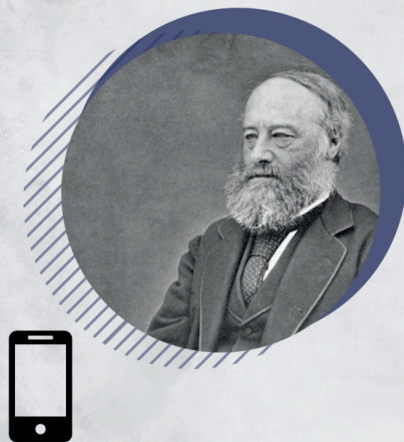




PRÁCA, VÝKON A ENERGIA



ARPHYMEDES



James Prescott Joule (1818-1889)

Výrazne ovplyvnil naše chápanie tepla a zachovania energie.

James Prescott Joule bol anglický fyzik, matematik a pivovarník, ktorý sa narodil v Salforde v Lancashire. Joule študoval povahu tepla a zistil, že teplo a mechanická práca spolu súvisia, čo znamená, že energia sa môže meniť z jednej formy na druhú. To viedlo k návrhu zákona zachovania energie, ktorý hovorí, že energiu nemožno vytvoriť ani zničiť, iba premieňať. Po ňom je pomenovaná jednotka energie, ktorá sa nazýva joule. Joule urobil aj ďalšie dôležité objavy, napríklad týkajúce sa pochopenia toho, ako elektrina prechádzajúca cez odpor produkuje teplo. Jeho experimenty boli publikované v roku 1843. Niektorí ľudia najskôr neverili Jouleovej práci, pretože závisela od veľmi presných meraní, ktoré v jeho dobe neboli bežné. Jouleho skúsenosti s pivovarníctvom a jeho prístup k praktickým technológiám mu však pomohli. Jouleove experimenty sa zhodovali s teóriami iného vedca menom Rudolf Clausius.

Fig. 35

Rudolf Clausius (1822-1888)

Tepelná energia bude vždy prúdiť z niečoho horúceho do niečoho chladnejšieho.

Rudolf Clausius bol nemecký fyzik a matematik, ktorý sa považuje za jedného z hlavných zakladateľov vedeckej oblasti termodynamiky. Vo svojom najdôležitejšom spise "On the Moving Force of Heat", publikovanom v roku 1850, prvýkrát prezentoval základné myšlienky druhého zákona termodynamiky. Druhý termodynamický zákon nám hovorí, že veci vo vesmíre majú tendenciu sa časom viac dezorganizovať. Je to ako keď si upratujete izbu, no postupne bude rozhádzaná. Tento zákon hovorí, že tepelná energia bude vždy prúdiť z niečoho horúceho do niečoho chladnejšieho a nepôjde prirodzene opačným smerom. Tiež nám hovorí, že nie je možné úplne premeniť tepelnú energiu na užitočnú prácu bez toho, aby sme počas toho nestratili nejakú energiu. Druhý zákon nám v podstate pripomína, že existujú hranice efektívnosti využívania energie v našom každodennom živote.

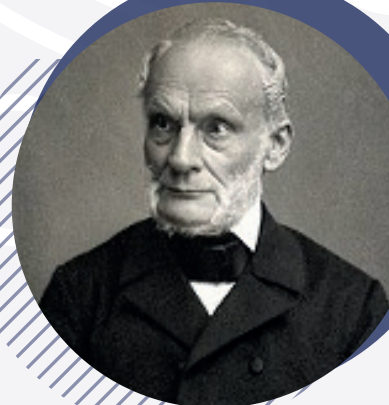
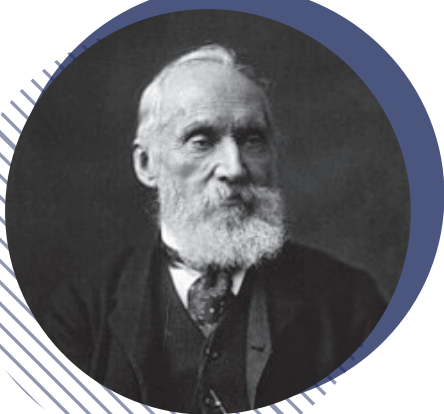


Fig. 36



William Thomson, 1. lord Kelvin (1824-1907)

Existencia najnižšej možnej teploty (absolútna nula).

William Thomson, známy aj ako Lord Kelvin, bol matematik, fyzik a inžinier z Belfastu. Bol profesorom viac ako 50 rokov a urobil dôležité objavy v matematickej analýze elektriny a termodynamiky. Lord Kelvin zohral veľkú úlohu pri spájaní rôznych odvetví fyziky a pri ich vzájomnej spolupráci. Dostal špeciálnu medailu od Kráľovskej spoločnosti a dokonca sa stal členom Snemovne lordov. Aby sme si ho uctili, používame na meranie teploty jednotku "kelvin". Kelvin je známy aj tým, že určil správnu hodnotu najchladnejšej možnej teploty ako $-273,15$ stupňov Celzia. Lord Kelvin mal tiež úlohu pri vývoji transatlantického telegrafného kábla, ktorý umožnil rýchlejšiu komunikáciu medzi Európou a Severnou Amerikou.

Fig. 37

Na tejto stránke nájdete niekoľko návrhov projektov, ktoré môžete vyskúšať v škole alebo doma. Ďalšie nájdete na sprievodnej webovej stránke.

Návrhy projektov:

1. Porovnajte účinnosť rôznych zariadení používaných na varenie 0,5 l vody.
2. Šetrí používanie úsporných zdrojov svetla energiu? Táto informácia je dôležitá pre zníženie mesačných platieb za elektrinu, keďže ide o významnú položku rodinného rozpočtu.
3. Porovnajte účinnosť rôznych domácich spotrebičov.
4. Vytvorte si vlastnú solárnu chladničku a rúru. Ak sa opýtate svojich rodičov alebo lepšie starých rodičov, môžu vám povedať viac o spôsoboch, ako udržiavali potraviny čerstvé v teplom počasí.
5. Otestujte dôveru spolužiakov vo fyziku pomocou zákona zachovania mechanickej energie.

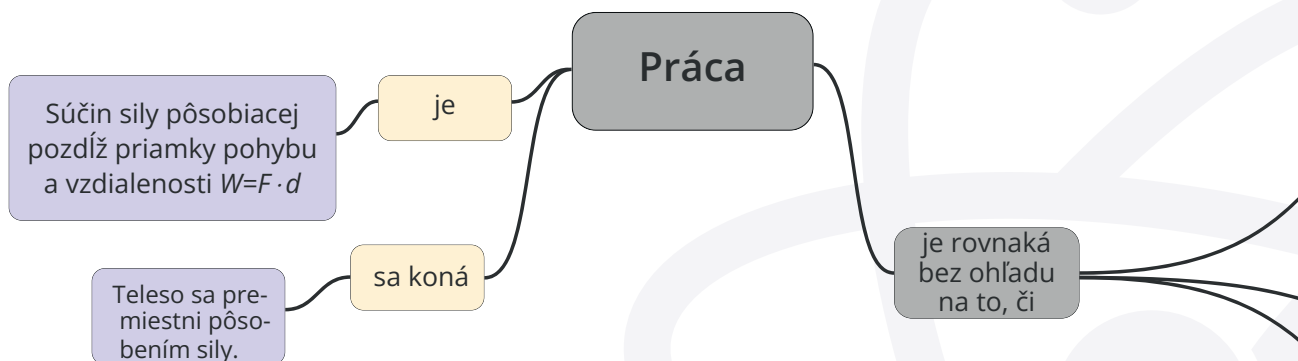
Technické aplikácie:

Energia mení svoju formu vždy, keď sa použije na vykonanie práce. Keď energia mení svoju formu, nazýva sa to transformácia energie.

K premenám energie dochádza všade vo vesmíre. Deje sa to neustále, pretože energiu nemožno vytvoriť ani zničiť.

S akými premenami energie sa denne stretávame v našom živote?

Práca, výkon a energia



Práca, výkon a energia sú veľmi dôležité pojmy pre každú oblasť fyziky. Zradné je, že tieto pojmy sa tak často používajú v každodennom živote, až sa ich významy vo fyzike často miešajú.

Vo fyzike platí, že sila vykonáva prácu, keď pôsobí na objekt, ktorý sa pohybuje na určitú vzdialenosť, pričom zložka sily pôsobí pozdĺž priamky pohybu. Silami sme sa podrobne zaoberali v kapitole Dynamika. Nechajme Arphyho, aby nám vysvetlil pojmy práca, výkon a energia.

Práca

$$W = F_x (x_f - x_i)$$

Pozrite si animáciu, v ktorej Arphy tlačí vozík.

Práca vykonaná Arphym pri tlačení vozíka z bodu A do bodu B

$$W_{AB} = F_{Arphy} (x_B - x_A)$$

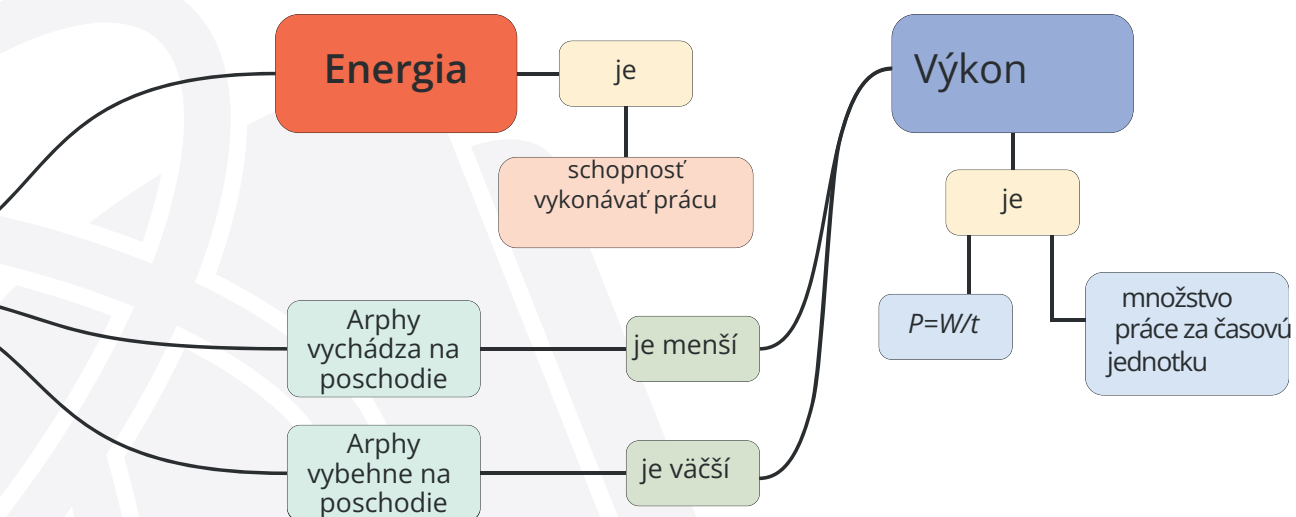
x_B - konečný bod

x_A - východiskový (počiatočný) bod

$(x_B - x_A)$ - prejdená vzdialenosť - d

Vaše pripomienky, otázky, postrehy.





Arphy má priateľa, ktorý mu pomáha tlačiť vozík. Pozrite si animáciu. Vykonaná práca sa vypočíta nasledovne.

$$W_{AB} = (F_{Arphy} + F_{friend})d$$

Vaše pripomienky, otázky, postrehy.

Medzi Arphym a jeho priateľom došlo k nezhodám pri tlačení vozíka. Pozrite si animáciu, ako to dopadlo.

$$W_{AB} = (F_{Arphy} - F_{friend})d$$

Obaja pôsobia rovnakou silou na vozík, ale ako uvidíte, výsledkom je, že vozík sa nepohne.

$$W_{AB} = F_{Arphy}d$$

Vaše pripomienky, otázky, postrehy.





Arphy teraz ťahá vozík konštantnou silou ale pod rôznymi uhlami. Sledujte animácie. Arphy ťahá konštantnou silou pod uhlom θ so smerom pohybu, kde práca vykonaná touto silou je vyjadrená

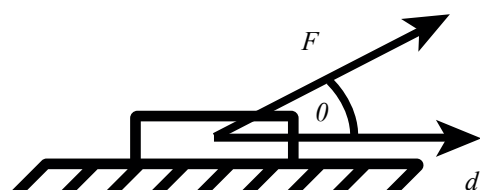
$$W = F_x (x_f - x_i) = (F \cos \theta) (x_f - x_i)$$

Musíme vypočítať zložku sily pozdĺž priamky pohybu. Môžeme to urobiť pomocou Pytagorovej vety alebo trigonometrickej funkcie kosínus. V tabuľke sú hodnoty najčastejšie sa vyskytujúcich uhlov.

Uhol (stupňov)	0	30	45	60	90	120	135	150	180
cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{\sqrt{2}}$	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	-1

Pri pohľade na tabuľku sú k dispozícii 4 možnosti.

1. Práca je kladná pri uhle od 0° do 90° .



2. Práca je záporná, ak je tento uhol od 90° do 180° .



Jedným z príkladov je trecia sila pôsobiaca vždy proti smeru pohybu.

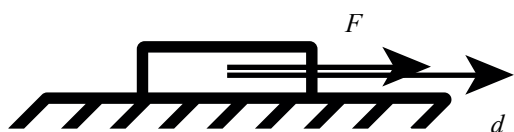


$$W = Fd \cos(180^\circ) \quad | \quad W = Fd (-1) \quad | \quad W = -Fd$$

V našich príkladoch sme však použili vozík s kolieskami, pri ktorom sme mohli zanedbať treciu silu.

3. Arphy vykoná maximálnu prácu, ak sila pôsobí v smere posunutia.

V takom prípade $\cos \theta = \cos 0^\circ = 1$. To je tiež dôvod, prečo radšej tlačíme ako ťaháme, keď je niečo naozaj ťažké. Tlačením môžeme uhol medzi silou a posunutím priblížiť k 0° .



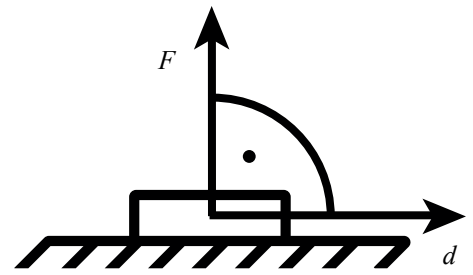
$$W = Fd \cos 0^\circ$$

vieme, že $\cos 0^\circ = 1$

$$W = Fd (1) \quad | \quad W = Fd$$

4. Ak je sila kolmá na posunutie, nie je vykonaná žiadna práca.

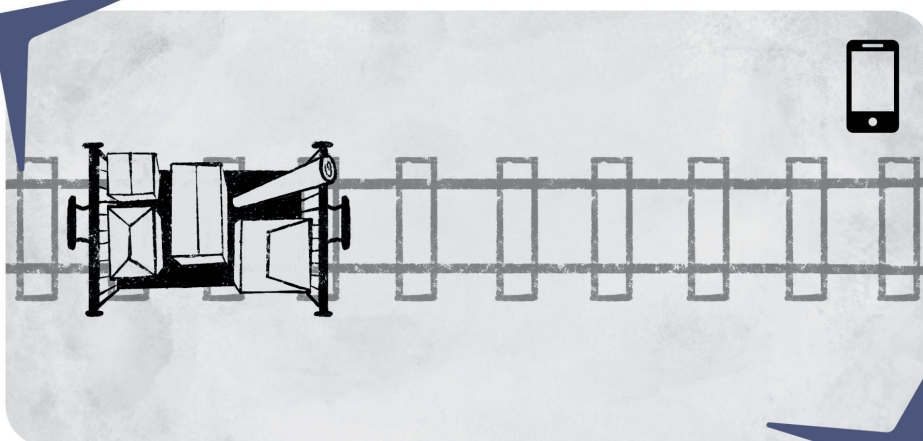
Ak stojí Arphy s ťažkou taškou na mieste, nevykonáva žiadnu prácu, avšak môže byť unavený po tom, čo dlhý čas stojí. V tomto prípade jeho aktivita nezahrňa fyzikálny pojem práce na objekte. Keď sedíte za stolom a usilovne sa učíte, z fyzikálneho hľadiska nevykonávate žiadnu prácu na objekte okrem toho, že otáčate stránky alebo si zapisujete.



Rovnica, ktorú si treba zapamätať, znie:

$$W_{AB} = F_{Arphy} (\cos\alpha) d$$

Vaše pripomienky, otázky, postrehy.



Ak pôsobí na priamke pohybu viac ako jedna sila, je potrebné urobiť súčet všetkých síl a potom vypočítať prácu výslednej sily. (V predchádzajúcom príklade sme si to uľahčili tým, že sme použili kolesá, takže sme mohli zanedbať trenie. Nezabudnite, že to môžeme urobiť, len pokiaľ je výsledok výpočtu v súlade s pozorovaním).

Keďže práca je súčinom sily a vzdialenosti, meria sa v jednotkách Newton metrov. 1 Newton meter (N·m) = 1 joule (J).
Veľkosť práce je jeden joule, keď silou jedného newtona premiestnime teleso o jeden meter v smere pôsobenia sily.

Zapamätajte si:

Prácu na objekte vykonávajú len zložky sily smerujúce pozdĺž priamky pohybu daného objektu.

Aby sila vykonala na objekte prácu, musí sa objekt pohybovať. Je to trochu odlišné od každodenného používania slova práca. Keď sa usilovne učíte do školy, práca sa v zmysle tohto pojmu vo fyzike vykonáva len pri pohybe ceruzky alebo pri otáčaní stránok knihy.

Kinetická energia

Z predchádzajúcej kapitoly o silách vieme, že vždy, keď výsledná sila nie je nulová, existuje zrýchlenie.

Pri tlačení alebo ťahaní vozíka z bodu A do bodu B sa práca vykonávala konštantnou, výslednou silou. Pomocou vzorcov pre silu

$F=ma$ a rýchlosť pre lineárny pohyb s konštantným zrýchlením $v=at$ vypočítame

$$W = Fd = mad = ma \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} ma^2 t^2 = \frac{1}{2} mv^2$$

To znamená, že ak vozík vychádza z bodu A s nulovou rýchlosťou, na konci bude mať kinetickú energiu

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

Ak má vozík na začiatku v bode A určitú rýchlosť - v_A a rýchlosť v bode B bude v_B , práca vykonaná Arphym bude potom

$$W = Fd = \frac{1}{2} mv_B^2 - \frac{1}{2} mv_A^2 = KE_B - KE_A$$



Energia

Odkiaľ pochádza schopnosť pracovať?

Jeme, tankujeme do auta benzín, kŕmime psy, kone....

Aby mohli telesá pri vzájomnom pôsobení síl vykonávať prácu, musia získať energiu.

Vo vede je energia veľmi dôležitý pojem. V čase, keď žil Isaac Newton, však nebol pojem energie známy, diskutovalo sa o ňom až v 50. rokoch 19. storočia. Vesmír sa skladá z dvoch vecí: hmoty a energie. Hmota je to, čo môžeme vidieť, čoho sa môžeme dotknúť a čo cítime a má hmotnosť. Na druhej strane, energia je abstraktnejšia, často si ju všímame až keď niečo robí. Napríklad, keď nám spadne jablko na hlavu a udrie nás, alebo keď energia zo Slnka zohrieva vodu, je to energia v činnosti. Energia je schopnosť vykonávať prácu, je to miera kapacity, potrebnej na vykonanie určitej činnosti. Keď sa práca vykonáva, dochádza k spotrebe energie. Práca a energia sú teda vzájomne prepojené. Existuje niekoľko druhov energie, ale všetky patria do dvoch hlavných kategórií. Jednou z nich je kinetická energia (KE), ktorá je spojená s pohybom objektu, druhou je potenciálna energia (PE), ktorá závisí od vzájomnej vzdialenosti alebo pozície objektov. Táto energia je akoby uskladnená a čaká na využitie. Energiu je tiež možné popísať v rôznych formách, ako napríklad tepelná energia, jadrová energia alebo energia vetra...

Toto sa nazýva veta o práci a energii. Práca vykonaná pri pôsobení Arphyho nejakou silou a premiestnení vozíka z bodu A do bodu B je kinetická energia v bode B, mínus kinetická energia v bode A. Keď je práca kladná, kinetická energia sa zvyšuje, keď je menšia ako nula, kinetická energia sa znižuje, ak je práca nulová, kinetická energia sa nemení. Existuje ešte jeden dôležitý zákon a to zákon zachovania energie, čo je pravidlo, ktoré hovorí, že energia nemôže vzniknúť ani zaniknúť ale môže sa transformovať z jednej formy do druhej.

Potenciálna energia

Objekt môže uchovať energiu vďaka svojej polohe. Energia, ktorá je uložená a udržiavaná v pohotovosti, sa nazýva potenciálna energia, lebo v uloženom stave má potenciál vykonávať prácu.

Odvoďme teraz výraz pre potenciálnu energiu, ktorá sa spája s objektom, umiestnenom nad povrchom Zeme.

Arphy zdvihol predmet s hmotnosťou m zo zeme do výšky h . Predpokladáme, že zdvíhanie sa uskutočňuje pomaly, bez zrýchlenia, takže sila ktorou Arphy pôsobí sa rovná veľkosti gravitačnej sily mg , pôsobiacej na objekt. Práca, vykonaná Arphym je:

$$W = F h, \text{ kde } h \text{ je vzdialenosť}$$

$$W = mgh \text{ a rovná sa získanej potenciálnej energii PE}$$

Jednotkou gravitačnej potenciálnej energie je joule, rovnako ako jednotka práce a kinetickej energie. Potenciálna energia, rovnako aj práca a kinetická energia, je skalárna veličina. Táto rovnica platí len pre objekty v blízkosti povrchu Zeme, kde je g približne konštantné. (Predpoklad, že g je konštantné platí, ak je vertikálny posun objektu v porovnaní s polomerom Zeme malý.)

Nasledujúci príklad nám pomôže pochopiť súvislosť medzi kinetickou a potenciálnou energiou.

Príklad 7

Arphy hodí kameň zo zeme (bod A) smerom nahor s určitou počiatočnou rýchlosťou. V opačnom smere k rastúcej výške pôsobí gravitačná sila. V určitom bode (B) sa kameň zastaví. Môžeme zistiť, do akej výšky sa dostane?

Jednoduchší spôsob výpočtu.

V bode A má kameň len kinetickú energiu

$$(1/2) mv^2$$



V najvyššom bode B sa kameň zastaví, a tak nemá žiadnu rýchlosť ani kinetickú energiu, všetko bolo premenené na potenciálnu energiu.

$$(1/2) mv^2 = mgh$$

Presnejší výpočet je nasledovný.

Práca vykonaná gravitáciou pri pohybe z bodu A do bodu B je:

$$W_{AB} = -mg(y_B - y_A) = -mgh \quad W_{AB} = KE_B - KE_A$$

V bode B sa objekt zastaví, teda $KE_B = 0$

$$\text{A tak } -mgh = 0 - KE_A = -(1/2) mv_A^2.$$

$$\text{Preto } h = v_A^2 / 2g.$$

Použijeme vyššie uvedenú formuláciu vety o práci a energii - $mg(y_B - y_A) = KE_B - KE_A$

$$\text{Zmeníme jej usporiadanie } mgy_B + KE_B = mgy_A + KE_A$$

Pre mgy - gravitačnú potenciálnu energiu - budeme používať pojem PE. Takto dostaneme

$$PE_B + KE_B = PE_A + KE_A = PE + KE$$

Súčet $PE + KE$ sa nazýva mechanická energia, ktorá sa v niektorých špecifických prípadoch zachováva. Môžeme ju použiť vždy, keď prácu vykonáva gravitačná sila.

Výkon

Definícia práce nehovorí nič o tom, ako dlho trvá, kým Arphy prinesie nákupnú tašku domov na tretie poschodie. Ale určite, keď sa rozhodol vybehnúť na tretie poschodie, cítil sa viac unavený. Aby sme pochopili tento rozdiel, musíme hovoriť o miere toho, ako rýchlo sa práca vykoná – čiže o výkone. Podobne ako práca, tak aj energia a výkon sú skalárne veličiny. Výkon **je** podľa definície **rýchlosť vykonávania práce alebo prenosu**.

$$P = \frac{W}{t}$$

Výkon sa meria v jouloch za sekundu (J/s). Pojem výkonu je taký dôležitý, že jednotka výkonu dostala vlastný názov watt -W. $1\text{ W} = 1\text{ J/s}$

Keď energetické spoločnosti predávajú elektrickú energiu, merajú predanú energiu v kWh. Robia to preto, lebo joule je pre ich účely veľmi malá a nepohodlná jednotka. $1\text{ kWh} = (1000\text{ J/s})(3600\text{ s}) = 3,6 \times 10^6\text{ J}$. Preto na účte za elektrinu čítame množstvo v kWh. Takmer denne počúvame o nutnosti šetriť energiu a využívať alternatívne zdroje. Ak máte záujem vypočítať si množstvo energie, ktoré spotrebujete vo svojej domácnosti, a ktoré spotrebiče sú najnáročnejšie na energiu, pozrite si webovú stránku. V každej krajine sú tabuľky, ktoré vám pomôžu urobiť rýchly odhad spotreby energie. Pripravili sme však pre vás niekoľko alternatívnych projektov.

Najskôr však, nakoľko už máme dostatok vedomostí, niekoľko príkladov spojených s prácou, výkonom a energiou.

Príklad:

Arphy zhodil na zem z výšky 10 m medicinbal (10 kg). Ako rýchlo sa lopta pohybovala, kým dopadla na zem?

Akou rýchlosťou by sa pohybovala dvakrát tak masívna guľa, keby bola zhodená z rovnakej výšky?

Riešenie

Príklad:

Arphy zhodil medicinbal (10 kg) z výšky 30 m (približne 10. poschodie). Tá sa odrazila od trampolíny a na spiatočnej ceste smerom nahor dosiahla 15 m.

Koľko energie sa "stratilo" a kam sa "stratila"?

Riešenie



Príklad:

Arphy tlačí autíčko s hmotnosťou 10 kg konštantnou rýchlosťou na vzdialenosť 10 m. Akú prácu urobil?

Aká je konečná kinetická energia auta?

Riešenie

Príklad:

Arphy zdvihol 10-kilogramovú škatuľu čokolády konštantnou rýchlosťou do výšky 10 m. Akú prácu urobil?

Koľko energie je uložené v krabici (v gravitačnom poli)?

Riešenie

Príklad:

Prečo ľudské telo potrebuje energiu?

Aj keď nevykonávame žiadnu fyzickú alebo duševnú prácu, potrebujeme energiu - na dýchanie, srdcovú frekvenciu, udržiavanie telesnej teploty - ktorú nazývame bazálna metabolická rýchlosť.

Dokážeme ju vypočítať.

Ženy: $(1,85 \times \text{výška v cm}) + (9,55 \times \text{hmotnosť v kg}) - (4,67 \times \text{vek})$ a pripočítajte 655 = bazálny metabolizmus v kcal.

Muži: $(5 \times \text{výška v cm}) + (13,6 \times \text{hmotnosť v kg}) - (6,7 \times \text{vek})$ a pripočítajte 66 = bazálny metabolizmus v kcal. Jednotka kcal sa používala aj predtým a stále sa používa v niektorých odporúčaniach, týkajúcich sa stravovania. $1 \text{ kcal} \times 4,18 = 1 \text{ kJ}$

Denne potrebujeme približne 6 - 7 500 kJ, čo znamená výkon 69 až 87 W ($P = \frac{W}{t} = \frac{6\,000\,000 \text{ J}}{24\,3600 \text{ s}} = 69 \text{ W}$)

Jednoduchou prácou sme minuli približne 10 000 kJ (výkon - 120 W) a športom až 20 000 kJ (výkon - 240 W).

Energia pochádza z potravy, ktorú konzumujeme.

Príklad:

Telo potrebuje približne 10 MJ denne. Predstavte si, že takéto množstvo dodáme vo forme potravy, ale okrem toho sa vydáme na dvojhodinovú cyklistickú túru. Metabolická hodnota tejto aktivity zodpovedá 7,6 W/kg. Koľko tuku spáli 50 kg človek, keď energetický ekvivalent tuku je 38,9 kJ/g.

$$W_1 = 10\,000\,000 \text{ J}$$

$$W_2 = 7,6 \text{ W/kg} \times 50 \text{ kg} \times 7200 \text{ s} = 2\,736\,000 \text{ J}$$

$$\text{Spolu } W_1 + W_2 = 12\,736\,000 \text{ J}$$

$$\text{Osoba stratí } 12\,736\,000 \text{ J} / 38\,900 \text{ J/g} = 70 \text{ g tuku}$$

Príklad:

Máme triedu s 30 žiakmi. Aký je výkon celej triedy, keď urobia jednoduchú prácu, a koľko hnedého uhlia s výhrevnosťou 17 000 kJ na kg bude potrebné na rovnaké množstvo energie? Jednoduchá práca znamená 120 W.

$30 \times 120 \text{ W} = 3,6 \text{ kW}$. Za jednu hodinu 3,6 kWh, znamená 3600. $3600 \text{ Ws} = 12\,900 \text{ kJ}$

To znamená, že budeme potrebovať $\frac{12\,900 \text{ kJ}}{17\,000 \text{ kJ}} = 0,76 \text{ kg}$ za hodinu.

Príklad:

Alpský nosič s hmotnosťou 80 kg nesie 3 hodiny 70 kg bremeno na trase dlhej 7 km . Aký je jeho výkon? Porovnajte ho s výkonom koňa - 746 W.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = \frac{mgd}{t} = \frac{(80+70)\text{kg} \cdot 10 \text{ m.s}^{-2} \cdot 7\,000\text{m}}{3.3600 \text{ s}} = 972,2 \text{ W}$$

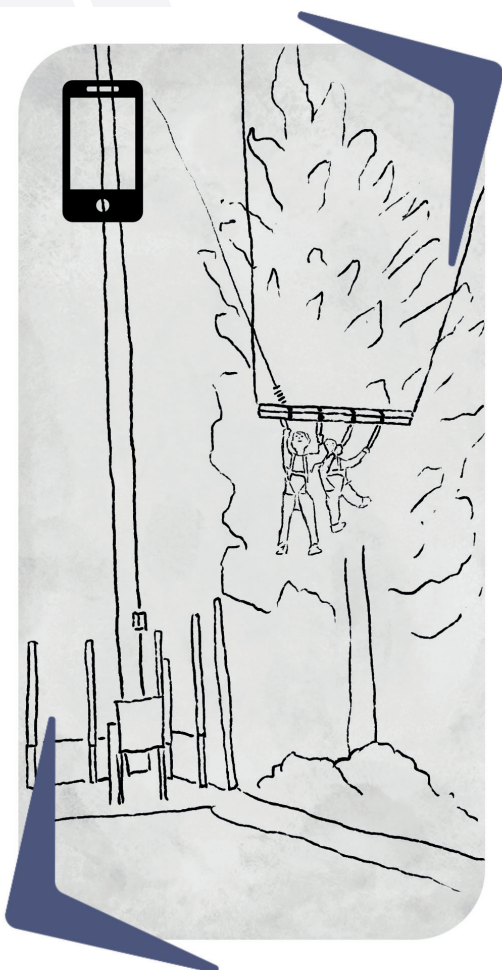
Približne dvakrát do roka si však majiteľ vysokohorskej chaty prenajme vrtuľník, ktorý mu privezie desiatky sudov piva, drevo na kúrenie a podobne. Zvyšok vecí dennej potreby nosia na chrbtoch nosiči. Pri prepočte platby za kilogramy sú nosiči drahší ako vrtuľník.



Príklad:

Tento príklad je zo zábavného parku Oravská Lesná. Najprv si pozrite video. Vašou úlohou bude:

1. Zistiť, akú potenciálnu energiu majú dievčatá na začiatku hojdania.
2. Zistiť, aká bude ich maximálna rýchlosť v najnižšej polohe.
3. Zistiť, aká je strata energie po dosiahnutí maximálnej výšky na druhej strane a kde je "stratená" energia.



Vykonajte vlastný výpočet podľa nasledujúcich krokov

Odhadnite výšku hojdačky. Hojdačku obsluhuje muž. Ak vezmeme do úvahy, že priemerná výška muža je 180 cm, výška hojdačky je: _____

Vzorec pre výpočet potenciálnej energie: _____

Kinetická energia: _____

Zákon zachovania mechanickej energie: _____

Rýchlosť v najnižšej polohe: _____

Pomocou rovnakého spôsobu odhadu určte najvyšší bod na druhej strane: _____

Vypočítajte potenciálnu energiu na druhej strane hojdačky: _____

Strata energie bola: _____

Stratená energia bola transformovaná na: _____



Teraz, keď ste urobili výpočet, môžete otestovať svojich spolužiakov vo fyzike. Urobte to pod dohľadom učiteľa alebo rodiča.

Potrebný materiál: 2 litrovú PET fľašu, silný špagát, asi 3-4 m a miesto na zavesenie fľaše.

Postup:



- Fľašu zavesť na také miesto, aby sa dokázala voľne hýbať vo vertikálnej rovine bez toho, aby do niečoho narazila.
- Naplňte fľašu vodou a zavesť ju.
- Poprosť spolužiaka, aby sa postavil tak, aby sa fľaša dotýkala jeho brady, keď je šnúrkou napätá.
- Požiadať ho, aby sa nehýbal.
- Postavte sa za neho, potiahnite fľašu smerom k jeho brade a uvoľnite ju.
- Podobne ako pri hýbaní, aj fľaša prejde cez najnižšiu polohu, vychýli sa na opačnú stranu od spolužiaka a vráti sa k nemu.
- Uistite sa, že sa spolužiak vôbec nehýbe.
- Toto je príklad zachovania mechanickej energie v praxi. Maximálny bod, ktorý môže fľaša dosiahnuť, je východisková poloha.

Zoznam zdrojov k použitým obrázkom

ČO JE FYZIKA

1. wikipedia - According to Lysippos – Jastrow (2006) Bust of Aristotle. Marble, Roman copy after a Greek bronze original by Lysippos from 330 BC; the alabaster mantle is a modern addition.
2. wikipedia - <http://collections.rmg.co.uk/collections/objects/14174.html>
3. wikipedia - Ferdinand Schmutzer ml. – <https://web.archive.org/web/20071026151415/http://www.anzenbergergallery.com/en/article/134.html> - Albert Einstein during a lecture in Vienna in 1921.
4. wikipedia - [https://en.wikipedia.org/wiki/Neil_deGrasse_Tyson#/media/File:Neil_deGrasse_Tyson_in_June_2017_\(cropped\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Neil_deGrasse_Tyson#/media/File:Neil_deGrasse_Tyson_in_June_2017_(cropped).jpg) - Trondheim 20.06.2017 : The science festival Starmus IV at NTNU, Trondheim, Norway. Stephen Hawking Science Medal Ceremony. Jean-Michel Jarre and Neil deGrasse Tyson receive the Stephen Hawking Science Medal. Photo: Thor Nielsen / NTNU
5. wikiwand - https://www.wikiwand.com/en/Brian_Greene
6. pexels - <https://www.pexels.com/sk-SK/photo/zviera-fotografie-zvierat-zijucich-vo-volnej-prirode-wildlife-koral-7001610/>
7. Azerbaijan_Stockers - Freepik.com - https://www.freepik.com/free-photo/wicker-basket-raw-organic-eggs-marble_13341566.htm

MECHANIKA KINEMATIKA

8. wikipedia- Nicole Oresme (1400-1420) Traité de la sphère; Aristote, De caelo et de mundo, traduction française par Nicole Oresme, p. 1r OCLC: 1177977521. First page of the book "Traité de l'espère". The miniature represents Nicole Oresme busy at his studies, with an armillary sphere in the foreground
9. wikipedia - according to Frans Hals – André Hatala [e.a.] (1997) De eeuw van Rembrandt, Bruxelles: Crédit communal de Belgique, ISBN 2-908388-32-4
10. wikipedia - Ambrose Tardieu – The Dibner collection at the Smithsonian Institution (USA)
11. freepik - https://www.freepik.com/free-photo/purple-ink-dissolve-glass-water-with-shadow-white-backdrop_3631039.htm
12. freepik - https://www.freepik.com/premium-photo/color-paper-plane-blue-background-business-competition-concept-top-view_21648433.htm
13. freepik - Free Vector | Free vector marine boats cruise sea travel yacht motor vessels flat icons set with jet cutter abstract isolated vector illustration (freepik.com)
14. freepik - Free Vector | Free vector cartoon character boy and girl playing seesaw on white (freepik.com)
15. freepik - Free Vector | Free vector solar system astronomy banner (freepik.com)
16. freepik - Free Vector | Free vector set of happy multiethnic preschool boys standing in different action (freepik.com)
17. freepik - Free Vector | Students in classroom (freepik.com)
18. Modified from freepik - Free Vector | Travel map infographic (freepik.com)
19. Modified from freepik - Free Vector | Free vector travel sale landing page (freepik.com)



MECHANIKA - DYNAMIKA

- 20. wikipedia - Caspar Netscher – <http://ressources2.techno.free.fr/informatique/sites/inventions/inventions.html> - https://cs.wikipedia.org/wiki/Christiaan_Huygens#/media/Soubor:Christiaan_Huygens-painting.jpeg
- 21. wikipedia - James Thronill after Sir Godfrey Kneller – <http://www.newton.cam.ac.uk/art/portrait.html>
- 22. wikipedia - Christoph Bernhard Francke – Herzog Anton Ulrich-Museum, online
- 23. freepik - Free Vector | Boy doing different activities on white (freepik.com)
- 24. freepik - Free Vector | Boy in gray shirt pushing the wall (freepik.com)
- 25. freepik - Free Vector | Levers simple machine science experiment (freepik.com)
- 26. freepik - Free Vector | Frictional force for science and physics education (freepik.com)
- 27. freepik - Free Vector | Skydiving amd extreme sports set (freepik.com)
- 28. freepik - Free Vector | Diagram showing magnetic force with attract and repel (freepik.com)
- 29. iconspng - <https://www.iconspng.com/images/geocentric-and-heliocentric-systems/geocentric-and-heliocentric-systems.jpg>
- 30. freepik - https://www.freepik.com/free-vector/german-battlefield-cannon_4258271.htm#query=da%20vinci%20cannon&position=0&from_view=search&track=ais

MECHANIKA TEKUTÍN

- 31. wikipedia - http://www.thocp.net/biographies/pascal_blaise.html (file) - Portrait of Blaise Pascal
- 32. wikipedia - Archimedes. Engraving from the book Les vrais pourtraits et vies des hommes illustres grecz, latins et payens (1586). <https://la.wikipedia.org/wiki/Archimedes> - Portrait of Archimedes
- 33- wikipedia - Unbekannt - This image is from the collection of the ETH-Bibliothek and has been published on Wikimedia Commons as part of a cooperation with Wikimedia CH.
- 34. wikipedia - Amédée Guillemin - The forces of nature: a popular introduction to the study of physical phenomena p. 69. An illustration of Pascal's barrel experiment

PRÁCA, VÝKON A ENERGIA

- 35. wikipedia - https://sk.wikipedia.org/wiki/James_Prescott_Joule Henry Roscoe – The Life & Experiences of Sir Henry Enfield Roscoe (Macmillan: London and New York), p. 120
- 36. wikipedia - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rudolf_Clausius_01.jpg - Picture taken by Theo Schafgans (1859–1907), Bonn; heliogravüre by Meisenbach, Riffarth & Co. Berlin. Scanned, image processed and uploaded by Kuebi = Armin Kübelbeck - Zeitschrift für Physikalische Chemie, Band 21, von 1896
- 37. wikipedia - https://sk.wikipedia.org/wiki/William_Thomson - Photo by Messrs. Dickinson, London, New Bond Street" (according to <http://www.sil.si.edu/DigitalCollections/hst/scientific-identity/fullsize/SIL14-T002-07a.jpg>) – Portrait of William Thomson, Baron Kelvin, Smithsonian Libraries



ARPHYMEDES

Kniha pre študentov

Ďakujeme Mihaita Emanuel Anton a Carmen Tita (Rumunsko) za významný prínos pri tvorbe 3D modelov, pomoc a prípravu grafických častí kapitol knihy, technikom z University of Ljubljana (Slovinsko) za podporu pri príprave niektorých experimentov a Ms Kait Tamm (Estónsko) za vynikajúcu prácu, súvisiacu s prekladmi materiálov projektu do estónčiny.

Tento dokument bol financovaný z Fondu stratégie vnútornej bezpečnosti Európskej únie. Obsah tohto dokumentu predstavuje len názory autorov, ktoré sú v ich výhradnej zodpovednosti. Európska komisia nepreberá žiadnu zodpovednosť za použité informácie, ktoré sú v ňom obsiahnuté.

Project AR physics made for students –
2020-1-SK01-KA201- 078391



ARPHYMEDES

