

Žákovská cvičení Práce a energie

Obj. číslo 116.2013



Témata

1. Jaký význam má pojem změna?
2. Fyzikální a chemické změny
3. Rovnováha a nerovnováha sil
4. Pojem práce v každodenním životě
5. Fyzikální pojem práce
6. Práce – fyzikální veličina
7. Pokud síla nepůsobí rovnoběžně se směrem pohybu
8. Pojem energie v každodenním životě
9. Fyzikální pojem energie
10. Práce a energie
11. Jak se měří energie?
12. Dvě podoby mechanické energie
13. Kinetická energie
14. Potenciální energie
15. Elastické a plastické materiály
16. Elastická potenciální energie (energie pružnosti)
17. Další formy energie
18. Vlastnosti energie

19. Přeměny mechanické energie
20. Nevyužitelné energie
21. Atomární vlastnosti hmoty
22. Energie jako elektrický potenciál
23. Vodní okruh
24. Elektrický obvod
25. Energie a společnost
26. Pojem výkonu

Obsah

- 1 tyčka s háčkem
- 1 tyčka se svorkou
- 1 lanko
- 1 vozík
- 2 dvojitá objímka
- 1 gumový míček
- 1 skládací metr
- 1 pružinová váha
- 3 kabely à 30 cm
- 1 vypínač
- 1 držák žárovky
- 1 držák baterie
- 1 balení uhličitanu vápenatého
- 1 ocelová pružina
- 1 gumový míček s háčkem
- 1 startovací zařízení
- 1 kancelářská svorka
- 1 závaží s háčkem
- 1 tyč stativu s upínacím šroubem
- 1 pevná kladka
- 1 ks lanko s dvěma háčky
- 1 nádobka s uchem
- 1 kolejnice
- 1 lopatkové kolo
- 1 solární článěk
- 1 vanička
- 1 žárovka
- 1 nálevka
- 1 kádinka 50 ml
- 1 Petriho miska
- 1 pata stativu
- 2 ocelové kuličky

Přehled materiálu



1. Jaký význam má pojem změna?

U řady pojmů existují různé možnosti jejich vysvětlení. V běžné řeči je význam často jiný než ten, který danému pojmu přisuzuje odborná nauka. Aby bylo zabráněno případným nedorozuměním, je proto vždy nutné dohodnout se na společném, jednoznačném jazyku. Fyzikální jevy jsou popisovány měřením fyzikálních veličin. Ve fyzice je proto důležité začít *pozorováním* jevů, aby je bylo možné následně jednoznačným způsobem *popsat*. Kdy tedy můžeme říci, že dochází k **změně** nebo přetváření objektu? Proveďte následující pokus a pochopíte pojem změny i bez spousty slov.

Pokus 1

Potřebný materiál: *1 kancelářská svorka*

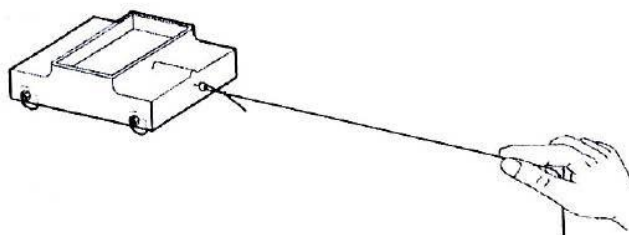
Levý obrázek zobrazuje kancelářskou svorku za normálních podmínek. Ohněte nyní rukou vnější část svorky směrem od středu, jak ukazuje obrázek napravo. Jaký druh změny jste touto operací na kancelářské svorce provedli?



Pokus 2

Potřebný materiál: *1 kniha*

Vezměte knihu, která leží na podlaze, zvedněte ji a položte ji na desku stolu. Co se u knihy změnilo, když jste ji vzali z podlahy a položili na stůl?



Pokus 3

Potřebný materiál: 1 vozík, 1 lanko

Upevněte kousek lanka k vozíku a zatáhnutím za lanko pohybujte vozíkem po desce stolu. K jaké změně dochází u vozíku?

Pokus 4

Potřebný materiál: 1 Petriho miska, kostka ledu

Opatřete si několik kostek ledu a položte je na Petriho misku. K jaké změně dochází u kostek ledu?



Pokus 5

Potřebný materiál: 1 Petriho miska, vinný ocet, uhličitan vápenatý

Nalejte trochu vinného octa do Petriho misky a přidejte trochu uhličitanu vápenatého. Jak vidíte, vznikají bublinky, ačkoli jste do Petriho misky nedali žádnou plynnou látku.

2. Fyzikální a chemické změny

V pokusu 1 se změnil tvar kancelářské svorky.

V pokusu 2 se změnou polohy změnila vzdálenost od středu Země. V pokusu 3 se změnil stav vozíku - jeho klidový stav se změnil na stav pohybu.

V pokusu 4 se změnilo skupenství vody v kostce ledu z pevného na kapalné.

V žádném z výše uvedených pokusů ale nedošlo ke změně vlastního materiálu. Kancelářská svorka je z kovu a z kovu zůstala i po změně tvaru. Kniha byla a je z papíru. Totéž platí i pro vozík. Led je zmrzlá voda, došlo zde tedy pouze ke změně skupenství.

V pokusu 5 však došlo v Petriho misce k **chemické reakci**, při které uhlík obsažený v uhličitanu vápenatém reagoval s kyslíkem v octu a vznikla nová látka - oxid uhličitý.

Přeměny je možné u hmoty rozdělit do dvou kategorií: fyzikální a chemické přeměny/ změny.

Jako **fyzikální změnu** označujeme takovou, která se týká pohybového stavu (klid nebo pohyb), případně takovou, která se týká skupenství, nikoli však podstaty látky.

Chemické změny naproti tomu vždy vedou ke změně chemické podoby dotčených látek.

V následující části se soustředíme na fyzikální změny, které vyplývají z působení síly na nějaké těleso. Toto má za následek deformaci nebo změnu pohybového stavu (z klidu do pohybu nebo naopak).

Vysvětleme si nejdřív několik základních pojmů.

3. Rovnováha a nerovnováha sil

Pokud na těleso působí síla, dochází u něj za normálního stavu k určité změně. To můžete vidět na pokusech 1 až 3. V prvním pokusu bylo těleso deformováno, u pokusu 2 a 3 bylo těleso uvedeno do pohybu. Existují však případy, ve kterých síla k žádné změně nevede. Proveďte k tomuto tématu následující pokusy.

Pokus 6

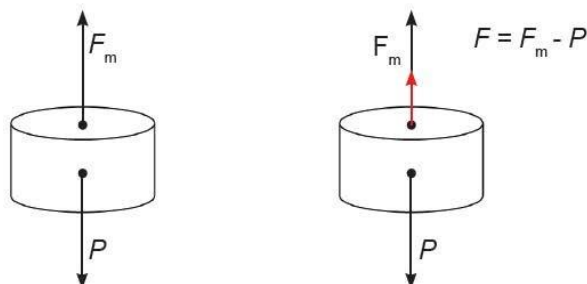
Potřebný materiál: 1 závaží s háčkem

Vezměte závaží s háčkem a podržte ho rukou v libovolné výšce nad podlahou (viz obrázek vlevo dole).

Na závaží působí dvě síly: jeho tíhová síla P , která by jinak způsobila jeho pád, a síla Vašich svalů F_m , která tomuto pádu brání. Pokud nebudete měnit vzdálenost závaží od podlahy, bude síla F , kterou předmět držíte, stejně velká jako síla P , která je vyvolána jeho hmotností. Tato síla však působí v opačném směru než síla P (viz prostřední obrázek níže). Proto platí:

Pokud na těleso působí dvě stejně velké síly s opačným směrem, nezačne se těleso pohybovat, ale zůstane v klidu. To platí vždy, i když se na první pohled zdá, že na těleso nepůsobí žádná síla.

Pokud budete chtít těleso zvednout, budete muset vynaložit větší sílu (v tomto případě sílu svalů), a to tím větší, čím větší je tíhová síla tělesa.



Pro sílu F , která zajistí, aby se těleso pohybovalo směrem nahoru, platí:

$$F = F_m - P$$

Pamatujte na to, že síla je v mezinárodním systému jednotek (SI) měřena v **newtonech (N)**.

Dejme tomu, že je $W = 2 \text{ N}$. Jaká je minimální síla potřebná pro to, aby se těleso pohybovalo směrem nahoru?

Pokus 7

Potřebný materiál: *1 pružinová váha, 1 kniha, 1 lanko*

Přivažte lanko ke knize a táhněte ji na listu papíru po desce stolu. Upevněte druhý konec lanka k pružinové váze. Mírně nadzvedněte pružinovou váhu tak, aby se nedotýkala povrchu stolu, a uveďte nyní knihu do pohybu zatažením za váhu. Všimněte si, že se kniha nepohybuje, dokud nedosáhne síla určité hodnoty.

V tomto případě odpovídá síla, kterou vyvinete rukou, třecí síle F_f mezi povrchem knihy a deskou stolu. Kniha se začne pohybovat, pokud síla Vašich svalů F_m překoná třecí sílu.

Když se kniha pohybuje, platí pro sílu vztah $F = F_m - F_f$.

Jaká je minimální síla potřebná pro udržení knihy v pohybu?



Pokus 8

Potřebný materiál: *1 patka stativu, 1 tyč stativu, 1 tyčka s háčkem, 1 ocelová pružina, 1 závaží s háčkem, 1 dvojité objímka*

Smontujte stativ a upevněte k němu spirálovou pružinu podle následujícího obrázku (vlevo). Zavěste na pružinu závaží s háčkem. Všimněte si, že se pružina působením závaží roztáhne až do určité polohy (viz dále uvedený obrázek uprostřed). Při deformaci pružiny vzniká stejně jako u všech elastických těles síla, která je zde označována rovněž jako síla v pružině F_e . Ta je příčinou toho, že se pružina vrátí do svého původního tvaru, jakmile přestane vnější síla působit. Čím více je pružina natažená, tím vyšší je i síla v ní.

Z tohoto bezprostředně plyne, že se pružina protahuje tak dlouho, dokud není F_e rovna tíhové síle P závaží. Právě tehdy, když jsou obě síly stejně velké, dojde k zastavení délkové deformace ocelové pružiny (viz obrázek vpravo dole).



Z předchozího pokusu plyne:

Pokud jsou síly v systému v rovnováze, nedochází k žádným fyzikálním změnám, jako je posunutí nebo deformace.

Změna stavu těles může nastat pouze při nerovnováze sil.

4. Pojem práce v každodenním životě

Pokud hovoříme o práci, chápeme pod tímto pojmem v běžném životě různé významy. Většinou tím ale myslíme namáhavé činnosti.

Několik příkladů:

Pokud neseme těžký kufr a delší dobu ho musíme držet v ruce, chápeme to jako *práci*.

Pokud po delší dobu tlačíme proti pevné zdi, myslíme na práci, protože se snažíme, ačkoli je vyloučené, zdi pohnout.

Za práci považujeme i duševní úsilí, protože je spojené s únavou. Jak často se stává, že mají pojmy určitý význam na základě našich vlastních zkušeností?!

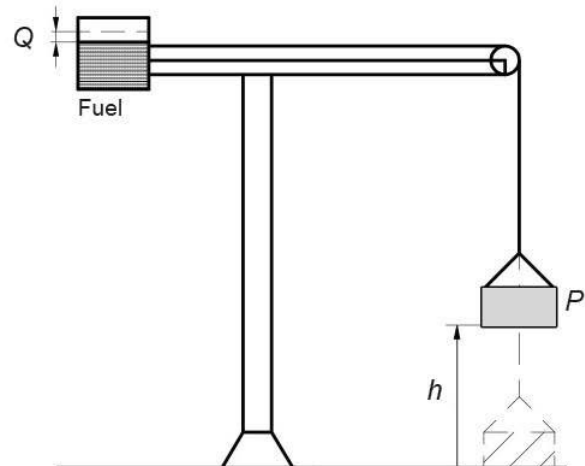
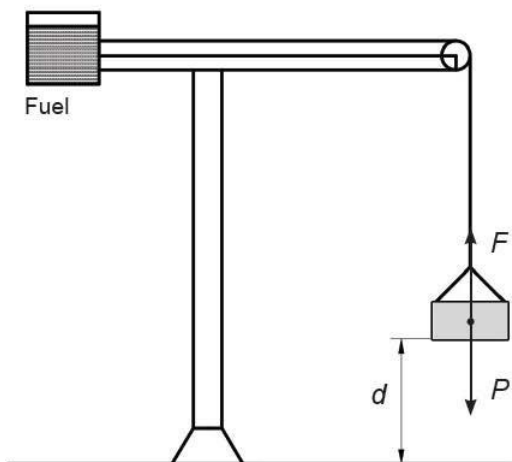
Všimněme si příkladu na následujícím obrázku vpravo. Jedna osoba se snaží posunout bednu. Musí vyvinout sílu F , která působí proti třecí síle F_a , aby dokázala bednu posunout. Třecí síla působí v ploše mezi dolní stranou bedny a podlahou. Osoba musí vynaložit úsilí, i když se bedna ještě nehýbe. Toto úsilí je možno považovat za práci, protože jsou při něm svaly napnuté a organismus osoby je zatížen (stoupá dechová a srdeční frekvence).



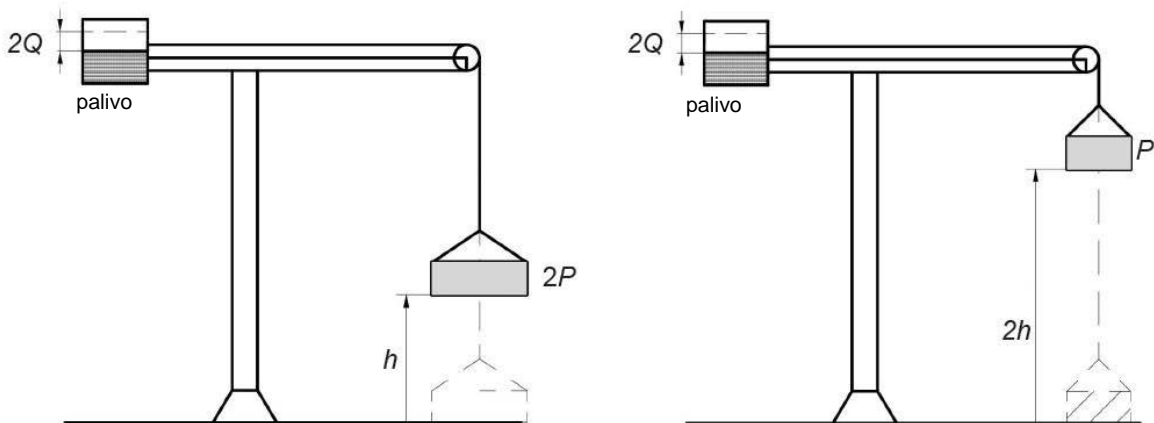
5. Fyzikální pojem práce

Abychom lépe pochopili fyzikální pojem práce, představme si situaci, ve které je osoba nahrazena strojem. To nám umožní pominout subjektivní aspekty, jak jsme je popsali v kapitole 4. Věnujme se například jeřábu, jehož účelem je vyzdvižení stavebního materiálu do horního patra stavěné budovy. Předpokládejme, že je tento stroj poháněn spalovacím motorem. V tomto případě můžeme chápat spotřebu paliva jako měrnou jednotku odvedené práce. Naše zkušenost říká:

- 1) Pokud jeřáb drží břemeno P v konstantní výšce nad zemí, není žádné palivo spotřebováváno (viz levý obrázek)
- 2) Pokaždé, když je břemeno zdviženo do určité výšky h , je motorem spotřebováno určité množství Q paliva (viz pravý obrázek).



- 3) Pokud jeřáb zdvihne do stejné výšky h dvojnásobně těžké břemeno $2P$, bude spotřeba paliva dvojnásobná, tzn. $2Q$.
- 4) Pokud zdvihne jeřáb břemeno P do dvojnásobné výšky $2h$, bude spotřeba paliva rovněž $2Q$.



Z tohoto poznatku plyne následující:

Za situace (1) je síla F rovna břemenu P . Síly jsou v rovnováze. Nedochozí k žádnému pohybu. Protože nebylo spotřebováno žádné palivo, znamená to, že síla F **nevykonala žádnou práci**.

V situaci (2) je síla F vynaložena na zdvižení břemena P do výšky h . Musí být vyrovnána nerovnováha. K tomu spotřebuje jeřáb určité množství paliva Q , což znamená určité **množství práce**.

V situaci (3) zůstává výška h stejná, břemeno P je ale dvojnásobné. Protože je spotřeba paliva Q rovněž dvojnásobná, znamená to: **Vykonaná práce je proporcionální k síle vytvářené motorem**.

V situaci (4) zůstává břemeno P konstantní, překonávaná výška h je ale dvojnásobná. Protože spotřeba motoru Q se rovněž zdvojnásobila, platí: **Vykonaná práce je proporcionální k změně výšky**.

Na základě těchto výsledků můžeme pak souhrnně definovat následující:

Práce L , která je potřebná pro posunutí tělesa konstantní silou F po dráze s ve směru působící síly, odpovídá součinu síly a dráhy.

Matematicky vyjádřeno tedy platí: $L = F \times s$

6. Práce – fyzikální veličina

Na základě výše uvedeného chápeme práci ve fyzikálním smyslu jako posouvání tělesa zavedením síly v jednom jeho bodě. Z toho bezprostředně plyne, že je práce fyzikální veličinou. Měrová jednotka práce plyne z veličiny, kterou zvolíme při měření síly. V mezinárodním systému jednotek (SI) je síla měřena v **newtonech (N)** a posunutí v **metrech (m)**.

Jako jednotka práce byl definován **joul (J)**. Platí:

$$1 \text{ joul} = 1 \text{ newton} \times 1 \text{ metr}$$

Jak velká je práce, kterou je nutno vynaložit pro zdvižení tělesa s tíhovou silou 1000 N do výšky 12 m?

$$L = 1000 \text{ N} \times 12 \text{ m} = 12000 \text{ J}$$

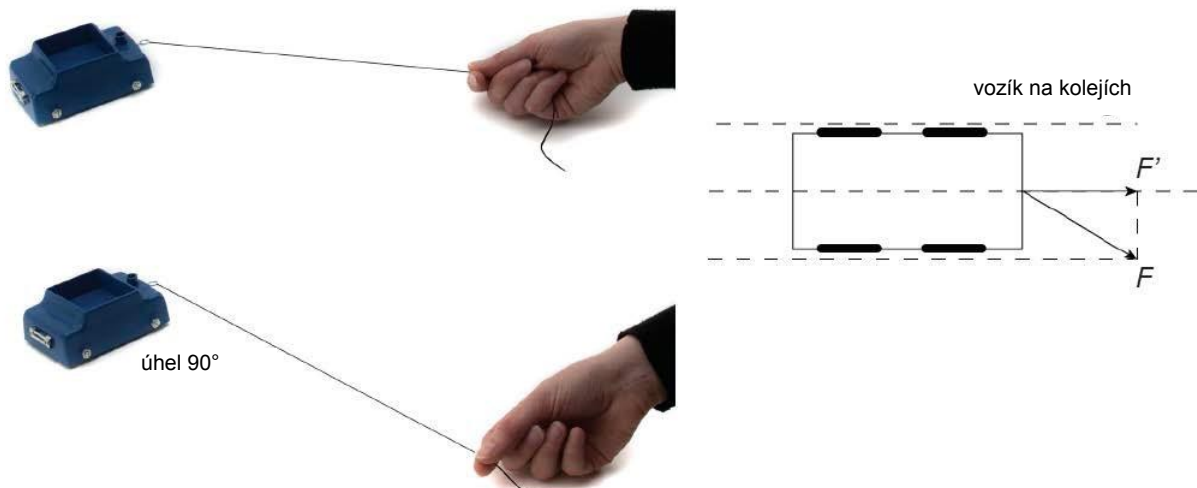
7. Pokud síla nepůsobí rovnoběžně se směrem pohybu

Dosud jsme se pro zjednodušení zabývali pouze případy, ve kterých bylo břemeno zdvíháno do výšky h , a to silou působící ve směru odpovídajícím směru posunutí. Tak tomu ale není vždycky.

Pokus 9

Potřebný materiál: 1 vozík, 1 lanko

Přivažte jeden konec lanka k vozíku a představte si, že by se vozík pohyboval po kolejích. Mohl by se tedy pohybovat pouze v jejich směru. Pokud nyní budete tahat za lanko ve směru šikmém vůči hypotetickým kolejím, bude se vozík pohybovat po kolejích rovně. Pokud byste však zatáhli za lanko pod úhlem 90° , zjistíte, že se vozík nepohybuje (viz obrázek níže).



Řekli jsme si, že síla působící na objekt může vést k jeho posouvání. Pokud však síla působí kolmo na osu pohybu, není žádná práce vykonávána, protože nedochází k žádnému posouvání. Pokud síla působí šikmo na směr možného pohybu, reprezentuje průmět F' síly F do tohoto směru práci, která je přitom vykonávána. (Viz obrázek výše napravo). Síla F' je rovněž odpovědná za posouvání objektu.

8. Pojem energie v každodenním životě

V naší běžné mluvě často používáme pojem „*energie*“. Mnoha lidem však není definice *energie* úplně jasná, často ji spojují například pouze s fakturou za elektřinu nebo plyn. Nebo říkáme, že jsme plni *energie*, když se cítíme schopni vykonat velký objem práce. Často mluvíme i o „*zdrojích energie*“ a míníme tím energii ve formě materiálu, který můžeme přepravovat z místa na místo.

Takovéto chápání pojmu *energie* však není na poli fyziky korektní. V minulosti jsme již několikrát upozornili na to, že ve fyzice musí být používány pojmy s jednoznačným významem. Stejně jako u jiných fyzikálních veličin i zde si osvětlíme pojem energie pomocí pokusů.

9. Fyzikální pojem energie

Energie je fyzikální veličina, která se vždy vyskytuje ve spojení s pojmem práce. Ve skutečnosti nemohou fyzici poskytnout na otázku „**Co je to energie**“ jednoduchou odpověď. Je známá skutečnost, že pro každou přeměnu materie v přírodě platí: Energie zůstává konstantní, nezávisle na druhu přeměny (tento princip je označován jako *zákon o zachování energie*). V následujícím se prostřednictvím jednoduchých příkladů dozvíte více o energii a jejích vlastnostech.

. Zkuste nejdříve na základě dosavadních poznatků odpovědět na otázku:

Co se stane s tělesem, na které je zaměřena práce?

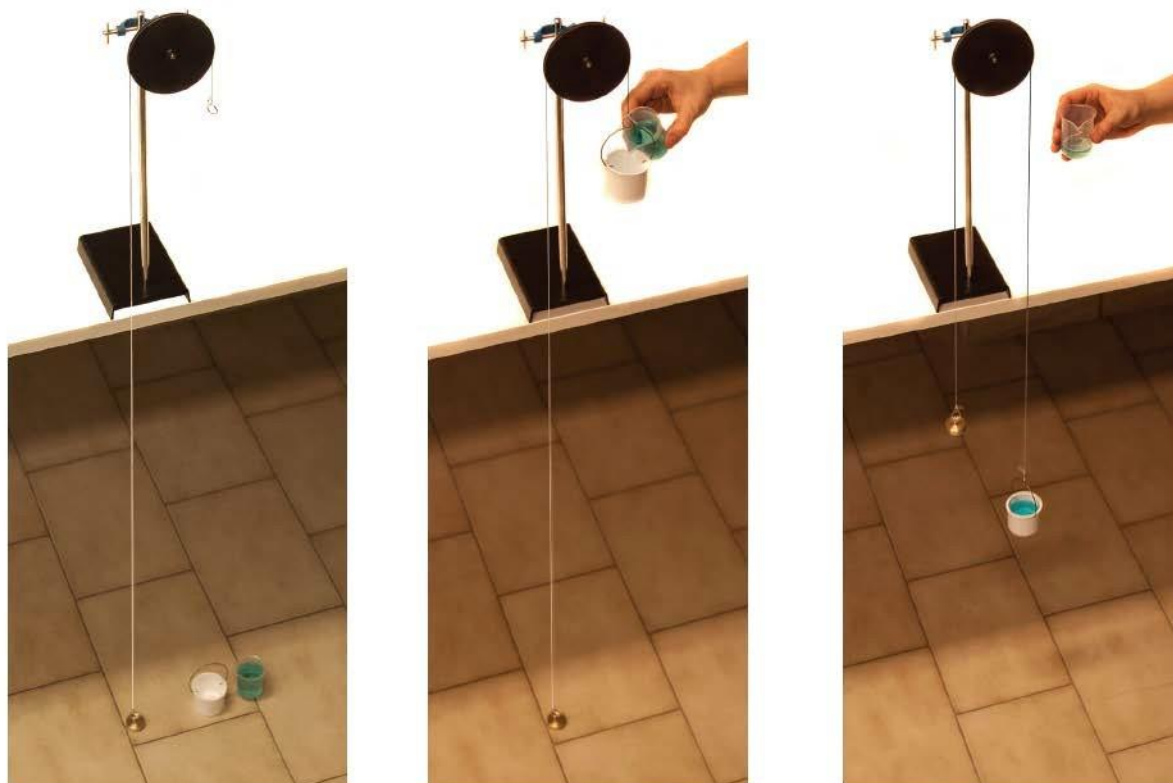
Jak se změní jeho fyzikální stav?

Je možné, aby těleso, na kterém byla vykonána práce, samo vykonalo práci na jiném tělese?

Pokus 10

Potřebný materiál: *1 tyč stativu, 1 patka stativu, 1 kladka, 1 lanko s háčkem*
 1 nádoba s uchem, 1 závaží s háčkem, 1 dvojité
 objímka, 1 kádinka 50 ml

Smontujte stativ a upevněte k němu kladku podle následujícího obrázku. Zavěste závaží s háčkem na lanko a to provedte podle vyobrazení přes kladku, závaží přitom zůstává ležet na podlaze. Případně lanko zkratke. Na podlaze je rovněž prázdná nádoba a kádinka s vodou. Vezměte nyní nádobku a zavěste ji na háček na konci lanka visícího přes kladku. Zatím se nic neděje, protože nádoba s uchem je lehčí než závaží. Vezměte nyní kádinku a nalévejte do nádoby pomalu vodu. V okamžiku, kdy hmotnost nádoby s vodou překročí hmotnost závaží – a to i při minimálním rozdílu – dojde ke zdvižení závaží. Nádoba bude klesat tak dlouho, až se dotkne podlahy. Poté zůstane celý systém opět v klidu (viz obrázek níže).



10. Práce a energie

Věnujte se podrobněji jednotlivým fázím pokusu 10.

Na začátku se nachází závaží na podlaze. V tomto stavu je jeho tíhová síla P vyrovnávána protichůdnou silou, působící z podlahy, není tedy vykonávána žádná práce. Následně dojde k pohybu závaží nahoru v důsledku zatížení nádoby vodou. K tomu jste museli prostřednictvím síly svých svalů F zajistit přesunutí břemene do výšky h , a tedy vykonat práci $W = F \times h$. Jaké důsledky měla Vaše akce? Odpověď je následující:

Svou činností - zdvižením kádinky s vodou nahoru - jste vykonali práci tak, že jste přenesli energii.

V okamžiku, kdy pustíte nádobku naplněnou vodou, zdvihne její hmotnost W závaží na druhém konci lanka do výšky h , která je proporcionalní k vykonané práci.

Na tomto příkladu vidíte, jak úzce jsou pojmy **práce** a **energie** navzájem provázané. Souhrnně je možné konstatovat následující:

Práce je vykonána pouze tehdy, pokud nekompensovaná síla vede k pohybu (posunutí).

Pokud pomineme některé výjimky, je možné říci, že práci vykonanou na nějakém tělese je možno použít pro vykonání práce na jiném tělese. Pokud má nějaké těleso schopnost vykonat práci na jiném tělese, disponuje energií.

11. Jak se měří energie

Těleso disponuje energií, pokud je schopné vykonat práci. Později analyzujeme, kdy má těleso energii. Předtím, než to budeme moci udělat, však ještě musíme definovat několik pojmů.

Následující výpovědi je možné využít při všech pozorováních práce a energie.

Těleso nemůže mít práci (disponovat prací), může mít pouze energii. Pokud nějaké těleso vykoná práci na jiném tělese, přenesení na toto těleso vlastní energii. Prakticky je nemožné změřit, kolik energie nějaké těleso má. Na základě vykonané práce je však možné učinit závěry o energii, která pro to byla potřebná.

Například není možné stanovit energii nějaké osoby. Pokud osoba zdvihne nějaký objekt silou 8 N o 4 m , znamená to vykonání práce L :

$$L = 8\text{ N} \times 4\text{ m} = 32\text{ J}$$

Z tohoto příkladu můžeme zjistit, že osoba vynaložila energii 32 J. Energie v množství 32 J přešla na objekt.

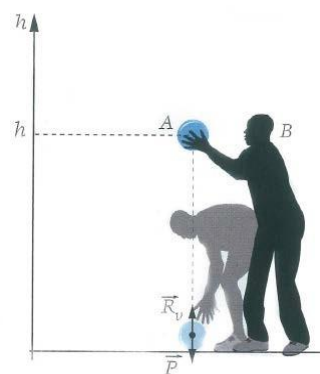
Tento příklad umožňuje definovat následující:

Pokud těleso B vykoná práci na tělese A, znamená to, že v důsledku toho přejde z B na A takové množství energie, které je rovné vykonané práci.

Jak je znázorněno na obrázku vpravo, přenesení osoba **B** na míč **A** množství energie, které odpovídá práci potřebné pro zdvižení míče do výšky h . Tzn. přírůstek energie míče **A** ve výšce h odpovídá práci vykonané osobou **B**.

Jinými slovy:

Přenesená energie je rovná práci vykonané jiným tělesem. Energie získaná nějakým tělesem tedy odpovídá práci, která na něm byla vykonána jiným tělesem.



To je důvodem i pro to, proč má energie ve fyzice stejné jednotky jako práce, tedy **jouly (J)**.

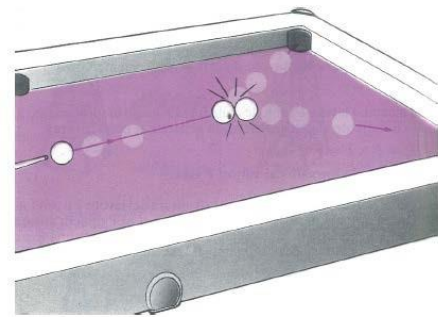
12. Dvě podoby mechanické energie

Věnujme se případům, ve kterých má těleso energii, a je tedy schopno vykonat působením nějaké síly práci na jiném tělese.

Tyto síly jsou označovány jako **formy energie**. Existuje mnoho podob energie: mechanická, elektrická, tepelná, atd. Věnujme se nejdříve mechanické energii. U té rozlišujeme dva hlavní typy: **kinetickou a potenciální energii**.

13. Kinetická energie

Už jste někdy hráli kulečnick? Kulečnickové koule jsou pošťuchovány tágem. Na kouli takto působí síla, která ji uvede do pohybu. Pokud se nějaké těleso pohybuje, například se valí nebo otáčí, říkáme ve fyzice: těleso má kinetickou energii, protože je schopno vykonat při svém otáčení nebo pohybu práci. Pokud narazí pohybující se kulečnicková koule do stojící, uvede ji tím do pohybu.



Jinými slovy:

Kinetická energie je forma energie, která je závislá výhradně na pohybu tělesa.

Proved'te k tomuto tématu následující pokusy.

Pokus 11

Potřebný materiál: 1 kolejnice, 2 ocelové kuličky

Umístěte jednu ocelovou kuličku do středu kolejnice a jednu na její konec, jak je zobrazeno v levé části obrázku níže. Označíme si tyto koule jako **A** a **B**.

Lehce ťukněte prstem do koule **A**. Koule se začne koulet a narazí do koule **B**. **A** zpomalí a **B** se začne koulet.

Když jste ťukli do koule **A**, použili jste sílu svých svalů a přenesli jste na **A** kinetickou energii. Tato vykonaná práce uvedla kouli **A** do pohybu. Při kontaktu koule **A** s koulí **B** byla přenesena z koule **A** na **B** kinetická energie, a ta tím byla uvedena do pohybu.



V praxi byla kinetická energie větru a vody využívána již ve starověku. Například kinetická energie tekoucí vody byla používána k pohonu mlýnských kamenů. A kinetická energie větru pak u větrných mlýnů.



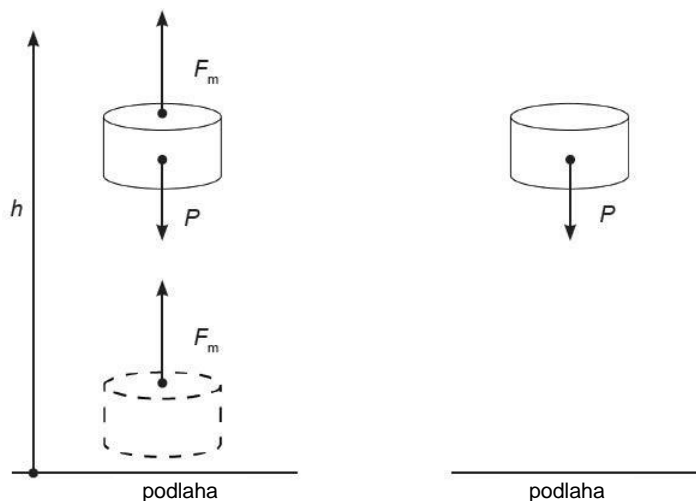
14. Potenciální energie

Každý objekt v blízkosti zemského povrchu disponuje silou, kterou v běžné řeči označujeme jako hmotnost nebo váhu; ve fyzice je pak označována jako tíhová síla. Pokud držíme v ruce nějaké těleso v určité výšce nad podlahou, musíme na to vynaložit sílu svalů F , která odpovídá tíhové síle tělesa a působí v opačném směru. V této situaci není vykonávána žádná práce, což konsekvntně znamená, že není používána žádná energie.

Kdybychom místo toho položili těleso na desku stolu, bude na něj působit z této desky síla odpovídající jeho tíhové síle. Ani zde není vykonávána žádná práce a není tedy potřebná žádná energie.

Pokud se objekt nachází na podlaze, můžeme vynaložit práci pro jeho zdvihnutí do požadované výšky h (viz prostřední část obrázku níže). V tomto případě jsme na těleso přenesli určitou energii. Ve skutečnosti by při otevření ruky těleso spadlo dolů a přitom by vykonalo práci (viz pravou část obrázku níže).

Energie, kterou má těleso v určité výšce nad zemí, je nazývána potenciální energie.

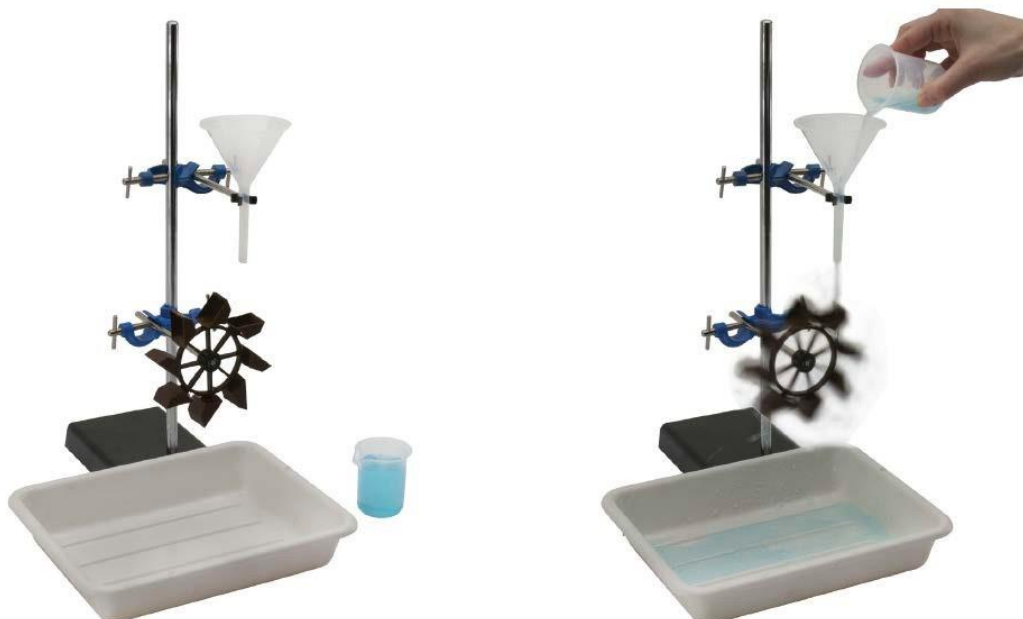


Následující pokus ukáže, jak je možné prakticky využít **kinetickou energii vody**.

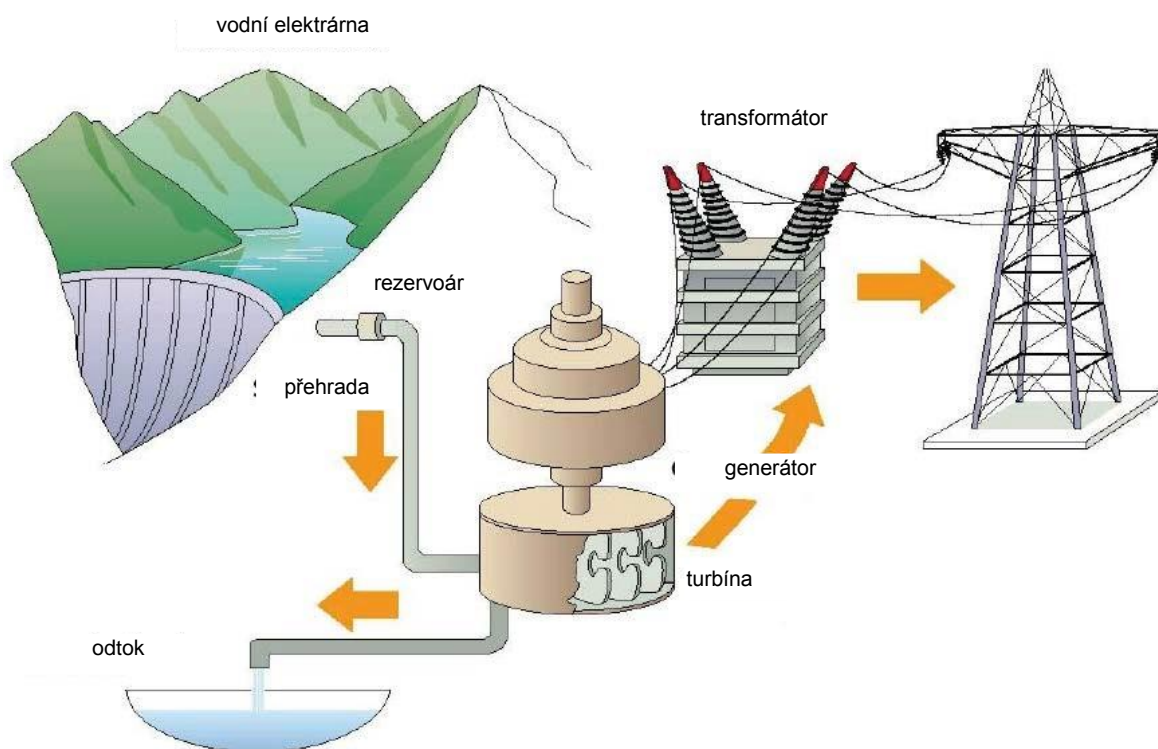
Pokus 12

Potřebný materiál: *1 tyč stativu, 1 patka stativu, 2 dvojitá objímka, 1 nálevka, 1 lopatkové kolo, 1 tyčka se svorkou, 1 miska, 1 kádinka 50 ml*

Smontujte sestavu podle levé části obrázku níže. Naplňte kádinku vodou a přeneste ji k nálevce. Tím jste silou svých svalů vykonali práci a předali vodě potenciální energii. Když nyní budete lít vodu z kádinky do nálevky, poteče voda díky své tíhové síle dolů a bude ztrácet svou potenciální energii, zároveň však její tíhová síla uvede do pohybu lopatkové kolo (viz pravou část obrázku níže).



Pokud by bylo lopatkové kolo spojené s generátorem, mohli bychom takhle vyrábět elektrickou energii. Přesně to samé totiž probíhá ve vodních elektrárnách u přehradních hrází.



15. Elastické a plastické materiály

Vraťme se k tomu, co jsme si řekli v kapitole 10:

„Pokud pomineme některé výjimky, je možné říci, že práci vykonanou na nějakém tělese je možno použít pro vykonání práce na jiném tělese.“

Při provádění pokusu 1 jsme tu měli typický příklad, že těleso nemělo možnost vykonat práci, protože kancelářská svorka ohnutá Vaší silou svalů nemohla vykonat žádnou další práci. Tak je tomu vždy, když je těleso plasticky deformováno. Jak již víte, existují dvě vlastnosti, které může nějaké těleso mít: může být **plastické** nebo **elastické**.

Jako elastické materiály jsou označovány takové, které se po skončení účinků deformační síly vrátí do svého základního tvaru. Všechny pevné materiály jsou - i když třeba jen ve velmi malé míře - elastické. Sklo, ocel a guma jsou příklady velice elastických materiálů. Naproti tomu jsou materiály jako například vosk označovány jako **plastické**. Síla, která vrátí elastická tělesa do jejich původního tvaru, je nazývána **elastická síla**.

Pokud deformace přesáhne určitou mez (**mez elasticity, pružnosti**), objekt se již nevrátí do původního tvaru. K tomu dojde zejména tehdy,

pokud deformace překročí určitou míru, v tomto případě může dojít i k lomu materiálu.



elastická oblast



dosažena mez elasticity



lom při další deformaci

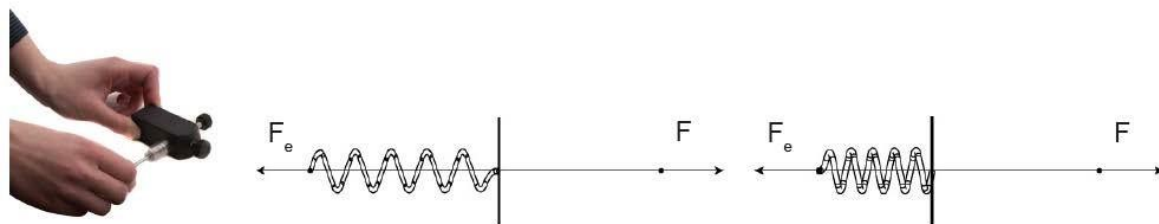
16. Elastická potenciální energie (energie pružnosti)

V následujícím si ukážeme, jak může elastické těleso získat energii, pokud dojde k jeho deformaci pod mez elasticity. Budeme se věnovat **ocelové pružině** jako zástupci elastických těles.

Pokus 13

Potřebný materiál: *1 vozík, 1 startovací zařízení*

Když stlačujete pružinu startovacího zařízení, je síla Vašich svalů F větší než elastická síla F_e pružiny, která je příčinou vlastnosti pružiny vrátit se do výchozího tvaru. Protože síly na stlačované pružině nejsou v rovnováze, je síla F schopna vykonat práci.



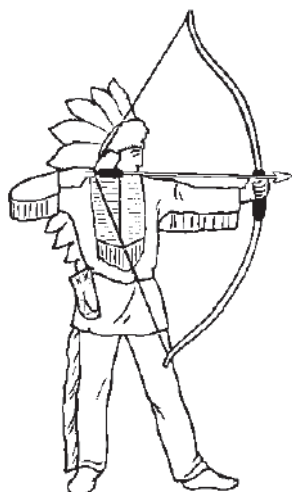
Ve stavu maximálního stlačení jsou obě síly F a F_e vyrovnané. Nyní můžete snadno ověřit, že stlačená pružina je schopna vykonat práci. Poproste spolužáka, aby před volný konec startovacího zařízení položil vozík. Když nyní uvolníte rukojeť, přestane síla Vašich svalů F vyrovnávat elastickou sílu F_e . V tomto okamžiku se pružina vrátí do svého původního tvaru. F_e uvede vozík do pohybu a vykoná tedy práci.



Výsledky pokusu můžeme shrnout následovně:

Pokud je elastické těleso působením vnější síly deformováno, získá tím schopnost vykonat práci, tzn. je mu předána energie, která se projeví jako elastická potenciální energie, neboli energie pružnosti.

V dřívějších dobách byla elastická potenciální energie využívána u hojně rozšířené zbraně, loveckého luku.



17. Další formy energie

Potenciální a kinetická energie, které jsme poznali v předchozích kapitolách, představují tzv. *mechanické energie*. Věnujeme se nyní dalším formám energie.

Tepelná energie

Tato forma energie se týká každého objektu, jehož teplota je vyšší než absolutní nula (-273,6 °C). Je definována kinetickou energií atomů a molekul objektu.

Velké množství tepelné energie můžeme vytvořit spalováním, tzn. chemickou reakcí paliva (dřevo, uhlí, olej, metan atd.) s kyslíkem.

Energie svalů, která nám umožňuje fyzicky pracovat a věnovat se sportu, je rovněž formou energie, které vzniká „spalováním“ živin působením vzdušného kyslíku rozpuštěného v krvi.



Chemická energie

Všechny látky, které se vyskytují v přírodě, je možné zařadit do dvou hlavních kategorií: **prvky** a **sloučeniny**. Prvky jsou látky, které již není možné rozložit na jiné „jednodušší“ látky. Prvky jsou uvedené v periodické tabulce. Sloučeniny jsou látky, které jsou tvořeny dvěma a více prvky.

Voda je sloučeninou složenou z kyslíku a vodíku. Molekulu vody tvoří jeden atom kyslíku a dva atomy vodíku. Tyto tři atomy jsou v molekule uspořádány tak, že jsou jejich vazebné síly vyrovnané. Proto má každá molekula vody potenciální energii. Pokud nějaká reakce naruší vazbu mezi atomy, dojde k uvolnění energie, která může vyvolat sílu schopnou vykonat práci. Výbuch je příkladem toho, jak může být prakticky využita energie vznikající při chemické reakci.



Elektrická energie

Elektrická energie je potenciální energie, která je vázána na elektrický náboj obsažený v materií. Později se podrobněji seznámíme s významem elektrické energie pro náš každodenní život.

18. Vlastnosti energie

Na základě již dříve uvedeného můžeme říci, že energie má tři důležité vlastnosti:

- ***Vykonáním práce může jedno těleso předat energii jinému.***
- ***Při předání může dojít ke změně formy energie.***
- ***I při předání energie zůstává její množství stále stejné.***
Nedojde k žádné ztrátě energie (zákon o zachování energie).

V následujících pokusech si můžete ověřit výše uvedené výpovědi. V další části tohoto dokumentu budeme používat následující zápisy:

Potenciální polohová energie:	E_g
Kinetická energie:	E_c
Elastická potenciální energie:	E_e
Tepelná energie:	E_t
Chemická energie:	E_{ch}
Svalová energie:	E_m
Elektrická energie:	E_{el}

19. Přeměny mechanické energie

Pokus 14

Potřebný materiál: 1 gumový míček

Gumový míček leží nejdříve na podlaze. Pokud ho nyní zvednete do výšky h , vykoná síla Vašich svalů práci, čímž přenesete na míček energii. Vykonáním této práce se změní potenciální polohová energie míčku (viz obr. A).

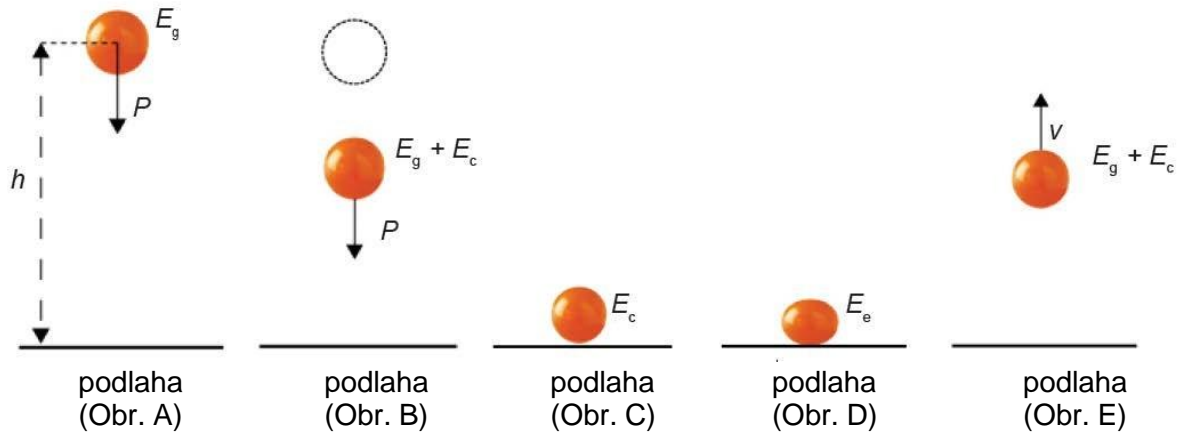
Pokud nyní uvolníte stisk, spadne míček dolů, protože jeho hmotnost již nebude vyrovnávána silou Vašich svalů. Míček ztrácí potenciální energii, získává však energii kinetickou. Během pádu má míček jak potenciální, tak i kinetickou energii (viz obr. B).

V okamžiku, kdy se míček dotkne podlahy, již nebude mít žádnou potenciální energii, bude ale stále mít kinetickou energii (viz obr. C).

V krátkém okamžiku, kdy dojde k zastavení míčku před jeho odrazem, nebude mít míček již žádnou kinetickou energii.

Kam se tato energie poděla? Míček ji ztratil? Ne.

Od okamžiku, kdy se míček dotkne podlahy, můžeme pozorovat jeho deformaci (viz obr. D). Od tohoto okamžiku se začíná kinetická energie měnit na elastickou potenciální energii. Gumový míček je elastické těleso, které se bude snažit vrátit do své výchozí podoby. V důsledku toho se bude elastická potenciální energie měnit na kinetickou a potenciální polohovou (viz obr. E).

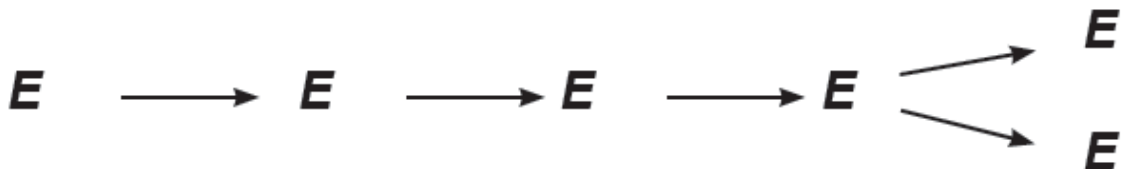


Během pokusu jste viděli, jak se mění mechanická energie z jedné formy na druhou.

Otázky:

- V jaké poloze má míček maximální potenciální polohovou energii?
- V jaké poloze má míček minimální potenciální polohovou energii?
- V jaké poloze má míček maximální kinetickou energii?
- V jaké poloze má míček minimální kinetickou energii?
- V jaké poloze má míček maximální elastickou potenciální energii?

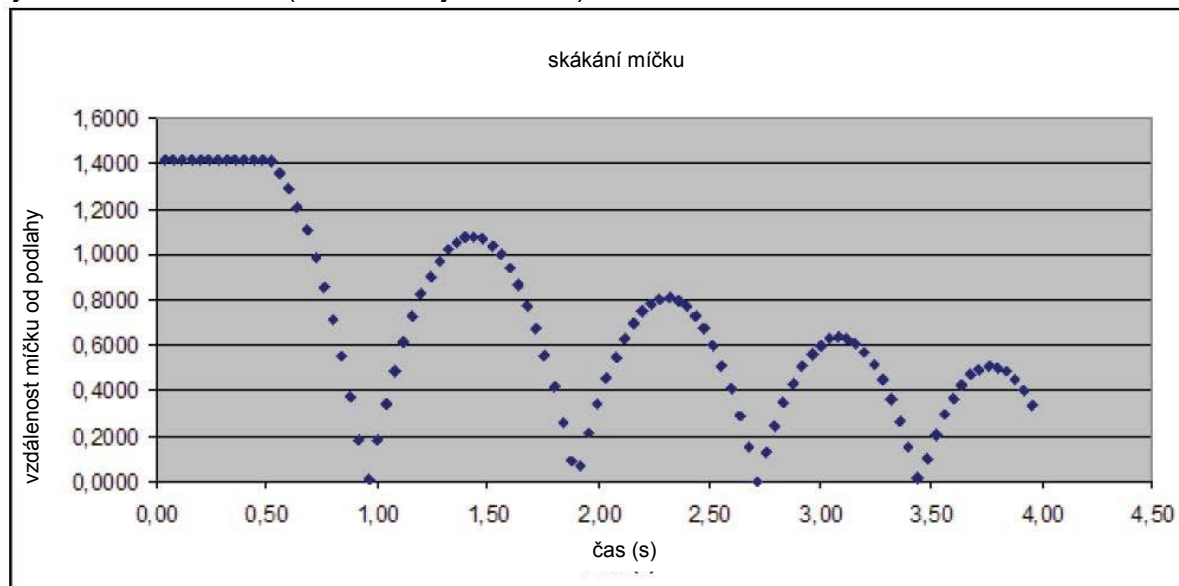
Doplňte následující schéma tím, že identifikujete formy energie, kterých se transformace týkala:



Pokus 15

Potřebný materiál: *1 gumový míček, 1 skládací metr*

Opakujte předchozí pokus s tím, že necháte míček spadnout na podlahu z výšky 1,4 m. Všimněte si, že míček odskočí od podlahy více než jen jednou. Po každém dopadu ale bude výška odskoku menší (viz následující náčrt).



Otázka:

Co se děje s původní energií míčku?

Abychom našli odpověď na tuto otázku, potřebovali bychom pro to velice citlivý teploměr. Měřicí přístroj by nám ukázal, že dochází k velice malému zahřívání gumy, ze které je míček vyroben, vzduchu obklopujícího míček i podlahy v místě dopadu míčku. Tím, že roste teplota nějakého tělesa, zvyšuje se i jeho tepelná energie.

Tato zkušenost nám ukazuje, že se potenciální energie změní na konci celého děje na energii tepelnou, která je předána okolí a prakticky ji už není možné využít.

Pokus 16

Potřebný materiál: *1 tyč stativu, 1 patka stativu, 1 dvojitá objímka, 1 tyčka s háčkem, 1 gumový míček s háčkem, 1 lanko*

Smontujte sestavu podle levé části obrázku níže. V této poloze je tíhová síla míčku vyrovnávána silou v háčku, na kterém je zavěšen. Pokud nyní rukou vychýlíme míček do výšky h , přeneseme na něj silou svých svalů potenciální energii. Když míček pustíme,

začne vykonávat kývavý pohyb, při kterém se jeho potenciální energie periodicky mění na kinetickou a naopak. Po určitém počtu kmitů dojde k zastavení pohybu (viz pravou část obrázku níže).



Otázky:

- V jaké poloze má míček maximální potenciální polohovou energii?
- V jaké poloze má míček minimální potenciální polohovou energii?
- V jaké poloze má míček maximální kinetickou energii?
- V jaké poloze má míček minimální kinetickou energii?
- V jaké poloze má míček maximální elastickou potenciální energii?
- Když se kývavý pohyb zastaví, v jakou formu energie byla změněna původní polohová energie?

Doplňte následující schéma tím, že identifikujete formy energie, kterých se transformace týkala:



Pokus 17

Potřebný materiál: *1 tyč stativu, 1 patka stativu, 1 dvojitá objímka, 1 tyčka s háčkem, 1 gumový míček s háčkem, 1 ocelová pružina*

Po smontování sestavy podle dále uvedeného obrázku stáhněte míček dolů. V tomto případě vykonává síla ve Vašich svalech práci, která předává pružině elastickou potenciální energii. Poté, co otevřete ruku, vykoná systém sérii svislých kmitů, při kterých se periodicky mění elastická potenciální

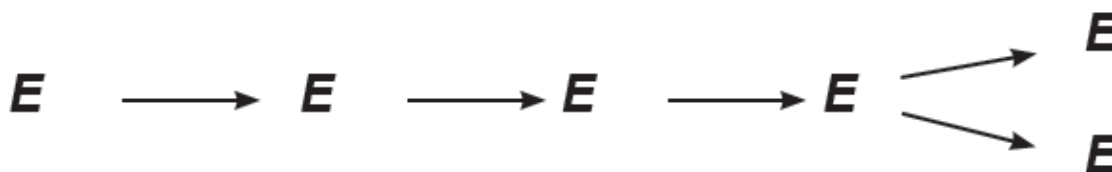
energie na energii kinetickou a naopak. Stejně jako v předchozích případech i zde po několika cyklech pohyb ustane.



Otázky:

- V jaké poloze má míček maximální potenciální polohovou energii?
- V jaké poloze má míček minimální potenciální polohovou energii?
- V jaké poloze má míček maximální kinetickou energii?
- V jaké poloze má míček minimální kinetickou energii?
- V jaké poloze má míček maximální elastickou potenciální energii?
- Když se kmitání zastaví, v jakou formu energie byla změněna původní polohová energie?

Doplňte následující schéma tím, že identifikujete formy energie, kterých se transformace týkala:



20. Nevyužitelné energie

Jak ukazují dosavadní zkušenosti, potenciální energie (polohová a elastická) a kinetická energie se mohou bez ztrát přeměňovat jedna na druhou. To ale bohužel neplatí pro tepelnou energii. Ve všech fyzikálních procesech se během přeměn mění část energie na tepelnou, která je předána okolí a není ji možné znovu využít.

Věnujme se například automobilovému motoru. Ani u něj není veškerá chemická energie uložená v palivu přeměněna na kinetickou energii. Pokud se automobil zastaví vlivem třecích sil ve vnitřním mechanismu a na brzdovém obložení, odporu vzduchu a valivého odporu při pohybu po vozovce, dojde k zahřátí okolí vozu, z čehož přímo plyne, že část energie z paliva byla přeměněna na tepelnou energii a není již k dispozici pro další přeměnu (viz následující obrázky).

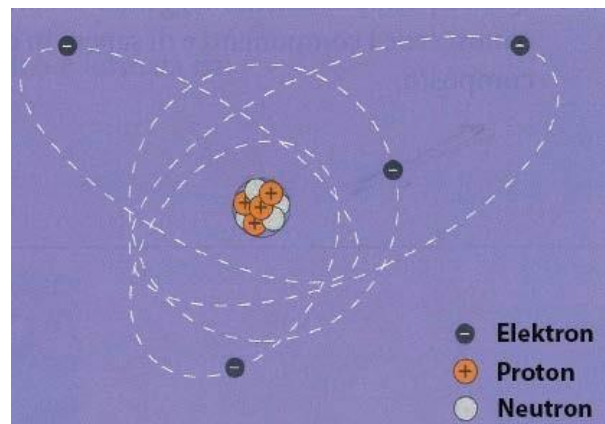


21. Atomární vlastnosti hmoty

Pokud se budeme věnovat konkrétnímu objektu, vždy si můžeme klást otázku, jaká je struktura jeho materiálu. V průběhu staletí byla definována různá vysvětlení, dnes platí, že nejmenší jednotkou každého chemického prvku, kterou je možno si představit izolovaně, je **atom**.

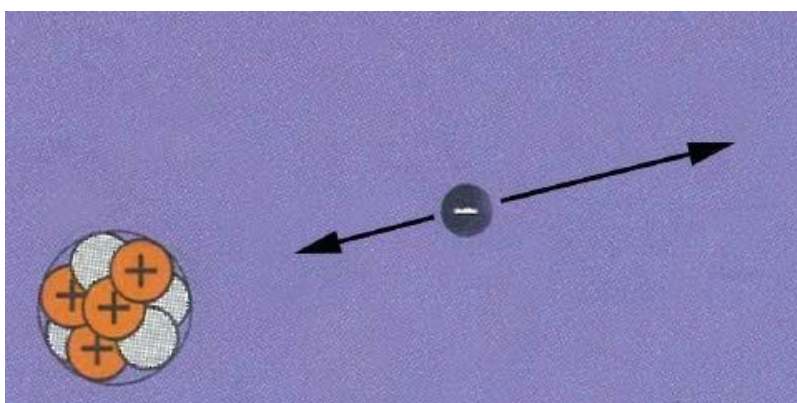
Každý atom se však skládá z ještě menších částic, **protonů**, **neutronů** a **elektronů**.

Vnitřní skladba atomu se v určitém zjednodušení blíží sluneční soustavě. Uprostřed se nachází jádro z protonů a neutronů. Jádro je pak obklopeno elektrony, jak zobrazuje následující obrázek.



Protony jsou nabitě kladně, elektrony mají negativní náboj a neutrony nemají žádný elektrický náboj, jsou elektricky neutrální.

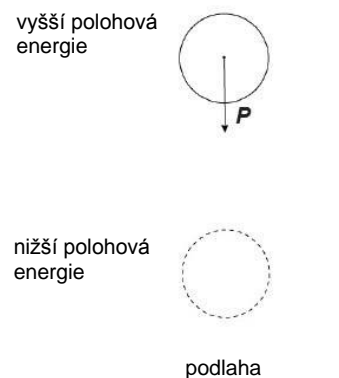
Za normálních podmínek se chovají atomy vůči vnějšímu prostředí neutrálně, protože mají stejný počet protonů a elektronů. Síla, která drží elektrony u jádra, je elektrickou silou F_e vyvolanou opačnými znaménky nábojů.



V pevných tělesech, jako jsou kovy, mají jádra pevnou polohu, zatímco některé vnější elektrony se mohou volně pohybovat.

22. Energie jako elektrický potenciál

V kapitole 14 jsme si ukázali, že abychom zdvihli nějaké těleso do určité výšky nad podlahu, musíme vynaložit sílu F působící proti tíhové síle P , abychom prostřednictvím vykonané práce přenesli na těleso potenciální energii. Po dosažení výšky a zrušení síly, která vyrovnávala tíhovou sílu, těleso spadne. To znamená, že těleso se přesune z úrovně s vyšší polohovou energií na úroveň s nižší polohovou energií (viz obrázek vpravo.)

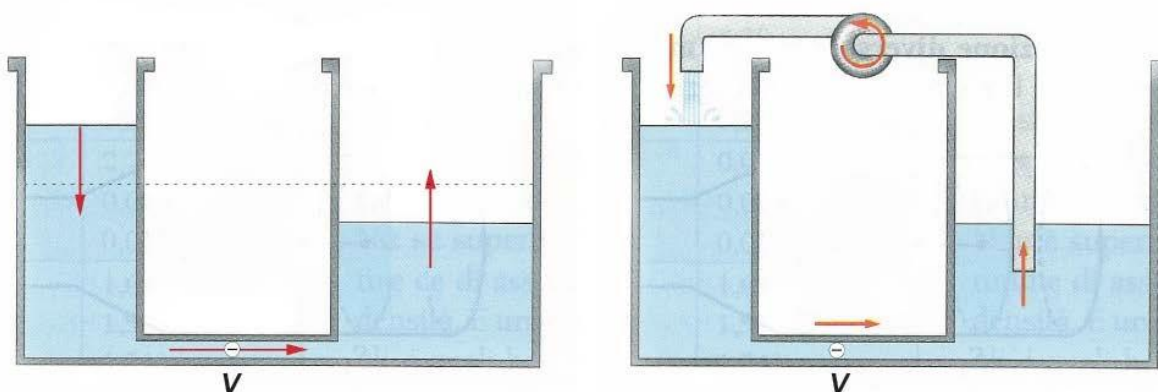


Podobné je to s elektrony. Abychom vzdálili jeden elektron od jeho jádra, ke kterému je poután elektrickou silou, potřebujeme pro to sílu F , která bude působit v opačném směru než F_e a vykoná potřebnou práci. Elektron tímto získá elektrickou potenciální energii.



23. Vodní okruh

Na následujícím obrázku vidíte dvě propojené nádoby s různými úrovněmi hladiny. Obě nádoby jsou spojené přes uzavírací kohout. Pokud tento kohout otevřeme, poteče kapalina z nádoby s vyšší úrovní hladiny do té s nižší úrovní. Rovnováha nastane tehdy, pokud budou obě hladiny ve stejné úrovni.

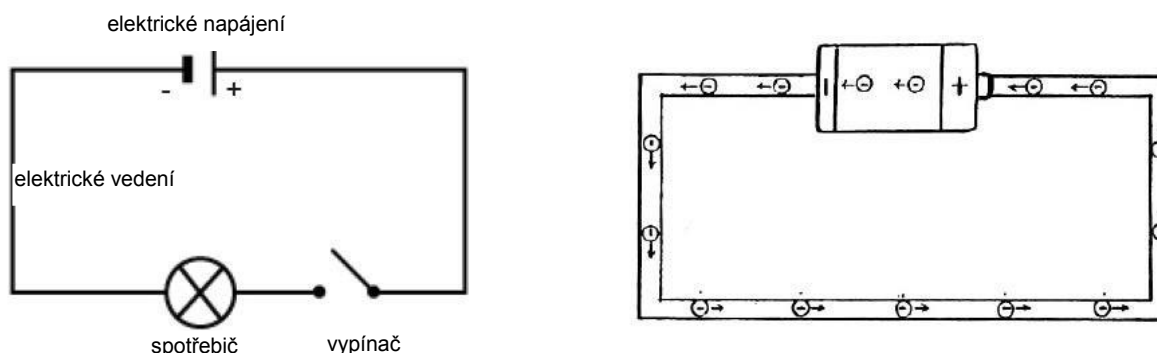


Pokud bychom si vyrovnání hladin po otevření kohoutu nepřáli, museli bychom instalovat čerpadlo, které by dopravovalo kapalinu z jedné nádoby do druhé (viz pravou část obrázku výše). Čerpadlo dopravuje vodu z nádoby s nižší úrovní hladiny do nádoby s vyšší úrovní hladiny tak, aby se nezměnil výškový rozdíl hladin. Tím jsme realizovali **vodní ("elektrický") okruh**. Z pohledu energií platí následující:

Je vykonávána práce tím, že síla čerpadla dopravuje kapalinu z nádoby s nižší úrovní hladiny do nádoby s vyšší úrovní hladiny. Pokud bychom si představili, že je čerpadlo poháněné strojem pracujícím na tepelném principu, mohli bychom říci, že je tepelná energie paliva přeměňována na potenciální energii vody. Pokud voda teče z nádoby s vyšší úrovní hladiny do nádoby s nižší úrovní hladiny, tedy působí její tíhová síla, je potenciální energie vody přeměňována na energii kinetickou. Tato kinetická energie je pak například schopna pohánět kolo turbíny.

24. Elektrický obvod

Elektrický obvod toho má hodně společného s vodním okruhem. Jak je zobrazeno v levé části následujícího obrázku, skládá se jednoduchý elektrický obvod z **napájení (zdroje napětí)**, **spotřebiče**, **elektrických vedení** a **vypínače**.



U vodního okruhu se čerpadlo staralo o udržení výškového rozdílu hladin v obou nádobách. Podobnou funkci plní v elektrickém obvodu napájení.

To zajišťuje, aby byl rozdíl úrovní energie při průtoku elektronů mezi +

a – stále konstantní. Pokud použijeme jako napájení elektrického obvodu baterii, plní tuto funkci v ní uložená chemická energie. Záporný pól (- pól) je bod, ve kterém mají elektrony maximální elektrickou potenciální energii. Na kladném pólu (+ pólu) mají elektrony nejnižší elektrickou potenciální energii (viz pravou část obrázku nahoře).

Stejně jako u vodního okruhu je možné využít kinetickou energii v elektrickém obvodu pro vykonání práce. K tomu může dojít například ve světle, elektrickém topidle nebo elektromotoru.

Světlo přeměňuje práci na světelnou energii, topidlo na tepelnou energii a elektromotor na mechanickou energii. Vypínač v elektrickém obvodu odpovídá ventilu **V** ve vodním okruhu. Elektrony mohou protékat - a tím vykonávat práci - pouze tehdy, pokud je vypínač sepnutý.



Pokus 18

Potřebný materiál: *1 držák baterie, 1 držák žárovky, 1 žárovka;
3 kabely, 1 vypínač, 1 baterie*

Vložte baterii do držáku. Dbejte přitom na správnou polaritu.

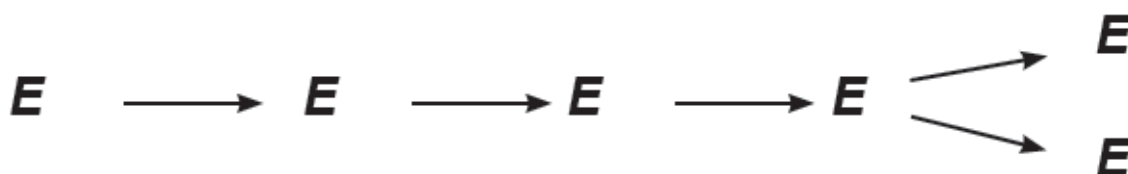
Zapojte elektrický obvod podle následujícího obrázku.

Elektrony na záporném pólu zdroje napětí mají vysokou elektrickou potenciální energii.

Jakmile je zapnut vypínač, začne elektrická energie protékat směrem ke kladnému pólu, kde je potenciální elektrická energie nižší. V důsledku toho se přemění elektrická potenciální energie na energii kinetickou. Když elektrony vstoupí do vlákna žárovky, dojde k přeměně kinetické energie zčásti na světlo, tzn. energii záření, a zčásti na tepelnou energii. Posledně uvedenou energii můžeme pozorovat ze zahřívání baňky žárovky.



Doplňte následující schéma tím, že identifikujete formy energie, kterých se transformace týkala:



25. Energie a společnost

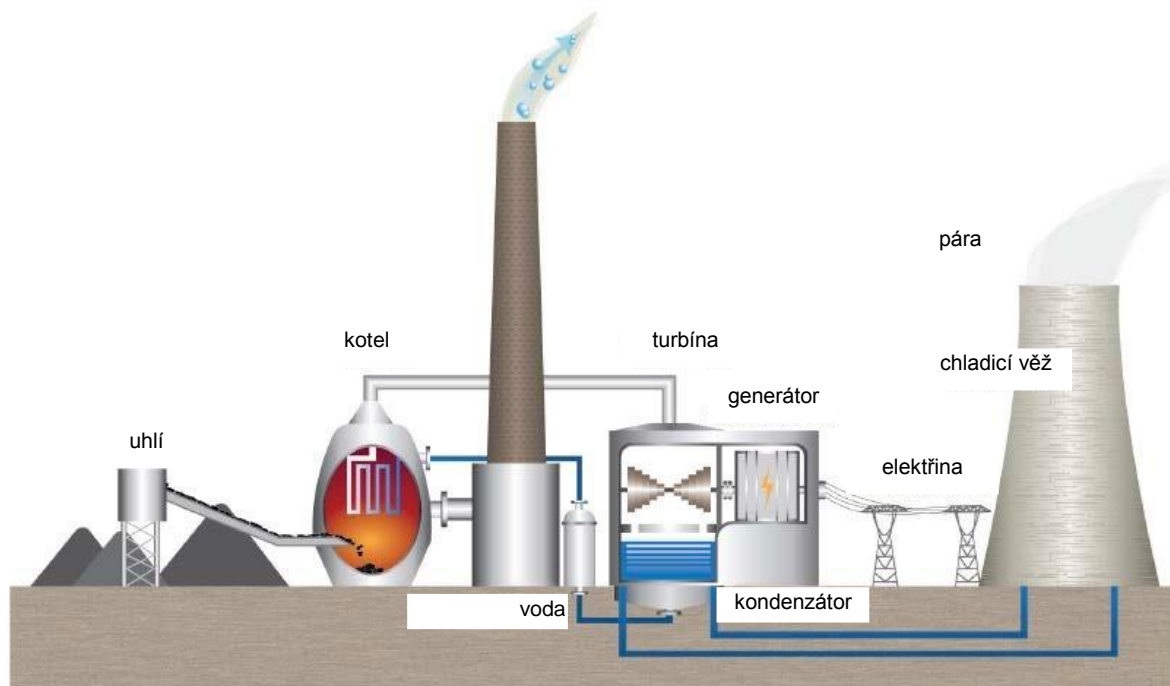
Využívání energie je ve vývoji lidstva těsně spojené s pokrokem a blahobytem. Spotřeba energie je v současnosti často považována za míru vývoje společnosti. Existují tři důležité oblasti, které energii ve značné míře využívají: **průmyslová výroba, doprava a telekomunikace.**

Ale kde najdeme takové ohromné množství energie, které je potřebné pro zajištění přežití lidstva - i s ohledem na to, že světová populace, a tím i spotřeba energie, stále roste? Téměř veškerá energie, kterou lidé potřebují a využívají, pochází přímo nebo nepřímo ze Slunce. Pouze malou část představuje teplo z vnitřku Země a energie při pravidelném střídání odlivu a přílivu působením přitažlivosti Měsíce.

Zdroje energie můžeme rozdělit do dvou kategorií:

obnovitelné a neobnovitelné energie.

Neobnovitelnými zdroji energie jsou fosilní paliva, jako je **uhlí, ropa a zemní plyn**, které při spalování uvolňují tepelnou energii, která je pak například v elektrárnách přeměňována na elektrickou energii.



Tato fosilní paliva vznikala v biologickém procesu ve spojení se slunečním zářením po miliony let a my nejsme schopni je v takovéto podobě vytvářet. Energie, která je získávána štěpením jádra, je rovněž energií z neobnovitelných zdrojů, protože i zásoby uranu jsou omezené. Uran vznikl ve velmi časně fázi vzniku Země.

Na rozdíl od toho představují potenciální energie vody ve vodních tocích a kinetická energie větru obnovitelné energie, protože tyto podoby vznikají - rovněž působením sluneční energie - stále znovu. Dešťová voda vzniká kondenzací páry z mořské vody. Ke kondenzaci a odpařování dochází v důsledku různě intenzivního slunečního osvětlení, a tím i různého zahřívání zemského povrchu. Transport masy vzduchu zajišťuje vítr vznikající při tomto procesu. Z takto vznikající energie tekoucí vody nebo proudícího vzduchu pak získáváme přeměnou elektrickou energii.



Pokus 19

Potřebný materiál: *1 solární článek*

Solární článek je elektrickým komponentem, který přeměňuje energii slunečního záření přímo na elektrickou energii. Pokud je navzájem spojeno více solárních článků, hovoříme o solárních panelech. V rámci využívání obnovitelných energií jsou solární panely slučovány do větších celků, aby byl zvýšen jejich výkon. Tímto způsobem vznikají například solární parky (elektrárny).

Tento jev si můžete ověřit tím, že necháte na solární článek dopadat světlo ze slunce nebo žárovky s výkonem 100 W (viz obrázek níže).



26. Pojem výkonu

Abychom mohli stanovit účinnost motoru, je důležité vědět, kolik práce bylo vykonáno a kolik energie bylo za určitou dobu poskytnuto. Pro tyto účely je zavedena fyzikální veličina, která popisuje poměr vykonané práce (odpovídající energii) za jednotku času. Tato veličina se nazývá **výkon**.

Platí:

$$\text{výkon} = \frac{\text{práce}}{\text{jednotka času}}$$

V mezinárodním systému jednotek (SI) je výkon uváděn ve **wattech** (symbol: **W**). Výkon odpovídá vykonané **práci** (nebo vytvořené **energii**) za **1 sekundu**.

To znamená:

$$1 \text{ watt} = \frac{1 \text{ joul}}{1 \text{ sekunda}}$$

Protože je tato jednotka malá, je výkon často uváděn v jejích násobcích:

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

$$1 \text{ MW} = 1000 \text{ kW} = 1000000 \text{ W}$$

Velmi malé výkony jsou naopak uváděny ve zlomcích W:

$$1 \text{ mW} = 0,001 \text{ W}$$

Poznámka:

Skutečné vybavení sady se může mírně lišit od vyobrazení v tomto dokumentu, protože naše přístroje stále vyvíjíme.