

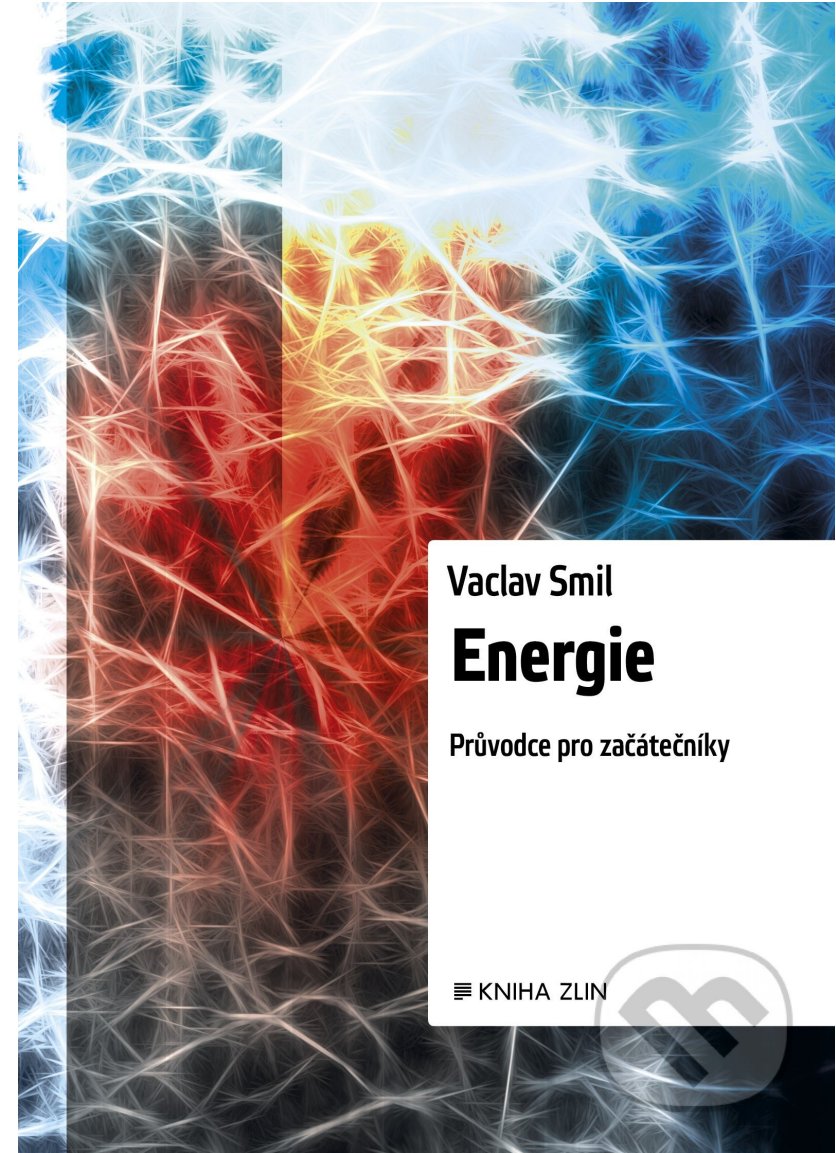
$$E = mc^2$$

„Podle Einsteinovy slavné rovnice $E = mc^2$ lze veškerou hmotu přeměnit v energii.“

(přebal)

„První desetiletí 20. století přineslo zásadní **rozšíření prvního zákona termodynamiky**, když v roce 1905 Albert Einstein (1879–1955) dospěl k závěru, že **hmota sama je formou energie**. Podle snad nejslavnější rovnice na světě $E = mc^2$ je energie rovna součinu hmotnosti a čtverce rychlosti světla.“

(s. 21)



$$E = mc^2$$

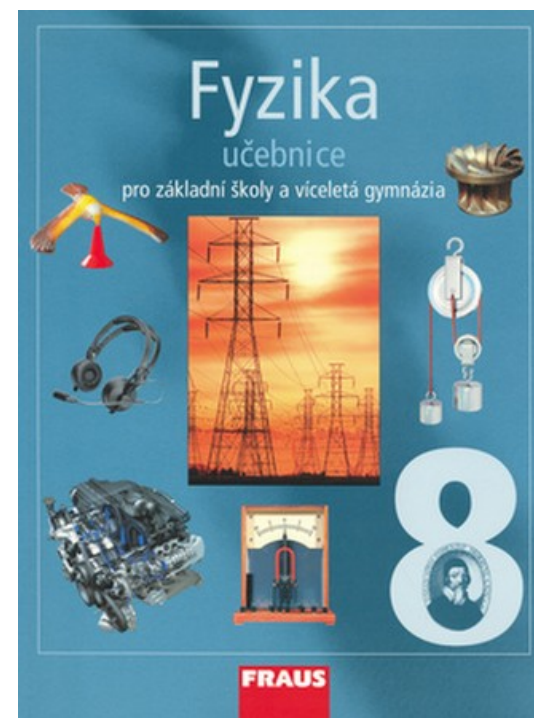
Dnes již víme, že lze změnit energii na hmotu a naopak. Přeměna energie na hmotu ovšem vyžaduje ohromné množství energie. To vyjadřuje Einsteinova rovnice $E = mc^2$, kde c je rychlost světla 300 000 km/s. (str. 23)

Slavná rovnice Alberta Einsteina (1879–1955) umožnila například vysvětlit, proč Slunce září, ale také stála na počátku cesty ke konstrukci atomové bomby. Podstatou těchto dějů jsou jaderné reakce, kdy se **hmota přeměňuje na světlo a teplo.** (str. 23)



$$E = mc^2$$

Posledním zpřesněním zákona zachování energie je příspěvek Alberta Einsteina [ajnštajna], který dokázal, že i **hmotnost těles představuje určitý druh energie**. Zákon se proto dnes přesněji označuje jako zákon zachování hmotnosti a energie. (str. 21)



$$E = mc^2$$

...any system having mass has energy. This latter statement is best illustrated by matter-antimatter annihilation. For example, when an electron and positron, each of mass M , annihilate, the two particles vanish. Question: Is it possible that nothing appears in their place? If $E = mc^2$, then some form of energy must appear because energy is conserved. In fact, radiation appears, and measurements show that it has energy $2Mc^2$ (plus the initial kinetic energy of the particles). Even if they're at rest, there are $2Mc^2$ joules of "stored work" in the positron-electron pair!

This example can be used to dispel another common misconception. It is sometimes said that "mass is converted to energy" in experiments like this one. But mass is never converted into energy, and energy is never converted into mass, because energy (and hence mass) can never be created or destroyed. In pair annihilation, we have precisely the same amount of energy, and mass, before and after the annihilation. However, it is correct to say that matter (which has rest mass) is converted into radiation (which does not).

$$E = mc^2$$

... každý systém, jemuž přísluší hmotnost, má i energii. Toto tvrzení nejlépe ilustruje anihilace hmoty a antihmoty. Například při anihilaci elektronu s pozitronem, každý o hmotnosti M , obě částice zmizí. Nabízí se otázka: Je možné, aby částice zmizely beze stopy? Platí-li $E = mc^2$, musí se objevit určitá forma energie, protože energie se zachovává. Ve skutečnosti vznikne záření, a měření ukazují, že má energii $2Mc^2$ (plus počáteční kinetickou energii částic). Dokonce i když jsou pozitron a elektron klidu obsahují $2Mc^2$ J „uložené práce“!

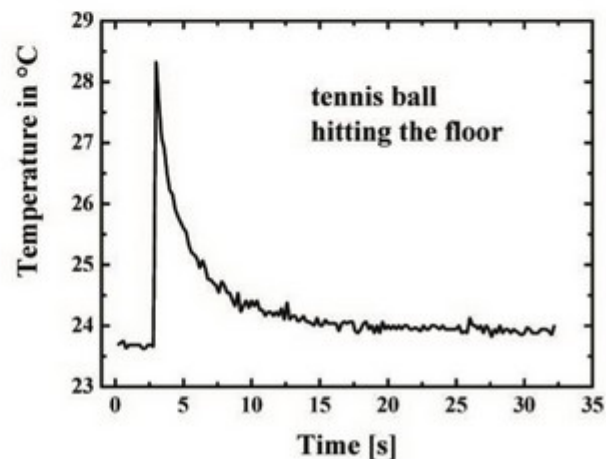
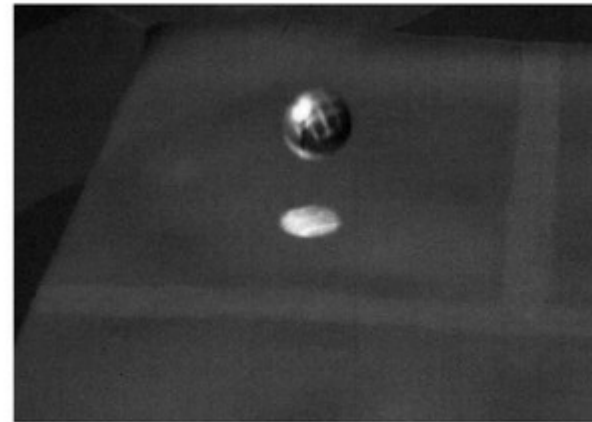
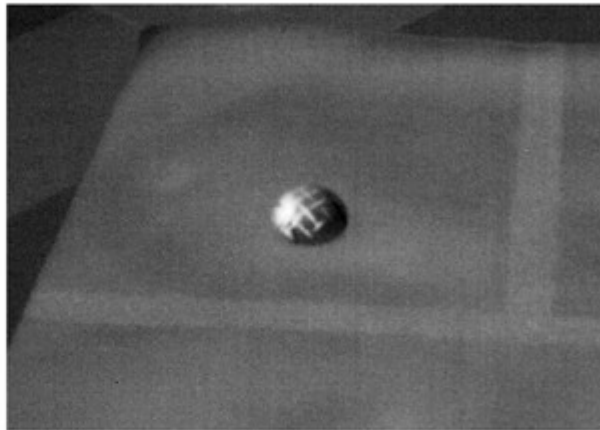
Tento příklad lze použít k rozptýlení běžné miskoncepce. Někdy se říká, že v experimentech, jako je tento, se „hmotnost přeměňuje na energii“. Hmotnost však nikdy není přeměněna na energii a energie nikdy není přeměněna na hmotnost, protože energie (tedy ani hmotnost) nemůže být nikdy vytvořena ani zničena. Při párové anihilaci máme **přesně stejné hodnoty celkové energie a hmotnosti před a po reakci**. Je však správné říci, že látka (mající klidovou hmotnost) je přeměněna na záření (které ji nemá).

Zákon zachování energie



Zákon zachování energie

Two snapshots of a high speed IR imaging sequence of a tennis ball hitting the floor and shortly afterwards while leaving it again as well as a plot of maximum temperature of the contact spot on the floor versus time.



Zákon zachování energie



https://www.youtube.com/watch?v=2UHS883_P60&t=27s

Zákon zachování energie

subscribe
Stacked Ball Drop

golf ball →

facebook
twitter



https://www.youtube.com/watch?v=2UHS883_P60&t=27s

Zákon zachování energie

subscribe
Stacked Ball Drop

facebook
twitter

Final Height =
800%
of Initial Height

28 ft !
(336 in)

42 in

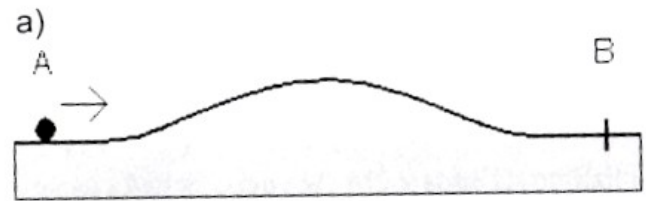
physics girl

0:29 / 3:33

https://www.youtube.com/watch?v=2UHS883_P60&t=27s

Porovnejte rychlosti v bodech A a B – tedy v_A a v_B .

a)

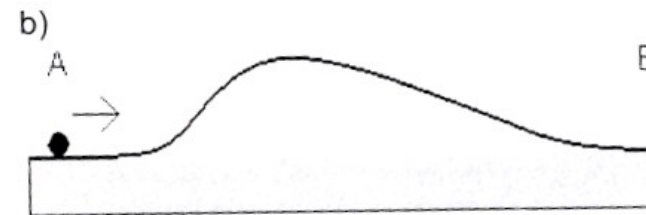


v_B je menší než v_A

v_B je stejná jako v_A

v_B je větší než v_A

b)




v_B je menší než v_A

v_B je stejná jako v_A

v_B je větší než v_A

c)

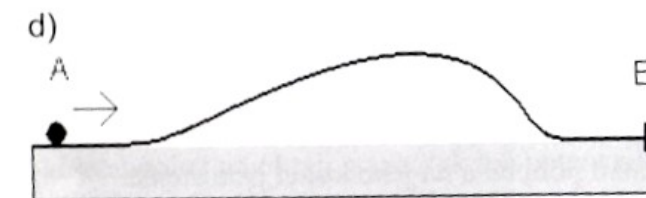


v_B je menší než v_A

v_B je stejná jako v_A

v_B je větší než v_A

d)



v_B je menší než v_A

v_B je stejná jako v_A

v_B je větší než v_A



<http://thekidshouldseethis.com/post/physics-marble-track-review-homemade-science-teacher-bruce-yeany>

Energie jako kvazi-materiální hmota?

- Když kulečnicková koule narazí do jiné nehybné koule, předá jí *rychlost*. Po srážce se první koule zpomalí (nebo zastaví) a druhá se pohybuje.



Energie jako kvazi-materiální hmota?

- *Celková rychlost se obecně nezachovává.*
(např. mají-li koule různou hmotnost)
Neexistuje žádný zákon zachování rychlosti!



Energie jako kvazi-materiální hmota?

- Ve všech možných případech se však *zachovává celková energie* obou koulí.
- Potenciální energie je v tomto případě (na vodorovném stole) konstantní.
- Nedochozí k *přeměně* druhů energie, jen k *přenosu* energie z jedné koule na druhou.

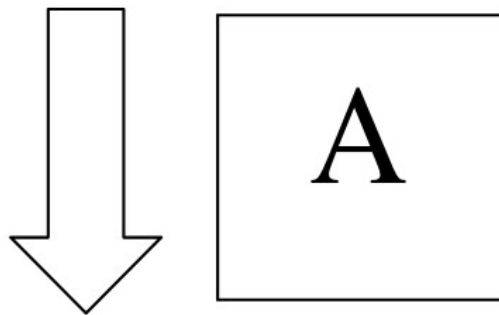
Energie jako kvazi-materiální hmota?

- Nesmíme si však představovat, že energie je nějaká „věc“, která „je v tělese“ a kterou si tělesa vyměňují!
- Stejně jako *rychlost* i *energie* je jen vlastnost tělesa, kterou lze vyjádřit číselně.
- Asi nikoho nenapadne, že *rychlost* nebo *hybnost* je „něco skutečného“ v tělese.
Je to jen matematická abstrakce, což je i *energie*.

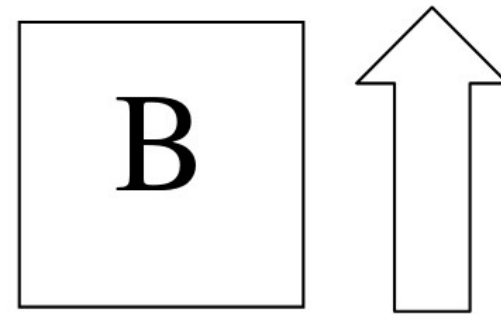
Feynman – co je energie

Existuje skutečnost nebo chcete-li zákon, kterým se řídí všechny přírodní jevy. Pokud víme, tento *zákon* je přesný a neexistuje z něho žádná výjimka. Je to *zákon zachování energie*. Říká, že existuje veličina nazývaná energií, která se nemění v průběhu mnoha změn, jež podstupuje příroda. To je velmi abstraktní myšlenka, vždyť jde o matematický princip; hovoří o existenci číselné veličiny, která se v průběhu procesů nemění. Není to popis mechanismu, ani něčeho konkrétního; je to jen podivuhodná skutečnost, když spočítáme nějakou veličinu, pak pozorujeme, jak příroda provádí své kousky, nakonec provedeme výpočet znovu a dostaneme totéž číslo.

Feynmanovy přednášky z Fyziky I., str. 50

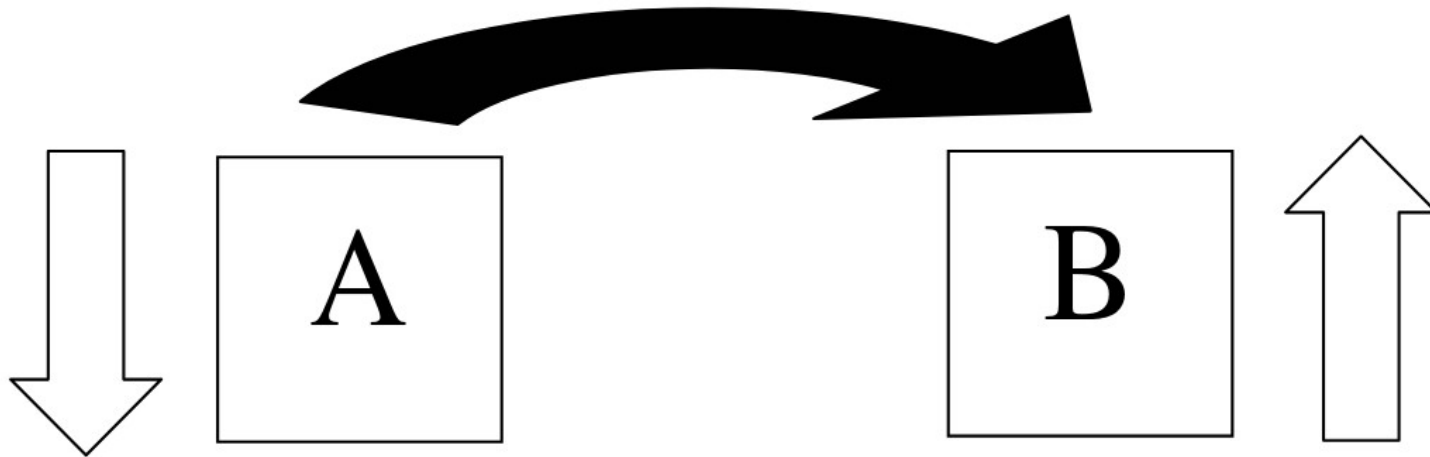


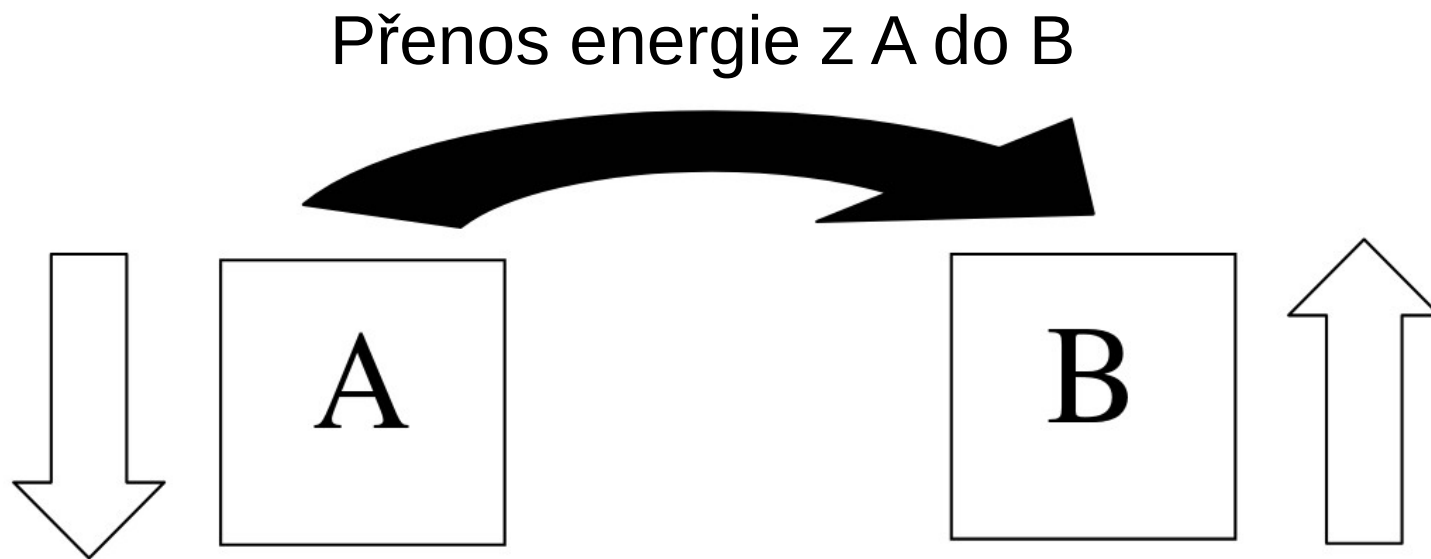
Energie A se zmenšuje



Energie B se zvětšuje

Přenos energie z A do B





Zachování energie je fakt X Přenos energie je model

Energie jako substance?

- „Protože hmotnost a energie jsou podle teorie relativity v podstatě totéž, dá se říci, že všechny elementární částice jsou z energie. Energii můžeme tedy považovat za základní substanci, za základní látku světa. Má vsutku podstatnou vlastnost, která patří k pojmu substance: zachovává se... Narazí-li na sebe dvě elementární částice s vysokou rychlostí, může přitom vzniknout mnoho nových elementárních elementárních částic, a to z pohybové energie, která je přitom k dispozici. A je možné, že částice, které se navzájem srážejí, přitom zmizí. Takové procesy byly často pozorovány a jsou nejlepším důkazem, že všechny částice jsou ze stejné substance, energie.“
- Werner Heisenberg, Fyzika a filosofie

Popis přeměn energie

Na příkladech situací s kinetickou energií lze snad nejlépe ukázat, že popisný přístup je v rozporu se současnou fyzikou.

Srovnejme dvě velmi jednoduché otázky:

1. Jaký druh energie má šíp vystřelený z luku, jenž letí vodorovně směrem k terči?

To lze nejspíš přijmout za jasný příklad kinetické energie.

2. Cyklista jede po rovné silnici konstantní rychlostí. Který druh energie je přenášen řetězem od pedálů k zadnímu kolu?

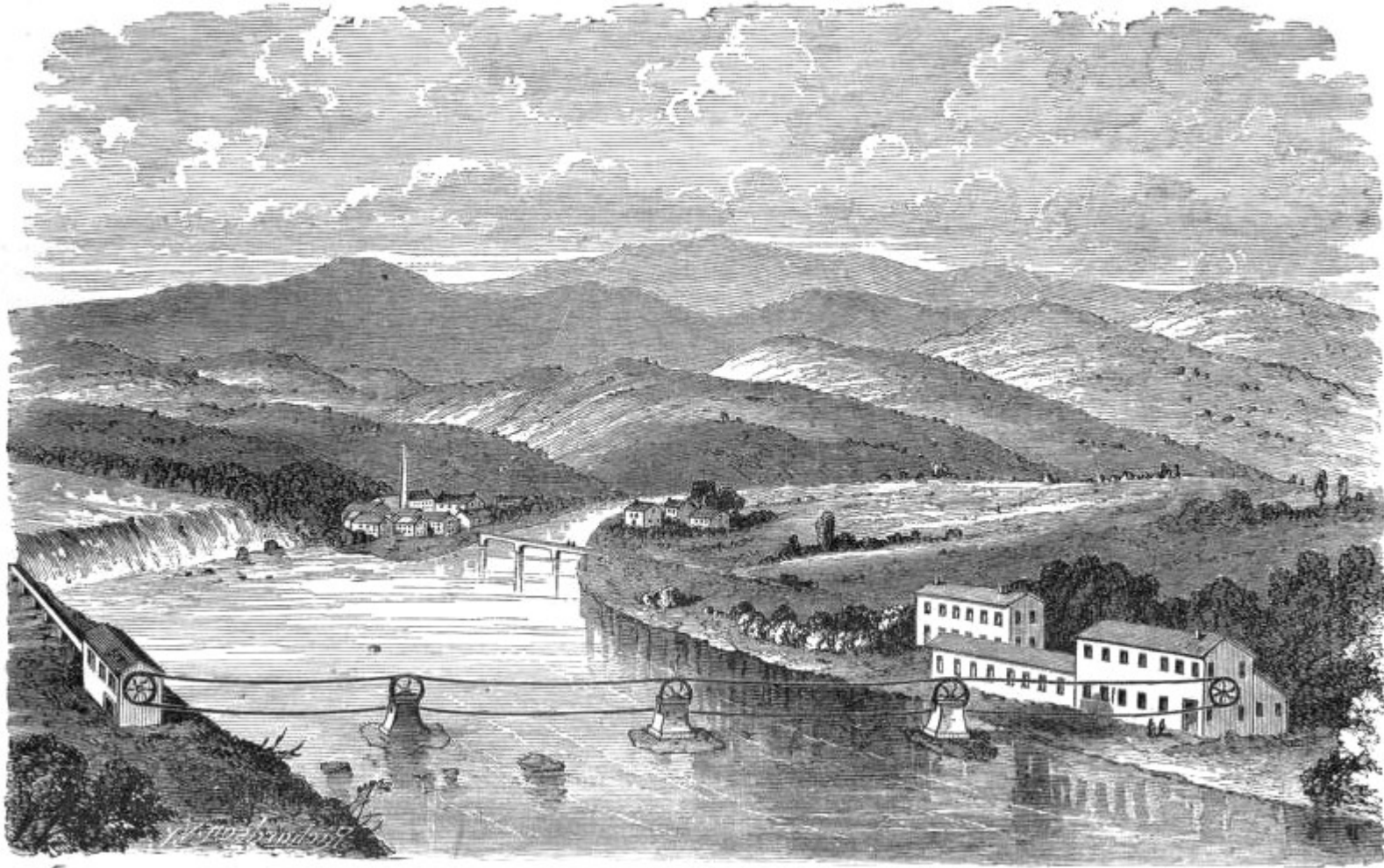
Řetěz se pohybuje a přenáší energii. Podle popisného přístupu je přenášena kinetická energie. Jenže kvantitativní rozbor takovou interpretaci nepřipouští. Řetěz se pohybuje konstantní rychlostí přes ozubená kola, takže nezískává ani neztrácí energii. Kdyby měl zanedbatelnou hmotnost, byla by zanedbatelná i jeho pohybová energie! Samozřejmě že přenáší energii, ale dělá to tak, že umožňuje síle působící na jednom konci, aby působila na místě jiném, nikoliv načerpáním kinetické energie na jednom konci a jejím odevzdáním

jinde. Kinetická energie řetězu nemůže být ztotožňována s energií přenášenou.

Popis přeměn energie

Nevyhovuje ani potenciální energie napnutého řetězu. Řetěz z článků s nepružnými spoji nemá žádnou potenciální energii, přesto velmi dobře plní svou funkci. Energie je přenášena stejnou silou, která napíná řetěz, ale deformační energie se přenosu neúčastní. Na druhou otázku nelze odpovědět s využitím správné fyzikální terminologie.

Jaká je energie této rozvodné soustavy?
Jak se energie přenesse z jednoho místa na jiné?
(Jsou to smysluplné otázky?)



Elektrická energie

„Ta elektřina je čím dál dražší.“ „Zapomněli jste zhasnout v kuchyni, kdo má tu elektriku potom platit?“ „Vyměnili jsme všechny žárovky za úsporné zářivky, to byste nevěřili, kolik ušetříme za elektřinu.“ To jsou věty, které můžeme zaslechnout. Jak ale tu „elektřinu“ nebo „elektriku“ platíme? Co rozhoduje o tom, kolik nás stojí provoz elektrického spotřebiče?

Víme už, že energie se nedá vyrobit, můžeme ji jen přeměňovat z jednoho druhu na jiný. V tepelných elektrárnách se energie ukrytá v palivu mění na teplo, to pak na energii páry. Energie horké a stlačené páry se v turbínách mění na energii pohybovou a ta v generátorech na energii elektrickou. Ve vodních elektrárnách je na počátku polohová energie vody, v jaderných elektrárnách jaderná energie.



tepelná elektrárna Hodonín

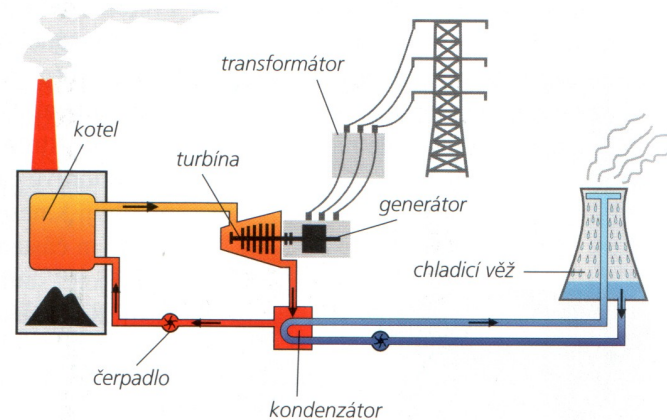
Lidstvo využívá obrovské množství elektrické energie. Ta se stále většinou vyrábí neekologicky spalováním uhlí a ropy. Jak zatěžuje životní prostředí tepelná elektrárna?

Výroba elektrické energie

Ve světě se spotřebuje více než 10 bilionů kilowatthodin (10 000 000 000 000 kWh) elektrické energie za rok. Jsou to asi 3 kWh na každého obyvatele Země denně. Ve vyspělých státech je přítom spotřeba mnohem větší než ve státech rozvojových. V USA (má téměř 300 milionů obyvatel) se spotřebuje téměř desetkrát více elektrické energie než v celé Africe (přes 700 milionů obyvatel). Jak se lidstvo vypořádá se stále rostoucími požadavky na elektrickou energii? Bude z čeho ji vyrábět?

Elektrická energie se dnes převážně získává z **tepla**. Teplo se uvolňuje čtyřmi způsoby: spalováním, štěpením atomových jader, ze Slunce a z hloubi Země.

Elektrárny, které získávají teplo spalováním, se obvykle označují jako **tepelné elektrárny**. Spalovat se mohou suroviny, které vznikly v dávné minulosti. Takovým surovinám říkáme **fosilní paliva**. Patří k nim především uhlí, ropa a zemní plyn. Fosilní paliva



Srovnání terminologie učebnic

četnost výskytu vybraných termínů

	PROMETHEUS	PRODOS	SPN	FRAUS
elektrická energie	3	2	18	23
spotřeba el. energie	-	8	18	-
elektrická práce	10	-	-	-
práce el. proudu	-	11	-	-
elektrické pole	8	-	1	-
elektrina	-	1	3	4
elektrika	-	-	-	2

PROMETHEUS: Elektrická práce. Elektrická energie (s. 158 – 160)

FRAUS: Elektrická energie (s. 115 – 117)

PRODOS: Práce a výkon elektrického proudu (s. 23 – 26)

SPN: Příkon a energie elektrického proudu (s. 56 - 62)

Slova používaná v kombinaci s „elektrickou energií“

	PROMETHEUS	FRAUS	PRODOS	SPN
elektrická energie (výskyty celkem)	3	23	10	36
spotřeba / spotřebování	-	-	8	18
dodaná / dodávaná				4
odebraná / odběr		3		4
přeměna	1	6	1	3
cena				2
využívání		1		1
plýtvání				1
úspora		1		1
spotřebič				1
rozvod			1	
přenos		1		
získávání		2		
zdroje		1		
NEZAŘAZENO	2	8	0	1

Nezařazené výskyty „el. en.“ v názvech kapitol a ve vazbách: „výpočet el. en.“, „jednotkou el. en. je kilowatthodina“ apod.

„Množství elektřiny vyrobené v elektrárnách
a spotřebované ve spotřebičích
je dáno elektrickou energií.“

(FRAUS, str. 117)

Co to znamená?

Shrnutí



Množství elektřiny vyrobené v elektrárnách a spotřebované ve spotřebičích je dáno elektrickou energií. Elektrickou energii vypočítáme jako součin elektrického napětí, proudu a doby: $E = U \cdot I \cdot t$. Jednotkou elektrické energie je kilowatthodina (kWh) a megawatthodina (MWh). Elektrická energie odebraná z elektrické sítě se měří elektroměry.

Otázky a úkoly



- 1 Na rychlovarné konvici je údaj 1 500 W. K přípravě čaje byla zapnutá 3 minuty. Kolik energie odebrala konvice z elektrické sítě? V jakou energii se elektrická energie přeměnila?

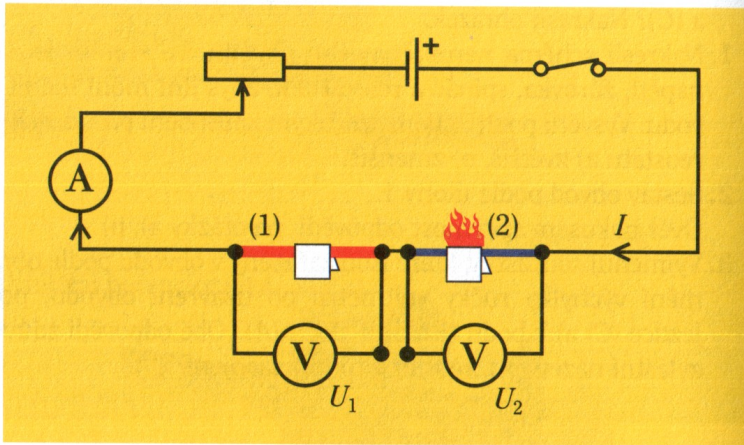


Elektrická práce. Elektrická energie

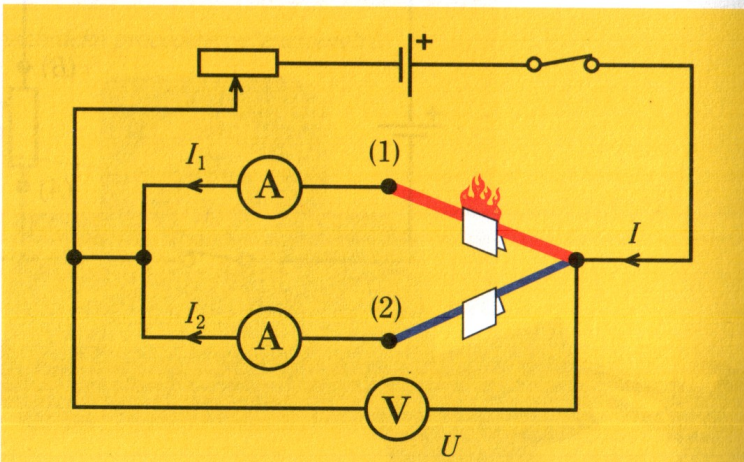
V 6. ročníku jsme si ukázali pokusem, že kovový vodič se při průchodu elektrického proudu zahřívá. Ostatně to všichni dobře znáte ze zahřívání vařiče, ale i žárovky při průchodu proudem. V kapitole 1 jsme si ukázali, že těleso se může zahřát tepelnou výměnou dotykem s teplejším tělesem, prouděním nebo sáláním. Těleso se také zahřívá při tření, vzpomeňte na zahřívání rukou vzájemným třením. V tom případě se vlastně koná práce, protože působí síla ruky po určité dráze.

Obr. 2.69

a) Výkon elektrického proudu je tím větší, čím větší je napětí mezi konci vodiče.



b) Výkon elektrického proudu je tím větší, čím větší proud prochází vodičem.



Při zahřívání vodiče průchodem elektrického proudu nejde o tepelnou výměnu. Jaké síly zde tedy konají práci?

Po připojení vodiče ke zdroji napětí se ve vodiči vytvoří elektrické pole. Jeho síly usměrňují pohyb volných elektronů ve vodiči. Přemísťují je od jednoho konce vodiče k druhému, a tím konají práci. Nazýváme ji **elektrická práce**.

Volné elektrony vytvářející elektrický proud narážejí při svém usměrněném pohybu na ionty v krystalické stavbě kovu. Předávají jim část své pohybové energie. Tím se zvětšuje vnitřní energie vodiče, vodič se zahřívá.

Protože elektrické pole koná práci, přisuzujeme mu energii, kterou nazýváme **elektrická energie**. V našem případě pochází tato energie ze zdroje elektrického napětí. K tomu, aby se v elektrickém obvodu udržovalo stále elektrické pole, musí totiž zdroj neustále dodávat energii.

Jak vypočítáme elektrickou práci ve vodiči, mezi jehož konci je napětí U a prochází-li jím proud I po dobu t ? Jedna z možností posouzení, jaká práce se ve vodiči vykoná, je porovnávat, jaké teplo se ve vodiči za stejnou dobu uvolní. K přesnému měření bychom museli použít speciální kalorimetr, do kterého bychom umístili vodič s proudem. Zkusíme si jednodušší pokus, ve kterém budeme porovnávat zahřátí vodiče podle jeho žhavení.

K pokusu použijeme dva dráty z konstantanu, o stejné délce, např. 30 cm, ale s různým průřezem. Z článku 2.9 už víme, že odpor R_1 drátu s větším průřezem je menší než odpor R_2 stejně dlouhého konstantanového drátu s menším průřezem. Abychom snadněji posoudili, který drát žhne více, zavěsíme na každý z nich přeložený proužek velmi tenkého papíru.

a) Zapojíme-li dráty za sebou (obr. 2.69a), prochází oběma dráty stejný proud I . Když reostatem zvětšujeme proud v obvodu, zjistíme, že dříve vzplane papírek na tenčím drátu. Protože odpor R_2 tohoto drátu je větší, je mezi jeho konci větší napětí U_2 , než na drátu tlustším. Co z toho můžeme usoudit? **Elektrická práce** vykonaná ve vodiči při stejném proudu I je **tím větší, čím větší je napětí mezi konci vodiče** (za stejnou dobu).

b) Zapojíme-li dráty vedle sebe (obr. 2.69b), je mezi konci obou drátů stejné napětí U . Když nyní reostatem zvětšujeme proud I v obvodu, zjistíme, že dříve vzplane papírek na drátu tlustším. Protože odpor R_1 tohoto drátu je menší, prochází jím větší proud I_1 než tenčím drátem. To znamená, že **elektrická práce** vykonaná ve vodiči při stejném napětí U mezi jeho konci je **tím větší, čím větší proud vodičem prochází** (za stejnou dobu).

Oba závěry našich pokusů byly potvrzeny mnoha přesnějšími pokusy. Z toho vyplývá, že elektrická práce vykonaná ve vodiči za stejnou dobu t závisí jak na proudu I procházejícím vodičem, tak na napětí U mezi jeho konci. Prochází-li vodičem, mezi jehož konci je napětí U , proud I po dobu t vykoná elektrické pole práci $W = UIt$.

Shrnutí

FRAUS

- Klíčový termín: „elektrická energie“
- *Elektrickou práci* vůbec nezavádí, omezuje se na *elektrickou energii*.
- Termín „elektrické pole“ se v textu nevyskytuje.
- Často používané slovo „elektřina“ nemá jasný význam.
- $E = U \cdot I \cdot t$

Množství elektřiny vyrobené v elektrárnách a spotřebované ve spotřebičích je dáno elektrickou energií. Elektrickou energii vypočítáme jako součin elektrického napětí, proudu a doby: $E = U \cdot I \cdot t$. Jednotkou elektrické energie je kilowatthodina (kWh) a megawatthodina (MWh). Elektrická energie odebraná z elektrické sítě se měří elektroměry.

Bohuněk, Kolářová

- Klíčový termín: „elektrická práce“
- *Elektrické pole* má *elektrickou energii*.
Elektrické pole koná *elektrickou práci*.
- Termín „elektrická energie“ je důsledně používán jen ve smyslu *energie elektrického pole*.
- Slovo „*elektřina*“ se nepoužívá.
- $W = U \cdot I \cdot t$

Při průchodu elektrického proudu vodičem konají síly elektrického pole práci. Tato práce se nazývá **elektrická práce**. **Prochází-li vodičem, mezi jehož konci je napětí U , proud I po dobu t , vykoná elektrické pole práci:**

$$W = UI t$$

PRODOS

- Klíčový termín: „práce elektrického proudu“
- Zavádí *spotřebu elektrické energie*.
- Termín „elektrické pole“ se v textu nevyskytuje.
- Slovo „elektřina“ se v textu vyskytuje jednou (dodavatelů elektřiny).
- $W = U \cdot I \cdot t$

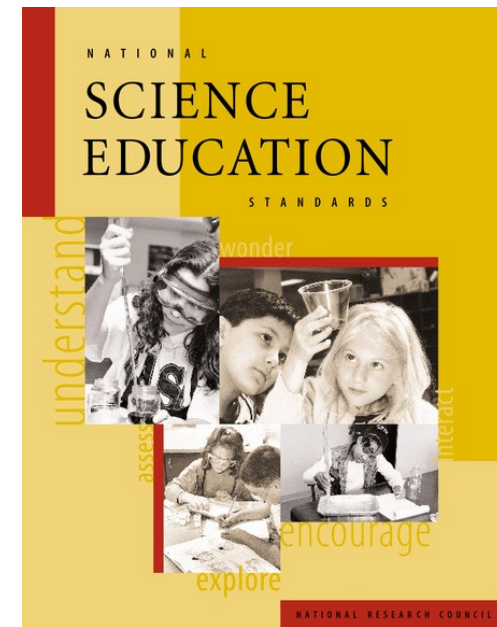
Práci elektrického proudu vypočítáme vztahem $W = U \cdot I \cdot t$, kde U je napětí zdroje a t doba, po kterou vodičem prochází proud I . Udává se v **joulech** (J).

National Science Education Standards (1996, USA)

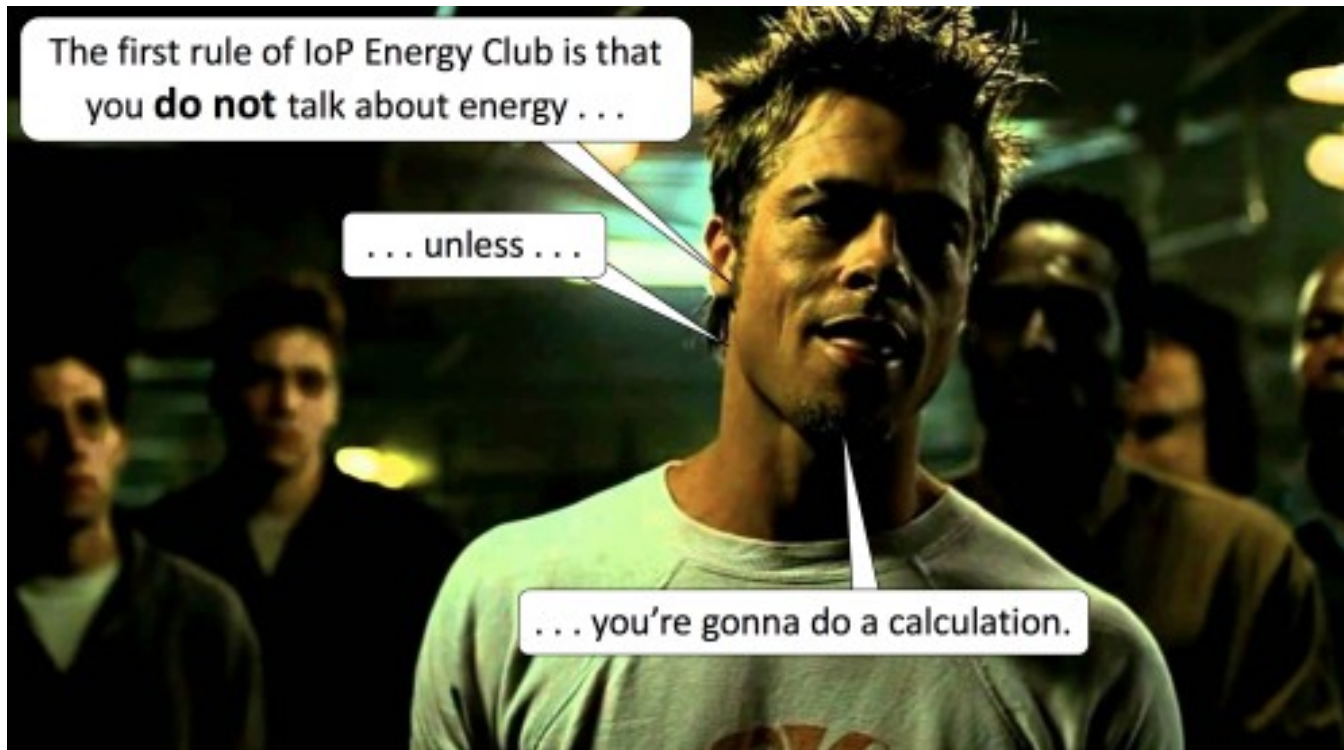
- energy transformation => 1 výskyt

Carbon dioxide and water form carbohydrates and oxygen. This reaction *transforms energy* from the sun into chemical energy.
(p. 95)

- transfer of energy => 23 výskytů
- kinds of energy => 0
- types of energy => 0
- heat energy => 0
- thermal energy => 0



Institute of Physics (IoP) – Energy group



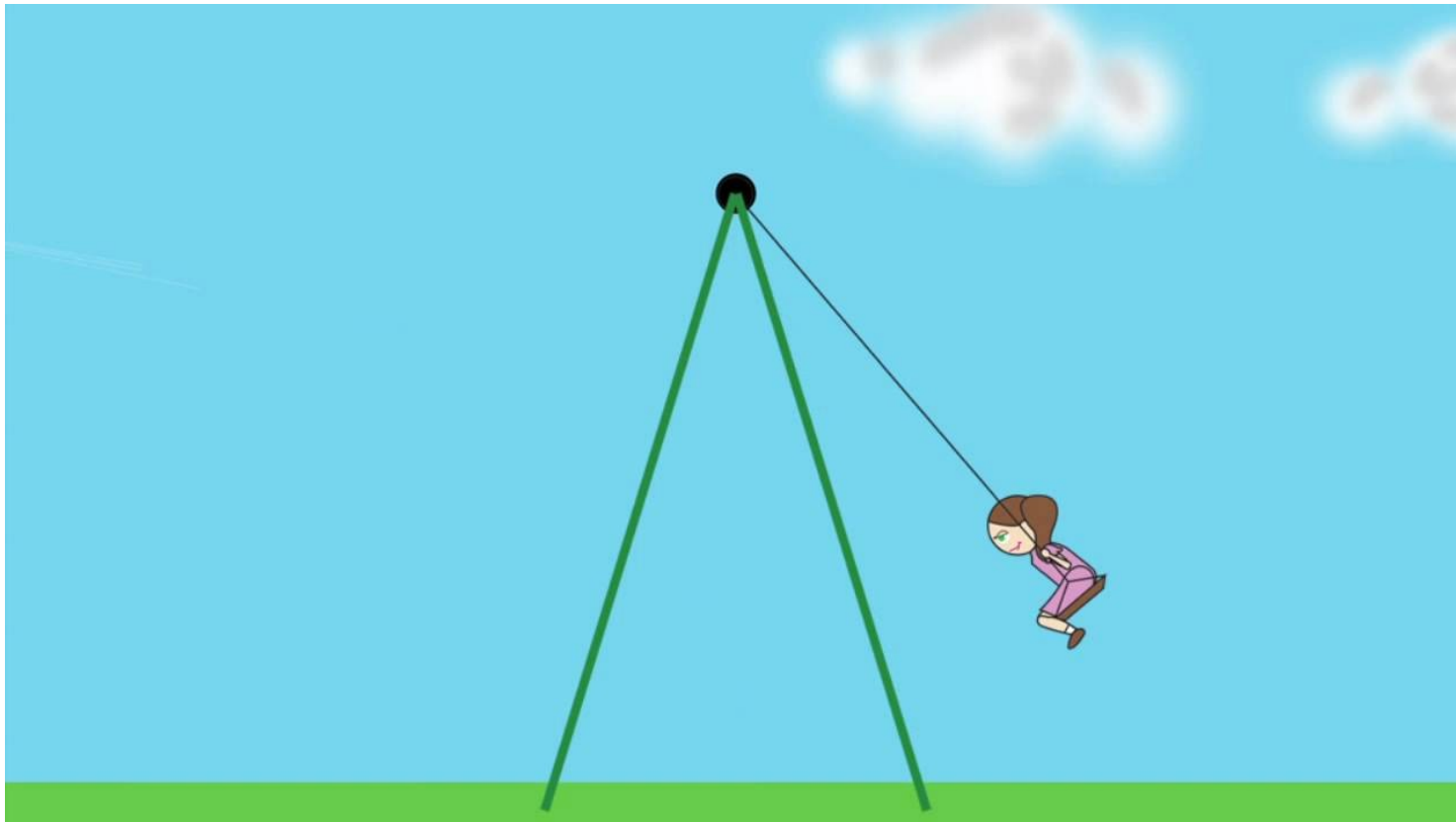
<http://www.iop.org/activity/groups/subject/energy/index.html>

<http://practicalphysics.org/helpful-language-energy-talk.html>

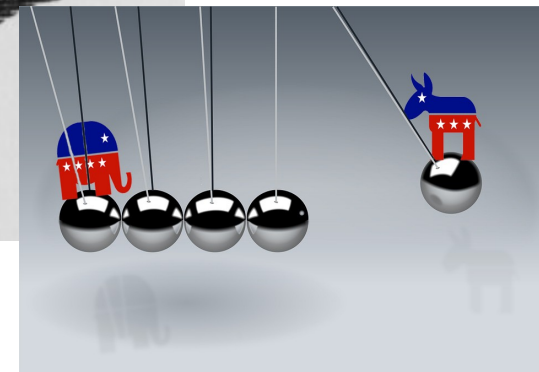
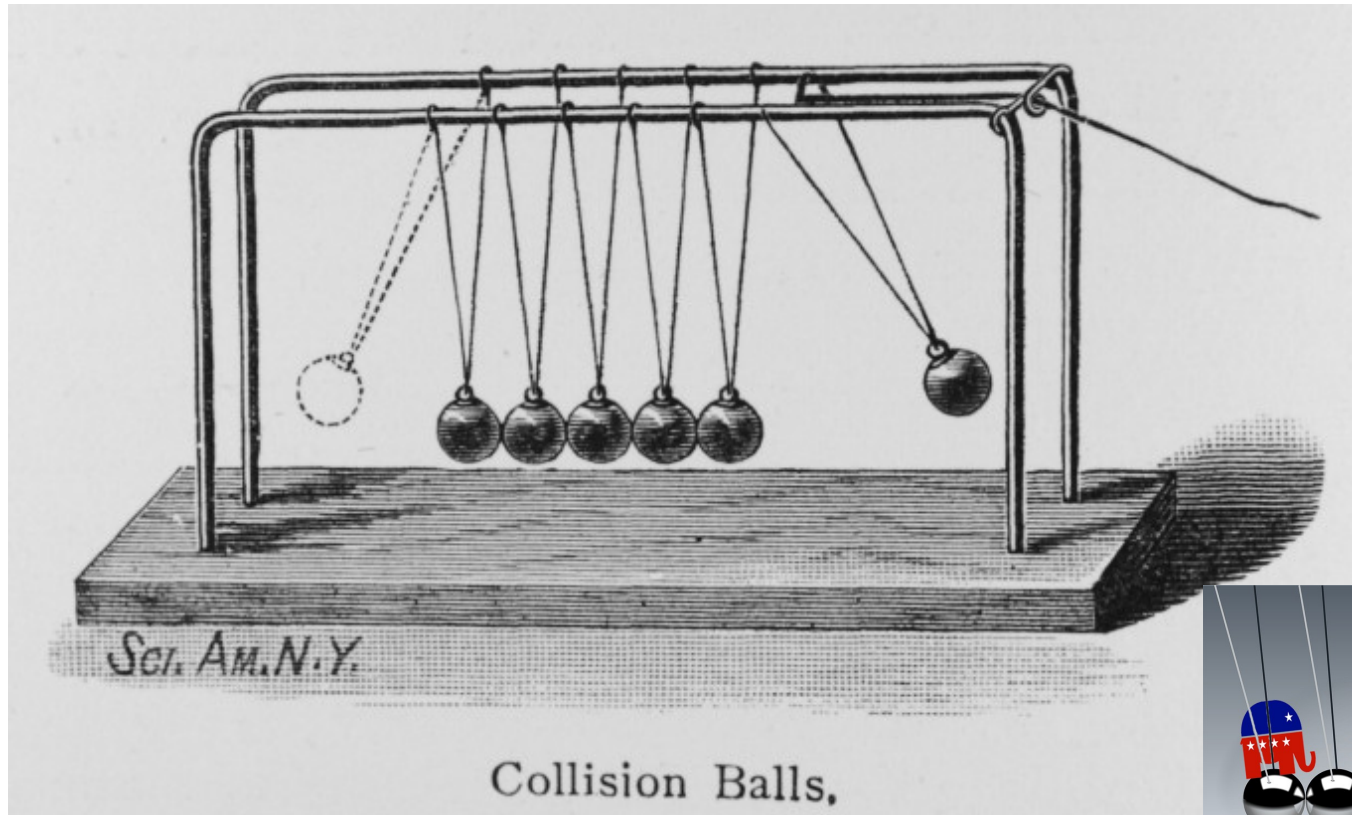
<https://emc2andallthat.wordpress.com/category/iop-energy-newspeak/>

<https://www.bbc.com/bitesize/topics/zycbsrd>
<https://www.bbc.com/bitesize/subjects/z2pfb9q>

Přeměna a přenos energie

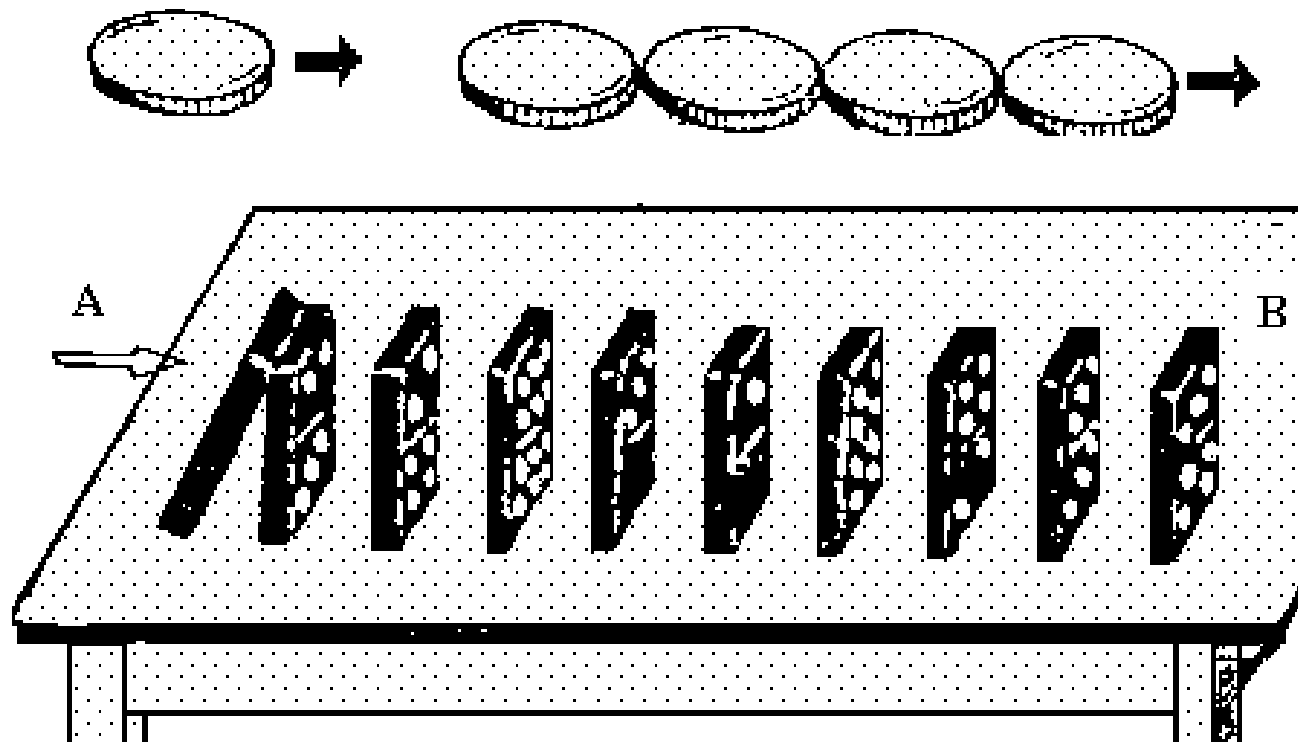


Přeměna a přenos energie

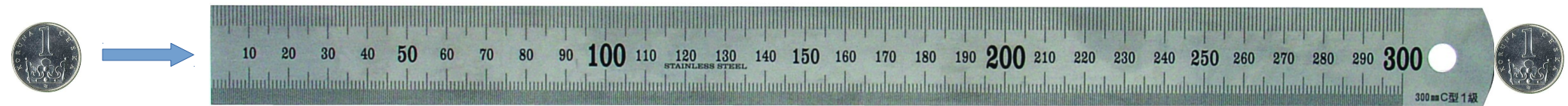


<https://www.youtube.com/watch?v=8dgyPRA86K0>
<https://www.youtube.com/watch?v=zr3pHOTMiKg>
<https://www.youtube.com/watch?v=L3oySo6W3I0>

Přeměna a přenos energie

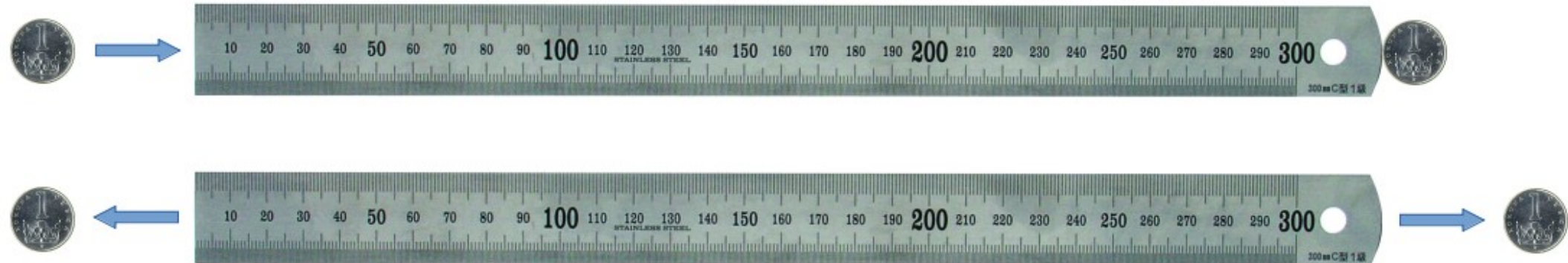


Přeměna a přenos energie



Jakou energii má při přenosu energie ocelové měřítko?

Přeměna a přenos energie



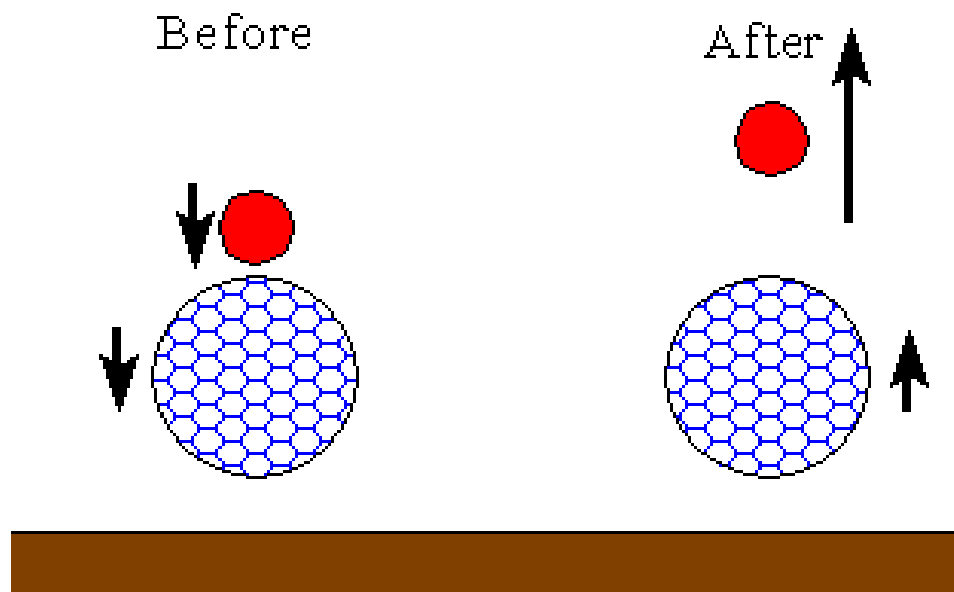
Jakou energii má při přenosu energie ocelové měřítko?

Přeměna a přenos energie

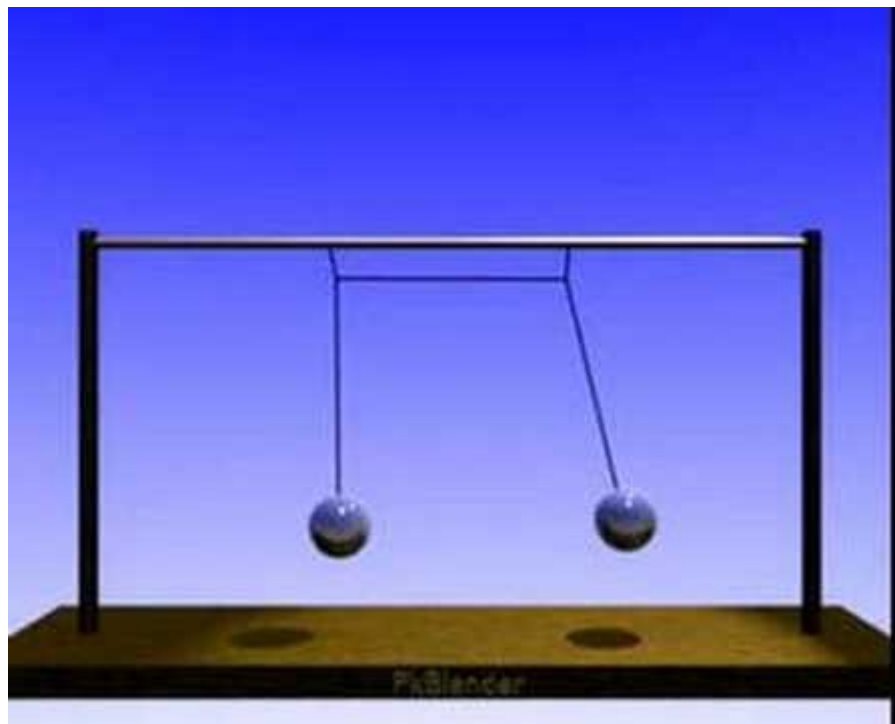


<https://www.youtube.com/watch?v=L0STrzpT70w>

Přeměna a přenos energie



Přeměna a přenos energie



<https://www.youtube.com/watch?v=8JhDbR7tDbg>
<https://www.youtube.com/watch?v=izy4a5erom8>

Přenos a přeměna energie

	přenos	přeměna	zachování
Srážka kulečnickových koulí – ihned po srážce	✓		✓
Srážka kulečnickových koulí – po několika sekundách, až se druhá koule zastaví	✓	✓	✓
Kyvadlo – jeden kyv bez odporu prostředí	?	✓	✓
Kyvadlo – po mnoha kmitech v odporovém prostředí	✓	✓	✓
Vázaná kyvadla	✓	✓	✓