícího na povrch naší Země.

Využití energie slunečního záření je také podstatné pro realizaci projektů přímo v kosmu.



Vyzkoušejte se - teplo, vnitřní energie

1. Teplota tělesa se zvýšila o $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jeho vnitřní energie :
 - a) se nemění,
 - b) je nyní větší,
 - c) je nyní menší,
 - d) změnu nelze určit.
2. Váleček železný, hliníkový a měděný mají stejnou hmotnost i teplotu ($t_1 = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$). Ponoříme je současně do nádoby s horkou vodou.
 - Po ukončení tepelné výměny:
 - a) mají všechny tři válečky teplotu shodnou s okolní vodou,
 - b) má nejvyšší teplotu váleček měděný,
 - c) má nejnižší teplotu váleček železný,
 - d) zůstane teplota vody beze změny.
3. Po ukončení tepelné výměny v úloze 2 se nejvíce zvětší vnitřní energie válečku:
 - a) z mědi,
 - b) z hliníku,
 - c) ze železa.
4. Měrná tepelná kapacita vody je přibližně:
 - a) $4,2\text{ kJ}$,
 - b) $4,2\text{ kJ/kg}$,
 - c) $4,2\text{ kJ/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$.
5. Ledová kostka o objemu 1 dm^3 se ohřeje z $(-10\text{ }^{\circ}\text{C})$ na $(-2\text{ }^{\circ}\text{C})$. Ze svého okolí získala teplo:
 - a) 15 kJ , b) 15 kJ/kg , c) $0,015\text{ kJ}$, d) 15 J .
6. Voda v bazénu s rozměry $12\text{ m} \times 4\text{ m} \times 1,5\text{ m}$ se ohřála vlivem slunečního záření o $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ze slunečního záření získala voda v bazénu přibližně teplo:
 - a) $1,5\text{ GJ}$,
 - b) 1 500 kJ ,
 - c) 1 500 MJ ,
 - d) 1 500 000 J .
7. Otevřeme-li ve vyhřáté místnosti okno, proudí vzduch ve spodní části okna dovnitř a v horní části ven. Vysvětlíte.



Změny skupenství

V přírodě i doma, ve škole, všude kolem sebe najdete mnoho různých látek vyskytujících se ve všech známých skupenstvích.

U1 Uveďte a запиšte několik takových příkladů do sešitu: Vzduch kolem nás směs plynů.

Sešit je z papíru látka v pevném skupenství. atp.

Ze zkušenosti víme, že na jaře sníh a led roztají. Pevné skupenství látek se změní na kapalné skupenství vody. Není to však hned.

Cukrář, ale i maminka, dokáže „změnit“ pevnou čokoládu v tekutou čokoládovou polevu. Ta na povrchu zákusku vytvoří pevnou čokoládovou vrstvu.

Voda, která zůstala na povrchu umyté desky stolu, po chvílce „zmizí“. Víte, že se dostala do vzduchu v podobě plynu - vodní páry. Podobně je tomu i při sušení prádla.

V prostoru mrazničky je teplota hluboko pod nulou a voda v misce zde vydrží ve skupenství pevném - jako led.

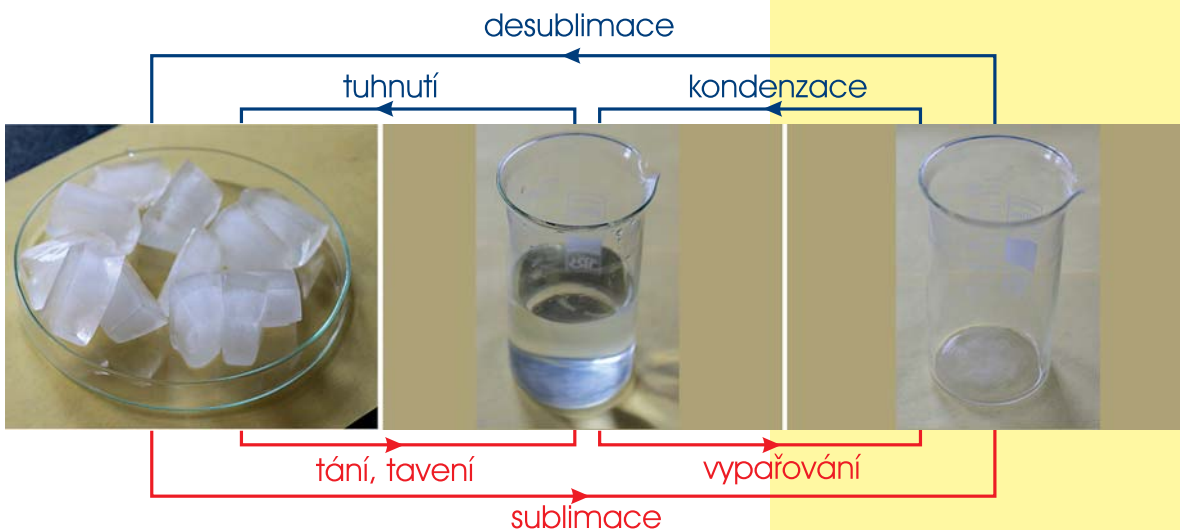
U2 Najděte kolem sebe, ale i v přírodě podobné situace, kdy se mění skupenství určité látky. Zapište je do sešitu.

Známe **tři skupenství látek**, proto uvedených **změn je šest**. V diagramu jsou znázorněny a přesně pojmenovány.

Budeme zkoumat, kdy a za jakých podmínek změny skupenství látek nastanou. Z výše uvedených příkladů je patrné, že to je důležité pro pochopení změn v přírodě i různých pracovních postupů v praxi.



Diagram - změny skupenství



Červenou barvou jsou v diagramu vyznačeny změny skupenství, při nichž látka přijímá teplo (tepelnou energii) z okolí.

Modře jsou vyznačeny ty změny skupenství, kdy látka do okolí teplo (energii) odevzdává.



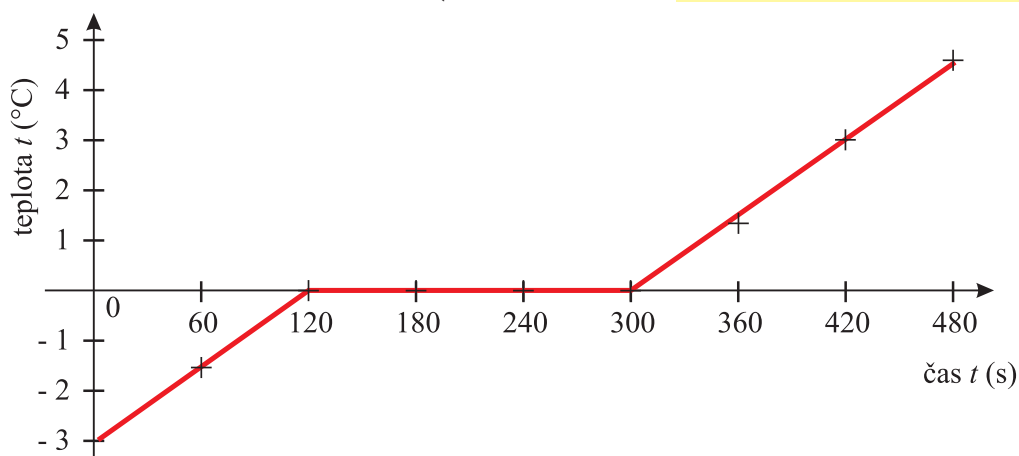
Tání a tuhnutí

Přinesete-li z mrazničky v misce led, tak v místnosti s teplotou vzduchu $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ rychle roztaje a v misce máte vodu.

Podobně je tomu i v přírodě, vystoupí-li teplota vzduchu nad nulu, led a sníh taje. Trvá to však poměrně dlouho, než roztaje úplně.

Podívejme se na tuto změnu skupenství, nazýváme ji tání, v našich pokusech:

P1 V kádince máme ledovou drť, její teplotu měří teploměr. Zahříváme ji - teplota vystoupí na hodnotu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zahříváme dále (dodáváme látce



teplo) - led taje, ale teplota se nemění. Zvýšení teploty zaznamenáme při neustálém zahřívání až poté, co všechny led roztál. Lépe je vidět změny v uvedeném grafu.

P2 Podobný pokus provedeme s pevnou látkou thiosíranem sodným, kterou dáme do větší zku-mavky a zahříváme ji ve vodní lázni.

Změny teploty i změny skupenství zaznamenejte v grafu ve školním sešitě. Teplota, při které thiosíran taje, je vyšší (asi $48\text{ }^{\circ}\text{C}$) než teplota, při které taje led ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Označíme ji jako teplotu tání - t_t . Pro některé látky ji najdete v Tabulkách. Různé látky mají rozdílnou teplotu tání.



P 3 Kapalný thiosíran sodný necháme chladnout, svému okolí odevzdává teplo. Ochladí-li se na teplotu 48 °C a je-li dále ochlazován, tuhne. Pro danou látku je při stejném tlaku teplota tuhnutí shodná s teplotou tání. Má totéž označení - t_t .

Změna skupenství z kapalného na pevné je **tuhnutí**.

P 4 V kalorimetru máme 0,5 kg ledu o teplotě 0 °C. Dolijeme 0,5 l vody o teplotě přibližně 80 °C. Po ukončení tepelné výměny zjistíme, že v nádobě kalorimetru je jen voda o teplotě 0 °C.

? Co to znamená?

Teplo, které horká voda předala ledu, stačilo právě k změně jeho skupenství z pevného na kapalné - z toho plyne **skupenské teplo tání L_t** .

Př. 3 Počítejme: 0,5 litru vody se ochladilo o 80 °C a předalo ledu v kalorimetru teplo Q .

$$Q = (0,5 \cdot 4,18 \cdot 80) \text{ kJ}$$

$$Q = 167 \text{ kJ}$$

K tání ledu při teplotě $t_t = 0$ °C je potřebné teplo:

$$0,5 \text{ kg ledu} \dots\dots\dots 167 \text{ kJ}$$

$$1,0 \text{ kg ledu} \dots\dots\dots 334 \text{ kJ}$$

Uvedený údaj označíme jako **měrné skupenské teplo tání, ale i tuhnutí - l_t (kJ/kg)**.

Tedy pro led (vodu) platí: $l_t = 334 \text{ kJ/kg}$.

Poznámka: Při dané teplotě **tání t_t dodáváme** látce o hmotnosti jeden kg měrné skupenské teplo l_t . Při **tuhnutí** je naopak **odebíráme**.

U 1 Zapište do sešitu měrné skupenské teplo tání síry, chloridu sodného (kuchyňské soli) a měrné skupenské teplo tuhnutí zlata a železa. Vysvětlete tyto údaje slovy - větou!

T

Při mnohých technologických postupech ve výrobě se mění pevné skupenství kovů na kapalné - hovoříme o **tavení kovů a teplotě tavení, skupenském teple tavení**.

Porovnání měrného skupenského tepla tavení některých kovů:

$$\text{olovo} \rightarrow l_t = 23 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{železo} \rightarrow l_t = 289 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{zlato} \rightarrow l_t = 64 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{stříbro} \rightarrow l_t = 111 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{rtuť} \rightarrow l_t = 11,8 \text{ kJ/kg}$$

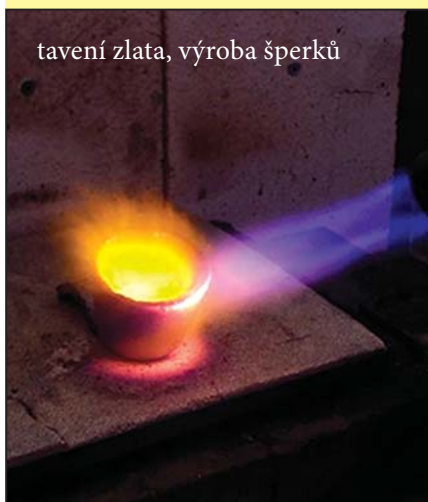
Výpočet skupenského tepla tání (tuhnutí):

$$L_t = m \cdot l_t$$

m - hmotost tělesa v kg

l_t - měrné skupenské teplo tání v kJ/kg

Předpokládáme, že látka má teplotu tání t_t .



tavení zlata, výroba šperků

Teplota tání a tuhnutí t_f závisí na tlaku

- [?] Proč zůstává za těžkým vozem, který jede po vrstvě sněhu, zledovatělá stopa („koleje“)?

Vysvětlení: Sníh pod koly vozu je vystaven většímu tlaku, proto taje i při nižší teplotě než $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jakmile vůz z místa odjede dál, voda zde zmrzne na led.

- [?] Na hladké ledové ploše se nám zdá samozřejmé, že brusle po ledu jedou. Stejně brusle na hladké nalakované podlaze nejedou. Mezi bruslí a ledem vzniká vrstva vody, která její pohyb usnadňuje. Na nalakované podlaze tomu tak není.

Při tání a tuhnutí látek **se mění** také **objem** daného pevného (kapalného) tělesa.

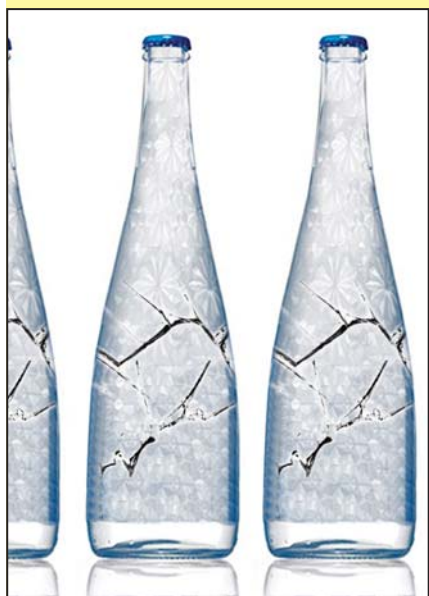
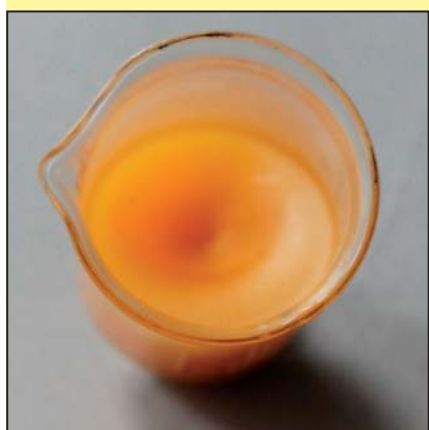
- [P1] Hladina roztaveného parafínu v nádobce je vodorovná. Po ztuhnutí se na této vodorovné ploše objevuje „proláklna“. Tuhý parafín v nádobce má tedy menší objem.

Tak je tomu u většiny pevných látek, ve skupenství pevném je objem tělesa z nich vytvořeného menší než ve skupenství kapalném.

- [P2] Pevně uzavřená skleněná láhev zcela naplněná vodou zůstala přes noc venku (venkovní teplota přibližně $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$). Výsledek pokusu vidíte na obrázku.

Led se opět chová jinak než většina pevných látek. Má objem větší, než měla voda, která zmrzla. To je jistě důležité pro zimní údržbu všech zařízení naplněných vodou.

- [U1] Jmenujte situace, kdy je třeba předcházet poničení zařízení vlivem zvětšení objemu vody při jejím zamrznutí. Uveďte, jak tomu předcházet.



P 3 Led ve vodě plove. Při jarním tání se o tom v přírodě můžeme přesvědčit běžně.

Víme, že homogenní těleso z látky o menší hustotě, než má kapalina, v této kapalině plove (viz Archimédův zákon). Led má tedy menší hustotu než voda.

? 1 kg vody má objem 1 dm³. Voda zmrzne a máme 1 kg ledu o objemu větším. Proto jeho hustota musí být menší.

Bylo řečeno, že voda a led jsou mezi ostatními látkami výjimkou. Hustota většiny pevných látek bude tedy větší než ve skupenství kapalném.

P 4 Do roztaveného parafínu vhodíme kousky parafínu pevného. (Pro lepší pozorování má pevný parafín jinou barvu.) Kousky klesají ke dnu. Výsledek je v souladu s předchozím tvrzením.

Voda i v jiných skupenstvích se ukazuje jako látka významně odlišná od většiny ostatních. Tato anomálie vody byla zřejmě podstatná pro udržení a vývoj života na naší planetě Zemi.

? Proč nezmrznou rostliny a živočichové v jezerech a rybnících v zimě při velmi nízkých teplotách vzduchu?

- Ledová vrstva často krytá vrstvou sněhu je velmi dobrý tepelný izolant.
- Z měření vyplynulo, že voda má největší hustotu při své teplotě +4 °C. Proto jsou vrstvy takové vody u dna přírodních nádrží v zimě i v létě.

V zimě nádrže nezamrzají až ke dnu a v létě je voda o uvedené teplotě +4 °C opět u dna, pro živé organismy je vhodnějším prostředím k životu než prohráté vrstvy u hladiny.



Archimédův zákon:

$$F_{vz} = V_t \cdot \rho_k \cdot g$$

Hustota: $\rho = m : V$



Vypařování

Tabule ve třídě umytá houbou a vodou dříve či později uschne - voda se s povrchu se vypaří. Molekuly vody se dostávají do vzduchu. Ve vzduchu je vodní pára - plyn, jeho částice mají větší kinetickou energii.

? Co ovlivní „rychlost“ vypařování kapaliny?

Č Když „vyrábíte“ krystaly kuchyňské soli, roztok zahříváte a voda se z něj rychleji vypaří. Významná je tedy **teplota kapaliny**.

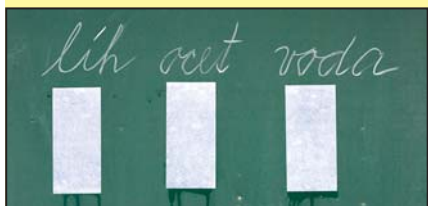
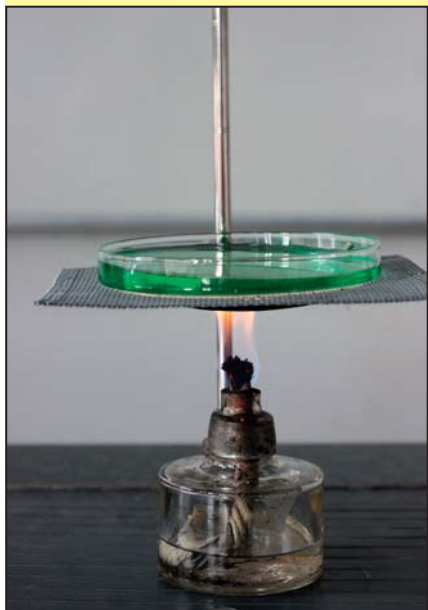
P1 Namočíme ve vodě dva stejné ubrousky. První zmačkáme do kuličky, druhý rozprostřeme na stole. Nikdo nepochybuje o tom, který ubrousek dříve uschne. Svoji roli tady sehrál obsah plochy, ze které se kapalina může vypařovat - **obsah odpařovací plochy**.

P2 Ve dvou stejných miskách máme nalitý stejný objem vody v tenké vrstvě. Na první misku namíříme fén, který fouká na hladinu vody proud vzduchu (bez ohřívání!). Z této misky se voda vypaří dříve než z misky druhé.

Působením fěnu docházelo k rychlejšímu **odstraňování** vodních **par** nad hladinou kapaliny, to urychlilo změnu skupenství.

P3 Tři stejné lístky papíru namočíme, jeden ve vodě, druhý v octu, třetí v lihu. Označíme je a současně je „přilepíme“ na tabuli. Když se kapalina odpaří, lístek padá z tabule dolů. Na „rychlost“ vypařování má tedy vliv sama kapalina. **Různé kapaliny** se vypařují za stejných podmínek různě rychle.

U1 Sušíme-li prádlo, potřebujeme co nejdříve odpařit vodu z jeho povrchu. Jak zajistíme, aby výše uvedené faktory příznivě ovlivnily sušení prádla: a) venku, b) v uzavřených prostorách?



Některé kapaliny, např. líh, benzín, éter a další, se vypařují velmi rychle i za normální teploty. Označujeme je jako kapaliny těkavé. Při jejich uchování je třeba zajistit minimální odpařování a unik par do okolí. Často jsou páry těchto látek zdraví škodlivé!

- P 4** Levou ruku namočíme ve vodě, pravá je suchá. Po krátké chvilce zjistíme rozdílné pocity o teplotě vlastních rukou. Proč?

Z povrchu mokré ruky se voda vypařuje a oděbírání jí teplo - vnímáme pocit chladu. Vypařující se kapalina ochlazuje své okolí. Např.: V létě po dešti se zřetelně ochladí. Z povrchu rostlin, ze země, všude kolem se vypařuje voda, a vzduch se proto ochladí.

Odpařování potu z povrchu těla je důležitá regulace jeho teploty.

- P 5** Nemusíme spoléhat jen na naše pocity: Nádobku jednoho kapalinového teploměru opatříme vatou navlhčenou v lihu, u druhého teploměru téhož typu zůstane volná. První teploměr ukazuje teplotu nižší už po krátkém čase. Těkavá kapalina se vypařuje rychle a odebírá okolí (teploměru) teplo.

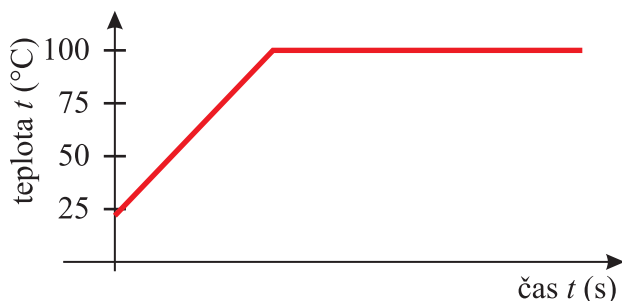
Vysvětlení: Částice všech látek jsou v neustálém pohybu. Částice kapaliny se pohybují většími rychlostmi než v pevných látkách a částice plynu mají ještě větší rychlost, a tedy i energii, než je tomu u kapalin. Zvýšením teploty kapaliny získává více částic větší energii a umožní jim to překonat přitažlivé síly, které je váží v kapalině. Stávají se částicemi těže látky, ale v plynném skupenství. Proto se kapaliny vypařují rychleji při vyšší teplotě, při větší odpařovací ploše. Odstraněním par nad kapalinou se omezí srážky částic plynu, a tím i jejich návrat do kapalného skupenství.



Var kapaliny

Pozorujme vodu v kádince:

- P1** Na začátku pokusu má teplotu $22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zahříváme ji kahanem a teplota vody stoupá. V určitém okamžiku se objevují uvnitř kapalného tělesa v kádince bubliny - obsahují vodní páru. **Voda se vaří.** Její teplota dále nestoupá, i když zahřívání pokračuje. Kapalina má **teplotu varu t_v** , a dodávané teplo se spotřebuje na změnu skupenství.



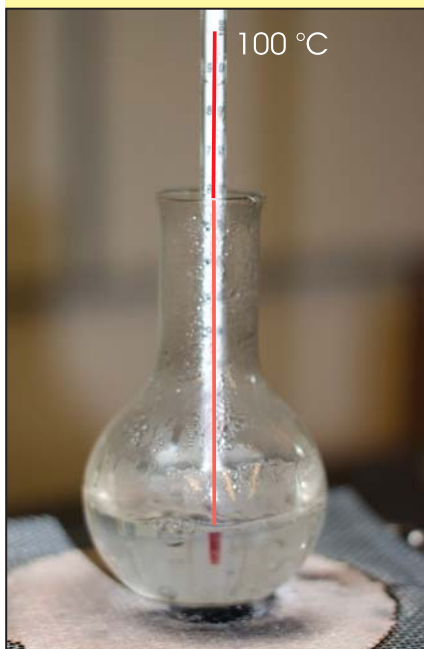
Teplo potřebné k tomu, aby se 1 kg vařící se kapaliny (tedy kapaliny o teplotě varu t_v) zcela přeměnil v páru, označíme jako **měrné skupenské teplo varu l_v** .

- T** Různé látky mají nejen rozdílnou teplotu varu, ale i rozdílnou hodnotu měrného skupenského tepla varu. Podívejme se do příslušné tabulky.
- U1** Pro pět běžných látek, které znáte ze svého okolí, vyhledejte v Tabulkách a запиšte hodnoty t_v a l_v včetně jednotek.

- P2** Vodu v baňce uvedeme do varu. Baňku pak uzavřeme zátkou a otočíme dnem vzhůru. Když ji polijeme studenou vodou, objeví se uvnitř kapalného tělesa bubliny (vodní páry).

Voda, která se ochladila, se vaří. Nad hladinou je však výrazně menší tlak. Vodní pára se tu přeměnila zpět na vodu a tím se tlak zmenšil.

Teplota varu kapaliny závisí na tlaku nad hladinou kapaliny.



Výpočet skupenského tepla varu L_v :

$$L_v = m \cdot l_v$$

m - hmotnost kapalného tělesa v kg

l_v - skupenské teplo varu v kJ/kg

Nutná podmínka:

Látka má teplotu varu t_v .

? Brambory k obědu „uvaříme“ ve vodě, kterou uvedeme do varu (vaří se tedy voda a ne brambory!). Čas přípravy této potraviny se výrazně zkrátí, použijeme-li tlakový hrnec (Papinův hrnec). Pod jeho poklicí se udrží větší tlak a voda se vaří při vyšší teplotě, brambory změknu dříve.

Podobně např. ve školní kuchyni používají tlakové kotle k přípravě potravin. Podobná zařízení jsou součástí výrobních linek např. v potravinářském průmyslu.

Zdravotnický materiál se sterilizuje v tlakových nádobách při teplotě 121 °C a 134 °C v závislosti na nastaveném tlaku a době trvání sterilizace.

? Horolezci ve vysokých horách zjistili, že voda na čaj se vaří při teplotě nižší než 100 °C. Pro přípravu nápoje potřebují docílit této teploty. Jak toho dosáhnou?

Poznámka: Atmosférický tlak se s nadmořskou výškou mění - klesá.

U2 Vyhledejte v Tabulkách (F i CH) teplotu varu při normálním tlaku pro následující látky: voda, ethanol (líh), glycerol, diethyléter, aceton, methanol, benzen, kyselina dusičná. Tyto látky uspořádejte podle hodnot jejich teploty varu.

Látky těkavé mají nízkou teplotu varu, za normálních podmínek se rychle vypařují. Jejich páry jsou často zdraví škodlivé. Jsou hořlavé a ve směsi se vzduchem jsou výbušné. Práce s nimi vyžaduje přísné dodržování pravidel bezpečnosti práce.

? Které z uvedených látek můžeme za běžných podmínek přivést do varu: rtuť, zlato, železo, stříbro, voda a líh.



Kapalnění - kondenzace

Z diagramu na začátku kapitoly (str. 45) o změnách skupenství vyplývá, že kondenzace je změna skupenství plynného na kapalné. Tento jev můžeme kolem sebe běžně pozorovat.

P 1 Z chladného prostředí přineseme do místnosti s teplotou vzduchu 20 °C např. skleněnou láhev s nápojem. Ta se pokryje drobnými kapičkami vody.

Podobný jev zaznamenáte, vstoupíte-li s brýlemi na očích ze zimy do vyhřátého pokoje. Skla brýlí se „zamlží“.

Voda v kapalném skupenství se vypařuje za každé teploty a do vzduchu se tak dostávají její molekuly - vodní pára. Objem vody, která se vypaří, je závislý na tlaku a teplotě vzduchu. Nastává stav, kdy počet částic „přestupujících“ z kapalného do plynného skupenství je stejný jako počet částic „přestupujících“ opačným směrem. Hovoříme o syté páře za určité teploty. Pokud takové páry ochladíme - kondenzují.

P 2 Do sklenice nalijeme minerálku, kterou jsme vychladili v ledničce. Můžeme přidat i několik kostek ledu. Sklenice se zvenčí orosí.

Stejná situace nastává nad ránem v létě v přírodě. Vzduch se ochlazuje a syté vodní páry v něm kondenzují na povrchu předmětů a rostlin. Říkáme, že je rosa.

Podobně vznikají v atmosféře kapky vody vytvářející oblaka nebo mlhu. Napomáhá tomu množství mikroskopických částic ve vzduchu - prach a další nečistoty, na nichž kondenzují vodní páry.

? Proč se neobjevuje rosa za chladného letního rána, vane-li vítr?

? Zvednete-li pokličku z hrnce, ve kterém se vaří voda, je pokryta kapkami vody. Proč?



Sublimace a desublimace

Z dříve uvedeného diagramu je vidět, že jde o změnu skupenství pevného přímo na plynné - **sublimace** - nebo jevu právě opačného - **desublimace**.

P 1 Krystalky jódu zahřejeme a v uzavřeném prostoru kádinky máme jen páry jódu. Pevná látka sublimovala. Dodáním tepla se přeměnil pevný jód na jódové páry.

Ochladíme-li baňku vodou, na jejím dně zespodu se objeví drobné krystalky jódu. Páry této látky desublimovaly.

? Může docházet k uvedenému jevu i v přírodě?

Je-li ve vzduchu sytá vodní pára a prudce se ochladí, na povrchu předmětů i rostlin se objevují krystalky ledu - jinovatka. Známý jev zimních dnů. Vodní pára se mění přímo v krystalky pevné látky - ledu, desublimuje.

Podobně vznikají sněhové vločky v atmosféře, případně kroupy, které padají k zemi v podobě atmosférických srážek.

Stejně tak „ubývání“ sněhu za trvale mrazivého počasí v zimě vysvětluje sublimace.

Za normálních podmínek sublimují např. kafr, pevný oxid uhličitý (suchý led), naftalén, salmiak a samozřejmě i led a sníh při teplotách pod nulou.

Pevné látky, jejichž vůni nebo pach vnímáme či chem, také sublimují.

U 1 Vyberte ze všech známých změn skupenství ty, při kterých je třeba teplo dodávat. Uveďte i další nutné podmínky k tomu, aby tyto změny nastaly. Proč jsou některé změny skupenství v diagramu na str. 45 vyznačeny barvou červenou, jiné modrou?



Vyzkoušejte se – změny skupenství, teplo

1. Při kterých změnách skupenství látek je potřebné dodávat látce teplo?
2. 1,5 kg ledu o teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ přijme teplo 0,5 MJ. Roztaje všechny led dané hmotnosti?
3. Je možné roztavit 0,5 kg zlata dodáním 32 kJ tepla? Vždy, nebo jen při dodržení další nutné podmínky? Tepelné ztráty neuvažujte.
4. Které z uvedených pevných látek budou při teplotě $1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ v kapalném skupenství?

Látky: a) cín b) křemík
 c) olovo d) rtuť
 e) stříbro f) zlato
 g) železo

5. Jaké teplo je třeba k roztavení 50 g olova o teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C}$?

6. Dané látky: kuchyňská sůl, cukr, led. Uspořádejte jejich pořadí od nejmenší hodnoty po největší:

- a) podle jejich teploty tání,
- b) podle jejich měrného skupenského tepla tání.

7. Na chodníku dlouhém 50 m a širokém 150 cm je ušlapaná vrstva ledu o průměrné výšce 5 cm.

- Určete, jaké teplo je potřeba při teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ k tomu, aby led na chodníku zcela roztál?
- Jak může toto teplo získat?

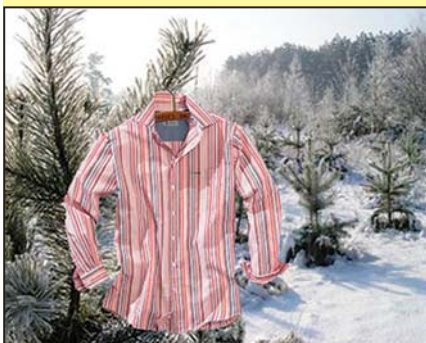
8. V mrazničce „vyrobíme“ ze $\frac{1}{4}$ litru vody o teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ led. Ochladíme jej na teplotu $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Určete, kolik tepla odevzdá voda a led svému okolí?

9. Kolik tepla je třeba k tomu, aby se 10 litrů vařící se vody o teplotě $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ přeměnilo na vodní páru téže teploty? Ohřejeme-li tuto páru na $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, musíme dodat další teplo. Určete jej.

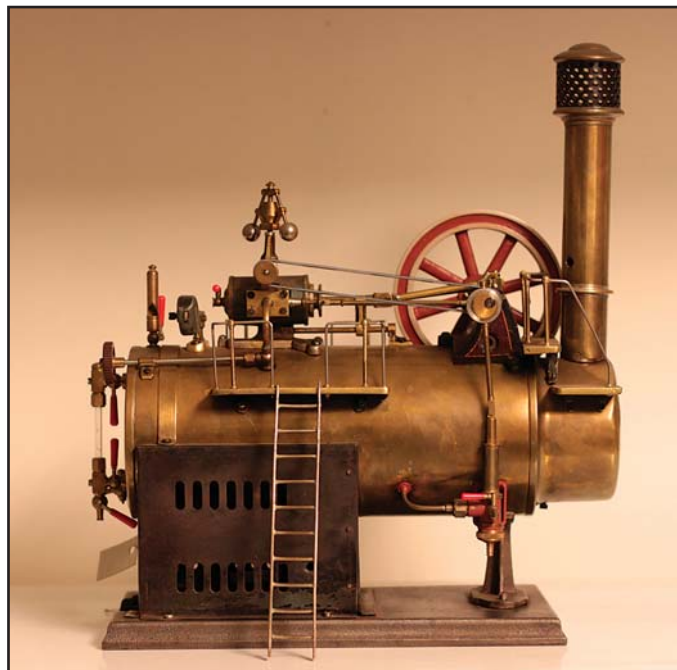


Z navržených odpovědí vybírejte jen ty správné.

1. Kondenzace je změna skupenství:
 - a) pevného na plynné,
 - b) kapalného na plynné,
 - c) plynného na kapalné,
 - d) plynného na pevné.
2. Měrné skupenské teplo tání rtuti je:
 - a) 11,8 kJ, b) 118 kJ/kg, c) 11,8 kJ/kg,
 - d) 11 800 J/kg.
3. Při tuhnutí 0,5 kg železa o teplotě 1 540 °C je skupenské teplo tuhnutí:
 - a) asi 145 kJ třeba odebrat,
 - b) přibližně 145 kJ třeba dodat,
 - c) potřeba dodat v hodnotě asi 580 kJ,
 - d) třeba odebrat v hodnotě 580 kJ.
4. Při odpařování roztoku soli urychlíme děj:
 - a) zahříváním roztoku,
 - b) nalijeme-li roztok do mělké misky o větším průměru,
 - c) když přiklopíme misku s roztokem větší nádobou,
 - d) ochlazováním roztoku.
5. Voda v otevřené nádobě se bude v nadmořské výšce přibližně 6 000 m n. m. vařit při teplotě:
 - a) 100 °C, b) asi 80 °C, c) přibližně 120 °C,
 - d) asi 40 °C.
6. Uchovávat těkavé kapaliny je vhodné v nádobách:
 - a) s otevřeným úzkým hrdlem,
 - b) s úzkým hrdlem uzavřeným dvojitým uzávěrem,
 - c) otevřených a mělkých,
 - d) s širokým hrdlem a větším průřezem.
7. Prádlo se venku za mrazivého počasí usuší díky:
 - a) vypařování vody,
 - b) sublimaci ledu,
 - c) sublimaci vody,
 - d) desublimaci ledu.



Tepelné motory - parní stroj



Teplo sehrálo důležitou roli ve vývoji celé lidské společnosti. Významným mezníkem bylo využití tepla k pohonu pracovních strojů. Byly to **tepelné motory** využívající teplo a poskytující pohyb.

Prvními takovými motory byly **motory parní**. Potřebné teplo se získávalo spalováním různých paliv (uhlí, topné oleje, plyn aj.). Parní kotel vyráběl z vody páru o vysoké teplotě a později i vysokém tlaku. Taková pára byla přiváděna do pracovního válce s pohyblivým pístem, který uváděla do pohybu.

Střídavým přívodem páry „před a za“ píst se docílilo jeho posuvného pohybu „tam a zpět“. Při velkém tlaku (1 MPa) se využívalo i její rozpínavosti. Pára vykonala důležitou práci potřebnou pro pohyb pístu.

Důmyslný mechanismus převáděl jeho posuvný pohyb na pohyb rotační (otáčivý), často stabilizovaný setrvačníkem.

Chod parního stroje se poměrně snadno řídil pří-
vodem páry (Wattův odstředivý regulátor), snadno
měnil frekvenci otáček, snadno se docílilo zpětné-
ho chodu.

Využití našel parní stroj jako motor k pohonu
strojů pracovních, např. v zemědělství (lokomobily
poháněly mlátičky obilí, pluhy apod.) Jeho hlavní
uplatnění bylo od samého počátku v dopravě, ze-
jména na železnici. Parní lokomotivy zde sloužily
až do druhé poloviny 20. století. U nás se úspěšně
vyráběly parní lokomotivy až do 80. let minulého
století.

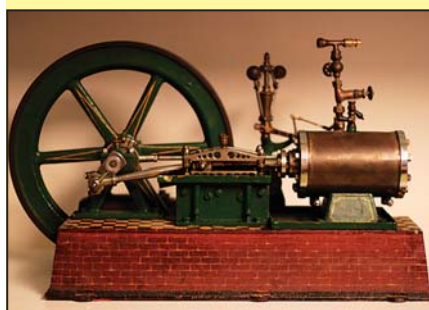
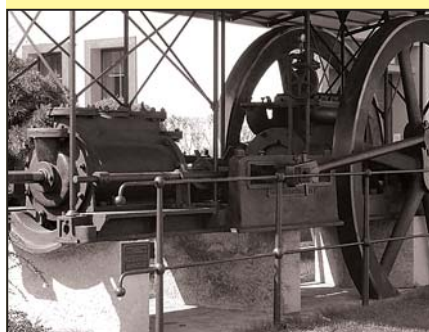
Parní stroje poháněly i lodě. Odtud označení par-
ník (parolod'), často používané i dnes v přeneseném
významu slova (dopravní motorová loď).

Nevýhodou parních strojů byla značná hmotnost,
dlouhá doba a náročnost přípravy k provozu a vel-
ké nároky na provoz - bylo třeba doplňovat vodu,
palivo, likvidovat odpad (popel). Ani obsluha ne-
byla zrovna jednoduchá. Rychlíkovou lokomotivu
obsluhovala dvojice pracovníků - strojvedoucí
a topič - se značnými nároky na fyzickou práci.

Účinnost parních strojů lokomotiv se pohybovala
kolem 10 %.

Z historie:

- 20. léta 18. století - první konstrukce parních
strojů
- r. 1736 - patent na provoz prvního kolesové-
ho parníku
- r. 1769 J. Watt zdokonalil parní stroj a umož-
nil jeho využití na železnici
- 19. století - století páry:
železnice - lokomotivy
lodní doprava - parníky a parolodě



parní stroj jako centrální zdroj kinetické energie v průmyslových firmách (rozvod pomocí transmisí)

parní válce - stavba cest a silnic

zemědělství - lokomobily atd.

- 20. století - význam parních strojů postupně upadá, byly vytlačovány modernějšími motory včetně elektrických

Zajímavosti:

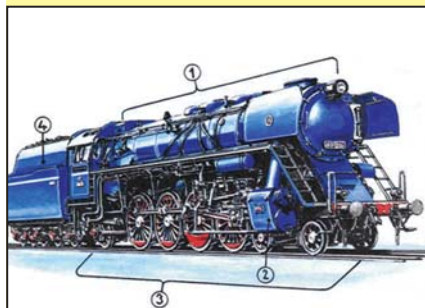
- Účinnost parních strojů byla přibližně jen 5-15 %, tedy značné ztráty při provozu.
- Lokomotiva „Rocket“, jedna z prvních v Anglii, konstruktér G. Stephenson, docílila rychlosti až 32,5 km/h.
- 20. st. - parní lokomotivy zabezpečovaly až 90 % dopravy na železnici.
- Nejrychlejší parní lokomotiva, s označením „LinerA4-Mallard“, docílila v Anglii rekordní rychlosti 203,5 km/h.
- V 50. letech 20. století jezdilo ve světě více než čtvrt miliónu parních lokomotiv, ke konci století už jen asi 5 600, převážně v Asii.

Parní turbíny

využívají nejen tlaku rozpínající se páry, ale i její kinetické energie. Lopatky rozváděcích kol (pevná část turbíny - stator) usměrňují pohyb proudící páry při její rychlosti 400–1 600 m/s. Tak se roztáčí lopatky oběžných kol (rotor turbíny), které mají pohybovou energii.

Účinnost parních turbín se pohybuje kolem 35 %. ($\eta = 35 \%$).

Parní turbíny se využívají především pro pohon generátorů v tepelných elektrárnách při „výrobě“ elektrické energie. Další využití je v lodní dopravě k pohonu lodí - parníky, bitevní lodě, jaderné ponorky.



- (1) - kotel - tlaková nádoba
- (2) - parní stroj
- (3) - spodek
- (4) - tendr (uhlák)



Tepelné motory - spalovací pístové

Spalovací motory můžeme rozdělovat z různých hledisek:

- **podle pohybu pístu** v pracovním „válci“:
 - a) motory s přímočarým pohybem pístu
 - b) motory s rotačním (otáčivým) pohybem pístu

- **podle způsobu zapálení** palivové směsi:
 - a) zážehové motory - směs se zapálí elektrickou jiskrou mezi kontakty zapalovací svíčky. Palivem je benzín nebo plyn.
 - b) vznětové motory - směs se vznítí při vysokém tlaku a teplotě sama. Palivem je nafta.

- **podle druhu paliva:**
 - a) benzínové motory - využíváné k pohonu osobních automobilů, menších silničních vozidel, lehčích pracovních strojů, přenosných pracovních zařízení
 - b) naftové motory - k pohonu nákladních automobilů, traktorů, speciálních vozidel a těžké techniky včetně armády i k pohonu osobních vozidel
 - c) plynové motory – využití obdobné jako u benzínových. Palivem je však propan-butan, zemní plyn, případně vodík.

- **podle počtu fází pracovního cyklu motoru:**
 - a) čtyřdobé (čtyřtákní) motory
 - b) motory dvoudobé (dvoutákní)

U1 Najdi ve svém okolí, v reklamních letácích, v literatuře apod. příklady užití jednotlivých typů motorů a zapiš je do sešitu.



Pístový spalovací motor čtyřdobý

A Zážehový:

Základní části motoru tvoří válec (1), nahoře uzavřený hlavou válce (2) se dvěma ventily - sacím (3) a výfukovým (4). V hlavě válce je umístěna i elektrická zapalovací svíčka (5). Píst (6) pohybující se přímočaře ve válci je utěsněn pístními kroužky. Pístní čep, ojnice, kliková hřídel (7) přemění posuvný pohyb pístu na pohyb rotační, potřebný pro pohon určitého zařízení, např. vozidla.

Pracovní cyklus motoru je rozdělen na 4 části (doby):

I. doba - sání:

Píst ve válci se pohybuje směrem dolů. Při tomto ději se vytváří podtlak a do válce se sacím ventilem nasává palivová směs. Výfukový ventil je uzavřen.

II. doba - komprese, stlačování paliva:

Válec je neprodyšně uzavřen, píst se pohybuje směrem nahoru a stlačuje palivo. Ke konci této doby zapálí elektrická jiskra svíčky palivovou směs.

III. doba - rozpínání, expanze:

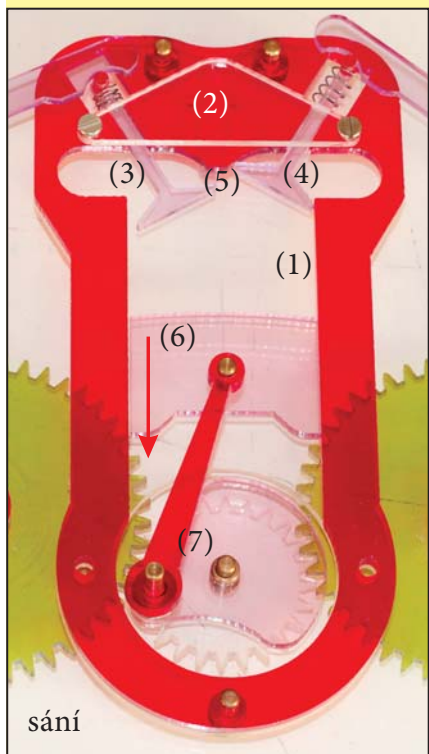
Válec je uzavřen. Palivo prudce shoří, vytvořené plyny se rozpínají a tlačí píst dolů - konají určitou práci.

Třetí doba je pracovní.

IV. doba - výfuk:

Píst se pohybuje setrvačností nahoru a otevřeným výfukovým ventilem vytlačí spálené plyny do výfukového potrubí.

Následuje I. doba a celý cyklus se opakuje.



B Vznětový:

Konstrukcí se podobá čtyřdobému motoru zážehovému. Nemá však zapalovací elektrickou svíčku, ale vstřikovací čerpadlo.

Pracovní cyklus má opět čtyři doby:

I.doba - sání:

Do pracovního válce se nasává v podstatě čistý filtrovaný vzduch.

II. doba – stlačování, komprese:

Píst pohybující se nahoru stlačí prudce vzduch ve válci (tlak přibližně 3 MPa), ten se silně zahřeje (teplota kolem 600 °C). Ke konci II. doby vstříkne čerpadlo naftu do tohoto horkého prostředí.

III. doba – rozpínání, expanze:

V uzavřeném válci palivo postupně hoří a rozpínající se plyny tlačí píst dolů. Tato doba je pracovní.

IV. doba – výfuk:

Při otevřeném výfukovém ventilu vytlačuje píst při pohybu nahoru spálené plyny do výfukového potrubí.

Následuje opět I. doba pracovního cyklu, který se tak znovu opakuje.

Konstrukce vznětového motoru musí být masivní, protože odolává větším tlakům. Proto je při stejném výkonu těžší než motor zážehový. V minulosti to omezovalo jeho využití a poháněl převážně těžší nákladní automobily, lodě apod. Uplatnění stále kvalitnějších a lehčích materiálů umožňuje zcela běžné využití vznětových motorů i u osobních automobilů. Palivem je nafta a účinnost motoru je kolem 40 %.



Spalovací motor dvoudobý zážehový

Konstrukce tohoto motoru je jednodušší, proti čtyřdobému nemá ventily. Přívod paliva - směsi benzínu se vzduchem - a výfuk spalin je řízen pohybem pístu v pracovním válci.

Pracovní cyklus má dvě doby:

I. doba:

Píst se pohybuje nahoru a uzavře otvor plnicího i výfukového potrubí. Palivová směs nad válcem je stlačována. Při pohybu pístu nahoru se otevře otvor plnicího potrubí a pod píst do prostoru klikové skříně je nasáváno čerstvé palivo. Před koncem I. pracovní doby zapálí elektrická jiskra svíčky stlačené palivo nad pístem.

II. doba:

Hořící plyny nad pístem se rozpínají a tlačí jej dolů. Během pohybu dolů otevře píst výfukové potrubí a spaliny uniknou do výfuku. Následně se uzavře otvor sacího potrubí a otevře se přepouštěcí kanál. Palivová směs z klikové skříně je vytlačována do prostoru válce nad píst. Vypuďí se tak odtud zbytky spálené směsi - tzv. výplach. Tato doba je pracovní - rozpínající se plyny posunují píst, konají práci.

Protože nasávání i výfuk jsou méně dokonalé než u čtyřdobého motoru, je i jeho účinnost při stejném objemu válce menší.

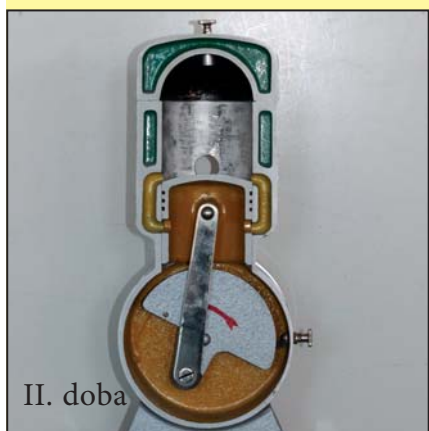
Využití nachází dvoudobý spalovací motor u lehkých vozidel (motocykly s menším objemem válce) a u přenosných pracovních strojů (sekačky, pily atp.).

Spalovací turbína

Konstrukcí je podobná parní turbíně. Místo páry je poháněna proudem plynů o vysoké teplotě, které vznikají spalováním paliva v palivové komoře.



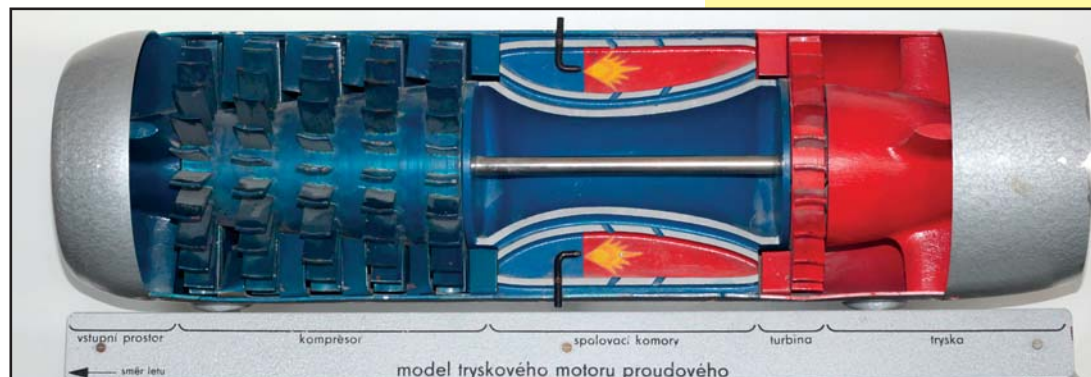
I. doba



II. doba

Proudový motor

je konstruován pro provoz v atmosféře Země. Potřebuje vzdušný kyslík při spalování paliva.



P 1 Proveďte pokus s volně zavěšenou sprchou. Zjistíte, že proud vody z hlavice sprchy uniká jedním směrem a hlavice sama se vychýlí směrem opačným. Tento princip využívá právě proudový (tryskový) motor.

Do horkého vzduchu, vháněného do spalovacích komor proudového motoru kompresory, se vstříkuje palivo. Vznikající horké plyny roztočí rotor plynové turbíny a pohání i kompresory. Pak plyny unikají velkou rychlostí z trysky ven. Regulací množství unikajících plynů se řídí i rychlost pohybu motoru.

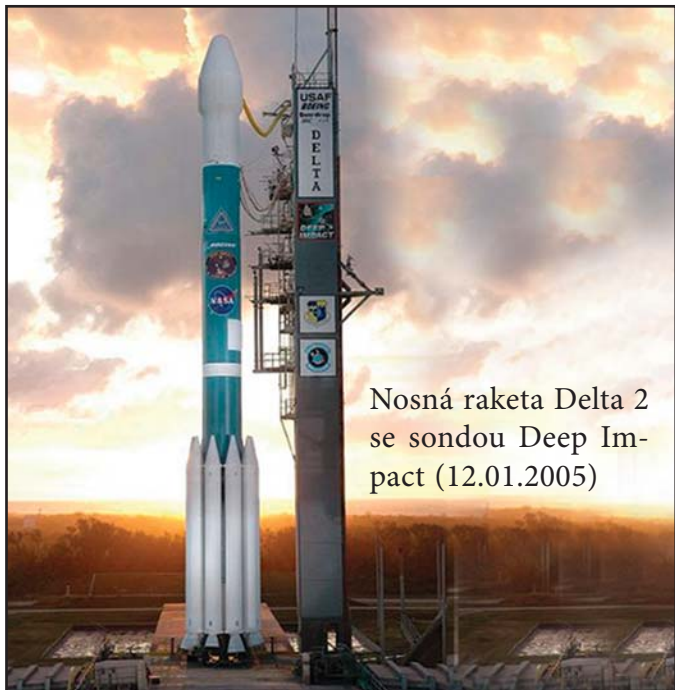
Letadla poháněná klasickým pístovým spalovacím motorem dosahovala rychlosti do 800 km/h. Moderní letadla s proudovým pohonem dosahují rychlosti nadzvukových, tj. více než 1 200 km/h. Létají ve výškách kolem 10 000 m. Zde je řidší vzduch a menší odpor prostředí, ale i teplota kolem $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Viditelná stopa trajektorie letadla (známé čáry na jasné obloze) vznikají kondenzací horkých plynů unikajících z trysek motorů.

Dopravní velká letadla mají cestovní rychlost kolem 900 km/h a dopravují stovky cestujících najednou do značných vzdáleností. Výrazně se tak změnilo cestování lidí na Zemi.



Raketový motor

Raketový motor pracuje na stejném principu jako motor proudový. Jeho součástí jsou nejen nádrže s palivem, ale i s okysličovadlem. Proto není odkázán na vzdušný kyslík a může pracovat i v kosmu.



Nosná raketa Delta 2
se sondou Deep Im-
pact (12.01.2005)

Raketové motory jsou využívány například k pohonu nosných raket. Ty vynášejí do vesmíru umělé družice, kosmické sondy, raketoplány atp. Rakety mohou být i třístupňové, každý stupeň má samostatné motory a zásoby paliva a po jeho vyhoření od systému odpadá a dále v letu nepokračuje.

Materiály, z nichž jsou některé komponenty motorů vyráběny, musí odolávat značným teplotám (kolem $3\,500\text{ }^{\circ}\text{C}$) a značným tlakům (až desítky MPa). Teprve v druhé polovině minulého století se podařilo takové materiály nejen vyrobit, ale i úspěšně použít v konstrukcích raketových motorů.

Např. u raketového motoru SSME dosahuje ve spalovací komoře teplota hodnoty $3\,300\text{ }^{\circ}\text{C}$, tlak $20,4\text{ MPa}$. Tah motorů ve vakuu činí $3 \times 2,1\text{ MN}$.



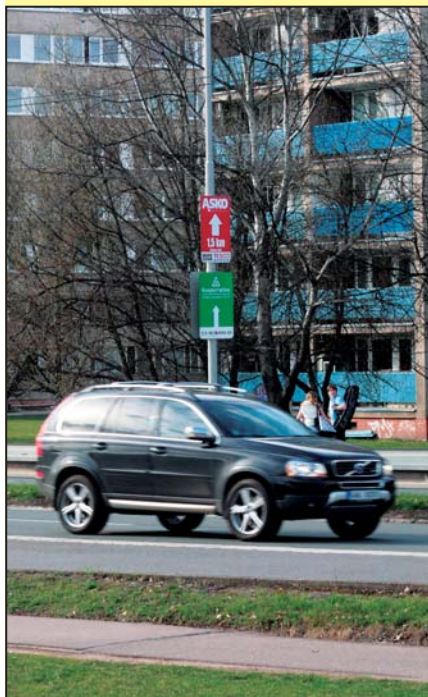
Nosná raketa Ariane 5G
(V/L511) s družicí Evropské
kosmické agentury ESA



Apollo 13

Odpovězte si na otázky:

1. Motory jsou pro nás zdrojem pohybové energie.
Patří mezi ně:
 - a) parní stroj, parní turbína, vodní kola,
 - b) spalovací tepelné motory, vodní turbíny,
 - c) proudové a raketové motory, družice.
2. Parní stroj umožnil rozvoj dopravy:
 - a) na železnici (parní lokomotivy),
 - b) v silniční dopravě,
 - c) v letecké dopravě,
 - d) v lodní dopravě na řekách i na moři.
3. Stoletím páry bývá označováno:
 - a) 17. st., b) 20. st., c) 19. st., d) 18. st.
4. Pístové spalovací motory mohou být:
 - a) dvoudobé, b) čtyřdobé, c) čtyřtaktní,
 - d) rotační.
5. Pístové spalovací motory využívají paliva:
 - a) pevného, b) kapalného, např. benzín, nafta
 - c) plynného např. zemní plyn, vodík.
6. Pracovní doba u čtyřdobého spalovacího motoru je:
 - a) každá ze čtyř dob,
 - b) každá druhá ze 4 dob,
 - c) pouze doba třetí, kdy horké plyny tlačí na píst,
 - d) jen doba druhá a čtvrtá.
7. Model loďky na obrázku je poháněn teplou vodou, která uniká pod hladinou do vody. Jedná se o pohon:
 - a) raketový, b) proudový,
 - c) tepelným motorem,
 - d) bez motoru.
8. Raketový motor může pracovat:
 - a) jen v kosmu,
 - b) v atmosféře i ve vzduchoprázdnu,
 - c) jen v ovzduší Země,
 - d) mimo Zemi.



Proudění kapalin a plynů

Kapalné a plynné látky mají některé společné vlastnosti, např. oboje lze přelévát - jsou tekuté. Můžeme je tedy společně označit jako **tekutiny**.

P1 Voda, která je v nádobě A, proudí trubicí do nádoby B v případě, že je ventil otevřen. V místě ventilu je větší tlak zprava než zleva. Proudění vody ustane při vyrovnání tlaků. (Hydrostatický tlak - výška sloupce kapaliny.) Proudění vody ustane při vyrovnání tlaků.

Mezi dvěma místy s rozdílným tlakem tekutiny nastává její proudění.

Pozorujeme-li vodu tekoucí v řece nebo v potoce, všimneme si, že se nepohybuje vždy stejnou rychlostí. Přesvědčí nás o tom pohyb lehkých těles (např. listy ze stromů, dřívka apod.) po hladině. Trajektorie takového pohybu vyznačují čáry, kterým říkáme **proudnice**.

Př. 3 Na obrázku je trubice zcela zaplněná proudící tekutinou. V místě A má průřez S_1 , v místě B menší průřez S_2 a v místě C největší průřez S_3 . Ve kterém z označených míst A, B, C bude rychlost proudící tekutiny největší a kde nejmenší?

Odůvodnění: V místě A je $S_1 = 10 \text{ cm}^2$ a rychlost proudu $v_1 = 1 \text{ m/s}$. Za 1 sekundu proteče objem tekutiny $V_1 = 0,001 \text{ m}^3 \cdot 1 \text{ m} = 0,001 \text{ m}^3$.

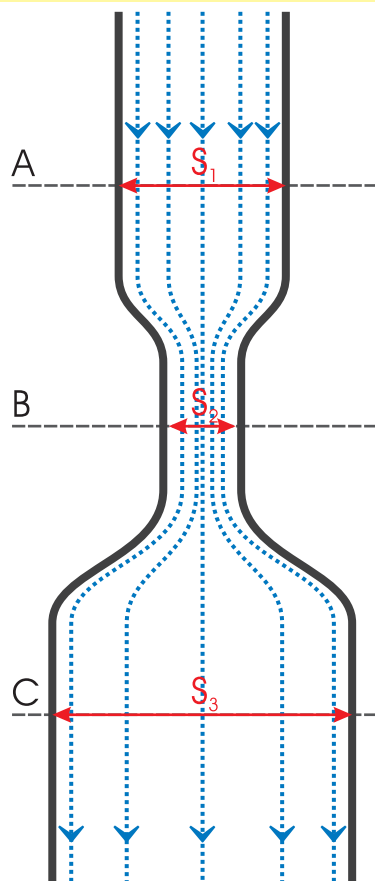
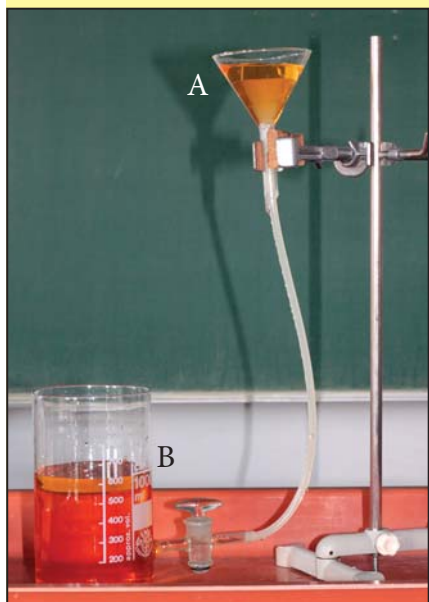
Týž objem musí protéct za 1 s i zúženým místem B, kde je menší průřez $S_2 = 5 \text{ cm}^2$.

$$\text{Proto platí: } 0,001 \text{ m}^3/\text{s} = 0,0005 \text{ m}^2 \cdot v_2 \\ v_2 = 2 \text{ m/s}$$

Rychlost proudící tekutiny je tu 2x větší.

Třetí průřez trubice v místě C je zřetelně největší, $S_3 = 20 \text{ cm}^2$. I tímto místem musí za 1 s protéct stejný objem $0,001 \text{ m}^3$, proto platí:

$$v_3 \cdot 0,002 \text{ m}^2 = 0,001 \text{ m}^3 \\ v_3 = 0,5 \text{ m/s} - \text{nejmenší rychlost}$$



Porovnáme rychlost proudící tekutiny a obsah kolmého řezu z našeho příkladu poměrem:

$$S_1 : S_2 = 10 : 5 = 2 : 1$$

$$v_1 : v_2 = \underline{1 : 2}$$

$$S_2 : S_3 = 5 : 20 = \underline{1 : 4}$$

$$v_2 : v_3 = 2 : 0,5 = 20 : 5 = \underline{4 : 1}$$

$$S_1 : S_3 = 10 : 20 = \underline{1 : 2}$$

$$v_1 : v_3 = 1 : 0,5 = 10 : 5 = \underline{2 : 1}$$

Obsah kolmého řezu a rychlost proudící tekutiny se mění vždy v poměrech navzájem převrácených - jedná se tedy o **vztah nepřímé úměrnosti**.

Kolikrát je větší plocha průřezu trubice, tolikrát je menší rychlost proudící tekutiny při stálém průtoku.

Č Při ustáleném proudění tekutiny se nemění jen rychlost, ale i tlak uvnitř tekutiny. Můžete to pozorovat, provedete-li pokusy podle uvedených obrázků I a II.

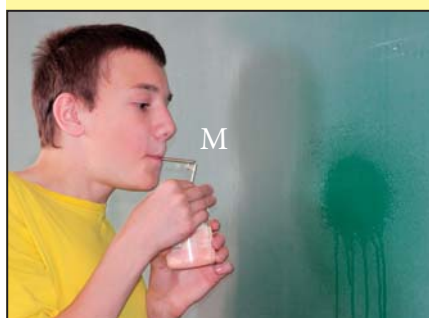
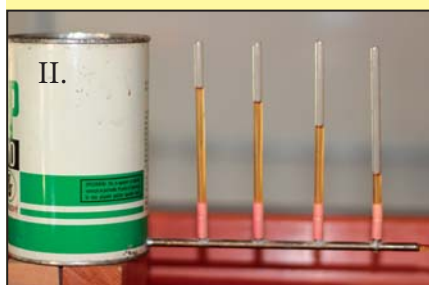
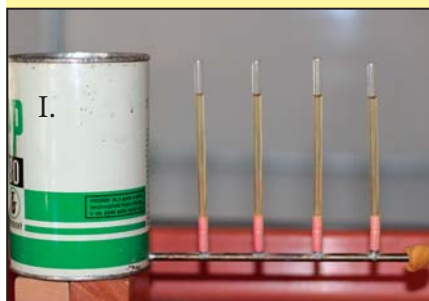
Výška sloupce v úzkých svislých trubicích odpovídá tlaku uvnitř tekutiny.

Tlak ve čtyřech sledovaných místech je stejný - voda neproudí (ústí vodorovné trubice je uzavřeno) - I.

Při uvolnění ústí vodorovné trubice voda proudí a její tlak směrem k ústí klesá - II.

Vodní vývěva a rozprašovač

Rychle proudící voda nasává v zúženém místě vzduch, který je tak odčerpáván z uzavřeného prostoru. Podobně funguje i rozprašovač. Proud vzduchu nasává v místě M svislou trubicí kapalinu a rozprašuje ji (lakování plastových modelů letadel atp.).



Odpor prostředí

Při pohybu tělesa v určitém prostředí (voda, vzduch apod.) působí na těleso síla, která má směr proti pohybu - **odporová síla** brzdící pohyb.

U1 Uveďte příklady pohybu těles, který prostředí brzdí určitou odporovou silou. Zapište je do sešitu.

Ukazuje se, že důležitý je **vzájemný pohyb prostředí a tělesa** a jeho vzájemná rychlost.

Př.: Jedete-li za bezvětří na kole rychlostí 20 km/h, pocítíte působení okolního vzduchu na vás zcela zřetelně.

Stejný výsledek ale zjistíte i při pomalé jízdě proti „silnému„ větru. Důležitá je **vzájemná rychlost** cyklisty a proudícího vzduchu.

Pohybující se těleso je obtékáno tekutinou (kapalina, plyn). Tyto jevy se zkoumají např. v aerodynamickém tunelu. Měří se **velikost odporové síly**, kterou na sebe navzájem působí prostředí a těleso v pohybu (karoserie auta a proud vzduchu apod.).

Při malých rychlostech je velikost síly úměrná vzájemné rychlosti, při větších rychlostech je to už závislost na druhé mocnině rychlosti (auta, letadla, lodi), při velkých rychlostech (nadzvuková letadla) je úměrná třetí mocnině této vzájemné rychlosti.

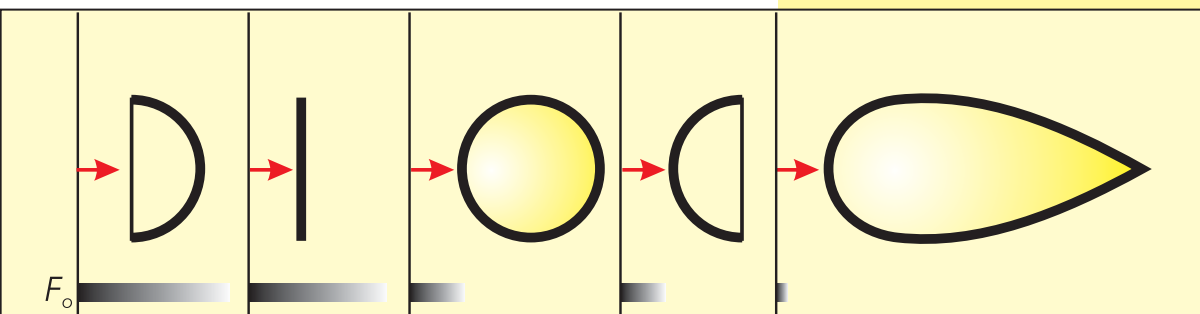
Při větším obsahu průřezu kolmého na směr pohybu tělesa je větší i odporová síla. (Nákres průřezu.)

Důležitá je jak hustota prostředí, tak povrch a tvar pohybujícího se tělesa. Odporová síla je při pohybu tělesa na příklad ve vodě mnohonásobně větší než ve vzduchu při stejné rychlosti.



Odpor prostředí umožní pohyb lodí ve vodě (vesla, pádla, kola, lodní šroub), ptáků ve vzduchu a podobně i letadel. Díky odporové síle se roztáčejí kola turbín, větrných elektráren apod.

Následující tabulka ukazuje rozdíly odporové síly F_o při proudění vzduchu stejnou rychlostí při stejném průřezu těles:



Rychlý pohyb vyžaduje zmenšování odporové síly prostředí, která ho značně brzdí. Konstrukce rychlých závodních automobilů, člunů, letadel se svým tvarem blíží aerodynamickému tvaru. Důležitá je i kvalita povrchu pohybujících se objektů.

Při velké odporové síle se rychlost pohybu značně sníží. Tak tomu je např. při otevření padáku parašutisty, který se dosud pohyboval volným pádem. Jeho tíha, včetně výstroje, je v rovnováze s odporovou silou a další klesání je rovnoměrné, parašutista klesá konstantní rychlostí několik metrů za sekundu. Také přistávající stíhací letoun nebo raketoplán je brzděn soustavou „padáků“, které mají výhodný tvar duté polokoule.

U1 Řadu pěkných příkladů na uvedené téma najdete v oblasti sportu a zdokumentuje je.

Č Vytvořte si ze čtvrtky papíru jednoduchý větrník a přesvědčte se, že se může roztočit i v místnosti, kde je naprosté bezvětrí.



Létání

První vzlet člověka do vzduchu, nepočítáme-li báje a pověsti, se uskutečnil v horkovzdušném balonu (využití Archimedova zákona v plynech).

Průměrná hustota takového tělesa je menší než hustota vzduchu.

Létání ptáků, ale i letadel „těžších“ než vzduch není nic zvláštního. Umožní jim to jejich křídla - tzv. **nosné plochy**.

P 1 Vezměte dva stejně velké čtverce papíru. Z jednoho složte „vlaštovku“. Ta poletí mnohem lépe vzduchem než druhý čtverec. Hmotnost obou je stejně velká. Rozhodující je tvar nosné plochy.

Č Vyrobit model části nosné plochy letadla nebude velký problém. Postačí vám k tomu několik profilů křídla pro modeláře, vhodný papír a plastové trubičky pro vodící listy a několik dalších drobností (lepidlo apod.).

P 2 Model, který se může volně pohybovat po vodících lištách svisle nahoru i dolů, vystavíme proudícímu vzduchu (např. z fény). Výsledek je zřejmý. Výslednice všech sil, které na model působí, má směr vzhůru a vynese „křídlo“ nahoru.

Vysvětlení: Proudnicový profil křídla a jeho vhodné nastavení proti proudícímu vzduchu (tzv. náběžný úhel α) způsobí rychlejší pohyb proudícího vzduchu nad křídlem než pod ním. Následkem toho působí na horní část nosné plochy menší tlak než na spodní. Výsledná **vztlaková síla** (velikost závisí na ploše křídla) působí svisle vzhůru.

První letadla létala velmi malou rychlostí, proto musely být jejich nosné plochy značně velké.

Porovnejte např. nosné plochy sportovního a nadzvukového letounu vzhledem k jejich tíze.



Člověk - příroda

Dvojice obrázků (v levém a pravém sloupci) vám dávají možnost porovnání. Posuďte, co dokáže příroda dokonaleji než lidé a naopak.



Elektrické jevy

Už v šestém ročníku jste poznali elektrické obvody a veličiny, které nám pomáhají popsat děje (elektrické) v nich - elektrické napětí a elektrický proud (učebnice F6).

Dověděli jste se také informace o stavbě hmoty, poznali jste pojmy molekula, atom látky. Ukázali jsme si a kreslili i model atomu.

Některé elektrické jevy znali už ve starém Řecku před naším letopočtem. Thales Milétský (6. století př. n. l.) popsal přitahování a odpuzování lehkých tělísek v blízkosti jantaru třeného lnem. Odtud také název elektrina a elektrické jevy (jantar se řecky nazýval elektron).

P 1 Provedme podobný pokus s obyčejnou plastovou trubkou od vysavače. Třením vlněnou tkaninou docílíme toho, že přitahuje drobná tělesa. Trubku jsme třením zelektovali. Elektrony, záporně nabitě částice z obalů atomů, přešly z tkaniny na tyč. Tyč se nabila záporně, tkanina kladně.

P 2 Podobný pokus provedeme se skleněnou tyčí třenou kůží. Opět se nám ji podaří zelektovat. Přitahuje drobná tělesa. Tentokrát je skleněná tyč nabitá kladně a kůže získá náboj záporný.

P 3 K odhalení zelektovaného tělesa můžeme použít tzv. elektrické kyvadélko (malý kousek polystyrenu na niti).

Dotkneme-li se zelektovanou tyčí kyvadélka, dojde k přesunu elektronů, kyvadélko se zelektruje dotykem, má souhlasný elektrický náboj s tyčí. Toto nabitě kyvadélko je však od tyče odpuzováno.

Tělesa lze zelektovat kladně nebo záporně. V okolí nabitých těles pozorujeme působení přitažlivých či odpudivých sil - elektrických sil.



Č Pracujte ve dvojicích. Plastovou fólií a list papíru zelektrujete třením každý člen dvojice zvlášť. Fólie a papír se po tření přitahují - jsou nabitý opačnými elektrickými náboji.

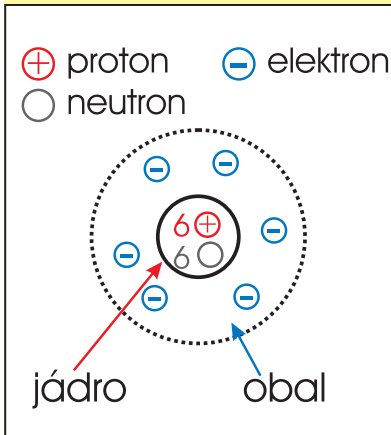
Přiblížte k sobě obě nabitě fólie (oba elektrované listy papíru) - odpuzují se navzájem, protože jsou souhlasně nabitě.

Jaký náboj má papír a jaký fólie, nám pomůže odhalit kyvadélko z P3.



Tělesa nabitá souhlasnými elektrickými náboji na sebe působí navzájem silami odpuzivými, tělesa nabitá opačně na sebe působí navzájem silami přitažlivými.

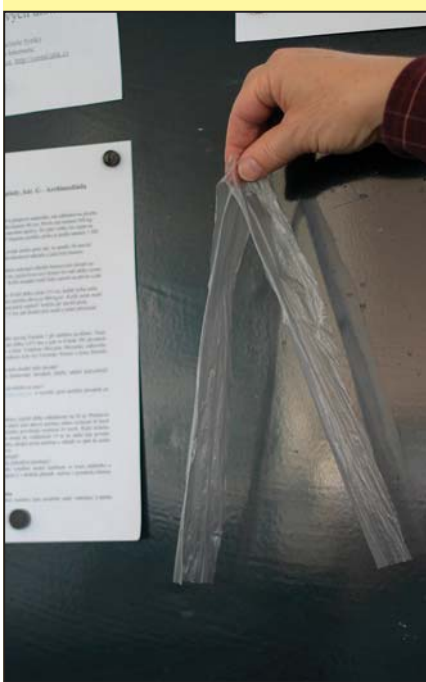
Ve fyzice i v chemii používáme nákresy modelů atomu prvků. Na obrázku je model atomu uhlíku, v jeho jádru je zobrazeno 6 kladných protonů a 6 neutronů (částice bez elektrického náboje). Obal tvoří 6 záporně nabitých elektronů. Elektrický náboj protonu a elektronu je stejně velký. Atom je proto navenek elektricky neutrální.



Atomy jednotlivých prvků se od sebe liší vždy počtem protonů v jádru - **protonové číslo**. To je shodné s pořadovým číslem prvku v Periodické soustavě (viz Tabulky).

Při zelektrování třením dochází k odtržení elektronů z obalu atomů. Látka tak obsahuje **volné elektrony**, které se mohou působením elektrických sil přesunovat. Kladně nabitě částice - **kladné ionty**, tzv. **kationty**, jsou vázané v krystalové mřížce pevné látky.

Pokud neutrální atom přijme do svého obalu další elektron, vzniká **záporně nabitý ion** - **anion**. Kladné i záporné ionty se vyskytují v pevných, kapalných i plynných látkách.



U1 Nakreslete model atomu i aniontu chlóru, atomu i kationtu sodíku. Jak se od sebe liší?

Elektrický náboj

Nejmenší elektrický náboj je náboj jednoho elektronu nebo jednoho protonu. Jsou stejně velké, ale navzájem opačné (znaménka $-$ a $+$).

Těleso kladně nabitě má převahu částic s kladným nábojem (např. kation vodíku, ale i celá zeledrovaná skleněná tyč).

V tělese záporně nabitěm převažují záporně nabitě částice (např. anion chlórú, zeledrovaná plastová trubka, ...).

V okolí každého nabitěho tělesa pozorujeme působení elektrických sil (elektrické kyvadélko se vychýlí). Těleso má vlastní **elektrické pole**.

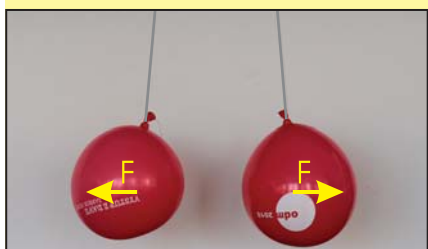
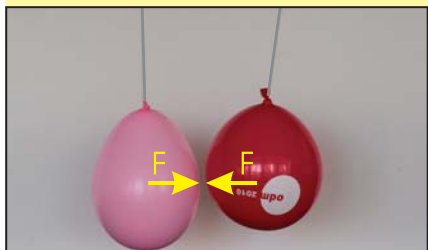
P1 Třením zeledrujete plastové pravítko a pak se přesvědčte o existenci jeho elektrického pole. Přejedete-li rukou po celé délce pravítka, el. pole mizí. Proč? Jak to prokážete?

U1 Proč se dva nabitě balónky od sebe odpuzují (přitahují), aniž se dotýkají?

Přítomnost i porovnání elektrických nábojů můžeme provést pomocí **elektroskopu**. Na žákovském elektroskopu jsou popsány jeho části. Nabijeme-li elektroskop např. dotykem, získají jeho obě kovové (vodivé) části souhlasný el. náboj a navzájem se odpuzují. Výchylka otáčivé ručky (osa otáčení je v jejím těžišti) je úměrná náboji na elektroskopu. Dotykem ruky uzemníme elektroskop, vyrovná se rozdíl kladných a záporných částic. Přístroj je vybit.

U2 V klubu si kluci a děvčata vyrobili elektroskop lístkový. Vysvětlete, které jeho části jsou vodivé, které jsou z izolantu a proč.

Č Pokuste se vyrobit elektroskop vlastní konstrukce.



P 2 Zelektrovanou tyčí elektroskop nabijeme, uka-
zuje výchylku. Dotkneme-li se elektroskopu
znovu stejnou nabitou tyčí, výchylka se zvětší.

Elektrický náboj na elektroskopu lze tedy zvětšit
(i zmenšit). **Elektrický náboj je dělitelný.**

Nejmenší elektrický náboj má jeden elektron (pro-
ton) - **elementární náboj záporný e^- (kladný p^+).**

Fyzikální veličina elektrický náboj - označení Q
- se měří v jednotkách coulomb - 1 C .

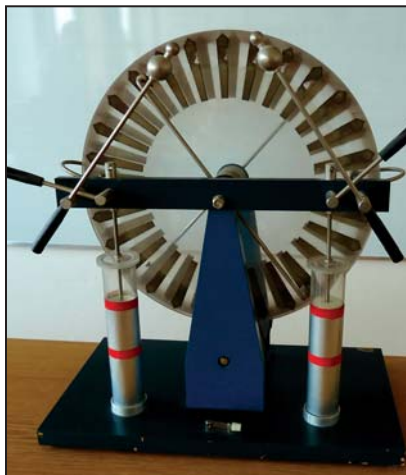
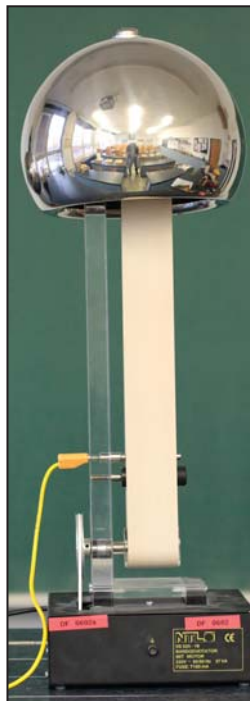
Zápis $Q = 2,5\text{ C}$ čteme: Elektrický náboj je 2,5 ku-
lombu.

Blesk při bouřce přemísťuje náboj asi 20 C . V na-
ších experimentech pracujeme s náboji výrazně
menšími, jejich velikost lze lépe vyjádřit v milicou-
lombech - mC nebo v mikrocoulombech - μC . Ná-
boj jednoho coulombu představuje $6 \cdot 10^{18}$ krát větší
náboj než 1 náboj elementární.

U 3 Vyjádřete stručným zápisem vztah mezi nábo-
jem 1 C a 1 mC , 1 C a $1\mu\text{C}$.



Stručný zápis:
 $1\text{ C} = 6 \cdot 10^{18} e$



K získání elektrického náboje
při našich pokusech použi-
váme tzv. indukční elektriku
nebo Van de Graaffův generá-
tor, často s pohonem elektro-
motorku.



Vodič v elektrickém poli

Vodič je vyroben z elektricky vodivé látky, která obsahuje dostatečné množství volných nabitých částic (volné elektrony, případně ionty).

U1 Zapiš do sešitu alespoň pět příkladů vodivých látek a jejich využití.

P1 Váleček z alobalu je elektricky neutrální. Zavěsíme ho na hedvábnou nit a umístíme v elektrickém poli blízko nabitému tělesu. Těleso z alobalu se vychýlí - je nabitým tělesem přitahováno.

Alobal je vodivý materiál. Obsahuje značné množství volných elektronů, které se zde pohybují neuspořádaným pohybem.

Elektrické pole působí na volné elektrony a usměrní jejich pohyb k jednomu konci válečku. Proto zde je záporný el. náboj $-Q$. Na opačném konci válečku je nedostatek elektronů a zaznameneáme tu náboj kladný $+Q$. Alobal je tedy nabitý, a proto se působením elektrických sil vychýlí.

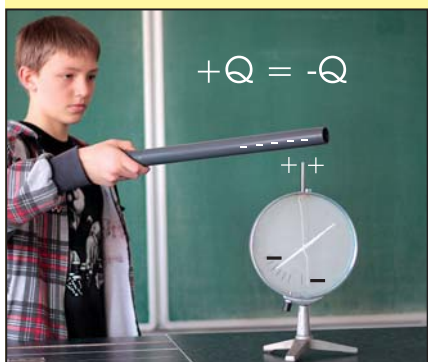
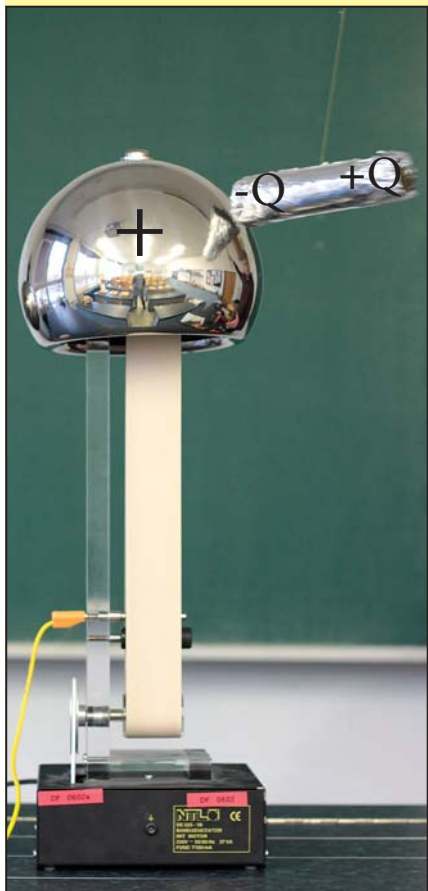
Uvedený jev se nazývá **elektrostatická indukce**. Na bližším konci izolovaného vodiče se indukuje opačný elektrický náboj a na vzdálenějším souhlasný náboj s tím, který jev vyvolal. Oba indukované náboje jsou stejně velké (přesun volných elektronů uvnitř tělesa).

P2 Elektroskop umístíme v blízkosti záporně elektrované tyče. Ukáže výchylku, tedy je nabitý.

Jeho vnitřní kovové součásti nejsou uzemněny a díky elektrostatické indukci se nabijí, jak je patrné na obrázku.

? Po oddálení nabitě tyče výchylka na elektroskopu mizí. Pokuste se jev vysvětlit.

Pokud izolované těleso z vodivého materiálu není už v elektrickém poli, volné elektrony se „rozptýlí“ neuspořádaně v jeho celém objemu.



Izolant v elektrickém poli

Izolant je látka, která téměř neobsahuje volné nabité částice, proto nemůže vést elektrický proud a „přenášet“ el. náboj.

U 2 Zapište do sešitu několik příkladů nevodivých látek a jejich využití v praxi.

P 3 V blízkosti nabitého van de Graaffova generátoru umístíme papírového motýla zavěšeného na niti. Motýl se vychýlí směrem k nabitému tělesu. To na něj působí přitažlivou silou.

P 4 Drobné papírky na stole přitahuje elektrovaná tyč. Proč?

Tělesa v obou pokusech jsou z izolantu (papír). Ten se v elektrickém poli polarizuje, to znamená, že na bližším konci se objevuje opačný elektrický pól s elektrickým nábojem, který jev vyvolal (viz obrázek), a na vzdálenějším konci tělesa je souhlasný elektrický pól. Tento jev se nazývá **polarizace izolantu v elektrickém poli**.

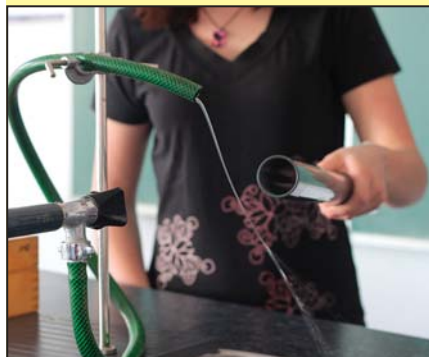
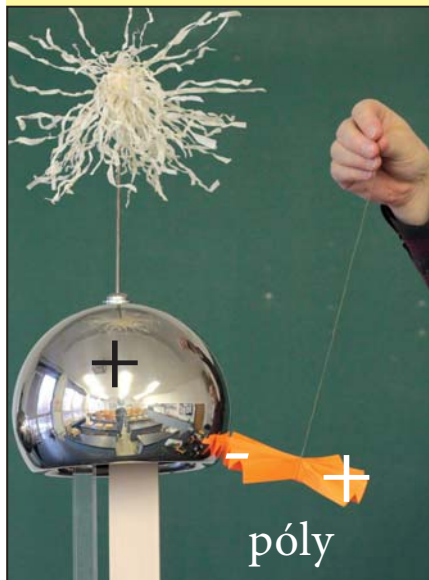
Č Pročešete-li si suché umyté vlasy plastovým hřebenem, hřeben se třením nabije. Přitahuje vlasy.

U 3 Na obrázku je vidět, jak se tenký pramínek vody vychýlil ze svislého směru k nabitě tyči. Co je toho příčinou?

Č Z krabičky s plastovým průhledným víčkem si snadno vyrobíte zajímavou hračku.

Vložíte do ní drobná tělesa z papíru patřičně ozdobená. Třete-li víčko krabičky, papírky se pohybují - lítají.

Jak vysvětlíte princip této „neobvyklé“ krabičky?



Elektrické pole - grafické znázornění

V hodinách fyziky jsme už poznali pole magnetické, které jsme graficky znázorňovali čarami, jejichž tvar jsme odvodili od pilinových obrazců. Železné piliny se v magnetickém poli zmagnetují a uspořádají podle toho, jak na ně působí síly magnetického pole.

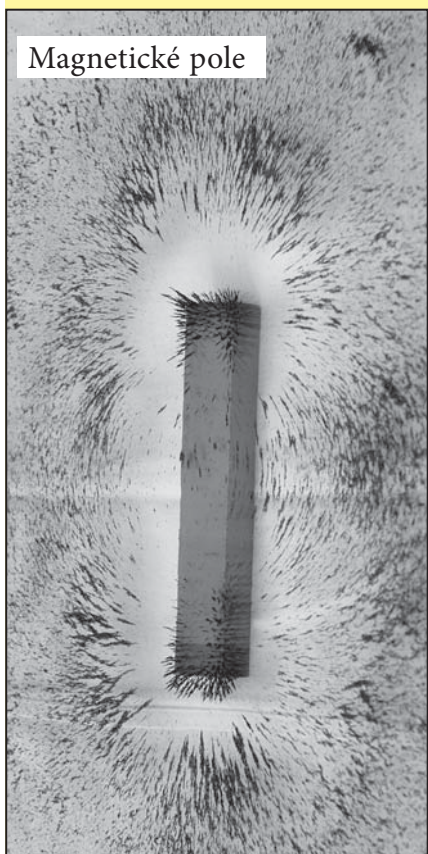
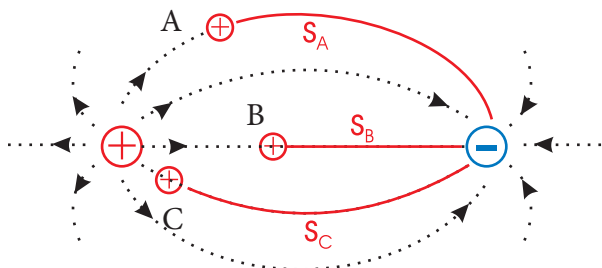
K vykreslení podobných čar v elektrickém poli použijeme zrnka krupice. Ta se v el. poli polarizují (tělesa z izolantu) a na hladině oleje se posunují ve směru působení elektrických sil pole. Podle tvaru těchto „krupicových“ čar získáme tzv. **elektrické siločáry**.

P 1 Do mělké misky umístíme terčík vodivě propojený s elektrodou van de Graaffova generátoru. Vykreslí se nám elektrické siločáry charakterizující pole v okolí bodového el. náboje. Jejich směr je dohodou stanoven **od kladného náboje**, respektive **k náboji zápornému**. Jde o grafický model elektrického pole.

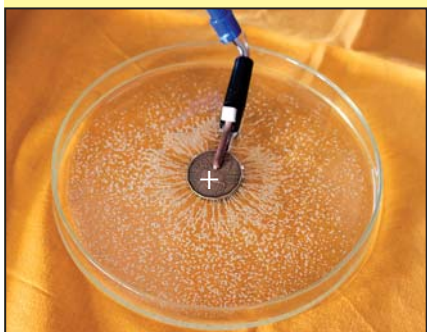
P 2 První pokus změníme tak, že v misce budou terčíky dva a nabijeme je z van de Graaffova generátoru opačnými elektrickými náboji. Elektrické siločáry mají opět dohodnutý směr - viz náčrt dole.

Př. 1 Vyznačme trajektorii pohybu velmi malé kladně nabitě částice v daném elektrickém poli.

Grafické řešení pro částici A, B, C:



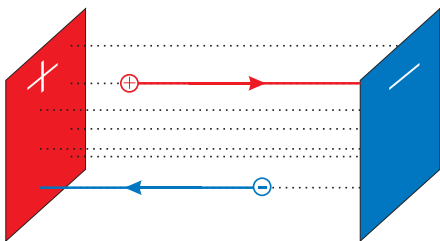
Magnetické pole



Elektrické pole

Máme v misce dvě opačně nabité elektrody tvaru krátké tyčinky, umístěné k sobě navzájem rovnoběžně. V jejich okolí je opět elektrické pole. Zajímavý je tvar „krupicových“ čar v prostoru mezi nimi. Proto takové elektrické pole zakreslíme rovnoběžnými el. siločarami. Bude-
me ho nazývat **elektrické pole stejnorodé (homogenní)**.

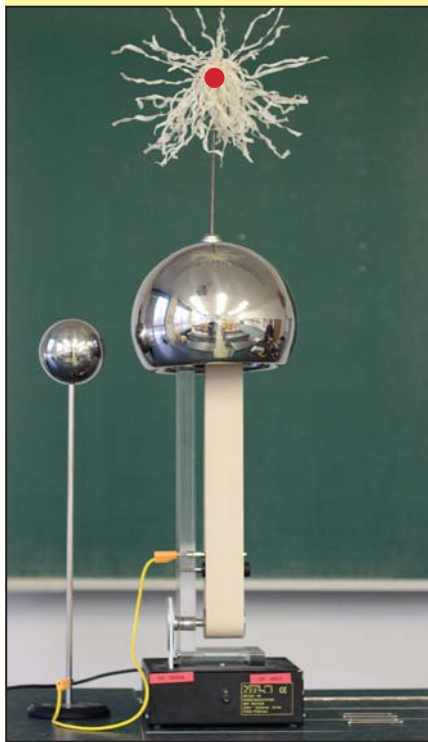
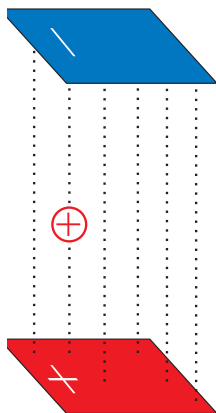
- P 2** Ve stejnorodém elektrickém poli se nachází malá částice s kladným nábojem a stejně malá částice se záporným nábojem. Protože na ně působí elektrické pole silou, budou se pohybovat. Vyznačme jejich trajektorii.



- U 1** Vysvětlíte polohu jednotlivých proužků papíru tvořících chochol v okolí nabitého malého tělesa (kuličky) na obrázku.

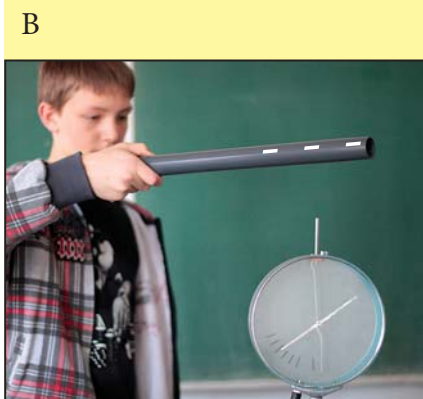
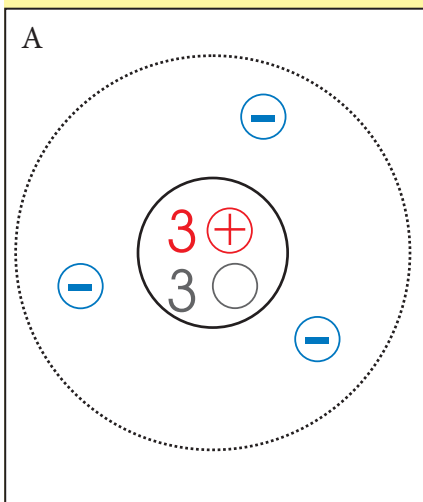
- U 2** Dokážete vysvětlit polohu proužků papíru upevněných na dvou navzájem rovnoběžných drátěných sítích? Sít vlevo je nabitá kladně, síť vpravo má záporný elektrický náboj.

- U 3** Mezi dvěma vodorovnými deskami je vytvořeno stejnorodé elektrické pole. Desky mají navzájem opačný náboj. Malá kapka kapaliny je ve stavu beztíže v tomto el. poli. Obrázek překreslete do sešitu a vyznačte v něm síly, které na kapku působí. Jak jsou velké za předpokladu, že její hmotnost je $m = 0,01 \text{ mg}$?



Vyzkoušejte se

- Podle obrázku A určete, zda se jedná o model:
 - atomu lithia,
 - kladného iontu lithia,
 - atomu uhlíku,
 - záporného iontu uhlíku.
- V modelu částice vyznačila Jana v jádru náboj $19 p^+$ a $19 n_0$, v obalu pak $18 e^-$. Jedná se o:
 - atom draslíku,
 - anion draslíku,
 - atom argonu,
 - kation draslíku.
- Dvě malé kuličky z polystyrenu volně zavěšené na hedvábných nitkách se navzájem přitahují. Jsou:
 - obě nabitě kladně,
 - obě bez náboje,
 - nabitě opačnými náboji,
 - jedna nabitá a druhá bez elektrického náboje.
- K dotykové destičce elektroskopu je přiblížena zelektrovaná tyč se záporným nábojem. Viz B. Elektroskop je nabitý:
 - celý záporně,
 - celý kladně,
 - v horní části kladným a v dolní části záporným nábojem,
 - není nabitý.
- Elektrický náboj má hodnotu $Q = 10 \mu C$. Tvoří jej asi:
 - $6 \cdot 10^{12}$ elementárních nábojů,
 - 6 miliónů elementárních nábojů,
 - $6 \cdot 10^{14}$ elementárních nábojů,
 - $6 \cdot 10^{13}$ elementárních nábojů.
- Elektroskop na obrázku C je:
 - nabitý kladným elektrickým nábojem,
 - nabitý záporným elektrickým nábojem,
 - není nabitý,
 - je v horní části nabit kladně, v dolní záporně.



7. V blízkosti nabitého tělesa je zavěšen na hedvábné niti ocelový klíč – obr. D.

- Celý klíč je nabitý opačným nábojem.
- Nahoře má klíč náboj (-) a dole (+).
- Nahoře má náboj (+) a dole (-).
- Klíč je celý bez elektrického náboje.



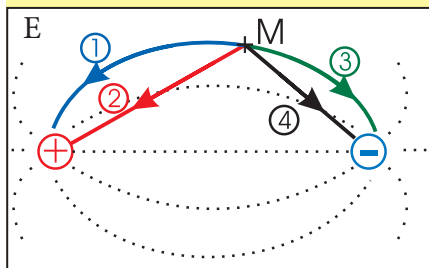
8. Plastový hřeben jste elektrovali třením a ten přitahuje drobné papírky proto, že:

- papírky jsou nabitý souhlasně s hřebem,
- papírky jsou polarizovány v elektrickém poli hřebenu,
- papírky jsou nabitý opačným nábojem, než má zeledrovaný hřeben,
- papírky mají jen nepatrnou hmotnost.



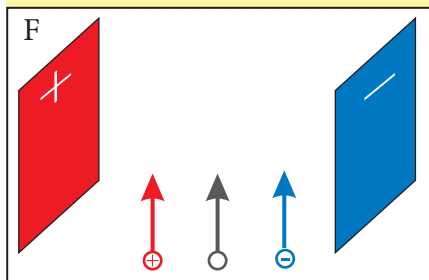
9. Na obrázku E jsou zakresleny elektrické siločary, které modelují elektrické pole v okolí dvou malých kuliček nabitých opačnými el. náboji. V tomto el. poli je v místě M malá částice se záporným elektrickým nábojem. Působením el. sil pole se bude pohybovat po trajektorii:

- obloukové č. 1 - modrá barva,
- přímé č. 2 - červená barva,
- obloukové č. 3 - zelená barva,
- přímé č. 4 - černá barva.



10. V prostoru mezi svislými rovnoběžnými deskami je elektrické pole - viz obr. F. V proudu horkého vzduchu stoupají do tohoto prostoru prachové částice.

- Částice s kladným nábojem se odchýlí vpravo a skončí na záporně nabité elektrodě.
- Částice se záporným nábojem budou přitahovány kladně nabitou deskou a dopadnou na ni.
- částice bez elektrického náboje přitáhne elektroda, ke které budou blíže. Tak se proud vzduchu očistí od prachu.



Elektrický obvod - elektrický proud

V minulých ročnících jsme už poznali a sestavovali jednoduché elektrické obvody. Procházel jimi elektrický proud.

P 1 Pozorujeme světlo žárovky - obrázek A a obrázek B.

? Proč nesvítí v obou situacích ve stejném elektrickém obvodu tatáž žárovka stejně?

Je to způsobeno tím, že v obvodu B prochází žárovkou větší elektrický proud.

Pokud vypneme spínač v elektrickém obvodu, neprochází el. proud vůbec a žárovka pochopitelně nesvítí. Proč?

P 2 V daném elektrickém obvodu (obr. C) je spínač v poloze „uzavřeno“ a žárovka nesvítí.

? Je to důkaz toho, že obvodem neprochází elektrický proud?

U 1 Narýsujte do sešitu schéma elektrických obvodů na fotografiích. Použijte vám známé elektro-

T technické značky, které najdete i v Tabulkách.

Odpověď na otázku z P2: Elektrický proud procházející obvodem není dostatečně velký, aby se rozžhavilo vlákno žárovky, aby žárovka svítila. Přítomnost elektrického proudu v obvodu dokládá naměřená hodnota na ampérmetru.

Žárovka tedy není spolehlivým indikátorem procházejícího elektrického proudu. Z minulých let už víte, že spolehlivě změříme procházející elektrický proud ampérmetrem nebo multimetrem, na kterém nastavíme funkci ampérmetru. I s jednotkami elektrického proudu jste se už seznámili: ampér 1 A, miliampér 1 mA, mikroampér 1 μ A atd. jsou vám už známé jednotky.

U 2 Zapište do sešitu stručně matematické vztahy mezi uvedenými jednotkami.



Co to je elektrický proud?

V předcházejících kapitolách jste se dověděli, že charakter elektrického náboje (kladný nebo záporný) je dán převahou příslušných nabitých částic v tělese. Jejich množství pak určí velikost náboje.

Podle množství volných nabitých částic v látce jsme rozdělili látky na vodivé (vodiče) a nevodivé (izolanty).

U 1 Zapište do sešitu pět příkladů látek nevodivých a pět vodivých.

? V kovovém vodiči je dostatek volných elektronů (částic se záporným elektrickým nábojem). Můžeme si je představit jako částice pohybující se chaoticky a neuspořádaně volně mezi atomy v pevné krystalické mřížce.

Působí-li na daný vodič a částice v něm například síly elektrického pole, pohyb volných elektronů se usměrní - **vodičem prochází elektrický proud**.

Pohybují-li se nabitě částice stále jedním směrem, jedná se o **elektrický proud stejnosměrný**.

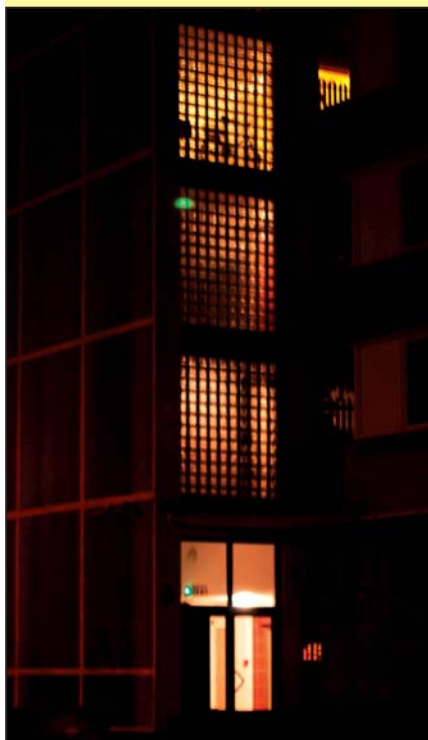
Příští rok se budete učit i o střídavém elektrickém proudu, který využíváme například v našich domácnostech i jinde.

Nutnou podmínkou pro procházení el. proudu je, aby byl el. obvod uzavřený. Jakmile uzavřeme spínač, prakticky **okamžitě** působí **síly elektrického pole** v celém obvodu. Snadno si ověříte, že při rozsvícení osvětlení na chodbě vícepodlažního domu vypínačem v přízemí se okamžitě rozsvítí světla ve více patrech současně a najednou.

Poznámka: Rychlost usměrněného **pohybu nabitých částic** není zdaleka tak veliká. Posunují se elektrickým obvodem rychlostí **několika milimetrů za sekundu** - mm/s.

Označení pro stejnosměrný elektrický proud: $=$
např.: $I = 3 \text{ A}$

Označení střídavého elektrického proudu: $\sim$
např.: $I = 3 \text{ A}$



Měření elektrického proudu

P1 V jednoduchém elektrickém obvodu prochází elektrický proud stejnosměrný. Zdrojem napětí je např. plochá baterie.

Připojíme do obvodu **ampérmetr** a změříme elektrický proud v několika místech obvodu.

Zapojení ampérmetru: Vypneme spínač. V požadovaném místě obvod přerušíme a připojením zdírek měřidla (s ohledem na polaritu) obvod uzavřeme. Zvolíme vhodný rozsah měření. Zapneme spínač a měříme hodnotu elektrického proudu I a zapíšeme ji.

Poznámka: Abychom nepoškodili měřící přístroj, postupujeme při volbě rozsahu měření od největšího rozsahu k nižšímu.

Č Sestavte elektrický obvod podle obrázku a změřte elektrický proud ve vyznačených místech.

Porovnejte naměřené hodnoty a odůvodněte

? celkový výsledek měření. Hodnoty i odůvodnění запиšte.

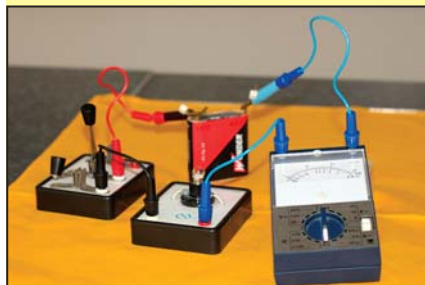
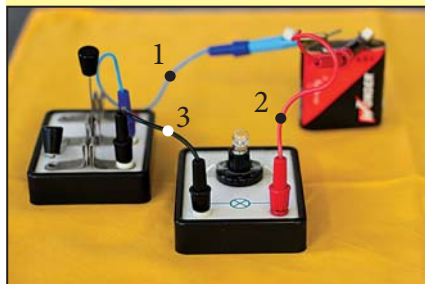
Uvedený způsob zapojení ampérmetru označujeme jako **sériové zapojení** (zapojení za sebou). U ampérmetru je toto zapojení možné proto, že měřící přístroj má minimální tzv. vnitřní odpor, a proto jen zanedbatelně ovlivňuje měřené hodnoty elektrického proudu. Jde tedy o princip jeho měření.

U1 Zapište naměřené hodnoty stejnosměrného el. proudu na obrázcích.

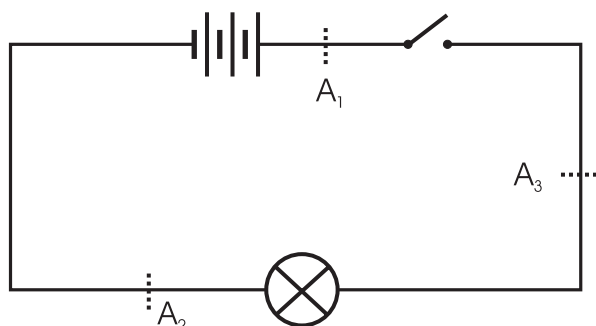
U2 Uvedené hodnoty elektrického proudu zapište do sešitu. Vyjádřete je v jednotce ampér.

Např.: $I = 25 \text{ mA} = 0,025 \text{ A}$,

$I_1 = 220 \text{ mA}$, $I_2 = 1200 \text{ mA}$, $I_3 = 85 \text{ }\mu\text{A}$,
 $I_4 = 15 \text{ mA}$, $I_5 = 385 \text{ }\mu\text{A}$, $I_6 = 24 \text{ 150 }\mu\text{A}$.



Zapojení ampérmetrů v činnostech Č na minulé stránce zakreslíme schematicky:



Říkáme, že zdroj el. napětí, ampérmetr a žárovka jsou zapojeny sériově.

U3 Proveďte zapojení elektrického obvodu podle schématu (viz sloupek). Změřte velikost el. proudu měřidly označenými A_1 , A_2 , A_3 , A_4 .

? Které ampérmetry naměřily přibližně shodné hodnoty el. proudu? Vysvětlete.

Proč elektrický proud procházející ampérmetrem A_1 i A_4 je větší než elektrický proud měřený A_2 a A_3 ?

Porovnejte proud I_1 naměřený ampérmetrem A_1 se součtem $I_2 + I_3$. Jaký zajímavý vztah zde platí?

Svoje odpovědi včetně zdůvodnění zapište do sešitu.

Poznámka: Pokud měříme ručkovým měřicím přístrojem, určíme nejdříve jeho rozsah měření, dále hodnotu 1 dílku stupnice. POZOR, při změně rozsahu se změní i hodnota 1 dílku stupnice.

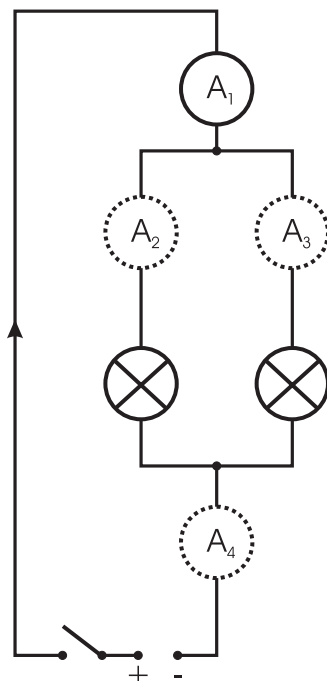
U4 Zapište podle obrázku rozsah měření demonstračního ampérmetru a příslušející hodnotu nejmenšího dílku jeho stupnice v uvedených příkladech. Naměřené hodnoty elektrického proudu zapište v ampérech i v miliampérech.



Měření na horní stupnici:
rozsah měření: 0-100 mA
1 dílek má hodnotu 5 mA

Při měření na dolní stupnici je hodnota jednoho dílku odlišná.

Schéma k U3:



Elektrické napětí

V minulých kapitolách z elektrostatiky jste poznali, že elektrické pole může působením svých sil přemísťovat nabitě elektrické částice. Vykonává tak určitou práci. Toto charakterizujeme známou veličinou **elektrické napětí** - U . Uzávěřeme-li spínačem obvod, okamžitě v něm působí el. pole a prochází obvodem elektrický proud. El. pole mezi kladným a záporným pólem vně zdroje elektrického napětí koná práci.

Jednotku pro měření el. napětí znáte. Značíme je následovně: 1 volt - 1 V. Používáme i násobky 1 kilovolt - 1 kV, 1 megavolt - 1 MV atd., 1 milivolt - 1 mV, 1 mikrovolt - 1 μ V atd.

U1 Jak velká bude chyba, uvedeme-li v zápise $U = 50 \text{ mV}$ místo malého písmene m písmeno velké. Porovnejte oba údaje poměrem.

P1 V elektrickém obvodu se všemi základními částmi (viz foto) je zapojen ampérmetr a ocelový drát. Ampérmetrem měříme procházející el. proud.

Zvětšíme-li elektrické napětí zdroje několikanásobně, drát se rozžhaví.

Při větším el. napětí koná el. pole větší práci, procházející el. proud má větší hodnotu i vnější účinky – v našem příkladu tepelné a světelné.

Elektrické napětí měříme voltmetrem nebo multimetrem s nastavenou funkcí **voltmetr** - označení = V.

Toto měřidlo připojíme k pólům zdroje **paralelně** tak, že vznikne nová větev v el. obvodu - viz schéma. Podobně můžeme měřit el. napětí mezi svorkami žárovky nebo jiného spotřebiče, případně mezi dvěma různými místy v el. obvodu. Při měření je nutné zvolit správný rozsah měření. Pokud neznáme měřené napětí, volíme rozsah největší a postupně ho zmenšujeme.

1 V - hlavní jednotka

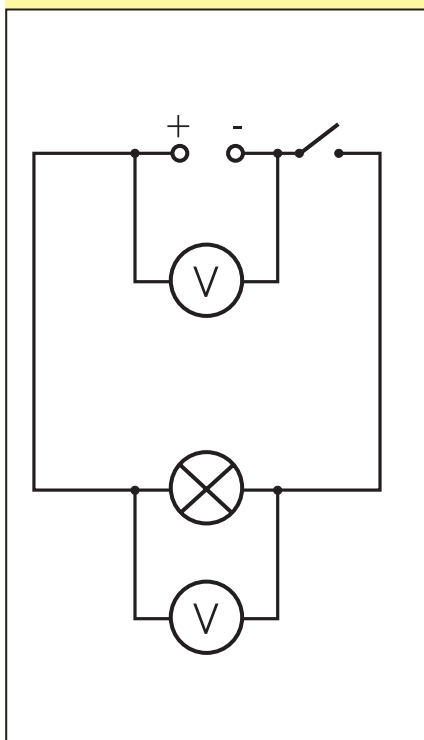
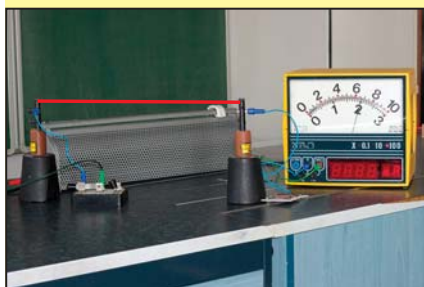
1 kV = $1 \cdot 10^3 \text{ V}$

1 MV = $1 \cdot 10^6 \text{ V}$ =
= $1 \cdot 10^3 \text{ kV}$

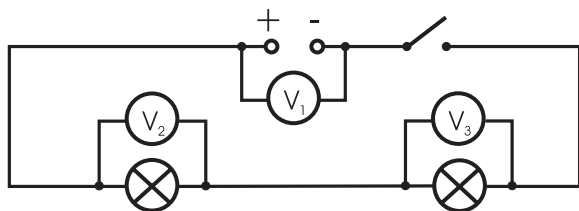
1 GV = $1 \cdot 10^9 \text{ V}$ =
= $1 \cdot 10^3 \text{ MV}$ =
= $1 \cdot 10^6 \text{ kV}$, ...

1 mV = $1 \cdot 10^{-3} \text{ V}$

1 μ V = $1 \cdot 10^{-6} \text{ V}$, ...



- Č Provedte zapojení dvou žárovek v jednoduchém el. obvodu podle daného schématu. K měření napětí použijte voltmetr.



Voltmetr V_1 je zapojen **paralelně se zdrojem el. napětí**, které měříte (voltmetr a zdroj jsou zapojeny vedle sebe). Podobně je zapojen voltmetr při měření napětí mezi svorkami každé žárovky.

Změřte a zapište elektrické napětí zdroje U_1 , měřené voltmetrem V_1 , a dále U_2 i U_3 (měřidla v poloze V_2 a V_3).

Která z naměřených tří hodnot elektrického napětí je největší?

- ? Můžete v daném el. obvodu najít dvě místa, mezi kterými je ještě větší elektrické napětí?

- U2 Podle obrázků určete **rozsah měření** ručkových voltmetrů, hodnotu jednoho nejmenšího dílku stupnice při zvoleném rozsahu.

Zapište hodnoty měřeného elektrického napětí.

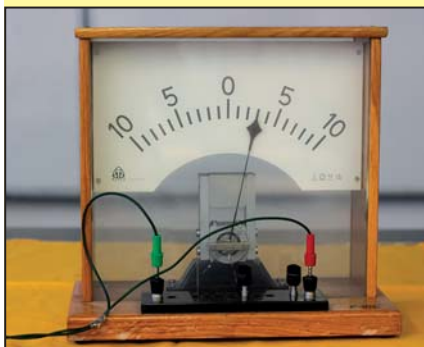
- U3 Vhodným voltmetrem změřte hodnoty elektrického napětí mezi póly tužkové „baterie“, ploché baterie, monočlánu a zapište je.

U některých zdrojů lze el. napětí obnovovat, lze je znovu nabíjet. Jsou to **akumulátorové články** nebo **baterie** (např. u mobilního telefonu).

POZOR!! Elektrické napětí mezi svorkami zásuvky v rozvodné síti doma i ve škole je příliš veliké a nebezpečné. Do zásuvky NEZASA-HUJTE!!



Rozsah měření: 0 až 15 V
Počet dílků na stupnici: 30



Rozsah měření: 0 až 10 V

Elektrické napětí a elektrický proud

P 1 V jednoduchém elektrickém obvodu postupně připojte mezi krokosvorky (viz obr.) vzorky několika různých látek (destička z olova, zinku, mědi, uhlíku a kus špejle, skleněná tyčinka atp.). Rozdělte je na látky vodivé a izolanty.

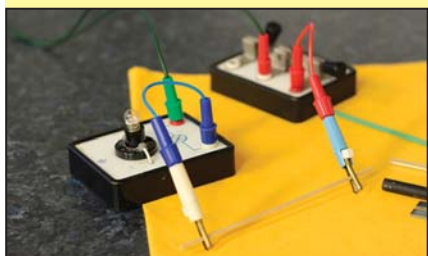
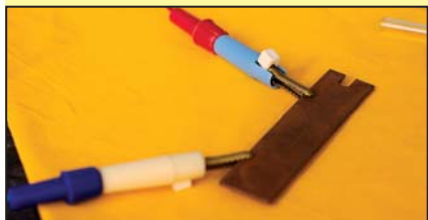
? Které ze zkoumaných látek obsahují dostatek volných vodivostních elektronů?

P 2 V nádobě (kyvetě) je roztok soli (octa) a v něm ponořeny dvě desky např. z mědi (budeme jim říkat elektrody). Zapojíme je v el. obvodu se zdrojem napětí (plochá baterie). Připojený amperměr (sériově) snadno „odhalí“, že obvodem prochází elektrický proud. Voltmetrem (zapojen paralelně) změříme napětí mezi oběma elektrodami.

Kapalina v nádobě vede elektrický proud. Takové kapaliny označujeme jako elektrolyty. Vodivostními částicemi v elektrolytu jsou volné kladné i záporné ionty. Působí na ně elektrické pole mezi oběma elektrodami. Více se dovíte v hodinách chemie a později i fyziky.

P 3 Z kapitol elektrostatiky víte, že za vhodných podmínek přeskóčí mezi elektrodami van de Graaffova generátoru elektrická jiskra. V krátkém okamžiku se mění složení vzduchu v daném prostoru - vzduch vede el. proud. Obsahoval dostatek volných iontů a elektronů.

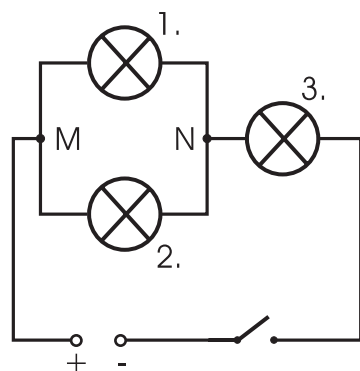
Výrazně větší ukázkou tohoto jevu je v přírodě blesk. Ochrana lidských obydlí před bleskem je dnes důležitá. Základ k ní položil i český badatel a kněz Prokop Diviš. Na obrázku je jeho rodný dům Helvíkovicích u Žamberku ve východních Čechách. Před domem je model Divišova „meteorologického stroje“ ve zmenšeném měřítku 1 : 2, který však postavil v Příměticích.



Vyzkoušej se - elektrický proud a napětí

1. V elektrickém obvodu jsou zapojeny tři stejné žárovky - viz schéma. Nejvíce bude svítit žárovka: a) č. 1, b) č. 2, c) č. 3, d) č. 1 a č. 2 stejně a č. 3 více.
2. Elektrické napětí na svorkách žárovek - viz schéma - je shodné: a) na 1. a 2. žárovce, b) na všech žárovkách, c) na 1. a 3. žárovce, d) je na každé žárovce jiné.

Sestavte elektrický obvod a ověřte měření.



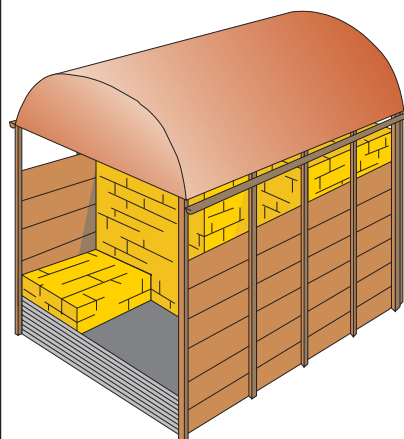
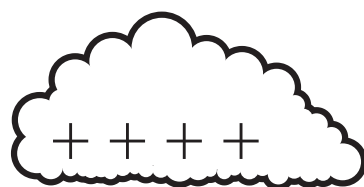
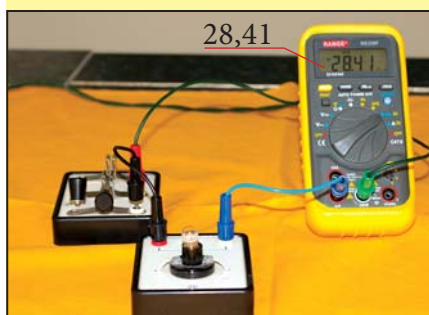
3. Elektrický obvod na obrázku obsahuje žárovku a další jeho základní části. Elektrický proud v zobrazené situaci obvodem:
a) neprochází, žárovka nesvítí, b) prochází,
c) prochází, ale žárovka nesvítí, d) neprochází, protože nerozžhaví vlákno žárovky.

4. Elektrický proud procházející měděným vodičem je usměrněný pohyb:
a) volných elektronů oběma směry, b) volných elektronů jedním směrem mezi póly zdroje el. napětí, c) elektronů a protonů tímž směrem, d) volných atomů jedním směrem.

5. Multimetr na obrázku je nastaven jako:
a) voltmetr, b) milivoltmetr, c) miliampérmetr, d) ampérmetr.

6. Měříte el. proud v obvodu - viz schéma -, který prochází 3. žárovkou. Vhodný ampérmetr zapojíte:
a) mezi uzlové body M a N, b) sériově se 3. žárovkou v nerozvětvené části obvodu,
c) v 1. větvi mezi 1. žárovkou a bodem M, d) ve 2. větvi mezi 2. žárovkou a bodem M.

7. Střecha z měděného plechu není vodivě spojena se zemí. Bouřkový oblak nad ní má kladný náboj. Elektrický náboj střechy:
a) je nulový, b) je také kladný,
c) je záporný, d) je kladný i záporný.



Elektrický odpor

P 1 V jednoduchém elektrickém obvodu umístíme mezi svorky (viz obr.) postupně vodiče téže délky z různých materiálů.

Sledujeme světlo žárovky a zároveň měříme elektrický proud v obvodu.

Elektrický proud je při zapojení různých vodičů rozdílný.

Každý z použitých vodičů je pro vedení elektrického proudu jinou překážkou, jinak brání jeho procházení. Tuto vlastnost vodičů označujeme jako jejich **elektrický odpor**. Z pokusu je patrné, že je ovlivněna materiálem, z něhož je vodič vyroben.

Podobnou vlastnost můžeme pozorovat i u spotřebičů. V následujícím pokusu použijeme novou součástku - **rezistor**.

P 2 V elektrickém obvodu, sestaveném podle zobrazeného schématu, měříme el. proud rezistorem procházející i napětí na jeho svorkách. Postupně měníme el. napětí a sledujeme změny el. proudu procházejícího rezistorem.

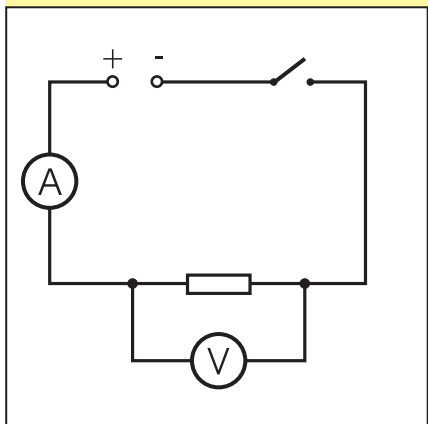
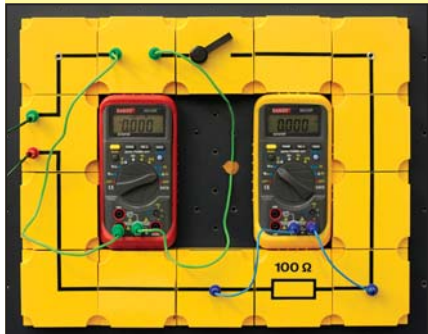
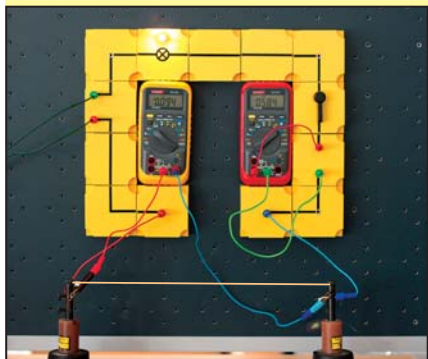
Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulce:

napětí U (V)	6	12	15	24
proud I (A)	0,06	0,12	0,15	0,24
odpor R (Ω)	100	100	100	100

V tabulce je vidět, že podíl zvoleného el. napětí a příslušného el. proudu se nemění.

Je to veličina charakterizující el. vlastnosti rezistoru - jeho **elektrický odpor** - **R**. Velké písmeno omega (řecká abeceda) je značkou pro jeho základní jednotku - **ohm**.

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$



elektrotechnická značka
rezistoru



$$1 \text{ k}\Omega = 1 \cdot 10^3 \Omega$$

$$1 \text{ M}\Omega = 1 \cdot 10^6 \Omega$$

Ohmův zákon

V naší tabulce je patrné, že změny el. napětí i odpovídajícího el. proudu jsou ve stejném poměru (v tabulce hnědočerveně).

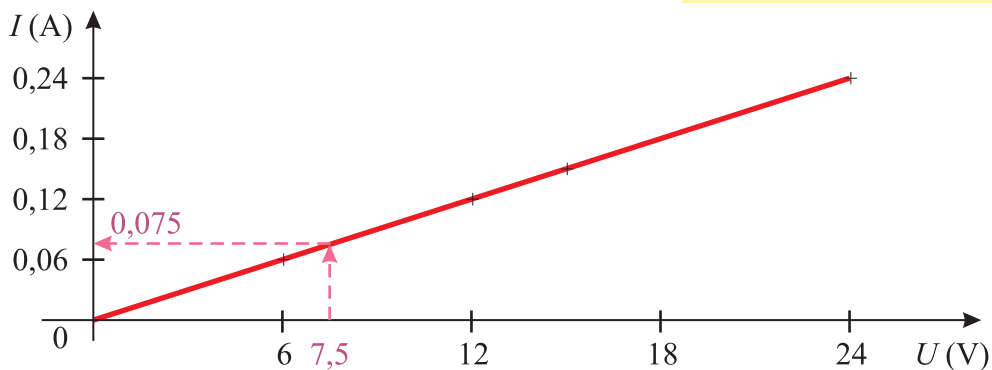
Elektrický proud I je tedy přímo úměrný zvolenému elektrickému napětí U mezi konci vodiče nebo mezi svorkami spotřebiče.

Tuto závislost mezi uvedenými veličinami objevil a popsal německý fyzik G. S. Ohm.

Proto je tento zákon nazván na jeho počest **Ohmův zákon**.

Jeho stručný matematický zápis: $I = U : R$, kde značka I je el. proud (A), U el. napětí (V), R el. odpor vodiče, spotřebiče (Ω).

Změny veličin U a I v naší tabulce vyjádříme graficky:



Př. 1 Jak velký elektrický proud prochází vodičem o odporu 10Ω , mezi jehož konci je elektrické napětí 24 V ?

$$U = 24 \text{ V}$$

$$R = 10 \Omega$$

$$I = ? \text{ A}$$

$$I = U : R$$

$$I = (24 : 10) \text{ A}$$

$$I = 2,4 \text{ A}$$

Vodičem prochází elektrický proud $2,4 \text{ A}$.

Př. 2 Z uvedeného grafu určete, jaký el. proud prochází daným rezistorem při napětí $7,5 \text{ V}$ mezi jeho svorkami. $I = 0,075 \text{ A} = 75 \text{ mA}$

$$\frac{U}{R \cdot I}$$

$$\frac{U}{R \cdot I}$$

$$\frac{U}{R \cdot I}$$



Ohmův zákon - užití

Ohmův zákon nám pomůže vyřešit celou řadu úloh o elektrických obvodech. Vyjadřuje vztah mezi veličinami U – el. napětí, I – el. proud a R – el. odpor. Pokud dvě hodnoty v dané situaci známe (nebo je změříme), třetí vypočteme (pomůckou vám může být „trojúhelník“ na předcházející straně).

Př. 1 Jaké napětí je mezi svorkami rezistoru $0,2 \text{ k}\Omega$, kterým prochází el. proud 850 mA ?

$$R = 0,2 \text{ k}\Omega = 200 \Omega$$

$$I = U : R$$

$$\underline{I = 850 \text{ mA} = 0,85 \text{ A}}$$

$$U = R \cdot I$$

$$U = ? \text{ V}$$

$$U = (200 \cdot 0,85) \text{ V}$$

$$\underline{U = 170 \text{ V}}$$

Na svorkách rezistoru je el. napětí 170 V .

Př. 2 Žárovkou, která je připojena k el. napětí 24 V , prochází el. proud 230 mA . Určete odpor vlákna žárovky v daném okamžiku.

$$U = 24 \text{ V}$$

$$I = U : R$$

$$\underline{I = 230 \text{ mA} = 0,23 \text{ A}}$$

$$R = U : I$$

$$R = ? \Omega$$

$$R = (24 : 0,23) \Omega$$

$$\underline{R = 104 \Omega}$$

V daném okamžiku má vlákno žárovky odpor 104Ω .

U1 Uvedené hodnoty veličin zapište do sešitu a vyjádřete je v základních jednotkách příslušné veličiny. Např: $U = 23 \text{ kV} = 23\,000 \text{ V}$

$$I = 450 \text{ mA}, \quad U = 500 \text{ mV}, \quad R = 8,5 \text{ k}\Omega,$$

$$R = 0,4 \text{ M}\Omega, \quad I = 85 \mu\text{A}, \quad I = 0,005 \text{ kA},$$

$$U = 4 \text{ kV}, \quad U = 0,05 \text{ MV}, \quad R = 24\,500 \text{ m}\Omega,$$

$$I = 1\,450 \mu\text{A}.$$

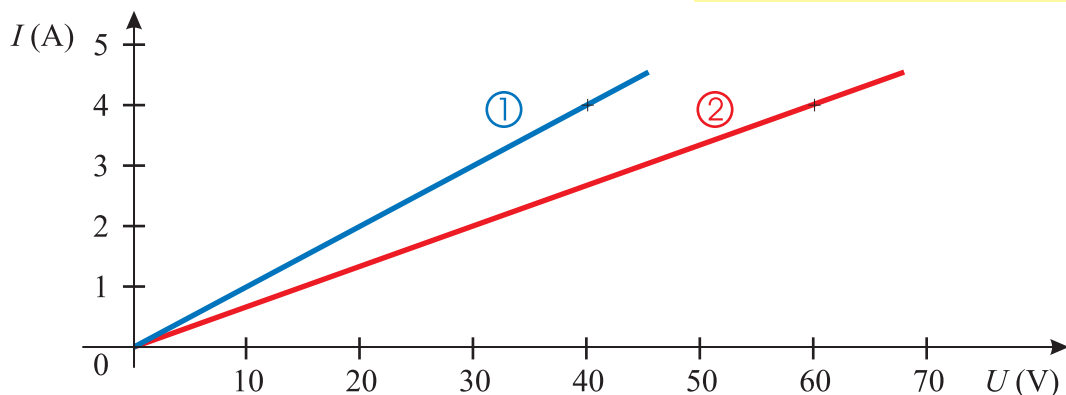
U2 Jaký měřicí rozsah zvolíte na ampérmetru, kterým měříte proud procházející rezistorem o odporu $1,64 \text{ k}\Omega$ připojeném k napětí 230 V ?



Přímé měření elektrického odporu rezistoru.



U3 V následujícím grafu je zaznamenána závislost proudu na napětí pro dva různé rezistory (modrý a červený graf).



- Určete a запиšte pro oba rezistory zvlášť, jaký elektrický proud jimi prochází při napětí 20 V, 30 V, 60 V.
- Určete odpor jednotlivých rezistorů.
- K jakému elektrickému napětí je příslušný rezistor připojen, prochází-li jím proud 2,5 A; 3,5 A; 5,0 A?

U4 V nerozvětveném elektrickém obvodu je zapojen rezistor a žárovka (schéma obvodu je na obrázku).

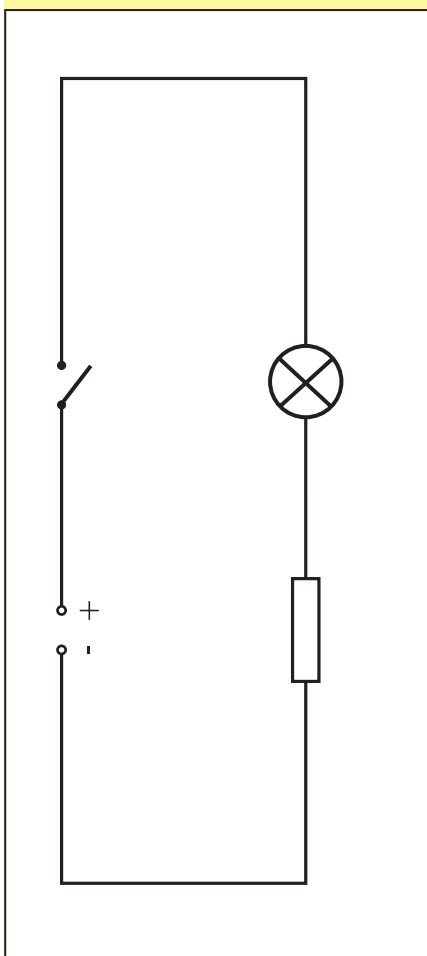
Překreslete schéma do sešitu a zakreslete do něj zapojení voltmetru a ampérmetru pro případ, že z naměřených hodnot máte vypočítat:

- odpor rezistoru,
- odpor žárovky.

? Ovlivní to výsledky měření, budou-li obě měřidla zapojena současně, nebo postupně každé zvlášť?

U5 Neznámý rezistor připojíte k elektrickému napětí $U = 24$ V a miliampérmetrem naměříte hodnotu procházejícího proudu $I = 48$ mA.

- Jaký je odpor rezistoru?
- Jak se změní jeho odpor, připojíte-li rezistor k napětí $U_1 = 10$ V, případně k napětí $U_2 = 230$ V?



Vlastnosti vodiče a jeho elektrický odpor

Elektrických vodičů s rozdílným využitím vidíme kolem sebe mnoho.

Dálkový přenos elektřiny se uskutečňuje pomocí silných lan na vzdálenosti stovky kilometrů. V koupelně máme elektrický zdroj tepla a v něm se žhaví spirály vodiče podobně jako vlákno v žárovce. Přívodní „šňůry“ k nejružnějším spotřebičům jsou vodiče a takových příkladů dovedete jmenovat desítky.

Jaké vlastnosti mají vliv na použití různých vodičových materiálů, na jejich elektrický odpor?

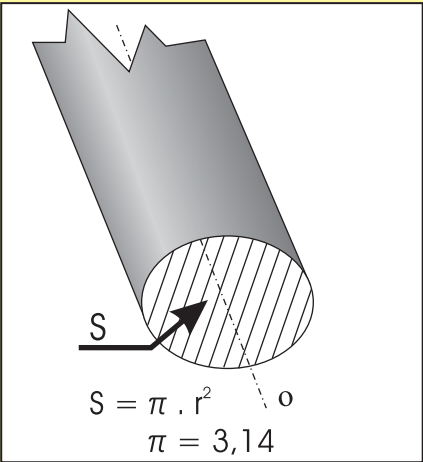
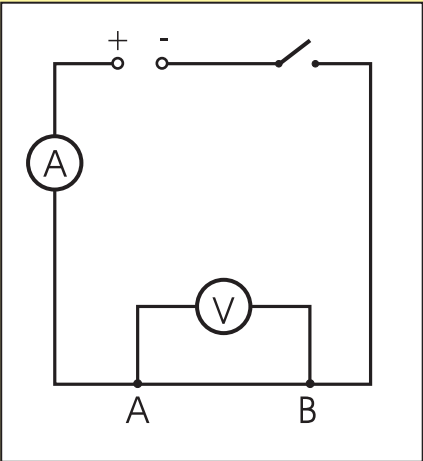
P1 V elektrickém obvodu zapojíme postupně mezi svorky A a B drát o délce 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m, vždy z téhož materiálu a se stejným průřezem (viz náčrtek). Naměřené hodnoty proudu a napětí na sledovaném vodiči jsou v tabulce.

Tab.č. 1:

<i>l</i> (m)	0,5	1,0	1,5	2,0
<i>U</i> (V)	12	12	12	12
<i>I</i> (A)	1,5	0,75	0,50	0,75
<i>R</i> (Ω)	8,0	16	24	32

Z prvního a posledního řádku tabulky je patrné, že délka vodiče *l* a jeho elektrický odpor *R* se mění ve stejném poměru - jsou ve vztahu **přímé úměrnosti**.

P2 Ve stejném el. obvodu jako v P1 umístíme mezi svorky A a B 0,5 m dlouhý drát o průřezu *S* = 0,06 mm² a postupně i drát ze stejného materiálu o dvojnásobném a trojnásobném průřezu. Z naměřeného proudu a napětí opět určíme elektrický odpor použitého drátu. Naměřené hodnoty i vypočítaný el. odpor jsou zaznamenány v následující tabulce č. 2.



$S \text{ (mm}^2\text{)}$	0,6	0,12	0,18	0,24
$U \text{ (V)}$	6,0	6,0	6,0	6,0
$I \text{ (A)}$	0,33	0,66	1,00	1,33
$R \text{ (}\Omega\text{)}$	18,0	9,0	6,0	4,5

Čtvrtý řádek tabulky názorně ukazuje, že obsah průřezu S a elektrický odpor drátu R se mění v poměrech navzájem převrácených - jsou ve vztahu **nepřímé úměrnosti**.

V předcházející kapitole jste rozdělili vzorky pevných látek na vodivé a nevodivé. Proč mezi nejlepší vodivé látky řadíme měď, stříbro, zlato, hliník atd.

? V Tabulkách najdeme tabulku **Měrného elektrického odporu látek, tzv. rezistivity - ρ** .

Hodnoty zde uvedené jsou v jednotce $\Omega \cdot \text{m}$.

Např.: zlato $\rho = 0,020 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$

měď $\rho = 0,017 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$

hliník $\rho = 0,027 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$

Elektrický odpor vodiče R je přímo úměrný jeho délce l , nepřímo úměrný obsahu průřezu S a závisí na materiálu - vyjádřeno rezistivitou ρ .

Stručné vyjádření: $R = \frac{\rho \cdot l}{S}$

Dráty (vodiče) běžně používané mají průřez několik mm^2 . $S = 1 \text{ mm}^2 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$. Proto odpor R drátu o délce 1 m a $S = 1 \text{ mm}^2$ z uvedených kovů je následující: zlato - $R = 0,02 \Omega$, měď - $R = 0,017 \Omega$, hliník - $R = 0,027 \Omega$. V praxi proto volíme rezistivitu v jednotkách:

$$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

U1 Určete el. odpor měděného vodiče dlouhého 25 m o průřezu $0,4 \text{ mm}^2$.

Č Odpor vodiče se mění s rostoucí teplotou. Ověřte pokusem. Vodič mezi svorkami zahřívejte. Z naměřených hodnot el. proudu a napětí mezi svorkami vypočítejte jeho el. odpor R . **Experimentujte pod dozorem!**

U2:

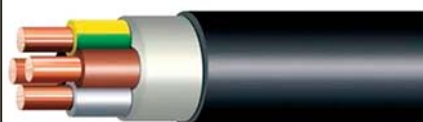
Vypočítejte odpor vodičů o délce 1 m a průřezu 10 mm^2 ze stříbra, hliníku, mědi, z oceli a z konstantanu. Zapište do sešitu.

U3:

Vypočítejte odpor hliníkového a měděného vodiče o délce 1,5 km průřezu 5 mm^2 .

U4:

Jaký el. odpor má ocelový drát o délce 10 m a průměru 3 mm?



Rezistory zapojené za sebou (sériově)

P 1 Dva rezistory s rozdílným elektrickým odporem R_1 a R_2 zapojíme do nerozvětveného obvodu za sebou, tedy sériově - viz schéma A.

Veličiny týkající se 1. rezistoru označíme dolním indexem 1, podobně u 2. rezistoru indexem 2.

- Celým obvodem prochází všude stejně velký elektrický proud: $I_1 = I_2 = I$
- Elektrické napětí mezi svorkami A a B je napětí U_1 , mezi svorkami B a C je napětí U_2 . Změříme-li ještě el. napětí mezi svorkami A a C, získáme hodnotu celkového napětí na obou rezistorech U .

Výsledky opakovaných měření ukázaly, že mezi nimi platí vztah: $U_1 + U_2 = U$ (1)

Celkové elektrické napětí na obou rezistorech (mezi svorkami A a C) je součtem napětí mezi svorkami jednotlivých rezistorů zapojených sériově.

Podle Ohmova zákona platí:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} \quad \text{a} \quad R_2 = \frac{U_2}{I_2} \quad (2)$$

Výsledný odpor sériově zapojených rezistorů můžeme zapsat:

$$R = \frac{U}{I}$$

Ze vztahu (1) vyplývá:

$$R = \frac{(U_1 + U_2)}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I}$$

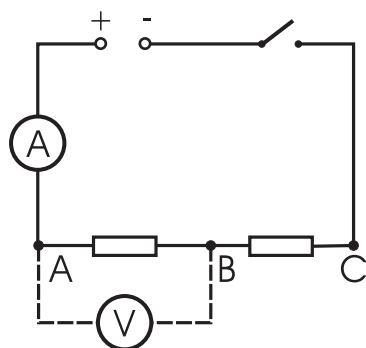
S využitím vztahu (2) můžeme tedy zapsat:

$$R = R_1 + R_2$$

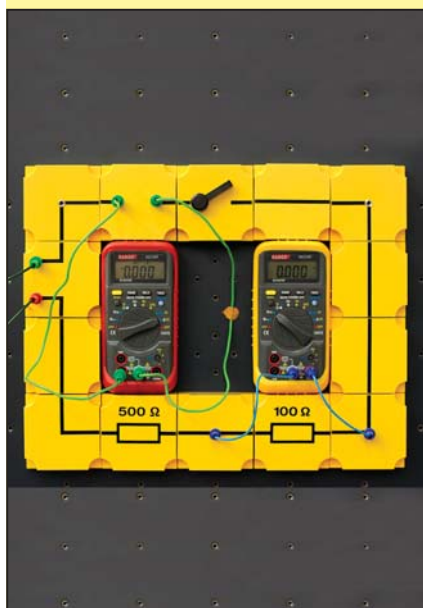
Výsledný celkový odpor rezistorů zapojených za sebou (sériově) je roven součtu hodnot elektrického odporu jednotlivých rezistorů.

Č Sestavte el. obvod se dvěma sériově zapojenými rezistory se žákovskými pomůckami (jak ukazuje foto demonstračního panelu). Ověřte měřením platnost odvozených vztahů.

Schéma A:



$$\frac{U}{R \cdot I}$$



Př. 1 Dva rezistory s odpory $100\ \Omega$ a $25\ \Omega$ jsou zapojeny za sebou (schéma B). Mezi svorkami A a C je el. napětí $25\ \text{V}$.

- Jaký proud prochází elektrickým obvodem?
- Jaké napětí je na každém z obou rezistorů?

$$R_1 = 100\ \Omega$$

$$R_2 = 25\ \Omega$$

$$U_{A,C} = 25\ \text{V}$$

$$\text{a) } I = ?\ \text{A}$$

$$\text{b) } U_{A,B} = U_1 = ?\ \text{V}$$

$$U_{B,C} = U_2 = ?\ \text{V}$$

a) Celkový odpor rezistorů:

$$R = R_1 + R_2$$

$$R = (100 + 25)\ \Omega$$

$$R = 125\ \Omega$$

$$I = U : R$$

$$I = (25 : 125)\ \text{A}$$

$$I = (1 : 5)\ \text{A} = 0,20\ \text{A}$$

b) Opět využijeme Ohmův zákon:

$$U_1 = R_1 \cdot I$$

$$U_2 = R_2 \cdot I$$

$$U_1 = (100 \cdot 0,2)\ \text{V} =$$

$$U_2 = (25 \cdot 0,2)\ \text{V} =$$

$$= 20\ \text{V}$$

$$= 5\ \text{V}$$

Kontrolou správného řešení je platnost vztahu (1):

$$U_1 + U_2 = U \quad \rightarrow \quad 5\ \text{V} + 25\ \text{V} = 25\ \text{V}$$

V daném elektrickém obvodu prochází proud $0,2\ \text{A}$, tj. $200\ \text{mA}$. Napětí na daných rezistorech je $20\ \text{V}$ a $5\ \text{V}$.

Př. 2 K řešení příkladu využijeme schéma C i hodnoty veličin v něm uvedené. Vypočítáme:

- elektrický proud v obvodu I (A),
- napětí na druhém rezistoru U_2 (V),
- celkové napětí U ,
- výsledný odpor obou rezistorů R (Ω).

Řešení:

$$\text{a) } I = U_1 : R_1 \rightarrow I = (6,0 : 30)\ \text{A} = 0,20\ \text{A}$$

$$\text{b) } U_2 = R_2 \cdot I \rightarrow U_2 = (25 \cdot 0,20)\ \text{V} = 5,0\ \text{V}$$

$$\text{c) } U = U_1 + U_2 \rightarrow U = (6,0 + 5,0)\ \text{V} = 11,0\ \text{V}$$

$$\text{d) } R = U : I \rightarrow R = (11 : 0,20)\ \Omega = 55,0\ \Omega$$

Obvodem prochází proud $0,2\ \text{A}$, na druhém rezistoru je napětí $5\ \text{V}$. Celkové napětí má hodnotu $11\ \text{V}$ a výsledný odpor obou sériově zapojených rezistorů je $55\ \Omega$.

Schéma B:

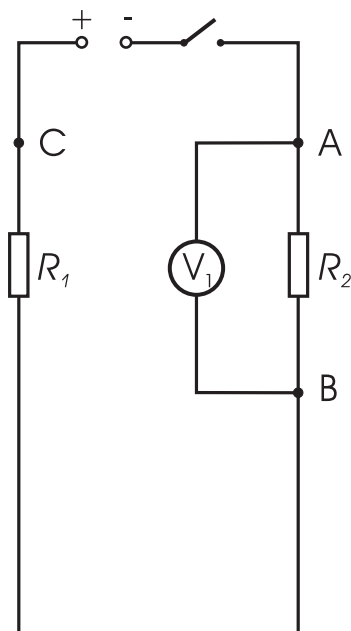
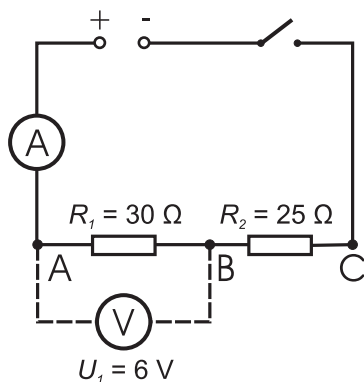


Schéma C:



U1:

Na vánočním stromku je v osvětlení sériově zapojeno 10 stejných žárovek. Osvětlení je připojeno k napětí $230\ \text{V}$. Můžeme jednu z nich nahradit žárovkou s označením $15\ \text{V}$?

Rezistory zapojené vedle sebe (paralelně)

Př. 1 Dva různé rezistory R_1 a R_2 zapojíme do el. obvodu, jak je zobrazeno ve schématu D. Obvod má uzlové body X a Y, je to rozvětvený obvod (větve obvodu jsou barevně odlišeny od nerozvětvené části).

- El. napětí mezi uzlovými body je prakticky shodné s napětím U_1 a U_2 mezi svorkami obou rezistorů. Přesvědčíme se o tom měřením. Označíme ho U .

Platí vztah: $U_1 = U_2 = U$

- Elektrický proud se v uzlovém bodě “rozdělí” do větví. Po změření hodnot proudu ve větvích - hodnoty I_1 a I_2 - a v nerozvětvené části obvodu - I - snadno ověříme, že platí:

$$I = I_1 + I_2 \quad (1)$$

Elektrický proud procházející nerozvětvenou částí obvodu je roven součtu elektrických proudů ve větvích obvodu.

Podle Ohmova zákona: $I_1 = U : R_1$, $I_2 = U : R_2$ (2)

R označíme výsledný odpor zapojených rezistorů a platí:

$$I = U : R$$

Ze vztahu (1) vyplývá:

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$$

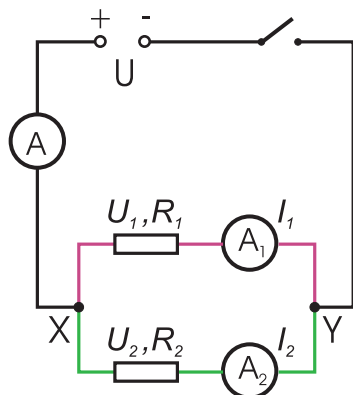
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Převrácená hodnota výsledného odporu rezistorů zapojených vedle sebe (paralelně) je rovna součtu převrácených hodnot odporů jednotlivých zapojených rezistorů.

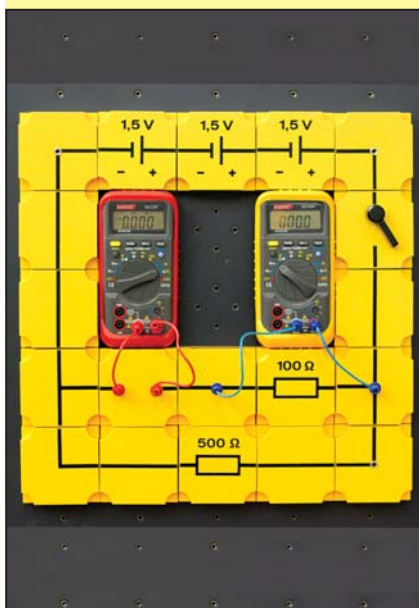
Č Sestavte si elektrický obvod se dvěma paralelně zapojenými rezistory, příklad je na obrázku, ověřte platnost vztahů, které jsme odvodili.

U1 Jaký je odpor jednoho rezistoru, kterým můžeme nahradit paralelně zapojené rezistory 25 Ω a 50 Ω ? (Určete jejich výsledný odpor.)

Schéma D:



$$\frac{U}{R \cdot I}$$



Př. 1 K el. napětí 12 V jsou paralelně připojeny dva rezistory 0,5 kΩ a 200 Ω.

- Nakreslete schéma zapojení rezistorů.
- Jaký je jejich výsledný odpor?
- Kterým rezistorem prochází větší el. proud?
Vypočítejte ho.

$$R_1 = 0,5 \text{ k}\Omega = 500 \text{ }\Omega$$

$$R_2 = 200 \text{ }\Omega$$

$$U = 12 \text{ V}$$

$$R = ? \text{ }\Omega$$

$$I_2 = ? \text{ A}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}^{**}$$

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R = \frac{500 \cdot 200}{500 + 200}$$

$$R = 142,85 \text{ }\Omega \div 143 \text{ }\Omega$$

Větší el. proud prochází větví s rezistorem R_2 :

podle Ohmova zákona: $I_2 = U : R_2$

$$I_2 = (12 : 200) \text{ A}$$

$$I_2 = 0,060 \text{ A} = 60 \text{ mA}$$

Výsledný odpor paralelně zapojených rezistorů je 143 Ω. Větší proud prochází rezistorem 200 Ω a má hodnotu 60 mA.

Při paralelním zapojení dvou rezistorů je výsledný odpor vždy menší než odpory jednotlivých rezistorů.

U2 V lampě jsou paralelně zapojeny tři stejné žárovky, ovládané jediným vypínačem. V přívodním vedení byl naměřen elektrický proud 1,5 A. Nakreslete schéma zapojení a vypočítejte proud procházející každou žárovkou.

U3 Dva rezistory zapojené vedle sebe mají odpor 800 Ω a 2,4 kΩ. Rezistorem s větším odporem prochází elektrický proud 5 mA.

- Nakreslete schéma elektrického obvodu a zaznamenejte do něj potřebné značky veličin.
- Určete výsledný odpor rezistorů.
- Vypočítejte elektrické napětí na každém rezistoru a el. proud v nerozvětvené části obvodu.

** zlomky na pravé straně zápisu jsme uvedli na společného jmenovatele

Podobný příklad s čísly:

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{5} + \frac{1}{7}$$

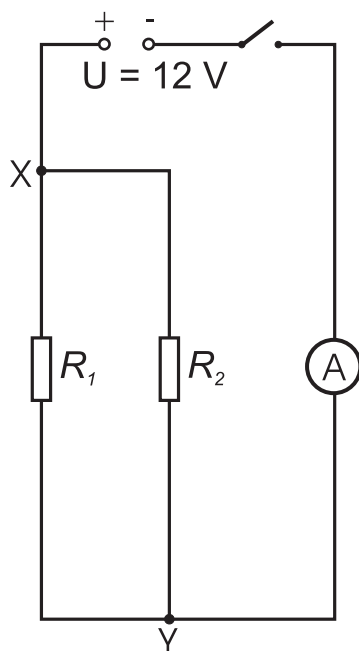
$$\frac{1}{x} = \frac{(7 + 5)}{5 \cdot 7}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{12}{35}$$

$$x = \frac{35}{12}$$

$$x = 2,92$$

Rovnájí-li se dva zlomky různé od nuly, rovnají se jejich převrácené hodnoty.



Sériové a paralelní zapojení rezistorů

Př. 1 Dva rezistory $200\ \Omega$ a $300\ \Omega$ jsou sériově připojeny k el. napětí $24\ \text{V}$. Jaké el. napětí naměříme na každém z nich? (Schéma A)

$$U = 24\ \text{V}$$

$$R_1 = 200\ \Omega$$

$$R_2 = 300\ \Omega$$

$$U_1 = ?$$

$$U_2 = ?$$

Výsledný odpor:

$$R = R_1 + R_2 \quad R = 500\ \Omega$$

El. proud v obvodu:

$$I = U : R \quad I = (24 : 500)\ \text{A}$$

$$I = 0,48\ \text{A} = 480\ \text{mA}$$

El. napětí na rezistorech:

$$U_1 = R_1 \cdot I \quad U_1 = (200 \cdot 0,48)\ \text{V}$$

$$U_1 = 9,6\ \text{V}$$

$$U_2 = R_2 \cdot I \quad U_2 = (300 \cdot 0,48)\ \text{V}$$

$$U_2 = 14,4\ \text{V}$$

Na sériově zapojených rezistorech naměříme po řadě napětí $9,6\ \text{V}$ a $14,4\ \text{V}$.

Porovnejme poměry obou odporů a napětí na nich:

$$R_1 : R_2 = 200 : 300 = 2 : 3$$

$$U_1 : U_2 = 9,6 : 14,4 = 96 : 144 = 2 : 3$$

Při sériovém zapojení rezistorů se el. napětí rozdělí mezi rezistory ve stejném poměru, jako je poměr jejich odporů: $U_1 : U_2 = R_1 : R_2$.

Pozn.: Výhodnějším řešením příkladu tedy je rozdělit napětí $24\ \text{V}$ v poměru odporů rezistorů $2 : 3$.

U 1 Jaké el. napětí bude na rezistorech z Př. 1 při stejném zapojení a napětí $U = 230\ \text{V}$?

Př. 2 Dva výše uvedené rezistory z Př. 1 zapojíme paralelně ke zdroji el. napětí $24\ \text{V}$. Jaký proud bude procházet každým z rezistorů? (Schéma B)

$$U = 24\ \text{V}$$

$$R_1 = 200\ \Omega$$

$$R_2 = 300\ \Omega$$

$$I_1 = ?$$

$$I_2 = ?$$

$$\text{Výsledný odpor: } R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R = 120\ \Omega$$

$$\text{El. proud v } R_1: \quad I_1 = U : R_1$$

$$I_1 = (24 : 200)\ \text{A} = 0,12\ \text{A}$$

$$I_1 = 120\ \text{mA}$$

$$\text{El. proud v } R_2: \quad I_2 = U : R_2$$

$$I_2 = (24 : 300)\ \text{A} = 0,08\ \text{A}$$

$$I_2 = 80\ \text{mA}$$

Prvním rezistorem prochází proud $120\ \text{mA}$, druhým $80\ \text{mA}$.

Schéma A:

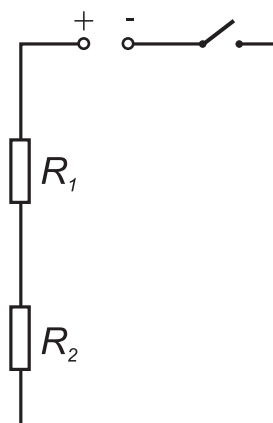
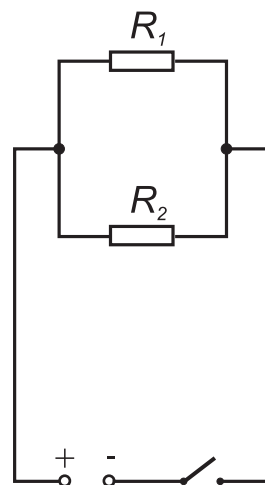


Schéma B:



Porovnejme poměry odporů obou rezistorů Př. 2 a velikost elektrického proudu, který jimi prochází:

$$R_1 : R_2 = 200 : 300 = 2 : 3$$

$$I_1 : I_2 = 120 : 80 = 3 : 2$$

Při paralelním zapojení dvou rezistorů poměr el. proudů a poměr odporů rezistorů jsou navzájem převrácené poměry.

$$I_1 : I_2 = R_2 : R_1$$

Př. 3 Tři rezistory jsou zapojeny podle schématu C.

- Určete výsledný odpor všech tří rezistorů.
- Kterým z nich prochází největší el. proud a proč?
- Kterým z dvojice R_1 a R_2 prochází větší el. proud a proč?

- a) R^* je výsledný odpor paralelně zapojených rezistorů R_1 a R_2 :

$$R^* = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad R^* = \frac{100 \cdot 400}{500} \Omega = 80 \Omega$$

R je výsledný odpor rezistorů R^* a R_3 „zapojených“ sériově:

$$R = R^* + R_3 \quad R = (80 + 300) \Omega = 380 \Omega$$

- b) Největší proud prochází rezistorem R_3 , který je v nerozvětvené části obvodu.

$$I_3 = I = U : R \quad I_3 = (24 : 380) \text{ A}$$

$$I_3 = 0,063 \text{ A} = 63 \text{ mA}$$

- c) Elektrický proud z nerozvětvené části se rozdělí do obou větví. Velikosti proudu ve větvích budou v převráceném poměru k poměru odporů obou rezistorů:

$$I_1 : I_2 = R_2 : R_1 = 4 : 1$$

Proud $I_1 = 63 \text{ mA}$ dělíme v poměru 4 : 1.

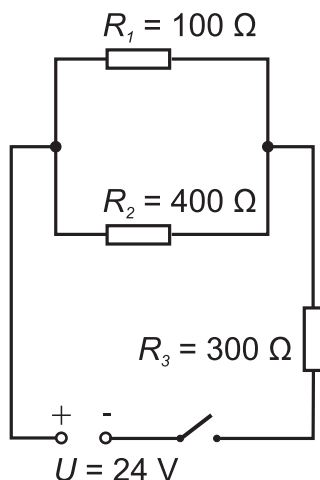
$$I_1 = \frac{4}{5} \text{ z } 63 \text{ mA} = (0,8 \cdot 63) \text{ mA} = 50,4 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{1}{5} \text{ z } 63 \text{ mA} = (0,2 \cdot 63) \text{ mA} = 12,6 \text{ mA}$$

$$\text{Kontrola: } I = I_1 + I_2 \rightarrow 63 \text{ mA} = (50,4 + 12,6) \text{ A}$$

Výsledný odpor R je 380Ω , el. proud I je 63 mA , z toho proud $50,4 \text{ mA}$ prochází rezistorem R_1 .

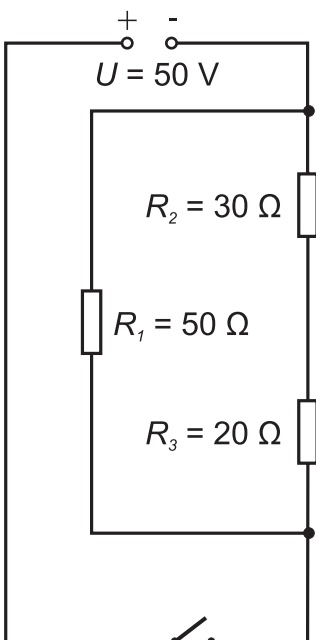
Schéma C:



Ú3:

Určete el. napětí i elektrický proud, který prochází každým ze zapojených rezistorů. Potřebné údaje jsou ve schématu D:

Schéma D:



Rezistor s proměnlivým odporem - reostat

Doposud jsme pracovali s rezistory, jejichž odpor byl prakticky neměnný.

Rezistor, jehož odpor lze měnit i plynule, je **reostat**. Jeho konstrukci i funkci popíšeme na starším modelu válcového reostatu. Mezi svorkami A, B je vinutí odporového drátu (materiál s dostatečně velkou hodnotou rezistivity ρ) určité neměnné délky.

$$\text{Jeho odpor je stálý: } R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

Pohyblivý kontakt reostatu (spojený se svorkou C) umožní, aby el. proud procházel jen částí odporového drátu. Bude-li např. tento pohyblivý kontakt (jezdec) nastaven v první čtvrtině jeho délky od svorky A, bude v obvodu zařazena jen $\frac{1}{4}$ jeho odporu R . Posouváním jezdce lze plynule měnit délku odporového drátu zapojeného do obvodu, tím i jeho elektrický odpor.

Změna elektrického proudu pomocí reostatu.

P1 Zapojení obvodu ukazuje schéma A. Žárovka a reostat jsou zapojeny ze sebou (sériově). Jejich výsledný odpor R je součtem odporu žárovky R_z a zapojené části reostatu R_r :

$$\rightarrow R = R_z + R_r$$

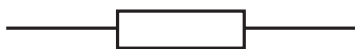
Posuneme-li jezdce reostatu směrem ke svorce A, zmenšíme tak odpor reostatu v obvodu zapojený, a tím i celkový výsledný odpor. Podle Ohmova zákona ($I = U : R$) se tedy zvětší el. proud v obvodu. Jasnější světlo žárovky to potvrzuje.

Naopak při posunu jezdce ke druhému konci reostatu se jeho zapojená část zvětší, stejně tak i výsledný odpor obvodu R . El. proud je menší a žárovka svítí méně jasně.

Reostatem regulujeme el. proud v obvodu.

Č Jak plynule postupně rozsvítíte a pak zhasnete žárovku v obvodu? Ověřte si to pokusem.

Schematická značka rezistoru.



Schematická značka rezistoru s proměnlivým odporem.

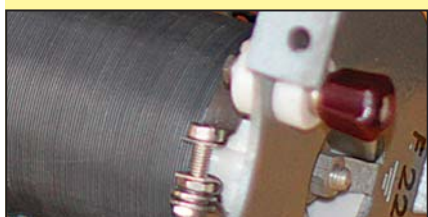
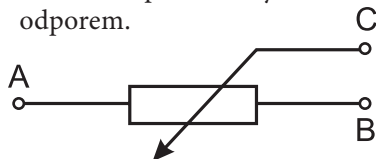
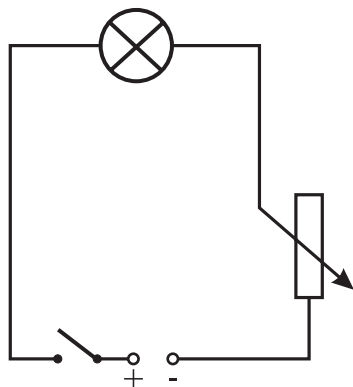


Schéma A:



Reostat jako potenciometr - dělič napětí

P2 Sestavíme el. obvod podle schématu B. Celá odporová spirála reostatu je zapojena v el. obvodu. Mezi jejími svorkami A a B naměříme el. napětí shodné s napětím zdroje U .

Nová větev el. obvodu (mezi body A a C) nám umožní získat na žárovce dílčí napětí.

Jezdcem je vinutí reostatu, vlastně dva rezistory spojené za sebou. Celkové el. napětí U se mezi ně rozdělí podle poměru jejich odporů - tedy podle poměru jejich délek.

Posunutím jezdce tak získáme libovolné elektrické napětí v rozmezí 0 (V) až U (V), které kontrolujeme na paralelně připojeném voltmetru.



U1 Ke svorkám X a Y – viz schéma C – bude připojen spotřebič, který má na štítku uvedeno elektrické napětí 7 V. Délka válce s odporovým vodičem reostatu je 12 cm. V jaké vzdálenosti od svorky A nastavíte kontakt C, abyste získali potřebné elektrické napětí? Jeho kontrola je na paralelně připojeném voltmetru.

Potenciometr je elektrotechnická součástka využívaná k nejrůznějším účelům. Vyrábějí se potenciometry posuvné lineární i logaritmické (podle změny odporu při posunutí jezdce) i otočné, v různém provedení podle náročnosti prostředí, kde budou používány.

Schéma B:

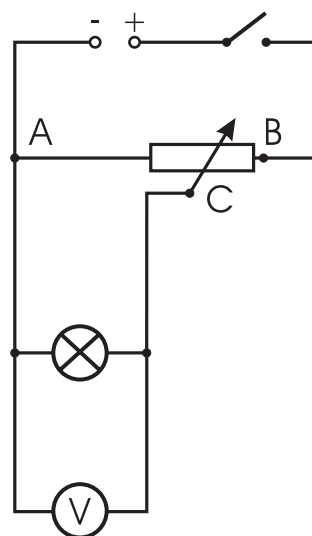
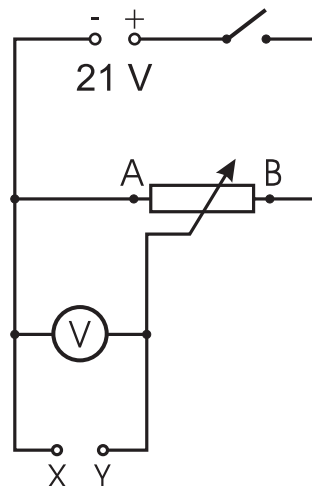


Schéma C:



Elektrická práce

Při zatloukání hřebíku působí kladivo na hlavičku hřebíku silou po určité dráze. Je vykonána jistá práce ($W = F \cdot s$ - při shodném směru obou). Polohová energie kladiva se v gravitačním poli zmenší, pohybová se zvětší, současně se koná práce při zatloukání hřebíků.

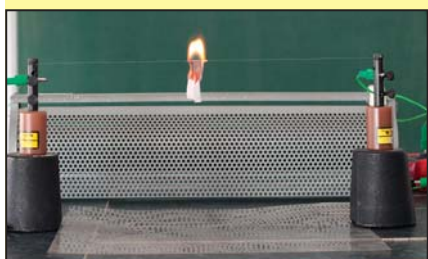
Víte už, že elektrický proud je usměrněný pohyb elektricky nabitých částic v elektrickém poli mezi oběma konci např. kovového vodiče. Elektrické pole působí na tyto volné částice a posunuje je krystalovou strukturou pevné látky - koná se **elektrická práce**. Pohybující se volné elektrony zmenšují svoji rychlost a zvyšuje se vnitřní energie kovu, vodič se zahřívá.

P 1 El. vodič z odporového drátu se zahřívá při průchodu el. proudu. Na něm položený proužek z jemného papíru vzplane. Zahřál se na dostatečně vysokou teplotu. Žádná práce se nekonala, ale vzniklo teplo potřebné k zapálení papíru.

? Voda ve varné konvici (elektrický spotřebič) se začne vařit za dobu t úměrnou hmotnosti vody v konvici. Větší objem vody v konvici znamená potřebu vykonat větší elektrickou práci W , a proto ohříváme vodu déle, musí vzniknout více tepla.

Z experimentu plyne, že vykonaná elektrická práce je úměrná elektrickému napětí U („kvalita“ el. pole) i elektrickému proudu I , který prochází vodičem nebo spotřebičem.

Přesnými laboratorními pokusy bylo ověřeno, že vykonaná elektrická práce W je přímo úměrná elektrickému proudu I procházejícímu vodičem (spotřebičem) i elektrickému napětí U mezi kon-



ci vodiče (svorkami spotřebiče). I z naší společné úvahy vyplývá: Větší el. práce odpovídá delší době průchodu el. proudu vodičem (spotřebičem).

Stručné vyjádření: $W = U \cdot I \cdot t$

Změříme-li dobu v sekundách, el. napětí ve voltech a proud v ampérech, bude vypočtena el. práce uvedena v joulech. Tuto hlavní jednotku práce i její násobky znáte z předchozích kapitol, naleznete je i v Tabulkách včetně významu používaných předpon v jejich názvech.

Př. 3 Jaká práce je potřebná ke svícení svítilny se třemi LEDkami na jízdním kole? Svítilna je připojena k elektrickému napětí 3 V. Přívodním vedením prochází elektrický proud 50 mA. Svítilna byla zapnuta po dobu 12 minut.

Řešení:

Elektrická práce vykonaná po dobu 12 minut svícení svítilny na jízdním kole je přibližně 110 J, tj. 0,11 kJ.

$$U = 3 \text{ V}$$

$$I = 50 \text{ mA} = 0,05 \text{ A}$$

$$t = 12 \text{ min} = 720 \text{ s}$$

$$W = ? \text{ J}$$

$$W = U \cdot I \cdot t$$

$$W = (3 \cdot 0,05 \cdot 720) \text{ J}$$

$$W = 108 \text{ J}$$

U1 Do dvou rozdílných varných konvic nalijeme vždy vodu o objemu 0,5 litru se stejnou teplotou. Obě jsou připojeny k napětí 230 V. Přívodním vedením první prochází elektrický proud 10 A, u druhé 4 A. V první konvici se voda vaří za dobu 96 s, ve druhé za 210 s. Jakou práci vykoná elektrický proud v případě obou varných konvic?

U2 Jakou práci vykoná elektrický proud 0,5 A při elektrickém napětí 230 V procházející vláknem žárovky po dobu jedné vyučovací hodiny, která trvá 45 minut?



Jednotky práce:

$$\begin{aligned} 1 \text{ GJ} &= 1 \cdot 10^9 \text{ J} = \\ &= 1 \cdot 10^6 \text{ kJ} = \\ &= 1 \cdot 10^3 \text{ MJ} \end{aligned}$$



Výkon elektrického spotřebiče

Často jsme v našich pokusech ohřívali vodu ve varné konvici. Je to výhodné. V úloze U1 na předcházející stránce jste vypočítali elektrickou práci spojenou s ohříváním vody ve dvou různých konvicích.

Varné konvice porovnáme pomocí jejich výkonů. Je to známá veličina se značkou P a jednotkou **watt - 1W**.

Výpočet - stručný zápis: $P = W : t$ (1)

Připomeneme: $W = U \cdot I \cdot t \rightarrow P = \frac{U \cdot I \cdot t}{t}$

$$P = U \cdot I \quad (2)$$

Mezi konci vodiče je elektrické napětí 1 V a prochází jím el. proud 1 A, výkon elektrického proudu je právě 1 W.

Př. 1 V 1. konvici se 0,5 litru vody ohřálo na teplotu varu za 96 s. Představuje to práci přibližně 221 kJ. Ve 2. konvici totéž trvalo 210 s a elektrická práce má hodnotu 193 kJ. Vypočítejme výkon v obou případech:

$$\begin{array}{ll} 1. W = 221 \text{ kJ} = 221\,000 \text{ J} & P = W : t \\ t_1 = 96 \text{ s} & P = (221\,000 : 96) \text{ W} \\ \underline{P = ? \text{ W}} & \underline{P = 2302 \text{ W} = 2,3 \text{ kW}} \end{array}$$

V prvním případě vykonal elektrický proud práci 221 kJ při výkonu 2,3 kW.

$$\begin{array}{ll} 2. W = 193 \text{ kJ} = 193\,000 \text{ J} & P = W : t \\ t_1 = 200 \text{ s} & P = (193\,000 : 200) \text{ W} \\ \underline{P = ? \text{ W}} & \underline{P = 965 \text{ W}} \end{array}$$

Ve druhé situaci vykonal elektrický proud práci 193 kJ při výkonu přibližně 0,97 kW.

Ohřívání vody ve varné konvici je výhodné, dochází však k určitým ztrátám. Teplo Q potřebné k ohřátí 0,5 litru vody z 18 °C na var vypočteme:

$$Q = [0,5 \cdot 4,18 \cdot (100 - 18)] \text{ kJ} \doteq 172 \text{ kJ}$$



Napětí: 220 - 240 V
Příkon: 1,2 - 1,4 kW



Napětí: 230 V
Příkon: 1000 W

U1:

Jaký proud prochází převodní „šňůrou“ žehličky?

Je připojena k el. napětí 230 V a její příkon je 2 000 W – 2 400 W.



Příkon a výkon - elektrické spotřebiče

Př. 2 1. varná konvice vykonala užitečnou práci $W = Q = 172 \text{ kJ}$ za 96 s. – viz Př. 1. Její užitečný výkon P vyjádříme:

$$P = (172 : 96) \text{ kW}$$

$$P = 1,8 \text{ kW}$$

Výkon el. proudu P_o je už vypočítán a je 2,3 kW.

2. konvice - výpočet užitečného výkonu P' :

$$P' = (172 : 200) \text{ kW}$$

$$P' = 0,86 \text{ kW}$$

Výkon el. proudu $P_o = 0,9 \text{ kW}$.

P_o - označení pro příkon elektrického spotřebiče

P - označení pro výkon elektrického spotřebiče

Porovnáme obě tyto veličiny vyjádřené ve stejných jednotkách poměrem a určíme tak účinnost el. spotřebiče η .

$\eta = P : P_o$, toto číslo je vždy menší než 1.

Vyjádření účinnosti v %: $\eta = \frac{P}{P_o} \cdot 100 \text{ \%}$.

Pro náš př. 2: $\eta_1 = 1,8 : 2,3 = 0,78 \rightarrow \eta_1 = 78 \text{ \%}$

$\eta_2 = 0,82 : 0,9 = 0,91 \rightarrow \eta_2 = 91 \text{ \%}$

Druhá, menší konvice ohřála vodu za delší dobu, ale s vyšší účinností, i když měla menší výkon.

Elektrické spotřebiče rozdělujeme na tepelné, světelné spotřebiče, elektrické motory atd. Z jejich příkonu lze vypočítat „spotřebu“ (vykonanou elektrickou práci). Upravíme vztah (1):

$$W = P \cdot t \quad \rightarrow \quad 1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ s} = 1 \text{ Ws}$$

Jednotka wattsekunda a její násobek kilowatthodina - kWh se často používají např. při měření elektrické spotřeby v našich domácnostech. Měří ji elektroměr v kWh (viz obr.).

U2 Přečtěte spotřebu na elektroměru u vás doma za jeden týden. Po zjištění sazby za 1 kWh vypočítejte i cenu spotřeby. O pomoc požádejte např. rodiče.



Jednotky:

$$1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kWs} =$$

$$= 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws} =$$

$$= 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$$

Štítek spotřebiče uvádí:

P_o a U ,

vypočteme $I = P_o : U$.

Štítek spotřebiče uvádí:

P_o a I ,

vypočteme $U = P_o : I$.

Matematické vyjádření souvislostí:

Ohmův zákon: $I = U : R$

$$P_o = U \cdot I$$

$$P_o = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

$$P_o = U \cdot I = I \cdot R \cdot I = R \cdot I^2$$

U3:

Na patici žárovky je uvedeno: 100W / 230V.

Vypočítejte odpor žárovky i proud, který jí prochází.

U4:

Na rezistoru je vyznačeno: 100 Ω / 24 V.

Určete maximální příkon.

Vyzkoušejte se

1. Ampérmetr v elektrickém obvodu naměřil elektrický proud 100 mA (viz schéma A). Jak velký elektrický odpor měla žárovka?
2. Na kterém spotřebiči z dvojice (žárovka - rezistor) ve schématu A naměříte větší elektrické napětí?
Měření ověřte výpočtem. Výpočet proveďte zkouškou.
3. Vypočítejte elektrický proud, který prochází v nerozvětvené části obvodu i v jeho obou větvích (schéma B).
4. O kolik je větší elektrický odpor hliníkového vodiče než vodiče z mědi? Oba mají délku 100 m a průřez $S = 0,2 \text{ mm}^2$.
5. Mezi koncovými svorkami reostatu je elektrické napětí 24 V. Jezdec reostatu je ve $\frac{2}{3}$ délky jeho vinutí odporového drátu.
Jaká napětí naměříte na obou částech oddělených jezdcem?
6. Dva spotřebiče zapojené v elektrickém obvodu paralelně mají po řadě elektrický odpor 480 Ω a 240 Ω . V nerozvětvené části obvodu prochází elektrický proud 6,0 A. Nakreslete schéma obvodu a vypočítejte velikost elektrického proudu procházejícího každým z obou spotřebičů. Bude obvod fungovat, je-li chráněn pojistkou 10 A v nerozvětvené části?
7. Elektromotor čerpadla na vodu pracoval nepřetržitě 2,5 hodiny. Byl připojen k elektrickému napětí 230 V. Elektrický proud v přívodním vedení měl hodnotu 4,5 A.
Jak velkou elektrickou práci uvedený spotřebič vykonal?
Jaký byl jeho elektrický příkon?
Umíte vypočítat i jeho spotřebu v kilowatthodinách? Pokuste se o to.

Schéma A

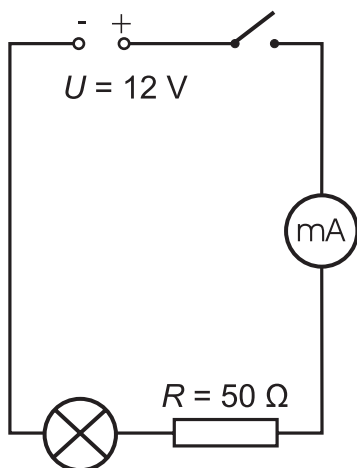
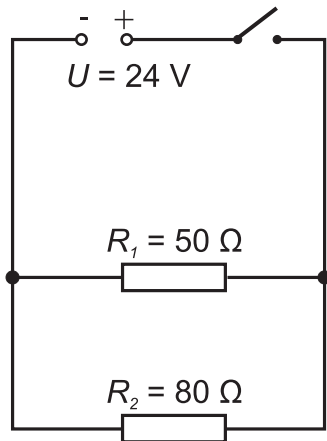


Schéma B

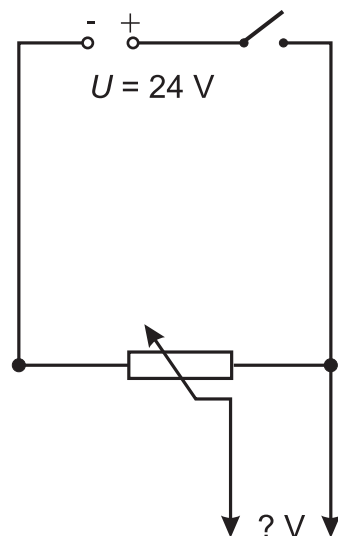


Výkonné zahradní čerpadlo. Hodí se na zavlažování a přečerpávání užitkové a dešťové vody.

Vyzkoušejte se – test:

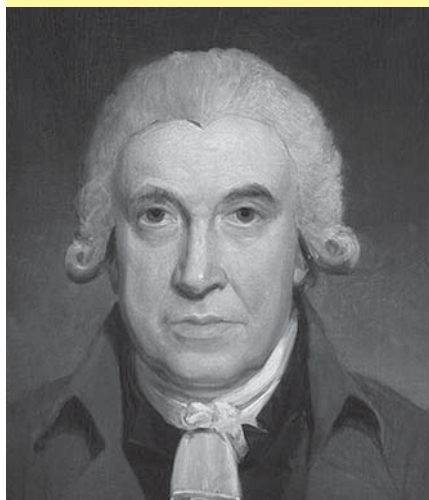
- Zvolte podle schematických značek přístroje vhodné pouze k měření elektrického proudu:
 - V, A, Ω metr,
 - V, mV, kV,
 - A, mA,
 - mA, mV.
- Měříte elektrické napětí mezi svorkami spotřebiče. Voltmetr zapojíte se spotřebičem:
 - paralelně,
 - za sebou,
 - sériově,
 - vedle sebe.
- Ze dvou vodičů (stříbrný, zinkový) téže délky a stejného průřezu má větší odpor:
 - vodič zinkový,
 - vodič ze stříbra,
 - ani jeden z nich,
 - nelze určit.
- Při sériovém zapojení dvou rezistorů se elektrické napětí zdroje rozdělí na jednotlivá napětí mezi svorkami každého rezistoru:
 - v poměru shodném s poměrem odporů rezistorů,
 - v poměru opačném k poměru odporů rezistorů,
 - v poměru převráceném k poměru odporů rezistorů,
 - v poměru, který nelze určit.
- Pomocí reostatu zapojeného podle schématu C můžeme:
 - regulovat el. proud v obvodu,
 - získat el. napětí v rozmezí 0 V-10 V,
 - měnit el. napětí v rozmezí 0 V-24 V,
 - dělit el. napětí zdroje, jedná se o potenciometr.
- Elektroměr v každé domácnosti měří:
 - spotřebovanou el. energii ve voltech,
 - vykonanou el. práci všech spotřebičů v kilowatthodinách,
 - spotřebu v domácnosti, a to v kWh,
 - elektrický proud v přívodním vedení do domácnosti v ampérech.

Schéma C



Historie

Watt James (19. 1. 1736 – 19. 8. 1819), skotský fyzik, mechanik a vynálezce, člen Královské společnosti. Pracoval na univerzitě v Glasgow. Seznámil se s parním strojem T. Newcomena a navrhl jeho zdokonalení – dvojitý parní stroj s kondenzátorem. Jeho vynálezy přispěly k zavedení parního stroje jako univerzálního motoru, který se rychle uplatnil zejména v průmyslu a dopravě. Na jeho počest byla pojmenována jednotka výkonu – watt.



Coulomb Charles A. (14. 6. 1736 – 3. 8. 1806), francouzský fyzik a inženýr, člen pařížské Akademie věd. Objevil vztah určující velikost síly působící mezi dvěma bodovými elektrickými náboji nebo magnetickými póly – Coulombův zákon. Zkoumal elektrostatische jevy a usměrnil další jejich zobecňování. Na jeho počest je pojmenována jednotka elektrického náboje – coulomb.



Ohm Georg Simon (16. 3. 1787 – 7. 7. 1854), německý fyzik, profesor na Technice v Norimberku a na Univerzitě v Mnichově. Na základě provedení mnoha jednoduchých experimentů objevil závislost elektrického proudu na napětí a odporu (r. 1826) – dnes známý Ohmův zákon. Dokázal závislost odporu vodiče na jeho délce, průřezu i materiálu. Svoje objevy uplatnil i v akustice. Až roku 1881 byla jeho jménem pojmenována jednotka elektrického odporu – ohm.



Joule J. Prescott (24. 12. 1818 – 11. 10. 1889), anglický fyzik, člen Královské společnosti. Je autorem elektrického motoru, ve kterém využil principu rotujícího vodiče s proudem v magnetickém poli. Experimentálně dokázal, že teplo může vznikat při konání mechanické práce a stanovil jeho mechanický ekvivalent. Tak se stal spoluobjevitelem zákona zachování energie. Jeho jménem je označena jednotka práce - joule.



Božek Josef (1782–1835), český matematik a hodinář na polytechnickém ústavu v Praze. Zkonstruoval řadu věžních hodin a dalších přístrojů a technických zařízení. Postavil větší funkční model Wattova parního stroje. Roku 1815 předvedl pouliční vůz na parní pohon pro dopravu osob a r. 1817 v Praze na Vltavě i parní loď vlastní konstrukce.



Kašpar Jan (1883–1927), český inženýr a konstruktér, první český pilot. Svůj první let uskutečnil r. 1910 na letadle Blériot XI – proletěl vzdálenost přibližně 2 km. Roku 1911 uskutečnil přelet na trase Pardubice-Praha. Stal se významným popularizátorem letectví v Čechách.



Obsah

Práce	5
Výpočet práce	6
Mechanická práce a jednoduché stroje	8
Výkon	10
Výpočet práce - výkon	12
Účinnost	14
Energie - mechanická	18
Polohová energie	19
Energie pohybová	20
Teplo - stavba látek	24
Teplo - vnitřní energie těles	25
Tepelná výměna	26
Měrná tepelná kapacita látek	32
Výpočet tepla - tepelná výměna	34
Kalorimetr - určení tepla	36
Tepelná výměna při proudění	38
Tepelné záření	40
Využití sluneční energie	42
Změny skupenství	44
Tání a tuhnutí	46
Vypařování	50
Var kapaliny	52
Kapalnění - kondenzace	54
Sublimace a desublimace	55
Tepelné motory - parní stroj	58
Tepelné motory - spalovací	61

Přezkoušení:

Práce, výkon, účinnost	17
Energie	23
Teplo, vnitřní energie	43
Změny skupenství, teplo	51
Elektrické jevy	82
Elektrický proud a napětí	91
Elektrický odpor	110

Výsledky:

str. 7	U2 práci nekoná, $W = 0 \text{ J}$ U4 Hanka $W = 3,9 \text{ kJ}$, Honza $W = 4,8 \text{ kJ}$ U5 W koná magnetické pole
str. 9	U1 a) $W = 7,9 \text{ kJ}$, b) $W = 12 \text{ kJ}$, c) $F = 2,6 \text{ kN}$
str. 11	U1 $P = 700 \text{ W}$; U2 $P_i = 1010 \text{ W}$, $P_2 = 1600 \text{ W}$; U3 $P = 35 \text{ W}$
str. 12	U1 $W = 2,2 \text{ MJ}$; U2 $W_z = 580 \text{ kJ}$
str. 13	U4 $W = 270 \text{ kJ} = 270\,000 \text{ Ws} = 0,075 \text{ kWh}$ U5 $W_p = 3\,600 \text{ J}$, $P_p = 655 \text{ W}$, $W_t = 3\,900 \text{ J}$, $P_t = 600 \text{ W}$ U6 $P = 1108 \text{ W} \rightarrow 2. \text{ čerpadlo}$
str. 15	U3 $P = 6 \text{ kW}$
str. 16	U5 $\eta = 0,0076$; $\eta = 0,8 \%$; U6 $\eta = 63 \%$; U7 $P = 110 \text{ W}$, $P_0 = 140 \text{ W}$; U9 $P = 100 \text{ W} \rightarrow P_0 = 134 \text{ W}$; U10 $P_0 = 3 \text{ MW}$, $W = 680 \text{ kWh} = 2\,400 \text{ MJ}$
str. 17	3 c; 4 $W = 1,25 \text{ kJ}$, $P = 160 \text{ W}$; 5 $W = 2,25 \text{ kWh}$; 6 $P_0 = 4,8 \text{ kW}$; 8 6,8krát
str. 21	U4 : $W_k = 37,5 \text{ kJ}$
str. 23	1) sestupně: cihla, kanystr, láhev, sada závaží 2) Nejmenší W_p – závaží 250 g Největší W_p – kvádr 250 g 4) A: bod D, B: bod B 5) $W_p = 30 \text{ J}$, $E_k > E_p$
str. 35	U1 : $Q = 0,96 \text{ kJ}$
str. 36	U1 : hliníková nádoba $Q = 3,4 \text{ kJ}$; $rtuť$ v teploměru $Q = 30 \text{ J}$

Obsah

Proudový motor	65
Raketový motor	66
Proudění kapalin a plynů	68
Odpor prostředí	70
Létání	72
Elektrické jevy	74
Elektrický náboj	76
Vodič v elektrickém poli	78
Izolant v elektrickém poli	79
Elektrické pole - grafické znáz.	80
Elektrický obvod - el. proud	84
Elektrické napětí	88
Elektrický odpor	92
Ohmův zákon	93
Vlastnosti vodiče a jeho el. odpor	96
Rezistor - sériové zapojení	98
Rezistor - paralelní zapojení	100
Sériové a paralelní zapojení R	102
Reostat	104
Elektrická práce	106
Elektrický proud - výkon	108
Příkon a výkon - el. spotřebiče	109
Historie	112

Výsledky:

str. 37	U3: $Q = 4,5 \text{ MJ}$ U4: $m = 20 \text{ kg}$ U5: $Q_{\text{voda}} = 5,2 \text{ kJ}$, $Q_{\text{led}} = 2,6 \text{ kJ}$, $Q_{\text{voda}} : Q_{\text{led}} = 2 : 1$ U7: o 550°C
str. 43	1 b, 2 a, 3 c, 4 c, 5 a, 6 ac
str. 56	7: $Q = 1,2 \text{ GJ}$; 8: $Q = 90 \text{ MJ}$; 9: $Q_1 = L = 23 \text{ MJ}$, $Q_2 = 390 \text{ kJ}$
str. 57	1 c, 2 cd, 3 a, 4 ab, 5 b, 6 b, 7 b
str. 67	1 ab, 2 ad, 3 c, 4 abcd, 5 bc, 6 c, 7 bc, 8 bd
str. 82	1 a, 2 d, 3 cd, 4 c, 5 d, 6 c
str. 83	7 b, 8 b, 9 a, 10 abc
str. 88	U1: $50 \text{ MV} : 50 \text{ mV} =$ $= 1\,000\,000\,000 : 1$
str. 91	1 cd, 2 a, 3 bc, 4 b, 5 c, 6 b, 7 d
str. 94	U2 $I = 115 \text{ mA}$
str. 95	U5 a) $R = 500 \, \Omega$, b) R se nezmění
str. 97	U1 $R = 1,1 \, \Omega$; U3 $R_{\text{Al}} = 8,1 \, \Omega$, $R_{\text{Cu}} = 5,1 \, \Omega$; U4 $R = 0,18 \, \Omega$
str. 99	U2 NE; $I = 1/3 \text{ A}$
str. 100	U1 $R = 17 \, \Omega$
str. 101	U2 $I = 0,5 \text{ A}$ U3 b) $R = 600 \, \Omega$, c) $U_1 = 12 \text{ V}$, $U_2 = 4 \text{ V}$, $I = 20 \text{ mA}$;
str. 102	U1 $U_1 = 92 \text{ V}$, $U_2 = 138 \text{ V}$
str. 105	U1 $l = AC = 3 \text{ cm}$
str. 107	U1 $W_1 = 221 \text{ kJ}$, $W_2 = 193 \text{ kJ}$ U2 $W = 311 \text{ kJ}$
str. 108	U1 $I = 8,7 \text{ A} - 10,4 \text{ A}$
str. 109	U3 žárovka: $I = 0,43 \text{ A}$, $R = 530 \, \Omega$ U4 $P_0 = 5,8 \text{ W}$
str. 110	1) $70 \, \Omega$, $U_z = 7 \text{ V}$, 2) $U_z > U_R$ 3) $I = 0,78 \text{ A}$, $I_1 = 0,48 \text{ A}$, $I_2 = 0,30 \text{ A}$, 4) rozdíl odporů vodičů je $5 \, \Omega$, 5) $U_1 = 16 \text{ V}$, $U_2 = 8 \text{ V}$, 6) $I_1 = 2 \text{ A}$, $I_2 = 4 \text{ A}$; Ano 7) $W = 2,6 \text{ kWh}$, $P = 1,04 \text{ kW}$
str. 111	1 c, 2 ad, 3 a, 4 a, 5 cd, 6 bc

Autoři:

Mgr. Arnošt Míček, Mgr. Roman Kroupa

Odborný recenzent:

prof. RNDr. Ivo Volf, CSc.

FYZIKA 3

Učebnice pro výuku fyziky v 8. ročníku
při dvou vyučovacích hodinách týdně

Sazba a grafické zpracování:

Mgr. Roman Kroupa

Návrh obálky:

Mgr. Roman Kroupa

Fotografie:

Mgr. Roman Kroupa, Mgr. Arnošt Míček

Vydala:

Tvořivá škola, nám. SNP 9, 613 00 Brno
tel./fax: 548 220 002, e-mail: info@tvorivaskola.cz

www.tvorivaskola.cz

www.cinnostni-uceni.cz

www.vzdelavani-ucitelu.cz

© Tvořivá škola, 2011