

# ФИЗИКА

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

---

---

---

---

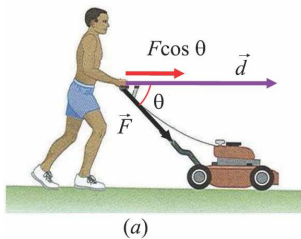
---

---

---

---

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



3

---

---

---

---

---

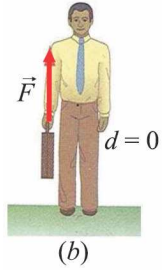
---

---

---

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

---

---

---

---

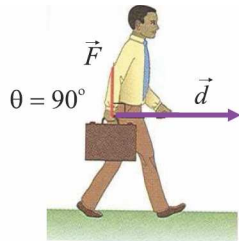
---

---

---

---

- Када се крећемо по хоризонтални 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

---

---

---

---

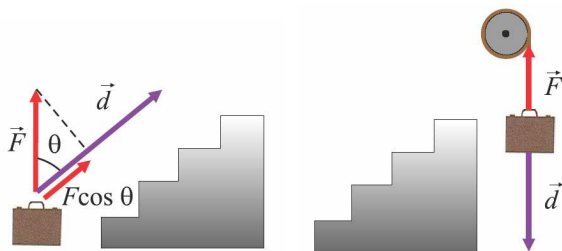
---

---

---

---

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

25 Октобар 2010

Физика 2010

7

---

---

---

---

---

---

---

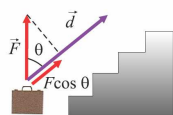
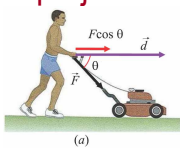
---

---

---

## 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



8

---

---

---

---

---

---

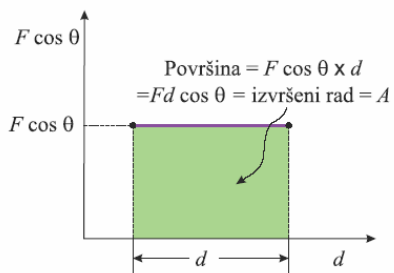
---

---

---

---

## Рад константне силе



9

---

---

---

---

---

---

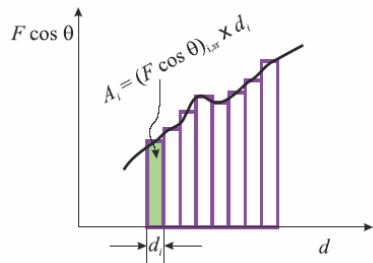
---

---

---

---

## 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

---

---

---

---

---

---

---

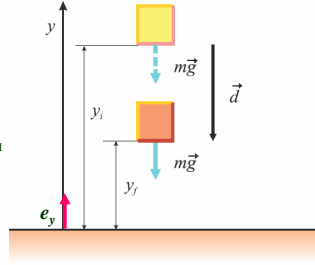
---

## Гравитациона потенцијална енергија

- $\vec{m}\vec{g} = -mg \vec{e}_y$
- $d = (y_f - y_i) \vec{e}_y$
- $A_g = \vec{F}d = Fd \cos \theta$ ,  $\theta = 0^\circ$
- $A_g = -mg \vec{e}_y (y_f - y_i) \vec{e}_y = mgy_f - mgy_i$
- $E_p = mgy$  – 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

---

---

---

---

---

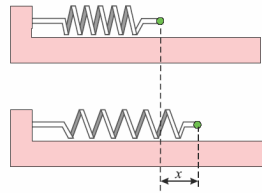
---

---

---

## Потенцијална енергија еластичних деформација

- Хуков закон
- $F = k\Delta l = kx$



14

---

---

---

---

---

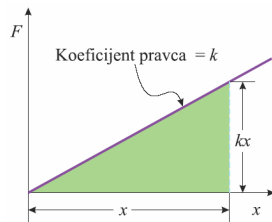
---

---

---

## 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

$$A_{opruge} = \frac{1}{2}kx^2,$$

- 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

---

---

---

---

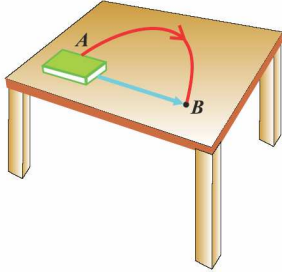
---

---

---

---

## 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

---

---

---

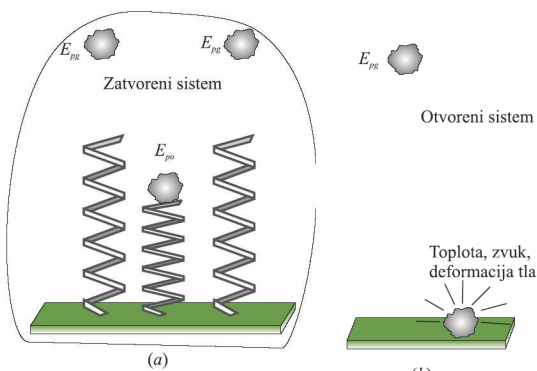
---

---

---

---

---



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 ваздуха, "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 телима – померање.
    - Промена положаја нашег тела
  - унутрашњи рад – рад органа (срца, желуца, плућа, бубрега, ..)

30

---

---

---

---

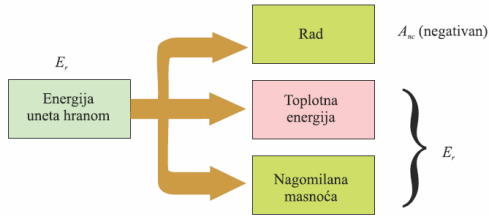
---

---

---

---

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 узети 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

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

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

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

---

---

---

---

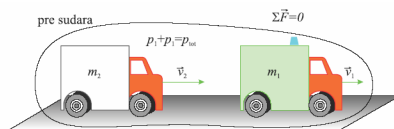
---

---

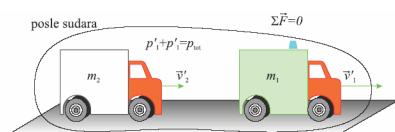
---

---

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

$$\Delta p_1 = F_1 \Delta t.$$

$$\Delta p_2 = F_2 \Delta t$$

- 3. Њутнов закон

$$F_2 = -F_1$$

$$\Delta p_2 = -F_1 \Delta t = -\Delta p_1$$



$$\Delta p_1 + \Delta p_2 = 0,$$

- закон одржања импулса

$$p_1 + p_2 = const$$

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

- Укупан импулс затвореног система се не мења са временом

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

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

---

---

---

---

---

---

---

---