

ФИЗИКА 2012

Понедељак, 29 Октобар, 2012

1. Рад
2. Кинетичка енергија
3. Потенцијална енергија
 1. Конзервативне силе и потенцијална енергија
 2. Неконзервативне силе. Отворени системи
4. Закон одржања енергије
5. Снага
 1. Енергетика
 2. Рад, енергија и снага људи. Ефикасност
6. Импулс. Закон одржања импулса
 1. Импулс и други Њутнов закон
 2. Закон одржања импулса

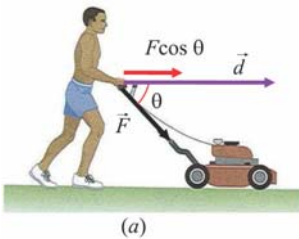
1

Рад

- Свакодневни појам – нешто је тешко урадити
- У физици – пренос енергије са тела на тело или прелазак енергије из једног облика у други.
- Да би био извршен рад - мора да постоји сила.

2

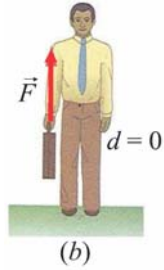
Рад константне силе над системом =
 $F d \cos \theta$



3

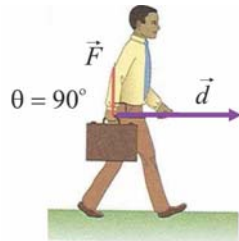
Рад константне силе над системом = $F d \cos \theta$

- Када стојимо рад је нула, али се умарамо држећи терет. Зашто?
- Мишићи се контрахују и опуштају.



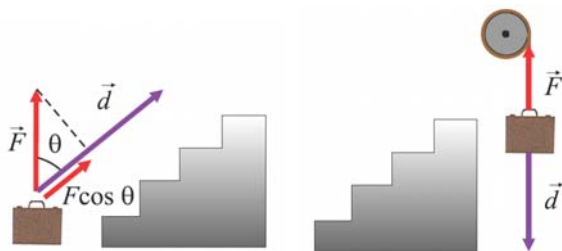
4

- Када се крећемо по хоризонталу рад је опет нула јер нема промене висине у пољу Земљине теже.
- Угао између силе и помераја је прав па је косинус једнак нули.



5

Промена енергије тела услед извршеног рада и обрнуто



6

Још о раду

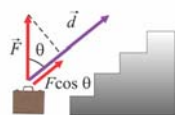
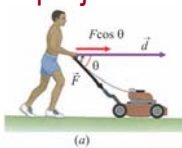
- Скаларна величина

| | |
|----|--------------------|
| | Јединица за рад |
| SI | Џул(joule) (J=N m) |

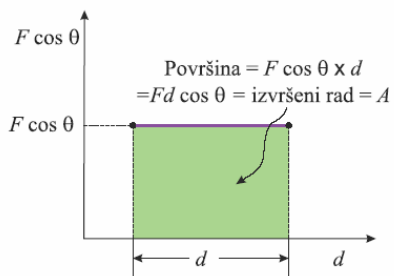
- Ако на тело делује више сила, укупан рад је једнак алгебарском збиру рада извршеног појединачним силама

Кинетичка енергија

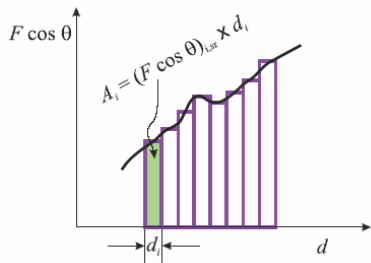
- Шта се дешава када се изврши рад над системом?
- Предаје му се нека енергија.
- Зависи од ситуације
 - Ако тело наставља при том да се креће константном брзином – енергија се троши на кретање и савладавање силе трења - косачица.
 - Кофер при подизању добија енергију која може да се користи за вршење рада - потенцијална



Рад константне силе



Рад силе која није константна



10

Рад константне силе

- 1 димензија,
 - тело је било у x_0 и имало брзину v_0
- сила дуж брзине тела – убрзава га додатно
- рад на померању од x_0 до x где је $d = x - x_0$
 $A = Fd$
- 2. Њутнов закон
 $ma = F$
 $A = m a d$

11

Рад константне силе и кинетичка енергија

- формула из кинематике
 $v^2 = v_0^2 + 2ad$
 $a = (v^2 - v_0^2) / (2d)$
- Замена у израз за рад
 $A = md(v^2 - v_0^2) / (2d)$
- Након сређивања
 $A = mv^2/2 - mv_0^2/2$
- **Теорема о раду и енергији** – извршени рад једнак је промени величине $mv^2/2$ (кинетичка енергија тела = E_k) – енергија коју има тело услед кретања.

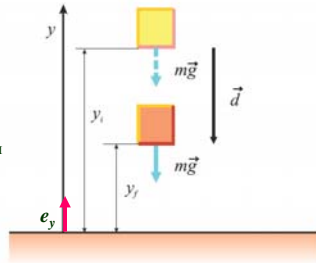
12

Гравитациона потенцијална енергија

- $\vec{m}\vec{g} = -mg \vec{e}_y$
- $\vec{d} = (y_f - y_i) \vec{e}_y$
- $A_g = \vec{F}\vec{d} = Fd\cos\theta$, $\theta = 0^\circ$
- $A_g = -mg \vec{e}_y (y_f - y_i) \vec{e}_y = mgy_f - mgy_i$
- $E_p = mgy$ – гравитациона потенцијална енергија
- коцки је расла брзина, тиме и кинетичка енергија – док јој се потенцијална смањивала

$$A_g = E_{pf} - E_{pi} = -(E_{pf} - E_{pi})$$

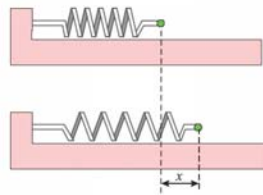
$$A_g = -\Delta E_p$$



13

Потенцијална енергија еластичних деформација

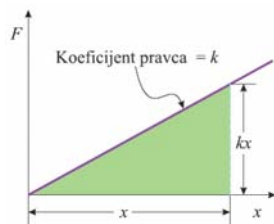
- Хуков закон
- $F = k\Delta l = kx$



14

Потенцијална енергија еластичних деформација

- Сила **линеарно** расте од 0 до kx
- Средња вредност силе је $F = kx/2$
- Рад је (површина троугла на слици)
- $A = Fd = kx/2 \cdot x = kx^2/2$
- Рад је прешао у потенцијалну енергију деформисане опруге
- $E_p = kx^2/2$



15

Конзервативне силе и потенцијална енергија

- Ако се опруга истегне од x_i до x_f , рад над њом је

$$A = \frac{kx_f^2}{2} - \frac{kx_i^2}{2}, \quad E_p = kx^2/2$$

- Рад извршен над опругом је једнак разлици потенцијалних енергија

$$A_{nad} = E_{pf} - E_{pi}.$$

16

Конзервативне силе и потенцијална енергија

- Деформисање опруге изазива у њој појаву еластичних сила – супротно усмерених онима које деформишу опругу.
- Ако је била растегнута, њен рад, при релаксирању до равнотежног положаја

$$A_{опруге} = \frac{1}{2}kx^2,$$

- Ова рад је једнак негативном прираштају потенцијалне енергије

$$A = -\Delta E_p.$$

$$E_{pf} = 0 \text{ а } E_{pi} = kx^2/2.$$

17

Конзервативне силе и потенцијална енергија

- И рад гравитационе и силе еластичности зависи само од крајње и почетне тачке путање - а не и од начина како се дошло од једне до друге.
- Силе са том особином се називају **конзервативне**.
- Када се поклопе почетна и крајња тачка - рад је 0.
- Теорема о раду и енергији за конзервативне силе ($A=A_c$)

$$A_c = \Delta E_k = E_{kf} - E_{ki}.$$

18

Конзервативне силе и потенцијална енергија

- Рад се врши на рачун нагомилане потенцијалне

$$-\Delta E_p = \Delta E_k \quad \Rightarrow \quad \Delta E_k + \Delta E_p = 0.$$

$$E_{kf} - E_{ki} + E_{pf} - E_{pi} = 0$$

$$E_{ki} + E_{pi} = E_{kf} + E_{pf}.$$

19

Конзервативне силе и потенцијална енергија

- Рад се врши на рачун нагомилане потенцијалне

$$-\Delta E_p = \Delta E_k \quad \Rightarrow \quad \Delta E_k + \Delta E_p = 0.$$

$$E_{kf} - E_{ki} + E_{pf} - E_{pi} = 0$$

$$E_{ki} + E_{pi} = E_{kf} + E_{pf}.$$

- Почетни и крајњи тренутак су произвољни
 $E_k + E_p = \text{const.}$
- Закон одржања енергије – за случај када на систем делују само конзервативне силе - збир кинетичке и потенцијалне енергије у систему је константан.
- Такав систем се назива **затворен**.
- (Јер му се укупна енергија не мења са временом)

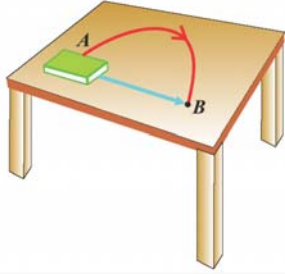
20

Неконзервативне силе. Отворени системи

- Конзервативне силе.
 - Рад не зависи од облика путање
 - Механичка енергија се одржава - конзервише
 - Системи су затворени.
- Друга класа сила су неконзервативне.
 - Рад зависи од облика путање
 - Механичка енергија се не одржава
 - Системи су отворени.

21

Неконзервативне силе. Отворени системи

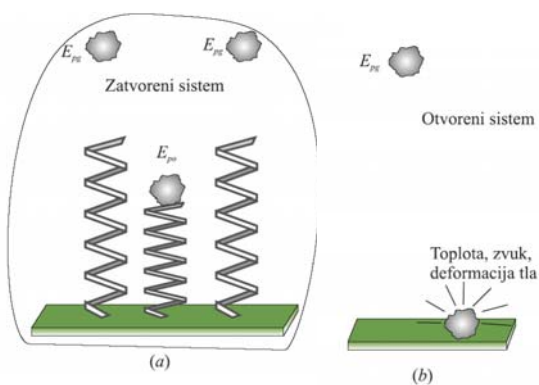


22

Неконзервативне силе. Отворени системи

- При раду неконзервативних сила систему се или додаје или одузима енергија
- При трењу се загрева површина - кинетичка енергија прелази у топлоту која напушта систем.
- Аутомобил који кочи - потребно је да изгуби механичку енергију да би се зауставио.

23



24

Неконзервативне силе. Теорема о раду и енергији

- Кад постоје и неконзервативне силе рад је збир.

$$A = A_c + A_{nc}.$$

$$A_c + A_{nc} = \Delta E_k,$$

$$A_{nc} = \Delta E_k + \Delta E_p.$$

- Кад постоје и неконзервативне силе, укупна механичка енергија се мења за износ рада управо тих сила

25

Закон одржања енергије

- Укупна енергија је константна у сваком процесу. Она може да мења облик и да прелази из система у систем, али у целини остаје једнака током времена.
- E_r – остале форме енергије (авион – кинетичка услед кретања, потенцијална јер је на некој висини, неконз. сила отпора вадуха, "остале" форме – топлота која се ослобађа при сагоревању керозина)

$$A_{nc} = \Delta E_k + \Delta E_p.$$

- Општа форма закона одржања енергије

$$E_{ki} + E_{pi} + A_{nc} + E_{ri} = E_{kf} + E_{pf} + E_{rf}.$$

26

Снага

- снага – снажан човек, мотор, ...
- снажни мотори за краће време убрзају ауто до жељене брзине и за то троше више енергије у јединици времена.

- Снага – брзина вршења рада

$$P = \frac{A}{t}.$$

- СИ јединица - Ват

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3.$$

$$1 \text{ KS} = 746 \text{ W}$$

Сијалица од 60 W троши 60 J сваке секунде

27

Снага

- До Земље долази са Сунца $1,2 \text{ kW/m}^2$.
- Ефикасност при преласку енергије из једног облика у други никад није 100%
- Сијалица са ужареном нити
 - Од 60 W, само 5W је светлосна енергија
 - Остатак је ...?
- Електрана
 - конвертује 35-40% горива у електричну енергију
 - Остатак ?

28

Потрошња електричне енергије

- Ако су познате снаге уређаја у домаћинству P
- Утрошена енергија је

$$E = Pt.$$

- На рачунима је утрошена (електрична) енергија у kWh.

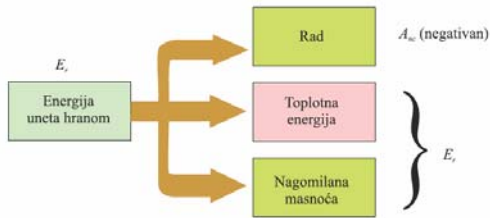
29

Рад, енергија и снага људи

- у људском организму се одвијају трансфери енергија из једног облика у друге
- храном унета енергија иде на
 - рад, топлотну и хемијску енергију (гомила се у масним наслагама)
 - око 5% хране бива неискоришћено и избацује се из организма.
- Рад људског тела
 - користан рад –
 - на другим телите – померање.
 - Промена положаја нашег тела
 - унутрашњи рад – рад органа (срца, желуца, плућа, бубрега, ..)

30

Силе којима делујемо су неконзервативне - мењају укупну механичку енергију тела



Slika 4.9: Energija koju unose živa bića hranom se transformiše u rad, toplotu i masne naslage. Daleko najveći deo odlazi na toplotu, a tačan odnos ovih oblika energije zavisi od fizičke aktivnosti.

Ефикасност

- Енергетска ефикасност: однос извршеног корисног рада и унете енергије

$$E_{ef} = \frac{A_{iz}}{E_u}$$

- извршени рад – форма енергије – енергија добијена на основу хране-енергије унете у тело

$$E_{ef} = \frac{E_d}{E_u}$$

- подели се временом и добија се однос добијене и унете снаге

$$E_{ef} = \frac{P_d}{P_u}$$

| Aktivnost/uredjaj | Efikasnost (%) |
|------------------------------------|----------------|
| Vožnja bicikle i penjanje uz uspon | 20 |
| Plivanje po površini vode | 2 |
| Plivanje pod vodom | 4 |
| Kopanje ašovom | 3 |
| Dizanje tegova | 9 |
| Parna mašina | 17 |
| Benzinski motor | 30 |
| Dizel motor | 35 |
| Nuklearna elektrana | 35 |
| Termoelektrana | 42 |

Tabela 4.3: Efikasnost ljudskog tela i nekih mehaničkih uredjaja.

Ефикасност људског тела

- последица ефикасности мишића у конвертовању енергије добијене храном у користан рад
 - сам мишић: 25-30%
 - реално је мања јер функционише у склопу тела
- Храна спада у “остале” врсте енергије
- приликом варења прелази у друге облике
- Троши се и кисеоник па се потрошња енергије при активностима може везати и за потрошњу кисеоника

34

| Aktivnost | E/t [kcal/min] | E/t [W] | O_2 [l/min] |
|---------------------------------|------------------|-----------|---------------|
| Spavanje | 1,2 | 83 | 0,24 |
| Sedenje | 1,7 | 120 | 0,34 |
| Stajanje | 1,8 | 125 | 0,36 |
| Sedenje u učionici | 3,0 | 210 | 0,60 |
| Šetanje (4,8 km/h) | 3,8 | 265 | 0,76 |
| Vožnja bicikle (13-18 km/h) | 5,7 | 400 | 1,14 |
| Drhtanje | 6,1 | 425 | 1,21 |
| Igranje tenisa | 6,3 | 440 | 1,26 |
| Prsno plivanje | 6,8 | 475 | 1,36 |
| Klizanje na ledu (14,5 km/h) | 7,8 | 545 | 1,56 |
| Penjanje uz stepenice (116/min) | 9,8 | 685 | 1,96 |
| Vožnja bicikle (21 km/h) | 10,0 | 700 | 2,00 |
| Kros trčanje | 10,6 | 740 | 2,12 |
| Igranje košarke | 11,4 | 800 | 2,28 |
| Vožnja bicikle (trke) | 26,5 | 1855 | 5,30 |
| Sprintanje | 34,5 | 2415 | 6,90 |

Tabela 4.4: Utrošak energije i kiseonika (O_2) u jedinici vremena. Podaci su dati za prosečnog čoveka mase 76 kg.

Утрошак енергије у људском телу

- све активности организма захтевају енергију
 - при спавању – активности мишића срца, дигестивног тракта, плућа, ...
 - бубрези и јетра,
 - око 25% унете енергије се троши на одржавање електричног потенцијала у ћелијама

36

Импулс

- Импулс (количина кретања) и 2. Њутнов закон

$$\vec{p} = m\vec{v}, \quad \vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$$

- Ова форма је општија од раније јер обухвата и случај кретања тела променљиве масе

$$\Delta p = \Delta(m\vec{v}) \quad \Delta(m\vec{v}) = m\Delta\vec{v} \quad \vec{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m\Delta v}{\Delta t}$$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

37

Закон одржања импулса

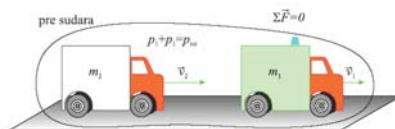
- ефекат деловања силе на неко тело зависи и од њеног интензитета (и правца и смера) и од тога колико дуго делује на тело.

$$\Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t$$

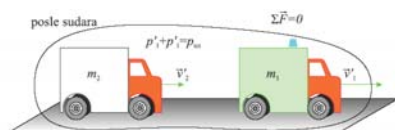
- Импулс силе је једнак промени импулса тела

38

други камион се креће брже од првог, сустиже га и удара



другом камиону се смањи брзина а првом повећа



39

- промене импулса првог и другог камиона су

$$\Delta p_1 = F_1 \Delta t, \quad \Delta p_2 = F_2 \Delta t$$

- 3. Њутнов закон

$$F_2 = -F_1$$

$$\Delta p_2 = -F_1 \Delta t = -\Delta p_1 \quad \Rightarrow \quad \Delta p_1 + \Delta p_2 = 0,$$

- закон одржања импулса

$$p_1 + p_2 = \text{const}$$

$$p_1 + p_2 = p_1' + p_2'$$

- Укупан импулс затвореног система се не мења са временом

$$\vec{p}_{\text{tot}} = \text{const}$$

$$\vec{p}_{\text{tot}} = \vec{p}'_{\text{tot}}$$
