

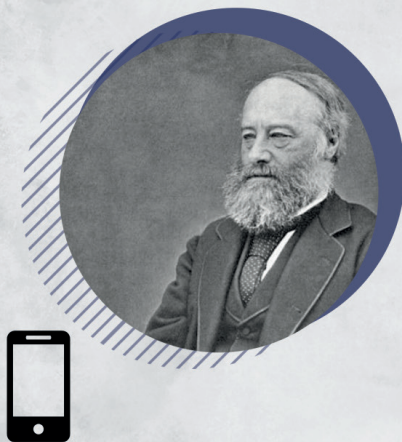


LUCRU MECANIC, PUTERE, ENERGIE



ARPHYMEDES

James Prescott Joule (1818-1889)



A avut un impact profund asupra înțelegerii noastre despre căldură și conservarea energiei.

James Prescott Joule a fost un fizician, matematician și berar englez, născut în Salford. Joule a studiat natura căldurii și a descoperit că lucrul mecanic și căldura sunt legate, ceea ce înseamnă că energia se poate schimba de la o formă la alta. Acest lucru a condus la legea conservării energiei, care spune că energia nu poate fi creată sau distrusă, ci doar transformată. Unitatea de energie, numită joule, poartă numele acestui fizician. Joule a făcut și alte descoperiri importante, cum ar fi înțelegerea modului în care electricitatea, care trece printr-un rezistor, produce căldură. Experimentele sale au fost publicate în 1843. Unii oameni nu au crezut în descoperirile lui Joule la început, deoarece depindeau de măsurători foarte precise, care nu erau obișnuite în vremea aceea. Dar experiența lui Joule în fabricarea berii și accesul său la procesele tehnologice din această industrie l-au ajutat. Experimentele lui Joule s-au potrivit cu teoriile unui alt om de știință pe nume Rudolf Clausius.

Fig. 35

Rudolf Clausius (1822-1888)

Energia termică va trece întotdeauna de la ceva cald la ceva mai rece.

Rudolf Clausius a fost un fizician și matematician german care este considerat unul dintre principalii fondatorii ai termodinamicii. În lucrarea sa cea mai importantă, „Asupra forței de mișcare a căldurii”, publicată în 1850, el a formulat pentru prima dată ideile de bază ale celei de-a doua legi a termodinamicii. A doua lege a termodinamicii ne spune că lucrurile din univers tind să devină mai dezorganizate în timp. Este ca atunci când îți cureți camera, dar treptat devine din nou dezordonată de la sine. Această lege spune că energia termică va fi transferată întotdeauna de la un corp fierbinte la unul mai rece și nu se va transfera în mod natural în direcția opusă. De asemenea, ne spune că este imposibil să convertim complet energia termică în lucru mecanic util fără a pierde ceva energie pe parcurs. Practic, a doua lege ne reamintește că există limite în ceea ce privește eficiența cu care putem folosi energia în viața de zi cu zi.

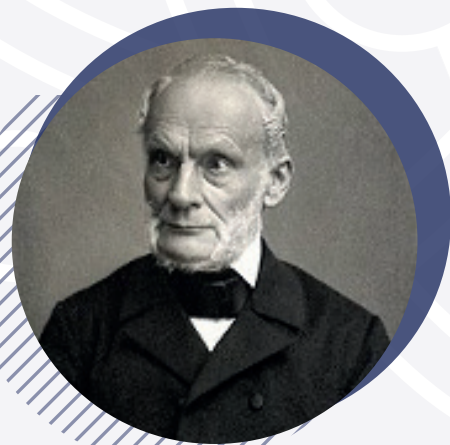


Fig. 36

William Thomson, primul Baron Kelvin (1824-1907)

Existența temperaturii cele mai scăzute posibile (zero absolut).

William Thomson, cunoscut și sub numele de Lord Kelvin, a fost un matematician, fizician și inginer din Belfast. A fost profesor peste 50 de ani și a făcut descoperiri importante în analiza matematică a electricității și termodinamicii. Lordul Kelvin a jucat un rol important în unificarea domeniilor fizicii în forma pe care o cunoaștem astăzi. A primit o medalie specială de la Royal Society și chiar a devenit membru al Camerei Lorzilor. Pentru a-l onora, folosim unitatea „kelvin” pentru a măsura temperatura. Kelvin este, de asemenea, cunoscut pentru determinarea valorii corecte a temperaturii cele mai reci posibile ca fiind de aproximativ $-273,15$ grade Celsius. Lordul Kelvin a avut și un rol în dezvoltarea cablului telegrafic transatlantic, care a permis o comunicare mai rapidă între Europa și America de Nord.

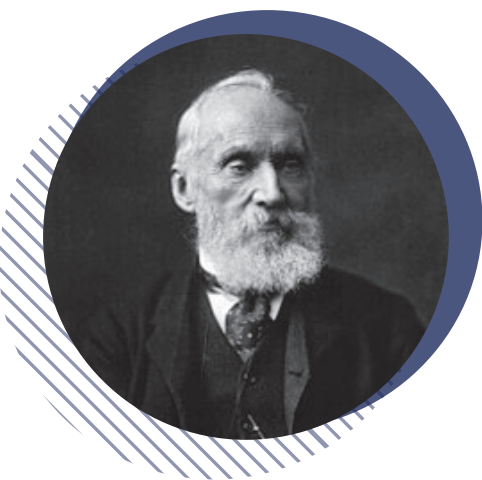


Fig. 37

Pe această pagină poți găsi câteva propuneri de proiecte pe care le poți face la școală sau acasă. Mai multe proiecte ca acestea poți găsi pe pagina web asociată.

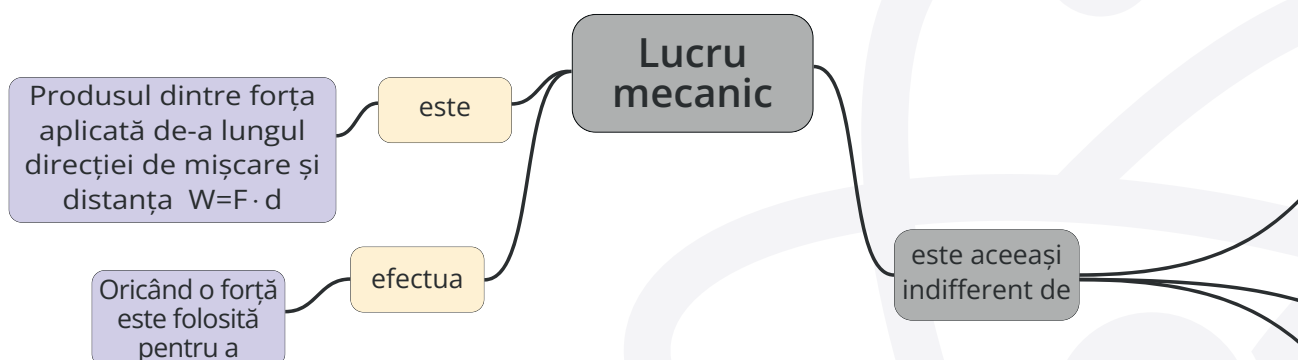
Propuneri de proiecte:

1. Compară eficiența diferitelor dispozitive folosite pentru fierberea apei.
2. Folosirea diferitelor surse de lumină duce la economisirea energiei? Această informație este importantă pentru a reduce facturile lunare la energia electrică și este o parte importantă a bugetului unei familii.
3. Compară eficiența diferitelor electrocasnice pe care le aveți acasă.
4. Fă-ți propriul frigider sau cuptor solar. Dacă îi întrebați pe părinții voștri, sau poate mai bine pe bunici, ei pot să vă povestească despre modul în care se păstra mâncarea în bune condiții în perioadele călduroase.
5. Testează încrederea colegului tău de clasă în fizică folosind legea conservării energiei mecanice.

Aplicații în tehnică:

Energia se schimbă de fiecare dată când este folosită pentru a efectua lucru mecanic. Când energia se schimbă, se numește transformare a energiei. Transformările energiei apar peste tot în univers. Se întâmplă tot timpul, pentru că energia nu poate fi creată sau distrusă.
Care sunt transformările energiei pe care le întâlnim în viața noastră de zi cu zi?

Lucru mecanic, putere, energie.



Lucrul mecanic, puterea și energia sunt concepte importante pentru toate domeniile fizicii. Partea ciudată este că aceste concepte sunt folosite atât de des în viața de zi cu zi încât de multe ori înțelesurile lor sunt amestecate cu înțelesul lor din fizică.

În fizică, o forță realizează lucru mecanic când acționează asupra unui corp care se deplasează pe o anumită distanță și când există o componentă care acționează în direcția mișcării. Am tratat forțele în detaliu în capitolul Dinamică. Acum, lasă-l pe Arphy să-ți explice termenii lucru mecanic, putere și energie cu următoarele exemple și animații.

Lucru mecanic

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

Urmărește animația în care Arphy împinge un cărucior.

Lucrul mecanic efectuate de Arphy împingând căruciorul din punctul A în punctul B

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

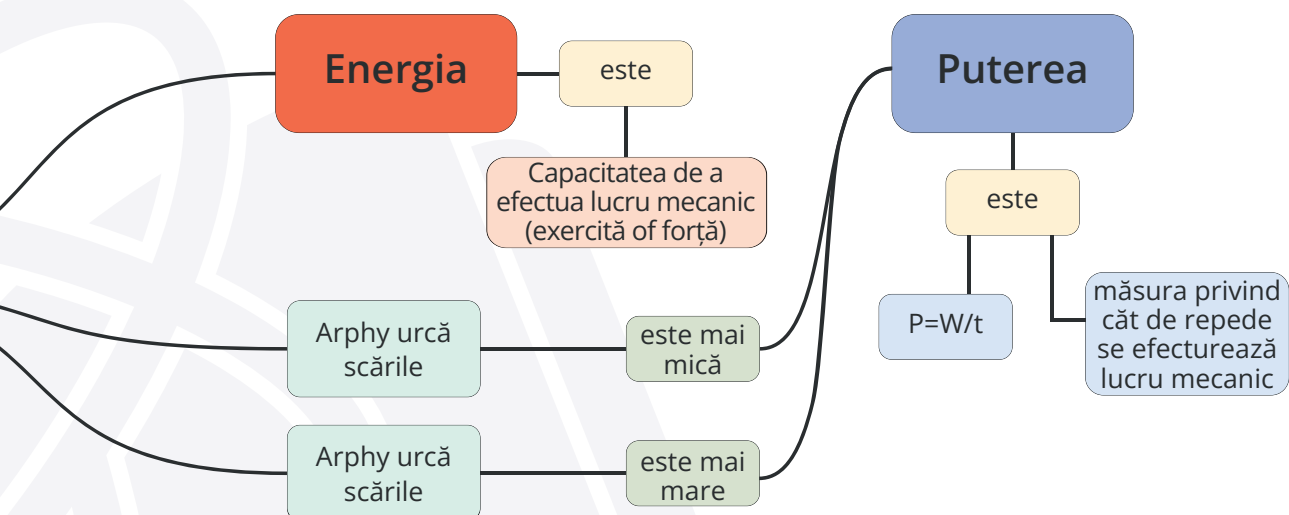
x_B - punctul final

x_A - punctul de pornire (inițial)

$(x_B - x_A)$ - distanța parcursă - d

Comentariile, întrebările și observațiile tale.





Arphy are un prieten dispus să-l ajute. Urmărește animația.
Lucrul mecanic efectuat va fi calculat după cum urmează.

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

Comentariile, întrebările și observațiile tale.

A existat un dezacord între Arphy și prietenul său. Ambii acționează cu aceeași forță asupra căruciorului. Urmărește animația.

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

Ambii acționează cu aceeași forță, dar după cum veți vedea rezultatul este că nu se mișcă căruciorul de loc.

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

Comentariile, întrebările și observațiile tale.





Acum Arphy trage căruciorul din diferite unghiuri. dar cu forță constantă. Urmărește animația.

Arphy trage cu forță constantă, la un unghi θ cu direcția de mișcare, munca făcută de aceasta forță este

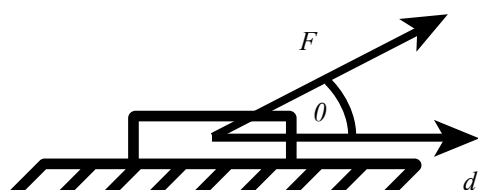
$$W = F_x (x_f - x_i) = (F \cos \theta) (x_f - x_i)$$

Trebuie să calculăm componenta forței de-a lungul liniei de mișcare. Putem să o facem folosind teorema lui Pitagora sau funcția trigonometrică cosinus. Valorile unghiurilor cele mai des întâlnite sunt date în tabel.

Unghiul (grade)	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

Privind la tabel, există 4 variante.

1. 1. Lucrul mecanic este pozitiv la un unghi între 0° și 90° .



2. Lucrul mecanic este negativ dacă acest unghi este între 90° și 180° .



Un exemplu este forța de frecare care acționează întotdeauna în sens opus direcției de mișcare.



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

Dar în exemplul nostru folosim un cărucior cu roți la care forța de frecare poate fi neglijată.

3. Arphy realizează un lucru mecanic maxim dacă forța este în direcția de deplasare.

În acest caz $\cos \theta = \cos 0^\circ = 1$. Acesta este și motivul pentru care mai degrabă împingem și apoi tragem un lucru dacă este foarte greu. Prin împingere putem face ca unghiul dintre forță și deplasare să fie aproape de 0° .



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

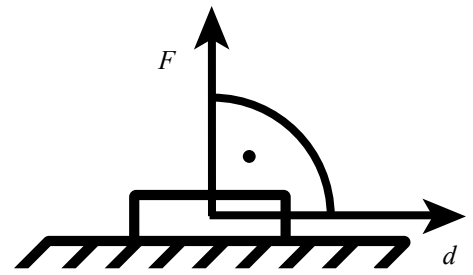
știm că $\cos 0^\circ = 1$

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

4. Dacă forța este perpendiculară pe direcția de deplasare, nu se efectuează lucru mecanic.

Arphy stă nemișcat cu o pungă grea, în acest caz nu se efectuează lucru mecanic.

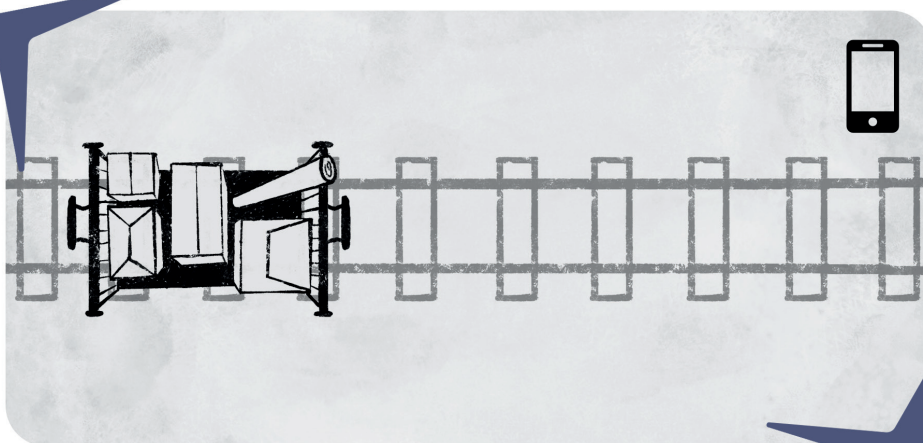
Deși Arphy poate deveni obosit după ce a stat mult timp în picioare, acest lucru nu implică conceptul fizic de lucru mecanic. Când stai la masă și studiezi din greu, din punct de vedere al fizicii nu faci niciun lucru mecanic, decât dacă întorci paginile, sau să îți iei notițe.



Ecuția de ținut minte este:

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

Comentariile, întrebările și observațiile tale.



Dacă există mai mult de o forță de-a lungul liniei de mișcare, trebuie să facem suma tuturor forțelor și apoi să calculăm lucrul mecanic al forței rezultante. (În exemplul anterior am ușurat deplasarea căruciorului prin utilizarea roților, astfel încât să putem neglija frecarea – un alt exemplu de simplificare. Amintiți-vă că putem face acest lucru atâta timp cât rezultatul calculului este în concordanță cu observația.)

Deoarece lucrul mecanic este produsul dintre forță și distanță, acesta se măsoară în unități de newtoni metri. 1 newton metru (N•m) = 1 joule (J).

Cantitatea de lucru mecanic este de un joule atunci când o forță de un newton deplasează un corp pe distanța de un metru în direcția forței.

Amintiți-vă următoarele:

Numai forțele direcționate de-a lungul liniei de mișcare ale unui obiect creează lucru mecanic asupra obiectului.

Pentru ca o forță să efectueze lucru mecanic asupra unui obiect, acesta trebuie să se deplaseze. Este oarecum diferit de ceea ce numim în mod obișnuit lucru (mecanic). Când studiem intens la școală, singurul lucru mecanic îl efectuăm când mișcăm creionul sau când dăm paginile unei cărți.

Energia cinetică

Din capitolul anterior despre forțe știm că oricând avem o forță care este diferită de zero, există o accelerație.

Împingând sau trăgând căruciorul din punctul A în B, munca se făcea cu o forță rezultantă constantă. Folosind formulele forței

$F=ma$ și a vitezei pentru mișcarea liniară cu accelerație constantă $v=at$

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

Rezultă că, pornind din punctul A cu viteză 0, La final, căruciorul va avea energia cinetică

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

Dacă acest cărucior are o viteză în punctul de pornire A - v_A și viteza în punctul B va fi v_B , lucrul mecanic efectuat de Arphy va fi atunci

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



Energie

De unde abilitatea de a lucra?

Mâncăm, alimentăm mașina cu benzină, hrănim câini, cai...

Pentru ca corpurile să poată efectua lucru mecanic atunci când forțele interacționează, ele trebuie să acumuleze energie.

Energia este o idee foarte importantă în știință. Conceptul de energie era necunoscut pe vremea când trăia Isaac Newton. Nu s-a discutat despre energie decât din anii 1850. Universul este format din două lucruri: materie și energie. Materia este ceea ce putem vedea, atinge și simți - are masă. Energia, pe de altă parte, este mai abstractă. Observăm adesea energie atunci când face ceva. De exemplu, când un măr cade și ne lovește, aceasta este energie în acțiune. Sau când energia Soarelui încălzește apa. Energia este ca abilitatea unui lucru de a efectua lucru mecanic. Este o măsură a capacității pe care o are ceva de a face lucrurile. Când munca este terminată, energia este consumată. Deci, munca și energia sunt conectate. Acolo sunt tipuri diferite de energie, dar toate se încadrează în două categorii principale. Una este energia cinetică (KE), care este legată de mișcarea unui obiect. Celălalt este energia potențială (PE), care este legată de modul în care obiectele sunt separate sau poziționate. Este ca energia stocată care așteaptă să fie folosită. S-ar putea să fi auzit și despre alte forme de energie precum energia termică, energia nucleară sau energia eoliană...

Și aceasta se numește teorema variației energiei mecanice. Lucrul mecanic făcut atunci când Arphy acționează cu o forță oarecare și mută căruciorul de la A la B este egal cu energia cinetică din punctul B minus energia cinetică din punctul A.

Dacă lucrul mecanic este pozitiv, atunci energia cinetică crește, dacă lucrul mecanic este mai mic decât zero, energia cinetică scade, dacă lucrul mecanic este zero, atunci nu există nicio modificare a energiei cinetice.

Există o altă lege importantă: Legea conservării energiei, este o regulă care afirmă că energia nu poate fi creată sau nu poate dispărea. În schimb, se poate transforma dintr-o formă în alta. De această lege ne vom ocupa mai târziu.

Energia potențială

Un obiect poate stoca energie datorită poziției sale. Energia care este stocată și menținută gata de a fi utilizată se numește energie potențială, deoarece în starea stocată are potențialul de a efectua lucru mecanic.

Să deducem acum o expresie pentru energia potențială asociată cu un obiect într-un punct aflat deasupra suprafeței Pământului.

Arphy a ridicat un obiect de masă m de la sol la înălțimea h . Presupunem că ridicarea se face lent, fără accelerație, astfel încât forța aplicată de Arphy este egală ca mărime cu forța gravitațională mg asupra obiectului. Lucrul mecanic realizat de Arphy este:

$$W = F h, \text{ unde } h \text{ este distanța}$$

$$W = mgh \text{ și este egală cu energia potențială câștigată PE}$$

Unitatea de măsură pentru energia potențială gravitațională este Joule, la fel ca unitatea pentru lucrul mecanic și cea pentru energia cinetică. Energia potențială, precum lucrul mecanic și energia cinetică, este o mărime scalară. Această ecuație este valabilă numai pentru obiecte aproape de suprafața Pământului, unde g este aproximativ constantă. (Presupunerea că g este constantă este valabilă dacă deplasarea verticală a obiectului este mică comparativ cu raza Pământului.)

Următorul exemplu ne va ajuta să înțelegem legătura dintre energia cinetică și cea potențială.
Exemplul 7

Arphy aruncă o piatră în sus de la nivelul pământului (punctul A) cu o viteză inițială. În direcția opusă creșterii înălțimii acționează forța gravitațională. La un moment dat (B) piatra se va opri. Putem afla înălțimea la care va ajunge?

Mod mai simplu de calcul.

În punctul A piatra are doar energie cinetică

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



În cel mai înalt punct B piatra se oprește și deci nu are viteză și nici energie cinetică, totul a fost transformat în energie potențială.

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

Calculul mai precis este următorul.

Lucrul efectuat de gravitație la deplasarea din punctul A în punctul B este așadar

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

În punctul B obiectul se oprește, astfel că $KE_B = 0$

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

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

Să folosim cele scrise mai sus pentru a formula legea variației energiei mecanice

$$-mg(y_B - y_A) = KE_B - KE_A$$

$$\text{O vom rearanja } mgy_B + KE_B = mgy_A + KE_A$$

Pentru mgy – energia potențială gravitațională – vom folosi termenul PE. Astfel obținem

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

Suma $PE + KE$ este numită energie mecanică și ea se conserve în anumite cazuri specifice. O putem folosi ori de câte ori lucrul mecanic este efectuat de forța gravitațională

PUTERE

Definiția lucrului mecanic nu ne spune nimic despre cât timp îi ia lui Arphy să ducă sacul de cumpărături acasă la etajul al treilea. Dar cu siguranță dacă urcă la etaj alergând, când va ajunge sus se va simți mai obosit. Pentru a înțelege această diferență, trebuie să vorbim despre o măsură ce ne arată cât de repede se realizează lucrul mecanic.

Prin definiție, puterea este **cantitatea de energie schimbată în unitatea de timp**.

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

Unitatea de măsură pentru putere este joule pe secundă (J/s). Conceptul de putere este atât de important încât a primit propria unitate de măsură, watt-ul. $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$.

Când companiile de utilități vând energie electrică, ele măsoară energia vândută în kWh. Ei fac acest lucru deoarece joule este o unitate foarte mică și incomodă pentru scopurile lor. $1 \text{ kWh} = (1000 \text{ J/s}) (3600 \text{ s}) = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$. Prin urmare, pe factura de energie electrică citim cantitatea în kWh. Auzim aproape zilnic despre necesitatea de a economisi energia, de a folosi surse alternative de energie. Dacă ești interesat să calculezi cantitatea de energie pe care o utilizează familia ta în gospodărie și care aparate sunt cele mai mari consumatoare de energie, consultă pagina web.

Există foi de calcul în fiecare țară care te pot ajuta să faci câteva estimări rapide ale consumului de energie. Totuși, ți-am pregătit câteva proiecte alternative.

Dar în primul rând, pentru că acum ai suficiente cunoștințe, vei găsi acolo exemple legate de lucru mecanic, putere și energie.

Exemplu:

Arphy a scăpat mingea medicinală (10 kg) pe podea de la înălțimea de 10 m.

Cât de repede se mișcă mingea înainte să lovească podeaua?

Cât de repede s-ar mișca o minge de două ori mai mare când ar fi aruncată de la aceeași înălțime?

Soluție

Exemplu:

Arphy a aruncat o minge medicinală (10 kg) de la înălțimea de 30 m (aproximativ etajul 10). S-a lovit de o trambulină și s-a întors ajungând la înălțimea de 15 m.

Câtă energie s-a pierdut și unde crezi că s-a dus?

Soluție



Exemplu:

Arphy împinge o mașină de jucărie de 10 kg cu o viteză constantă pe o distanță de 10 m.
Cât lucru mecanic a efectuat?
Care este energia cinetică finală a mașinii?

Soluție**Exemplu:**

Arphy a ridicat o cutie de 10 kg de ciocolată cu o viteză constantă până la înălțimea de 10 m.
Cât lucru mecanic a efectuat?
Câtă energie este stocată în cutie (în câmpul gravitațional).

Soluție**Exemplu:**

De ce are nevoie corpul uman de energie?

Chiar dacă nu facem nicio muncă fizică sau mentală, avem nevoie de energie - pentru respirație, ritm cardiac, menținerea temperaturii corpului - o numim rata metabolică de bază.

O putem calcula..

Femei: $(1.85 \times \text{înălțimea în cm}) + (9.55 \times \text{greutatea în kg}) - (4.67 \times \text{vârsta})$ și adăugați 655 = rata metabolică de bază în kcal.

Bărbați: $(5 \times \text{înălțimea în cm}) + (13,6 \times \text{greutatea în kg}) - (6,7 \times \text{vârsta})$ și adăugați 66 = rata metabolică de bază în kcal. Unitatea de kcal a fost folosită înainte și este încă folosită în unele recomandări de dietă. $1 \text{ kcal} \times 4.18 = 1 \text{ kJ}$

Avem nevoie zilnic de aproximativ 6 - 7,500 kJ, ceea ce înseamnă o putere de la 69 la 87 W

$$(P = \frac{W}{t} = \frac{6\,000\,000\text{ J}}{24\,3600\text{ s}} = 69\text{ W})$$

Într-o activitate ușoară am consumăm aproximativ 10 000 kJ (Power - 120 W) și atunci când facem sport până la 20 000 kJ (Power - 240 W).

Energia provine din alimentele pe care le consumăm.

Exemplu:

Corpul are nevoie de aproximativ 10 MJ pe zi. Imaginează-ți că furnizăm o astfel de cantitate sub formă de mâncare, dar în plus, mergi într-o cursă cu bicicleta timp de două ore. Valoarea metabolică corespunzătoare acestei activități este de 7,6 W.kg⁻¹. Câtă grăsime va arde o persoană de 50 kg dacă echivalentul energetic al grăsimii este de 38,9 kJ/g. $W1 = 10\,000\,000\text{ J}$

$$W2 = 7,6\text{ W} / \text{kg} \times 50\text{ kg} \times 7200\text{ s} = 2\,736\,000\text{ J.}$$

$$\text{Împreună } W1 + W2 = 12\,736\,000\text{ J.}$$

$$\text{Persoana va pierde } 12\,736\,000\text{ J} / 38\,900\text{ J/g} = 70\text{ g de grăsime}$$

Exemplu:

Avem o clasă cu 30 de elevi. Care este puterea întregii clase, când fac o activitate ușoară și cât cărbune de tip lignit cu putere calorică de 17 000 kJ pe kg va fi necesar pentru aceeași putere?

O activitate ușoară înseamnă 120W.

$30 \cdot 120W = 3,6 \text{ kW}$. Într-o oră 3,6 kWh și asta înseamnă 3600. $3600 \text{ Ws} = 12\,900 \text{ kJ}$

Înseamnă că vom avea nevoie de $\frac{12\,900 \text{ kJ}}{17\,000 \text{ kJ}} = 0,76 \text{ kg}$ pe oră.

Exemplu:

Un cărăuș alpin (care transportă provizii pentru o cabană) cu o greutate de 80 kg, va transporta 70 kg pe un traseu de 7 kilometri în 3 ore. Care este puterea lui. Comparați această valoare cu valoarea unui cal putere – 746 W.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = \frac{mgd}{t} = \frac{(80+70)\text{kg} \cdot 10 \text{ m} \cdot 7\,000\text{m}}{3 \cdot 3600 \text{ s}} = 972,2 \text{ W}$$

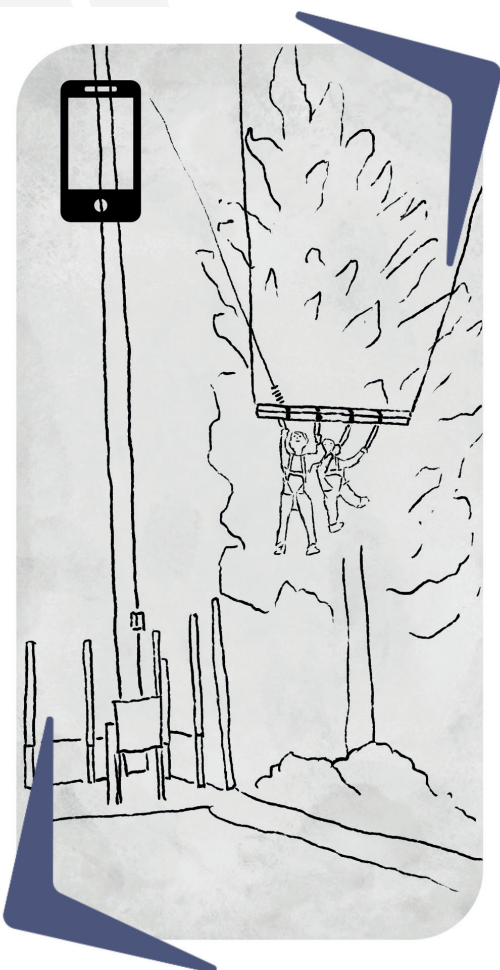
Dar de vreo două ori pe an, proprietarul cabanei alpine închiriază un elicopter, care îi aduce zeci de butoaie de bere, lemne pentru încălzire și alte lucruri asemănătoare. Restul nevoilor zilnice sunt purtate pe spate de cărăuși. La calcularea plății pentru kilograme aduse, cărăușii alpini sunt mult mai scumpi decât un elicopter.



Exemplu:

Acest exemplu este din parcul de distracții Funny Park Oravská Lesná. Urmărește mai întâi videoclipul. Sarcina ta va fi:

1. Să afli energia potențială pe care o au fetele la începutul legănatului?
2. Care va fi viteza lor maximă în poziția cea mai joasă?
3. Care este pierderea de energie după atingerea înălțimii maxime pe cealaltă parte și unde este energia „pierdută”?



Fă-ți propriul calcul urmând pașii

Estimează înălțimea leagănelui. Există un bărbat care împinge leagănel. Considerând înălțimea medie a unui bărbat de 180 cm, înălțimea leagănelui este: _____

Formula de calcul pentru energia potențială: _____

Energia cinetică: _____

Legea conservării energiei mecanice: _____

Viteza în poziția cea mai joasă: _____

Folosind același mod de estimare, determinați cel mai înalt punct de pe partea opusă: _____

Calculați energia potențială în partea cealaltă a balansului: _____

Pierderea de energie a fost: _____

Energia pierdută a fost transformată în: _____



Acum, când ai făcut calculul, poți testa aprecierea cunoștințelor tale în fizică de către colegii tăi. Fă-o numai sub supravegherea unui profesor sau a unui părinte.

Material necesar: sticla PET de 2 litri, sfoara tare, aproximativ 3-4 m și un loc de agățat sticla. Acest exemplu este din Fun

Procedură:



- Agăț sticla într-un astfel de loc încât sticla să se poată balansa liber într-un plan vertical fără a lovi nimic.
- Umple sticla cu apă și agăț-o.
- Roagă colegul de clasă să stea în picioare astfel încât sticla să îi atingă bărbia atunci când sfoara este strânsă.
- Avertizează-l să nu se miște.
- Stai în spatele lui, trage sticla spre bărbie și eliberează-o.
- Similar cu leagănul din exemplu, sticla trece prin poziția sa cea mai de jos, se deviază în partea opusă față de colegul de clasă și se întoarce la el.
- Asigură-te că colegul de clasă nu se mișcă deloc.
- Acesta este un exemplu de conservare a energiei mecanice în practică. Punctul maxim pe care îl poate atinge sticla este poziția de pornire.

Cifre multumiri

CE ESTE FIZICA

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

MECANICĂ CINEMATICĂ

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)



MECANICA - DINAMICA

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

MECANICA FLUIDELOR

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

MUNCA, PUTERE, ENERGIE

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

Caietul elevului

Adresăm mulțumiri lui Mihaita Emanuel Anton și Carmen Tita pentru contribuția lor semnificativă la realizarea modelelor 3D și pentru contribuția la pregătirea inițială a părților grafice ale capitolelor cărții. De asemenea, dorim să mulțumim tehnicienilor de la UL pentru sprijinul acordat la unele experimente și L'ubicei Vareckova pentru traducerea textului în slovacă. Peeter Mürsepp îi recunoaște doamnei Kait Tamm munca sa excelentă de traducere a materialelor proiectului în estonă.

Acest document a fost finanțat de Fondul pentru Securitate Internă al Uniunii Europene - Poliție. Conținutul acestui document reprezintă doar punctul de vedere al autorilor și este responsabilitatea exclusivă a acestora. Comisia Europeană nu își asumă nicio responsabilitate privind eventuala utilizare a informațiilor pe care acesta le conține.

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



ARPHYMEDES

