

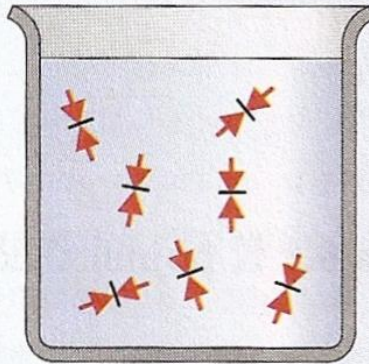
FIZIKA

Predavanja

2. del : Tekočine, Termodinamika,
Nihanje in valovanje

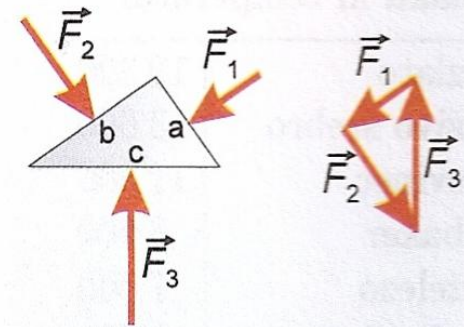
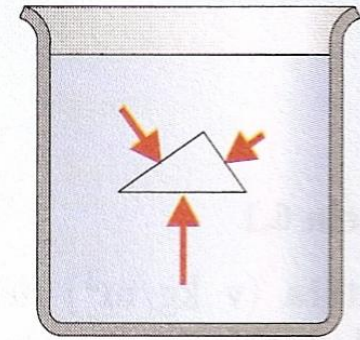
Mehanika tekočin

Tekočine: kapljevine in plini

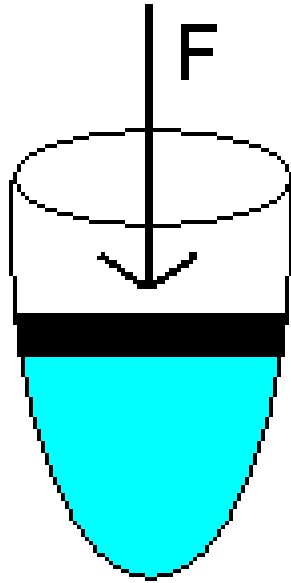


Tlak na izbrani globini enak v vseh smereh.

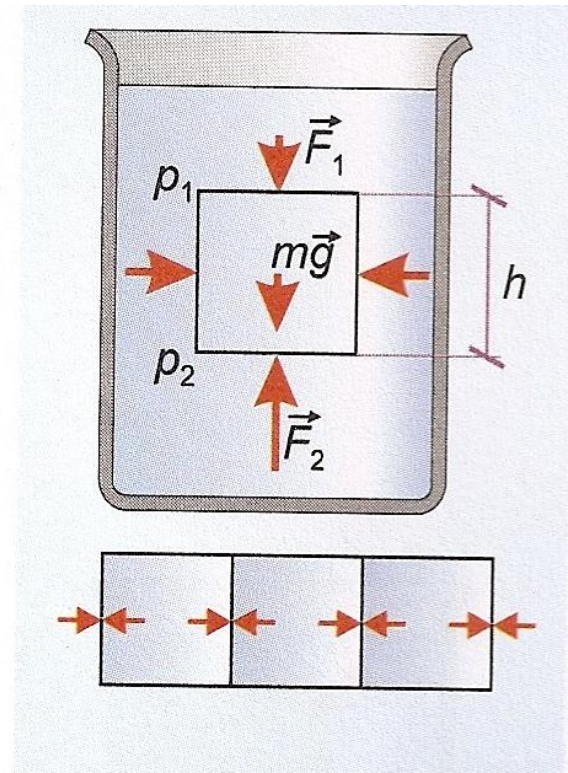
$$p = \frac{F}{S} \left[\frac{N}{m^2} = Pa \right]$$



Sila tlaka deluje pravokotno na izbrano ploskev.

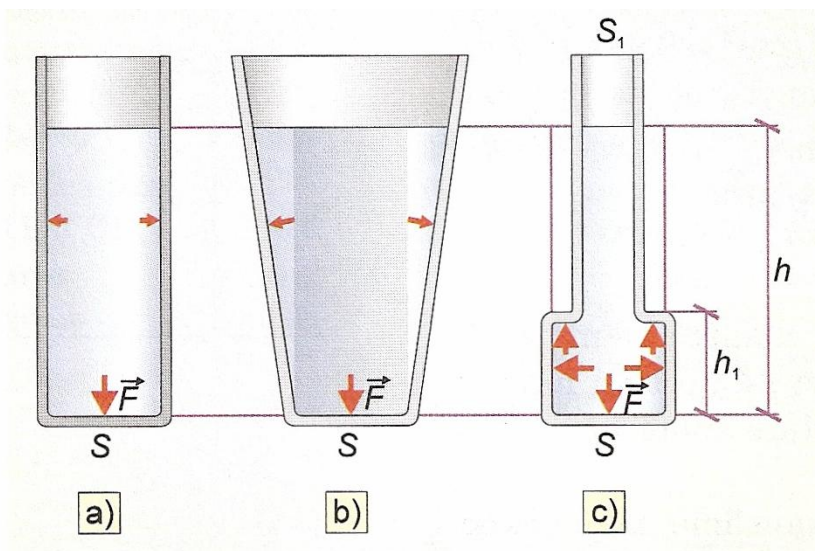


Tlak, ki ga povzroča zunanja sila se razširi skozi vso notranjost tekočine in pritiska na vse ploskve v vseh smereh (enakomerno se porazdeli).

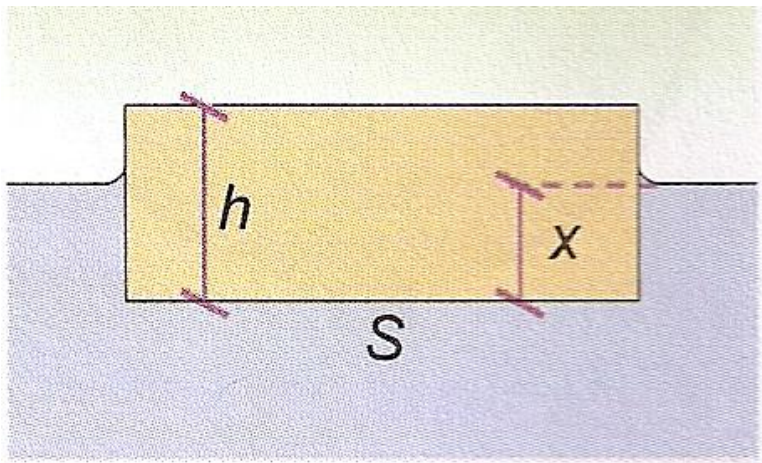


Hidrostaticni tlak:

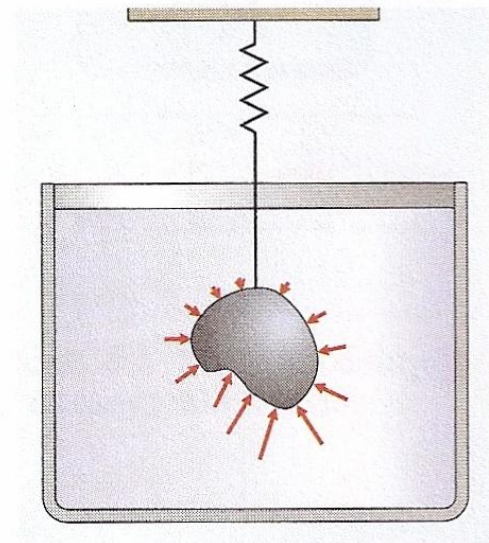
$$p_h = \rho \cdot g \cdot h$$



Tlak ni odvisen od oblike posode



Plavajoča deska.



Vzgon (sila vzgona): vsota vseh sil, s katero okoliška tekočina deluje na potopljeno telo

$$F_{\text{vzg}} = \rho_i \cdot g \cdot V_i$$

Arhimedov zakon:

Vzgon je nasprotno enak teži izpodrinjene tekočine

Merjenje krvnega tlaka



Primer meritve z živosrebrnim merilnikom krvnega tlaka

Sistolični tlak: $h = 120 \text{ mmHg}$

$$p = \rho_{\text{Hg}} \cdot g \cdot h$$

$$p = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,12 \text{ m}$$

$$p = 16,3 \text{ kPa}$$

- Hitra pretvorba: 7,5 mm Hg ustreza tlaku 1 kPa.
- Tlak lahko merimo tudi z vodnim stolpcem
(v pljučih lahko ustvarimo tlak od 100 cmH₂O do 200 cm H₂O).

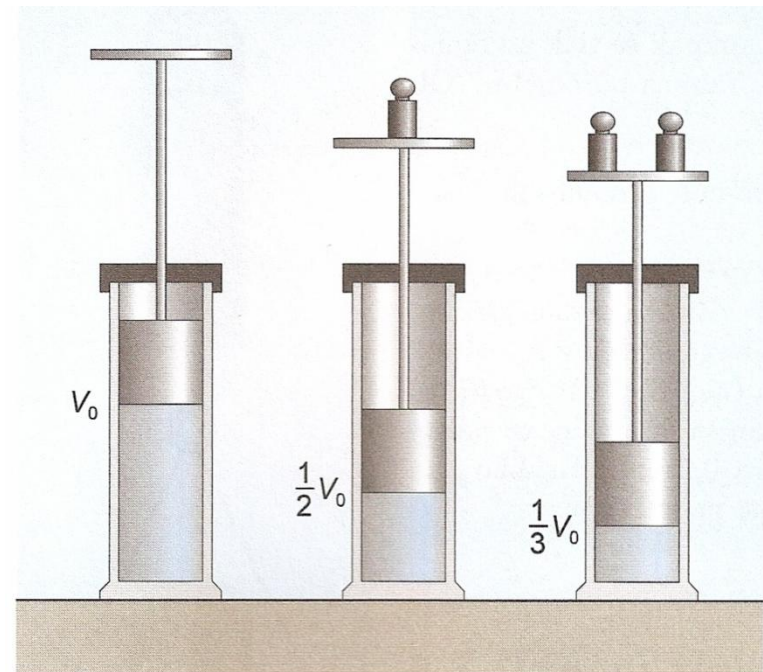
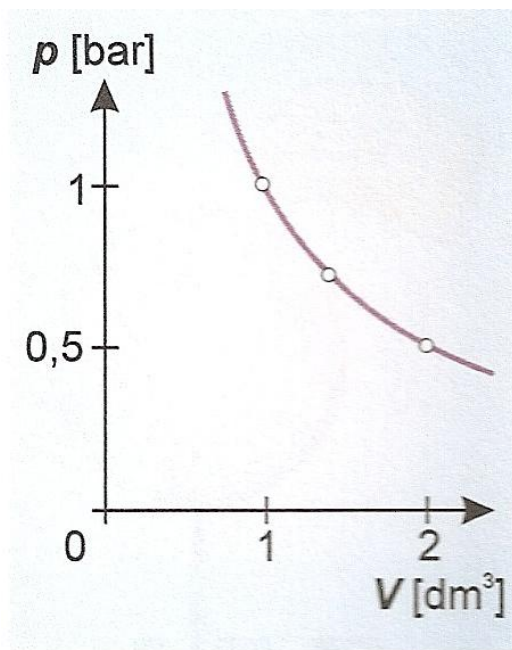
Stisljivost – plinska enačba

$$\frac{\Delta V}{V} = -\chi \Delta p \quad \chi - \text{stisljivost} \quad [Pa^{-1}]$$

Plinska enačba pri $T = \text{konst}$

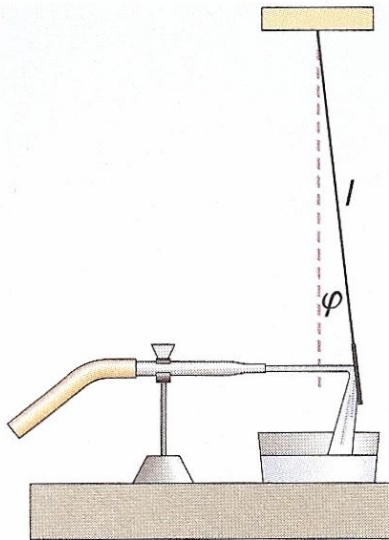
Boylov zakon

$$pV = p_0V_0 = \text{konst}$$



Odnosnost tiaka od prostornine

Sila curka

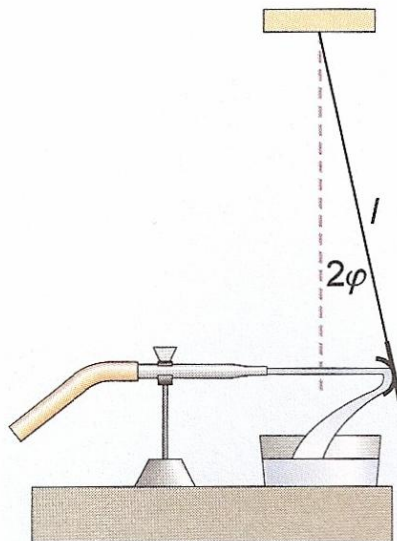


Masni tok $\Phi_m = \frac{m}{t}$ $[kg / s]$

Prostorninski tok $\Phi_V = \frac{V}{t}$ $[m^3 / s]$

Masni tok $\Phi_m = \rho \Phi_V$ $[kg / s]$

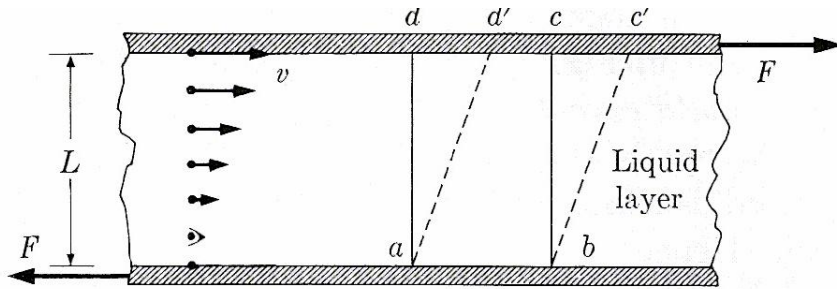
Sila curka $\vec{F} = -\Phi_m \Delta \vec{v}$ $[N]$



Silo curka lahko merimo z nihalom.
Zgoraj: Voda odteka z majhno hitrostjo
Spodaj: curek se odbije.

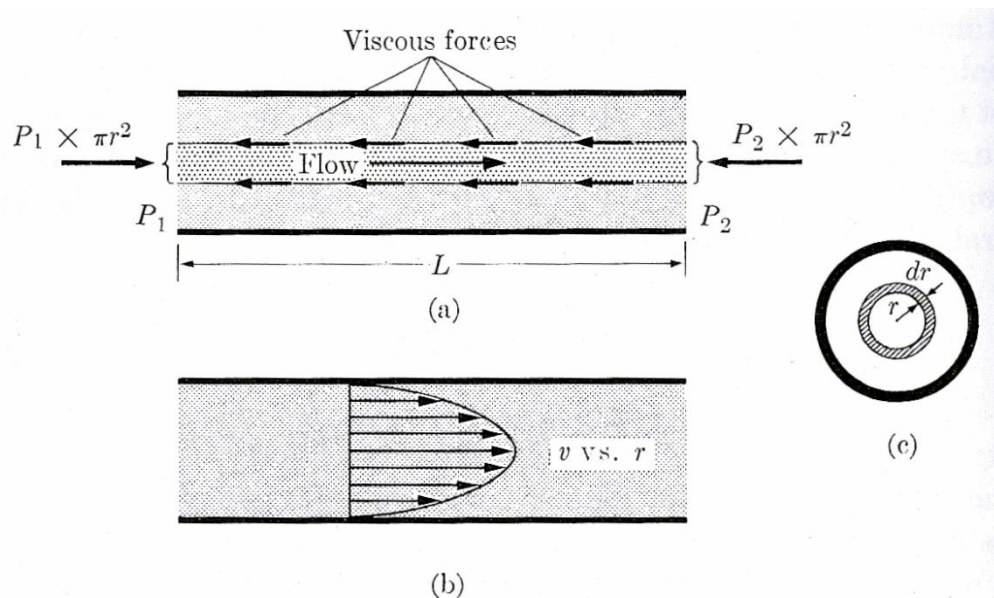
Viskoznost

Pri viskoznih tekočinah je pri njihovem gibanju med stenami posode in sosednjimi plastmi znatno trenje. Zato je njihova hitrost odvisna od razdalje od stene posode ali cevi po kateri teče



Po površini viskozne tekočine vlečemo plovec s silo F

$$F = \eta S (dv/dx)$$



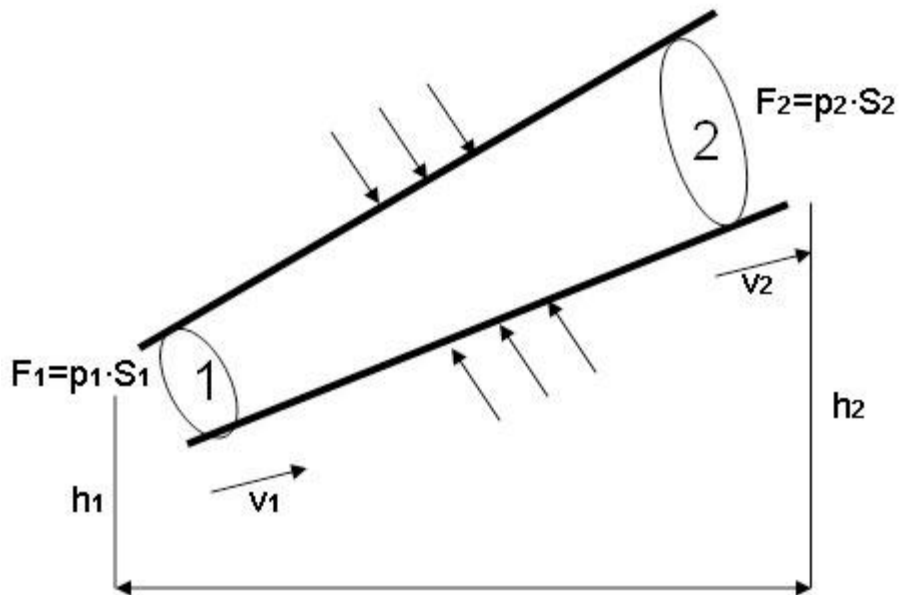
Hitrostni profil pretoka viskozne tekočine po cevi

Za volumski pretok po cevi velja Poisseuillov zakon:

$$\Phi_v = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8 \mu L}$$

Bernoullijev zakon

Pri pretakanju neviskozne tekočine po ceveh velja Bernoullijev zakon:



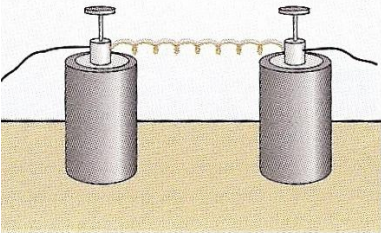
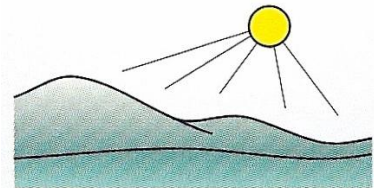
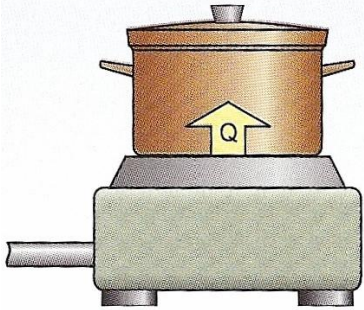
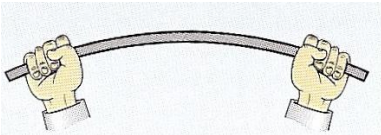
$$A = \Delta W_k + \Delta W_p$$

$$\Delta p \cdot \Delta V = \frac{1}{2} \cdot \Delta m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot \Delta m \cdot v_1^2 + \Delta m \cdot g \cdot h_2 - \Delta m \cdot g \cdot h_1$$

$$(p_2 - p_1) \cdot \Delta V = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Delta V \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Delta V \cdot v_1^2 + \rho \cdot \Delta V \cdot g \cdot h_2 - \rho \cdot \Delta V \cdot g \cdot h_1$$

$$p_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2 + \rho \cdot g \cdot h_2$$

TOPLOTA - Energija



$\Delta W = A$ Sprememba energije toplotno izoliranega telesa je enaka prejetemu delu

Celotna energija telesa

$$W = W_k + W_p + W_n$$

Notranja energija je kinetična in potencialna energija mikroskopske strukture (molekul, atomov) telesa

Toplota Q je tisti delež energije, ki ob dotiku brez dela preide s toplejšega na hladnejše telo

Celotna sprememba energije telesa

$$\Delta W = A + Q$$

Načini segrevanja: mehko žico segrevamo s prepogibanjem, torej z delom; lonec dobiva toploto od grelca; površje Zemlje se segreva, ko nanj sije Sonce; žico lahko segrejemo z električnim tokom.

Temperatura

- Kinetična energija posamezne molekule je zaradi pogostih trkov od molekule do molekule različna, zato lahko merimo le **povprečno kinetično energijo molekul**. V ta namen vpeljemo termodinamično količino – **temperaturo, ki je merilo za termično stanje snovi**.
- Izpeljava za idealne pline:

$$\bar{W}_k = konst \cdot T$$

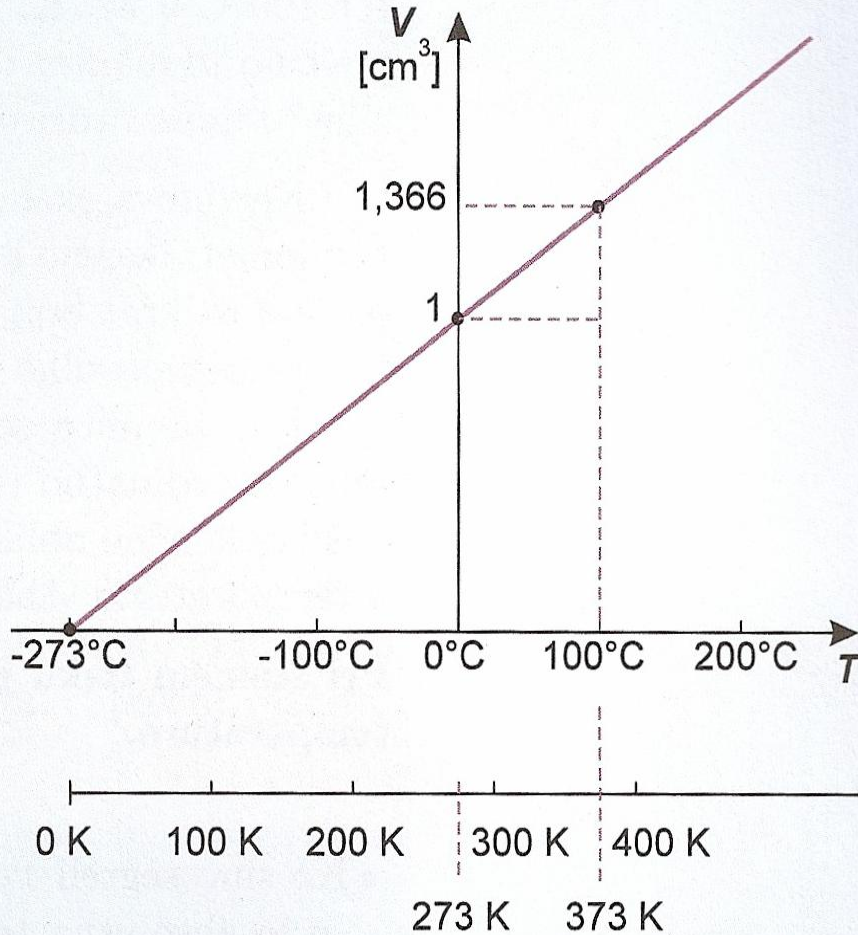
k – Boltzmanova konstanta

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$\bar{W}_k = \frac{3}{2} kT$$

Priprave za merjenje temperature so termometri (alkoholni, živosrebrni, plinski, elektronski).

Absolutna temperatura



Graf kaže spremembo prostornine plina pri stalnem pritisku v odvisnosti od temperature

Absolutna temperatura [$^\circ\text{K}$]

$$0^\circ\text{K} = -273^\circ\text{C}$$

$$\Delta T[^\circ\text{K}] = \Delta T[^\circ\text{C}]$$

Prostornina teles je odvisna od T

Relativni raztezek: $d l / l = \alpha d T$

α - dolžinska razteznost

Relativna sprememba volumna: $d V / V = \beta d T$

β - volumnska razteznost

Plinski zakon

Gay-Lussacov zakon

$$\frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0} = konst$$

Skupaj z Boylovim zakonom: $pV = konst$
Izpeljemo **plinsko enačbo**:

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{T_0} = konst$$

Splošna plinska enačba :

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$\text{Tudi: } pV = nkT$$

$$k = R / N_A \quad \mathbf{k - Boltzmanova konstanta}$$

Avogadrov zakon

V enakih prostorninah različnih plinov je pri enakem tlaku in enaki temperaturi enako število molekul

1 kmol plina ima pri normalnih pogojih:

$$T_0 = 0^{\circ}C \quad \text{in} \quad p_0 = 1,01 \cdot 10^5 Pa$$

$$\text{enak volumen:} \quad 22,4m^3$$

$$\text{in enako število:} \quad N_A = 6,0 \cdot 10^{26}$$

N_A - Avogadrovo število

ENERGETIKA PRI ČLOVEKU

- z vnosom hrane v telo le temu povišamo notranjo energijo
- v ravnovesju velja:

$$\Delta E = \Delta A + \Delta Q$$

- ΔA :
- mehansko delo: (kontrakcija mišic, gibanje celic in organelov)
 - reakcije sinteze: (produkcija novih esencialnih molekul potrebnih za rast in obnavljanje organizma)
 - transport snovi preko membran celic in organelov
 - znotrajcelična in medcelična signalizacija
 - razgradnja
 - (energijske zaloge v obliki glikogena in maščob)

ENERGIJSKI TOK METABOLIZMA

energijski tok metabolizma = (mehanska) moč (P) + oddan toplotni tok

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\Delta A}{\Delta t} + \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

OKSIDACIJA V KALORIMETRU

- glavni vir energije pri človeku so maščobe, ogljikovi hidrati in beljakovine
- PRIMER: **oksidacija glukoze**: (energijska vrednost za 100 g glukoze je 380 kcal)



- 1 mol glukoze (180 g) se spaja s 6 moli O_2 (192 g). Pri tem se sprosti 2.8 MJ toplote.

- energija, ki se sprosti na 1 liter porabljenega O_2 : 21 kJ/liter O_2**

(saj 6 molov O_2 zavzame volumen $6 \times 22,4$ litrov = 134,4 litrov)

- podobno vrednost dobimo tudi za maščobe in beljakovine (20 kJ/liter O_2 ; 18 kJ/liter O_2)

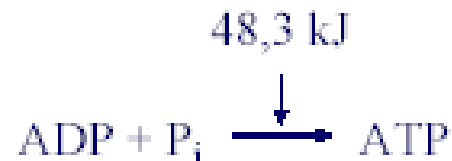
pri 1 litru porabljenega O_2 se torej v povprečju sprosti približno 20 kJ energije

OKSIDACIJA V TELESU

- poteka v mitohondrijih

Izračun za oksidacijo 1 mola glukoze: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6H_2O + 6CO_2 + 2,88 \text{ MJ}$

2,88 MJ  ~1,33 MJ toplote
~ 1,55 MJ je za celice uporabne energije v obliki ATP
(32 molekul ATP)



IZRAČUN ENERGIJSKEGA TOKA METABOLIZMA

UPORABA: če izmerimo prostornino porabljenega kisika na časovno enoto (t.j. razliko med prostornino vdihanega in izdihanega kisika) lahko določimo energijski tok metabolizma ($\Delta E/\Delta t$):

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\Delta V_0}{\Delta t} \cdot 20 \frac{\text{kJ}}{\text{l}}$$

PORABA KISIKA IN ENERGIJSKI TOK METABOLIZMA

Preglednica 2. Povprečna poraba kisika in sproščena energija metabolizma na časovno enoto pri vsakdanjih opravilih (za 65 kilogramskega moškega)

Aktivnost	poraba kisika (l/min)	povprečen energijski tok metabolizma (W)
spanje	0,24	80
seđenje	0,34	120
poučevanje	0,60	210
hoja(5 km/h)	0,76	265
kolesarjenje(15 km/h)	1,14	400
igranje tenisa	1,26	440
prsno plavanje(1,6 km/h)	1,36	475
drsanje(15 km/h)	1,56	545
kolesarjenje(21 km/h)	2,00	700
igranje košarke	2,28	800
kolesarjenje(45 km/h)	4,60	1600

Uspešnost športnikov je odvisna od zmožnosti maksimalne porabe kisika na kg telesne teže v časovni enoti.

Telesna pripravljenost	maksimalna poraba kisika ml/(min·kg)
zelo slaba	28
slaba	34
zadovoljiva	42
dobra	52
odlična	70

IZKORISTEK ČLOVEKA

IZKORISTEK: $e = \frac{P}{\Delta E / \Delta t} =$ mehanska moč/energijski tok metabolizma

- izkoristek pri kolesarjenju: ~ 25 % (za treniranega kolesarja)
 - energijski tok metabolizma: 1600 W
 - oddana moč: 400 W
- izkoristek ni konstanten (odvisen od dolžine korakov pri teku, temperature okolice, vlažnosti, spola, utrujenosti...)

Preglednica 6. Izkoristek pri nekaterih delih

	Izkoristek (%)
kolesarjenje	20
plavanje (na površini)	2
plavanje (pod vodo)	4
potiskanje avtomobila	17
parni stroj	17
bencinski motor	38

ENERGIJSKA VREDNOST ŽIVIL

Preglednica 3. Energijska vrednost hrane (za 100 g)

Hrana	specifična sežigna toplota (MJ/100 g)	hrana	specifična sežigna toplota (MJ/100 g)
svinjska mast	3.76	sir (povprečno)	1.67
maslo (85% masti)	3.26	moka	1.34
slanina	2.71	med	1.34
majoneza	3.20	marmelada	1.05
meso (20-30% belj.)	0.83-2.93	fižol, grah	1.04
čokolada	2.09	kruh	0.84
šunka	1.71	krompir	0.67
sladkor	1.68	sadje, mleko, pivo, vino	0.21-0.25
orehi	2.42	viski	1.10

• 1 kcal je energija, ki je potrebna, da 1 kg vode segrejemo za 1 K.

$$\begin{aligned} Q &= mc\Delta T = \\ &= 1 \text{ kg} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 1 \text{ K} = \\ &= 4,2 \text{ kJ} \end{aligned}$$

• **PRETVORBA kcal v kJ: 1 kcal = 4.2 kJ**

REGULACIJA TELESNE TEMPERATURE

- to regulacijo so razvili višji organizmi, da so postali neodvisni od okolja
- termoregulacijski mehanizem omogoča, da reakcije v telesu potekajo pri optimalnih pogojih
- za ohranitev telesne temperature je potrebno telesu dovajati energijo v obliki hrane
- v prebavnem traktu se hrana razgradi na osnovne komponente:
 - škrob in C-hidrati → enostavni sladkorji
 - beljakovine → aminokisliline
 - maščobe → maščobne kisline
- te snovi kri prenese do celic, kjer poteka oksidacija
- energija pridobljena pri oksidaciji se lahko porabi za delovanje organizma (še prej se pretvori v celici uporabno obliko, tj. ATP), lahko se shrani (npr. v obliki glikogena), del energije pa se pretvori v toploto

REGULACIJA TELESNE TEMPERATURE

•preprost izračun kaže, da je potrebno toploto, ki se proizvaja pri metabolizmu hrane, odvesti iz telesa, če bi bilo le to izolirano

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} \approx 0,5 \frac{K}{h}$$

NAČINI ODDAJANJA TOPLOTE

- S SEVANJEM (sevanje “črnega” telesa)
- S KONVEKCIJO (prenos toplote z enega mesta na drugo z gibanjem ogrete snovi - zrak, ki se nad kožo segreje, se dvigne in nadomesti ga hladnejši zrak)
- S PREVAJANJEM (povzroča ga gradient temperature)
- Z IZHLAPEVANJEM (odvisna predvsem od relativne vlažnosti okolice)
- Z DIHANJEM, Z IZTREBKI, Z URINOM

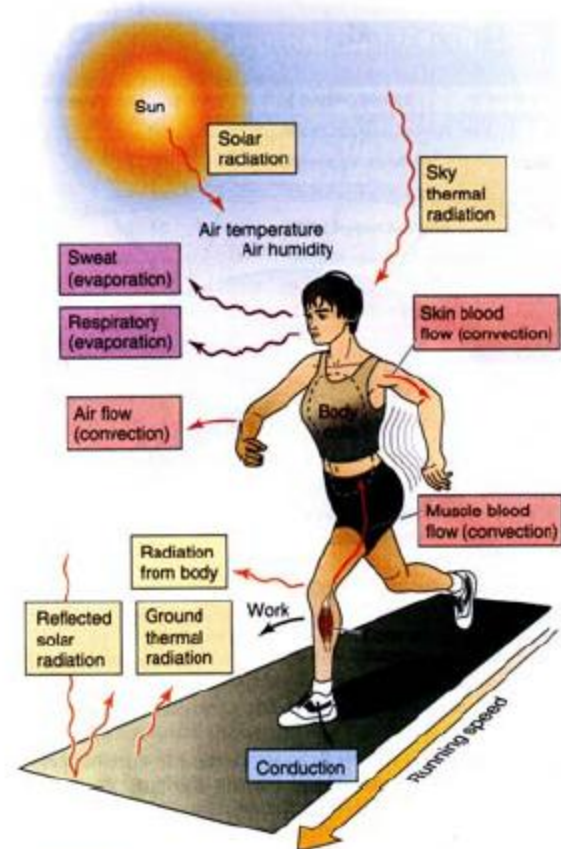
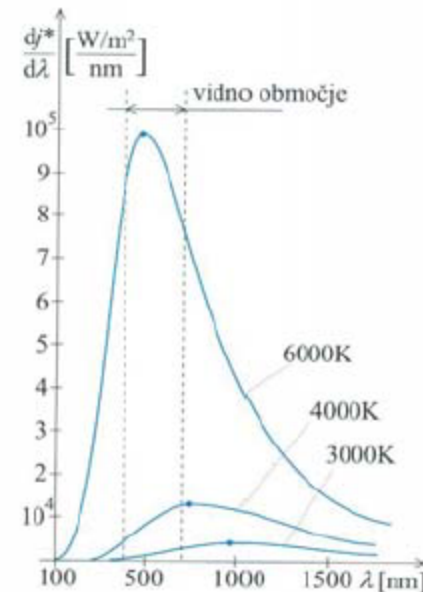


FIGURE 58-2. Model of energy transfer from the body to environment.

SEVANJE

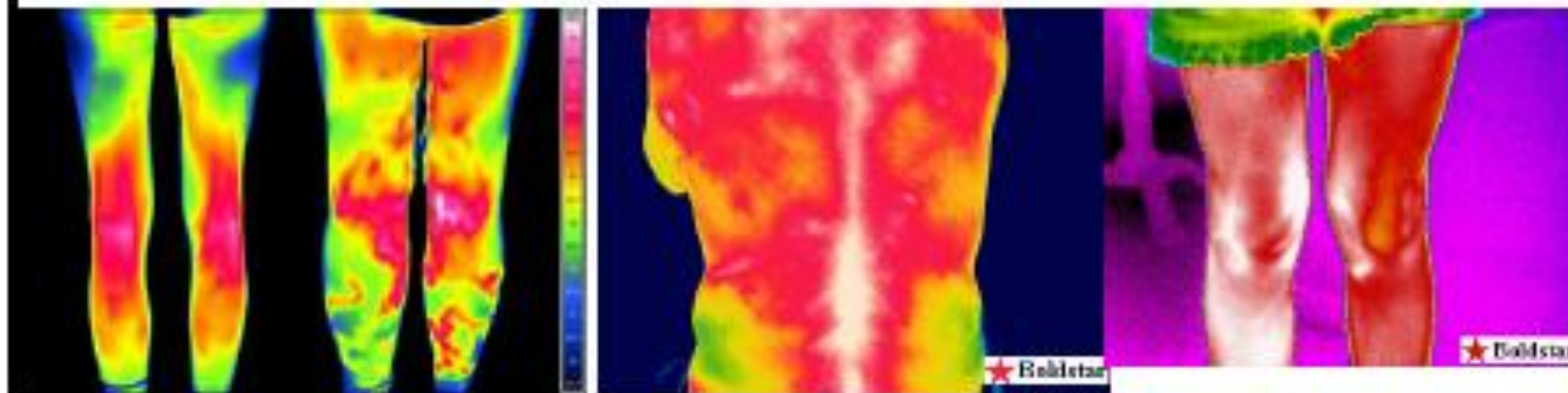
- Stefanov zakon za sevanje črnega telesa: $j = \varepsilon\sigma T^4$
- ε je koeficient emisivnosti, σ pa Stefanova konstanta
- telo prav tako absorbira sevanje iz okolice
- energijski tok, ki ga telo odda okolici je: $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = jS = S\varepsilon\sigma(T^4 - T_{ok}^4)$
- Wienov zakon za sevanje črnih teles:

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{konstanta} = 2,9 \times 10^{-3} \text{ mK}$$



Slika 30.5 spekter svetlobe črnega telesa pri različnih temperaturah

TERMOGRAFIJA - DRUGI PRIMERI V MEDICINI IN TEHNIKI



KONVEKCIJA

•konvekcija zaradi toka krvi:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = 14,5 S \sqrt{v} \Delta T$$

• S je površina kapilar: $\sim 160 \text{ m}^2$

• v je povprečna hitrost krvi v kapilarah: \sim nekaj mm/s

•konvekcija na površini kože: $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = LS(T - T')$

• L znaša pri mirnem ozračju $9,6 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{hK})$ (vrednost odvisna od hitrosti zraka)

• S je efektivna površina kože

KONVEKCIJA

	Dejanska temperatura (°C)						
	30	20	10	0	-10	-20	-30
Hitrost vetra (m/s)	Ekvivalentna temperatura (°C)						
2	30	20	10	0	-10	-20	-30
5	29	17	5	7	-19	-31	-43
10	29	15	1	-13	-27	-40	-54
15	29	14	-1	-16	-30	-45	-60
20	28	13	-2	-17	-32	-48	-63

PREVAJANJE

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kS \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

SNOV	PREVODNOST (W/cmK)
Zrak	0,0002386
H ₂ O (20°C)	0,0058615
Cu	4,1449320
Tkivo	0,0020093
Krznolpuh	0,0000419

Tabela 10. Prikaže nekaj različnih prevodnosti merjenih v W/cmK

- prispeva zelo majhen delež, če smo oblečeni
 - do izraza pride pri neposrednem stiku s hladno okolico (hladna kopel, stik podplatov s hladnimi tlemi ali rok s hladnimi predmeti)

IZHLAPEVANJE - EVAPORACIJA

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\Delta m}{\Delta t} q_i$$

- $\frac{\Delta m}{\Delta t}$ je hitrost izločanja znoja
- q_i - je izparilna toplota vode = 2,24 MJ/kg

DIHANJE

- z dihanjem oddamo približno 15 % vse toplote

FAKTORJI, KI VPLIVAJO NA ODDAJANJE TOPLOTE

•KOLIČINA ODDANE TOPLOTE JE ODVISNA OD:

- TOPLOTNE IZOLIRANOSTI TELESA,
- FIZIČNE AKTIVNOSTI,
- TEMPERATURE OKOLICE,
- VLAŽNOSTI,
- GIBANJA ZRAKA.

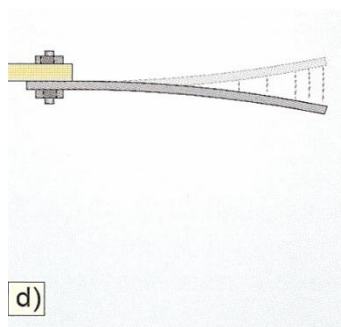
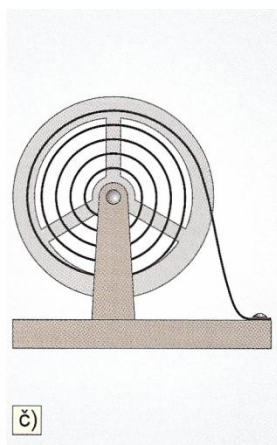
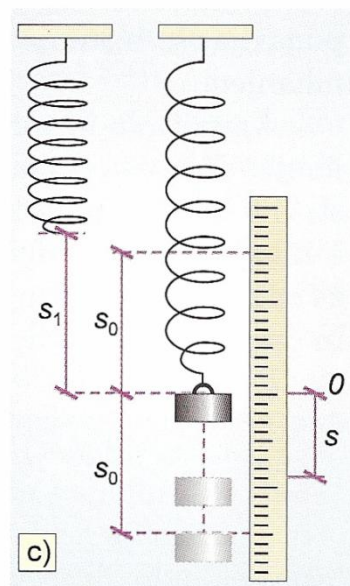
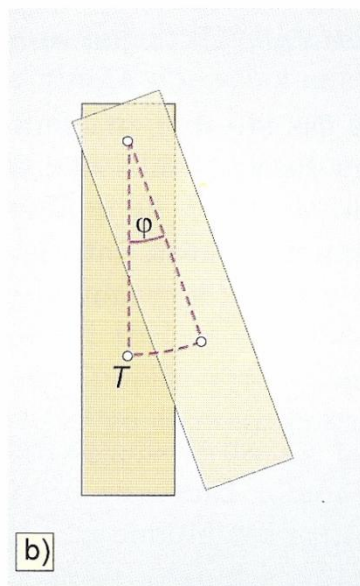
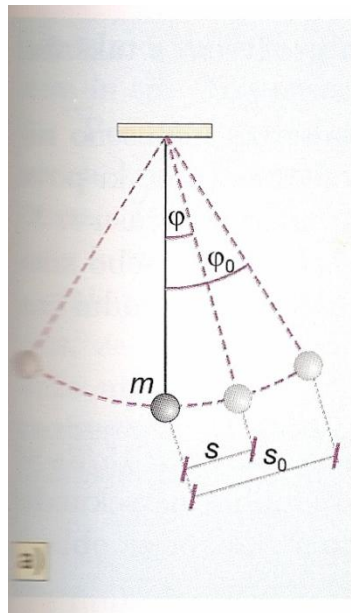
V preglednici 10 so podane izmerjene procentualne vrednosti za oddajane toplote z opisanimi načini, pri določenih pogojih.

Preglednica 10.

	Študiranje pri 22 °C	sončenje pri 32 °C	sprehajanje pri -18 °C
oblečeni del telesa	85%	15%	95%
oddan toplotni tok	170W	400W	400W
delež oddane toplote:			
s sevanjem	21	8	8
s prevajanjem in konvekcijo	67	10	50
z izparevanjem	10	80	2
z dihanjem	2	2	40

NIHANJE

- Nihanje je enakomerno ponavljajoče se oziroma periodično gibanje.
- V vsakdanjem življenju se srečujemo s številnimi nihali.
- Nihajo lahko viseča telesa, ko jih izmaknemo iz ravnovesne lege, gugalnice, nihajna vrata, strune, električni naboji...
- Obravnavali bomo harmonična nihanja, kjer se odmik spreminja s časom sinusno.



Razna nihala:

a) in b) težni nihali, c) nihalo na vijačno vzmet (pri 0 je ravnovesna lega uteži), i) nihalo na polžasto vzmet, d) vpet jeklen trak.

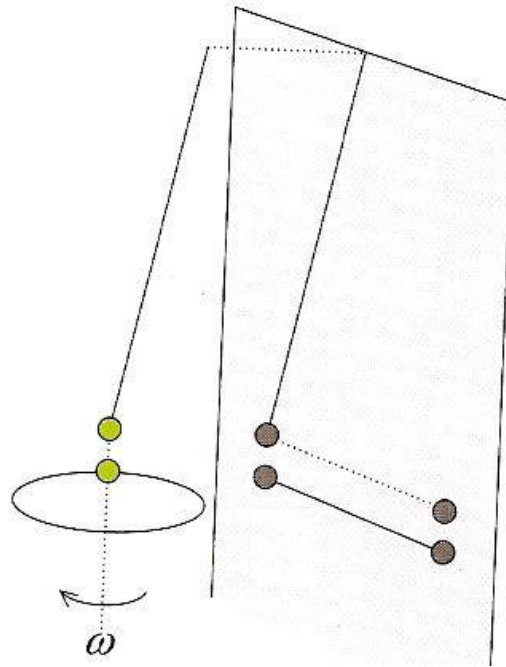
Osnovni pojmi:

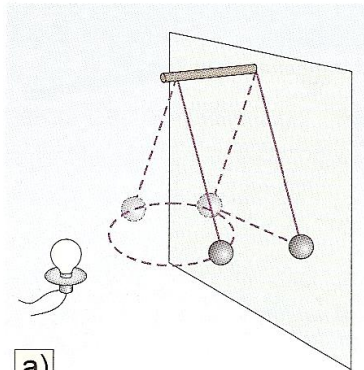
- Nihaj – pot, ki jo naredi nihajoče telo iz ene skrajne lege v drugo in nazaj
(N – število nihajev)
- Nihajni čas (t_0) – čas enega nihaja
- Frekvenca – število nihajev na časovno enoto
- Amplituda (s_0) - maksimalni odmik od ravnovesne lege

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{t_0} \left[\frac{1}{s} = \text{Hz} \right]$$

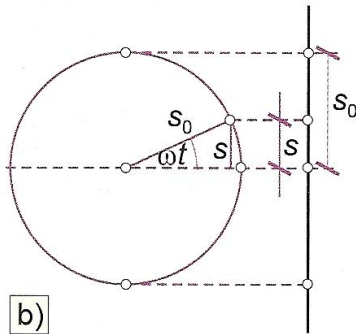
ODMIK NIHAJOČEGA TELESA

- Pri obravnavi nihanja si pomagamo s pravokotno projekcijo kroženja:

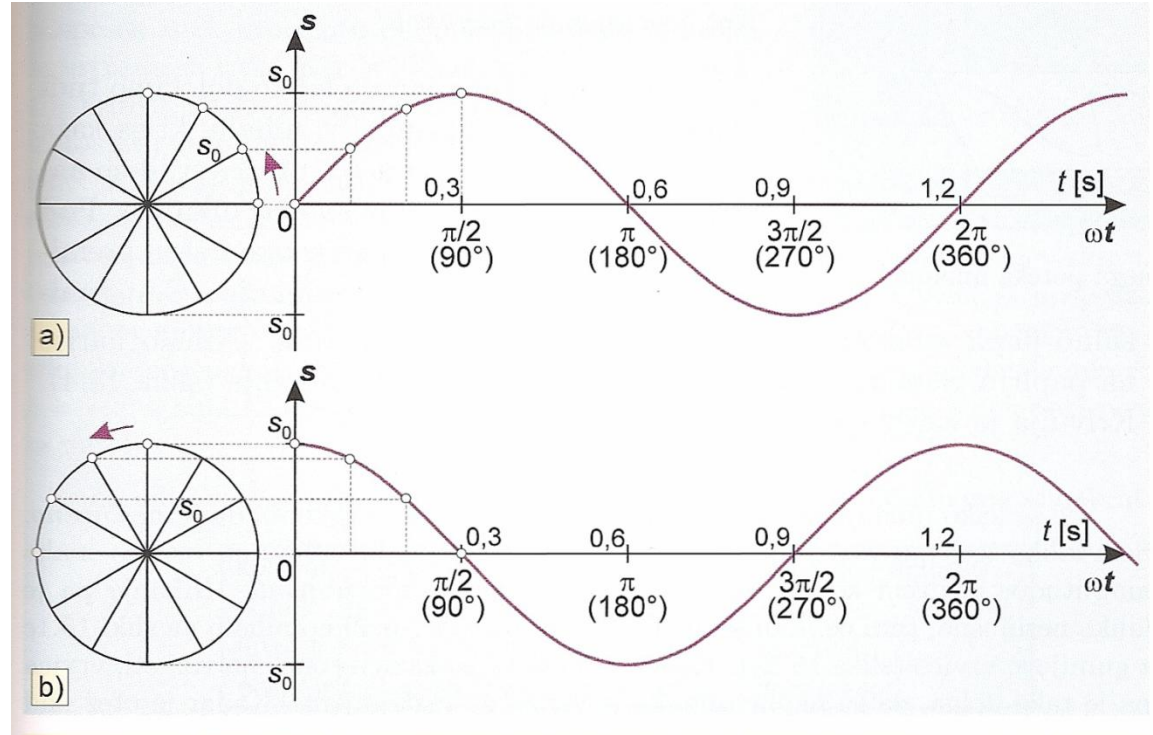
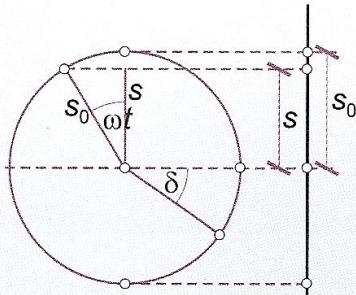




a)

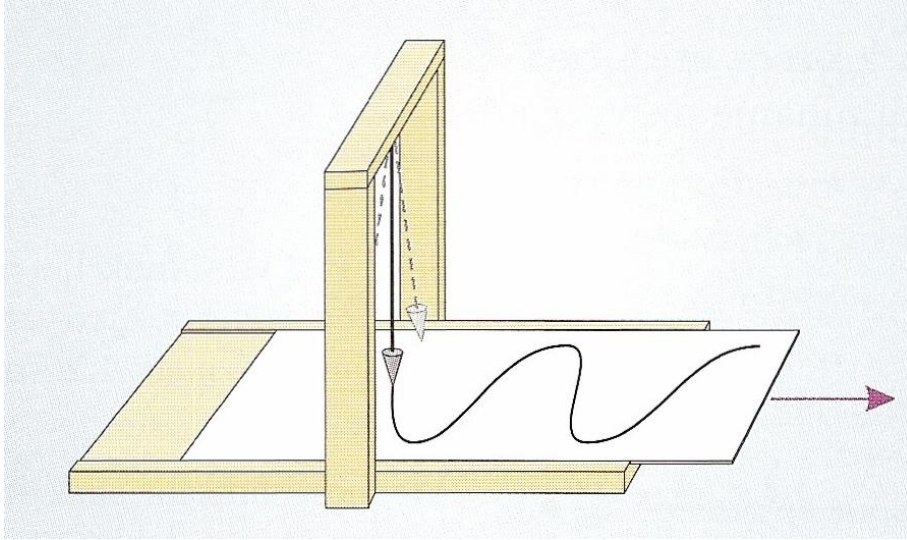


b)



Grafa funkcij: $s = s_0 \sin \omega t$

in : $s = s_0 \cos \omega t$



Ugotavljanje časovnega poteka nihanja.

Nihajni čas matematičnega
(nitnega) nihala

$$t_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Nihalo na vijačno vzmet:

$$t_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Maksimalna hitrost in maksimalni pospešek pri nihanju:

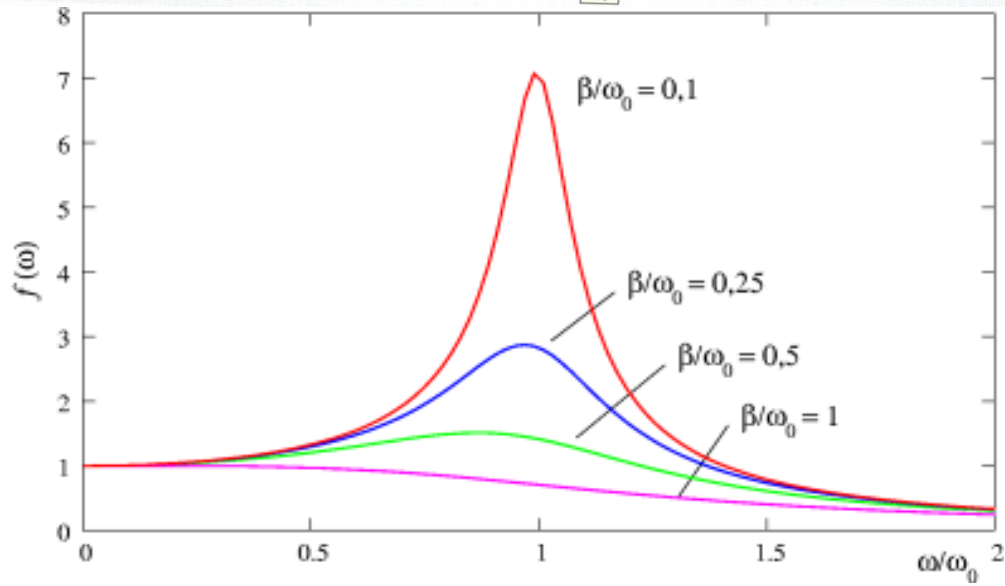
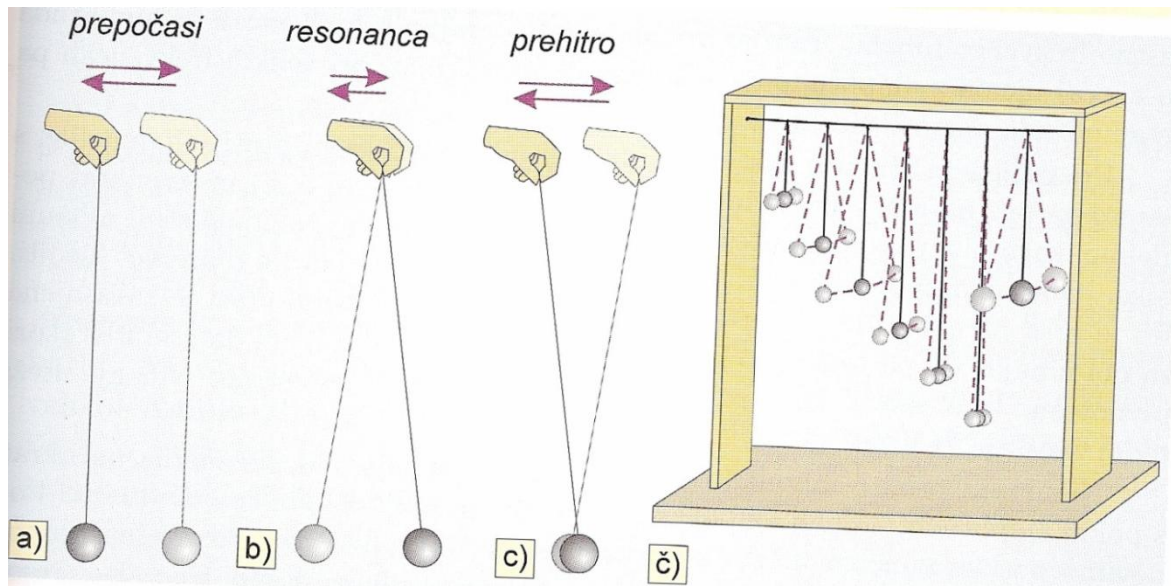
$$v_0 = s_0 \cdot \omega$$

$$\omega = 2\pi\nu$$

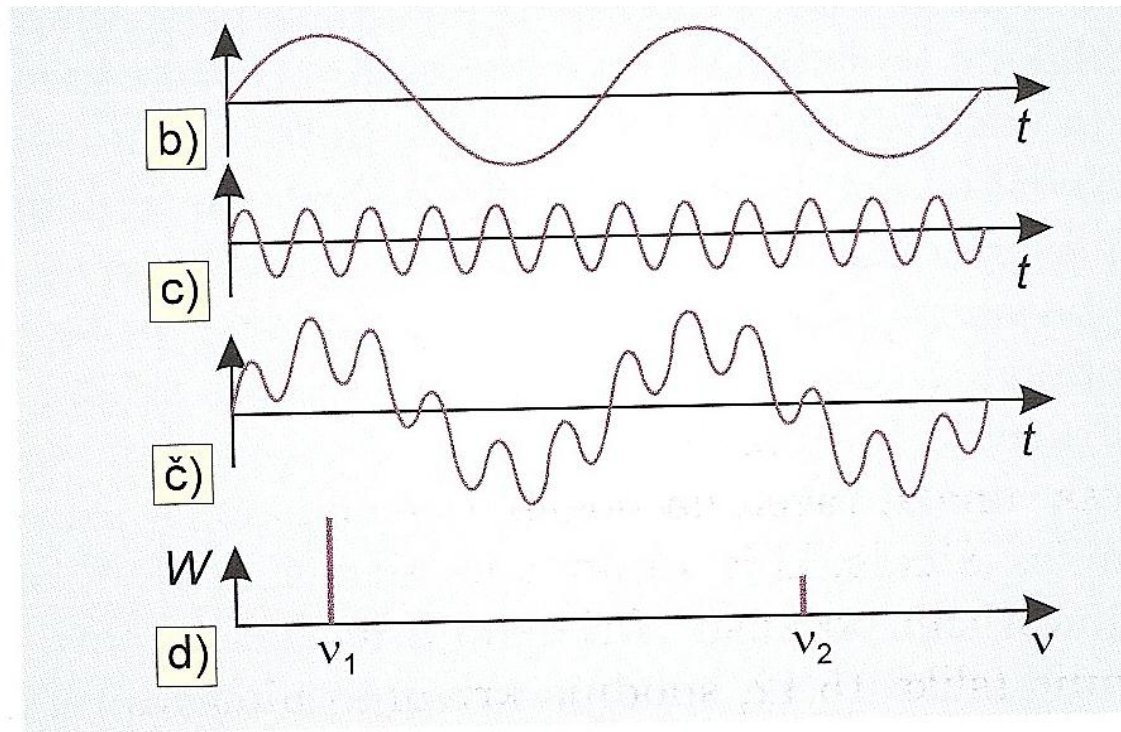
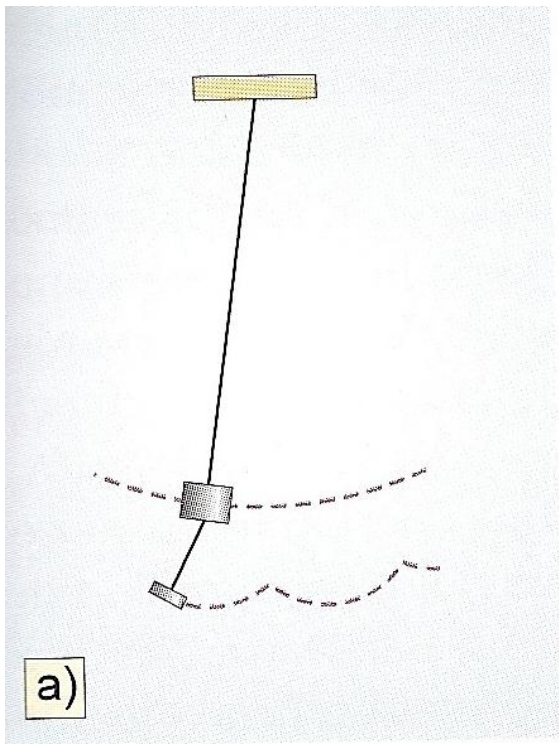
$$a_0 = -s_0 \cdot \omega^2$$

VSILJENO NIHANJE

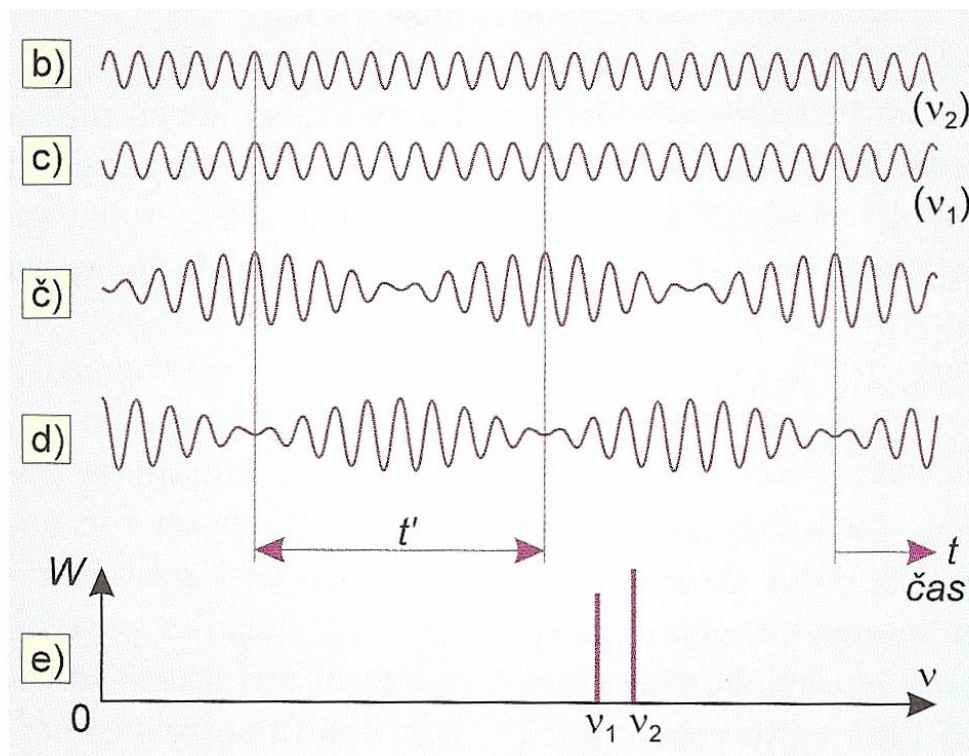
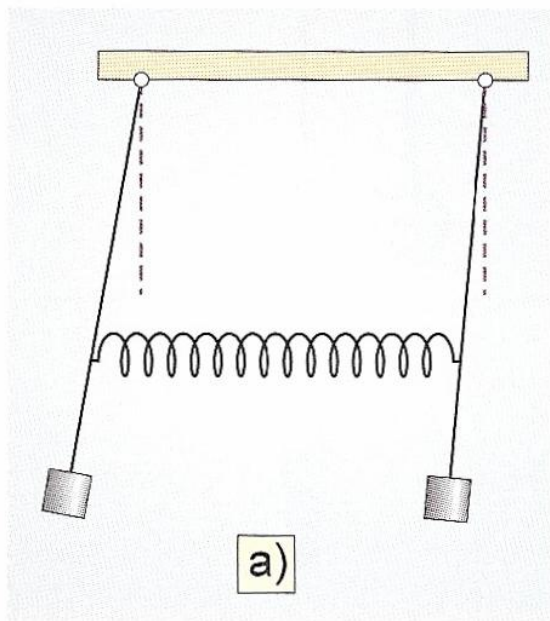
- O vsiljenem nihanju govorimo takrat, kadar nihalu dovajamo energijo.
- Kadar se vsiljena in lastna frekvenca nihala ujemata, nihalo niha z maksimalno amplitudo.
- Pojavu pravimo resonanca.



Bioresonanca - ???

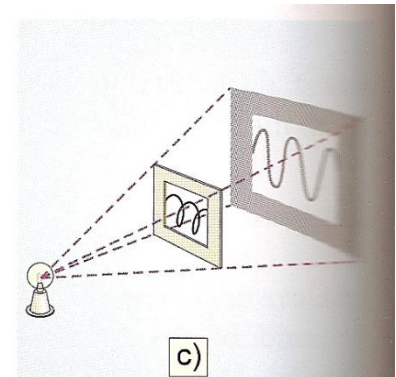
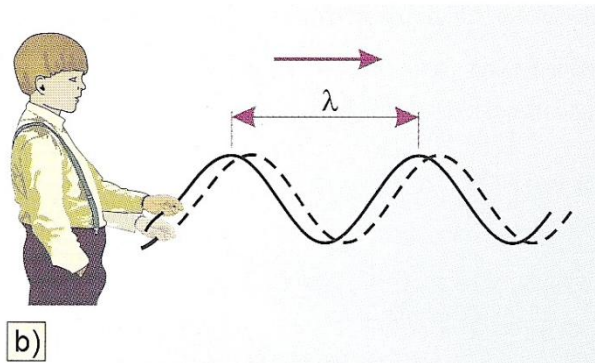
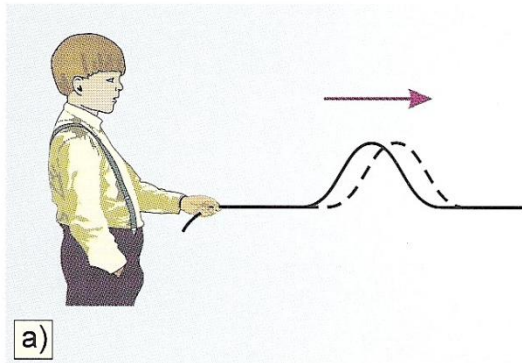


- a) primer sestavljenega nihala
- b) in c) dva načina sinusnega nihanja
- č) nesinusno nihanje tega nihala
- d) spekter tega nihanja

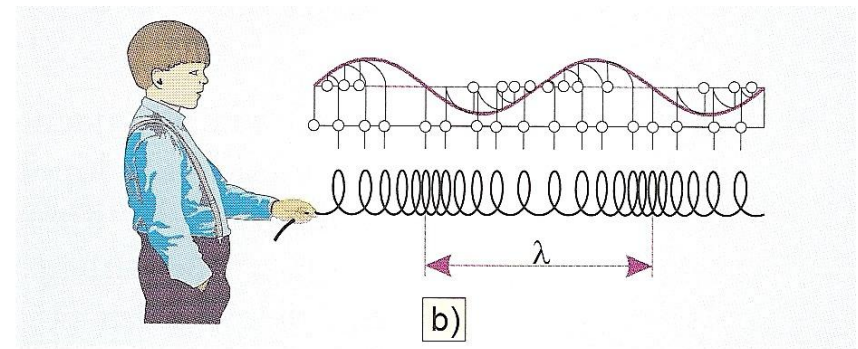
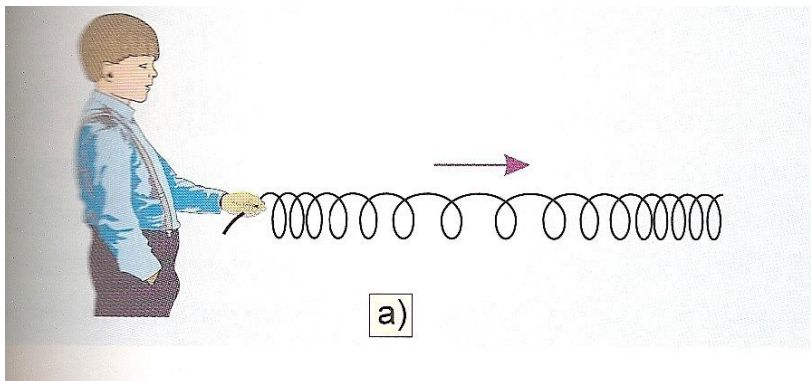


- a) drug primer sestavljenega nihala
- b), c) sinusno nihanje
- č), d) utripajoče nihanje
- e) spekter tega nihanja

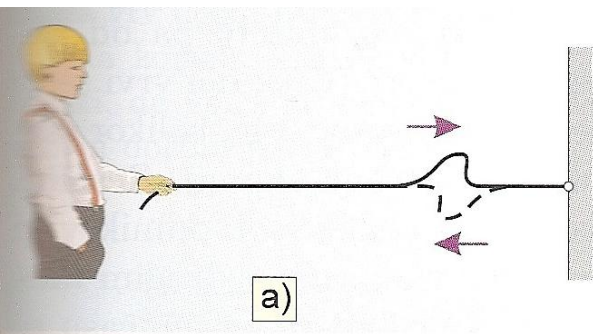
Valovanje



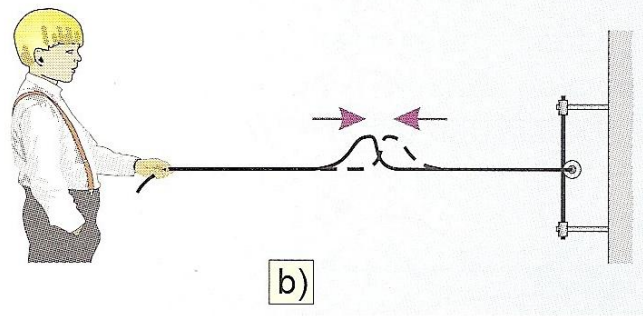
Transverzhalno potujoče valovanje



Longitudinalno potujoče valovanje

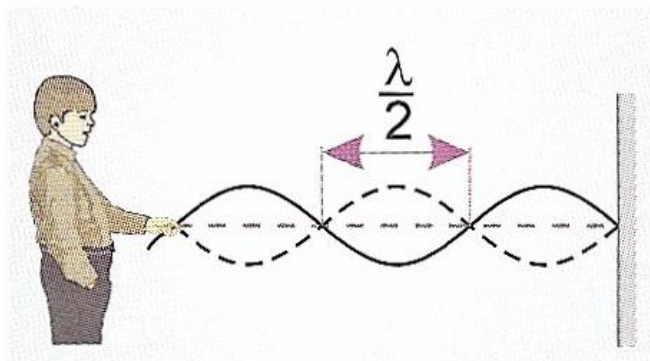


a)

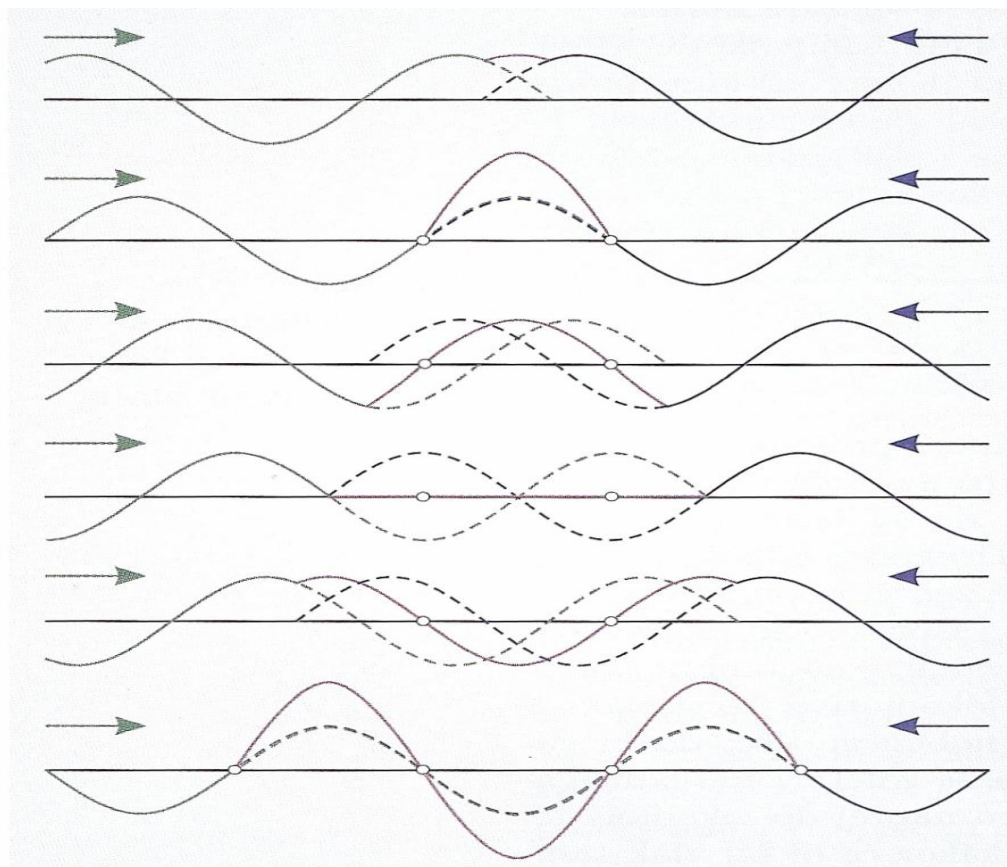


b)

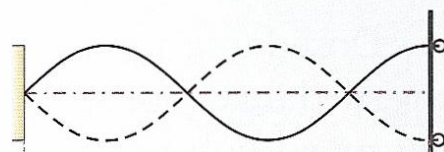
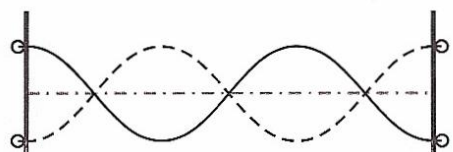
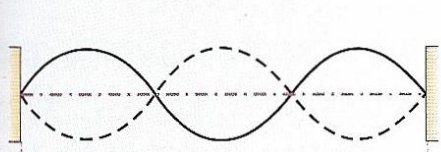
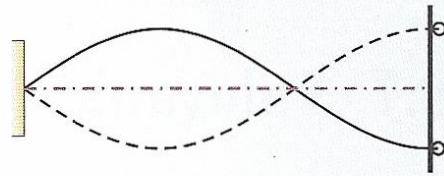
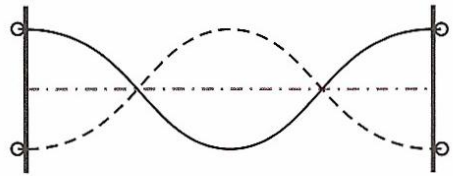
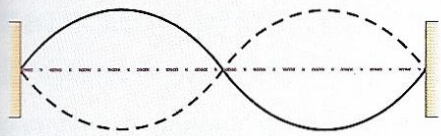
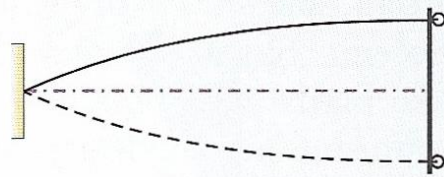
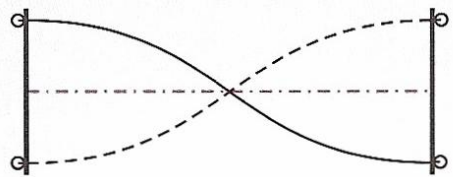
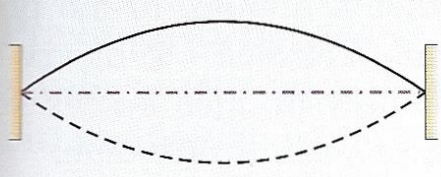
Odboj valovanja na vrvi:
 a) na pritrjenem koncu,
 b) na gibljivem koncu.



Stoječe valovanje vrvi



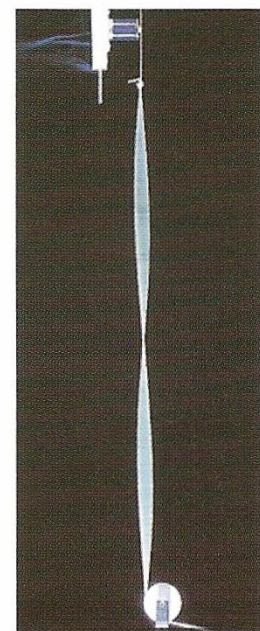
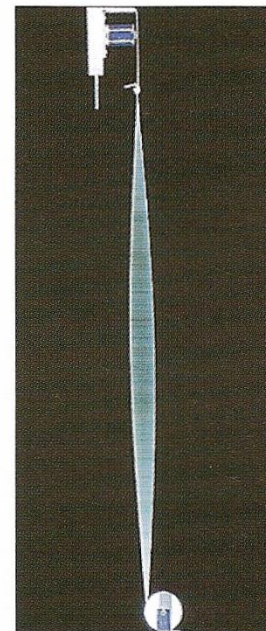
Nastanek stoječega valovanja iz dveh potujočih



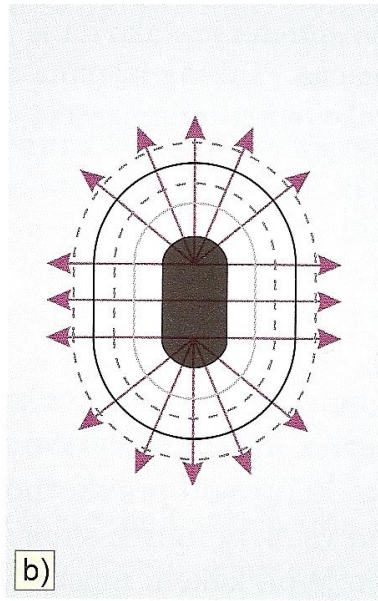
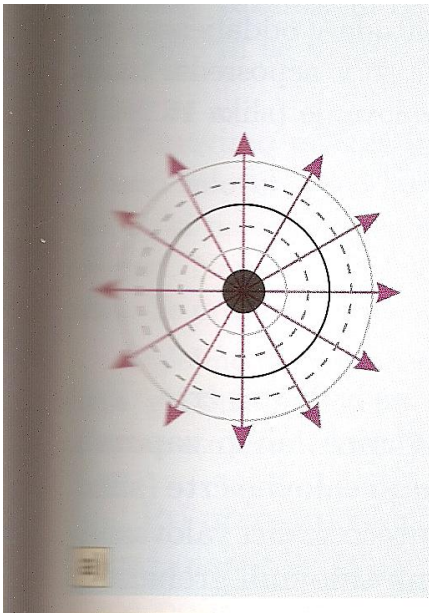
a)

b)

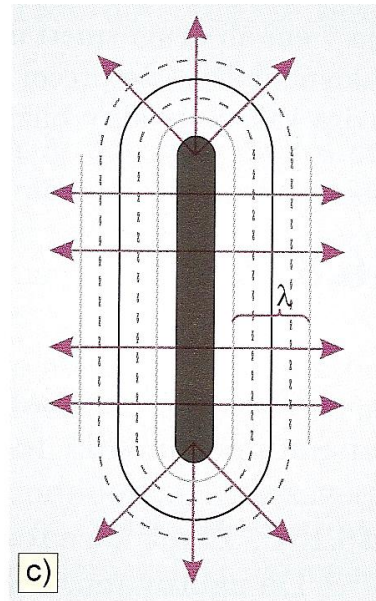
c)



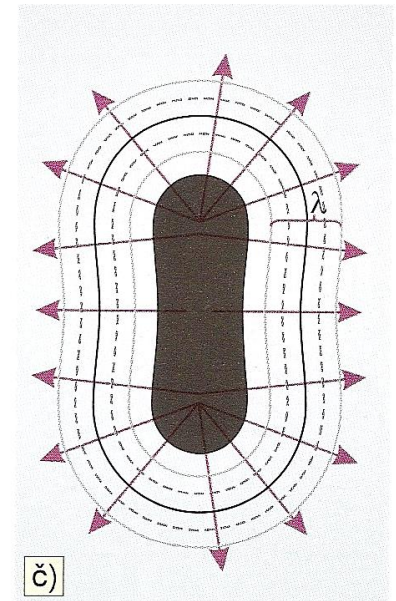
Slika 16.8 Lastna nihanja napete vrvi.



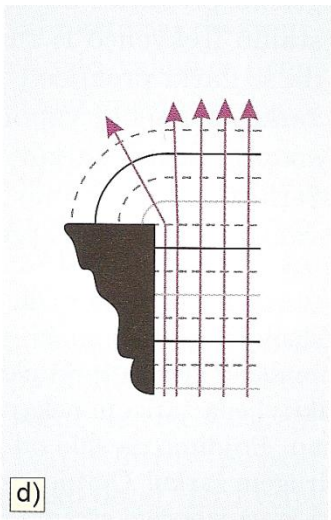
b)



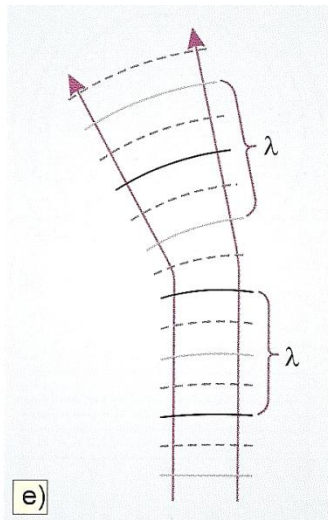
c)



č)



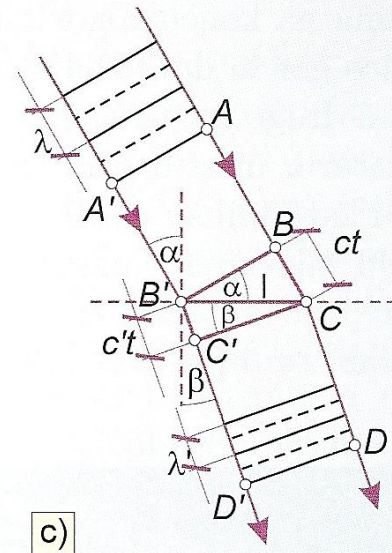
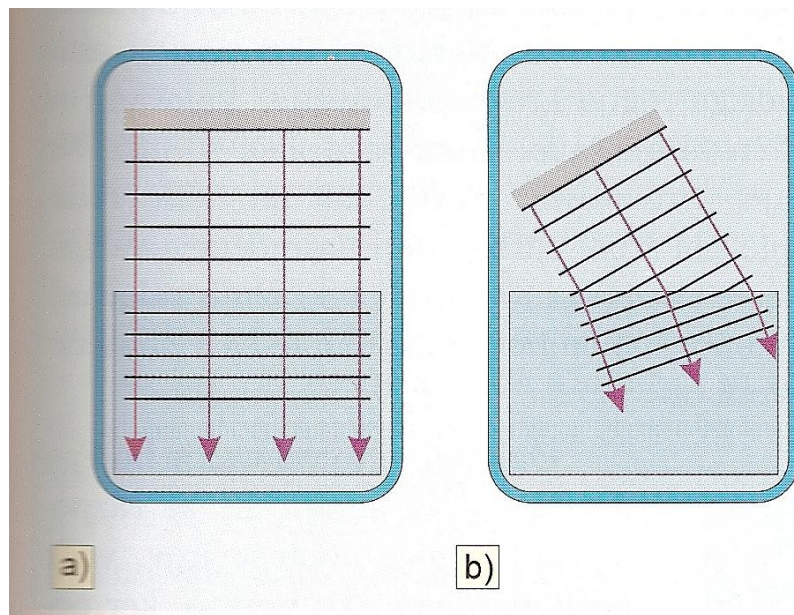
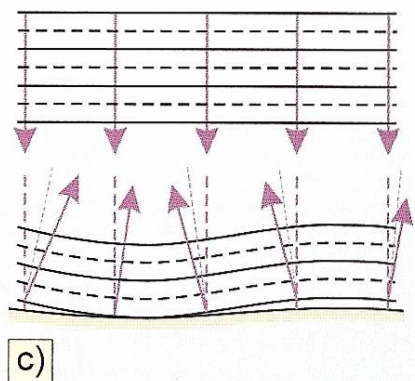
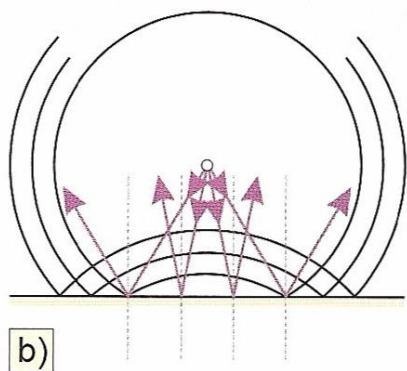
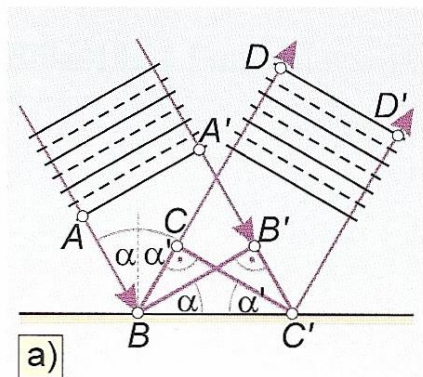
d)



e)

Valovne črte in žarki

Lastnosti valovanja

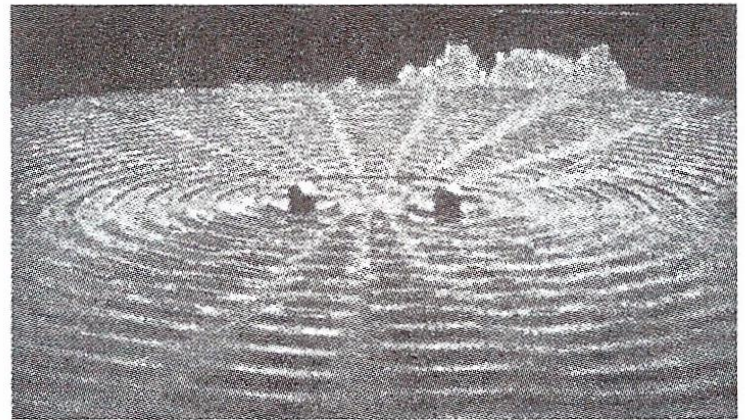
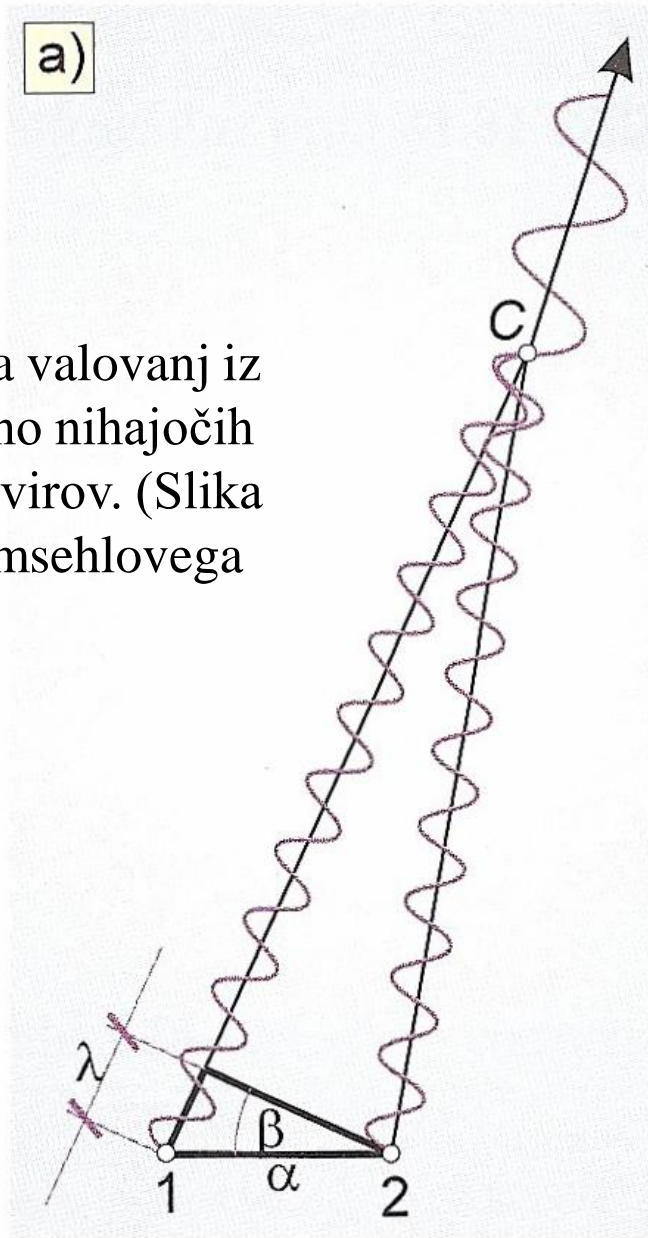


Lom valovanja

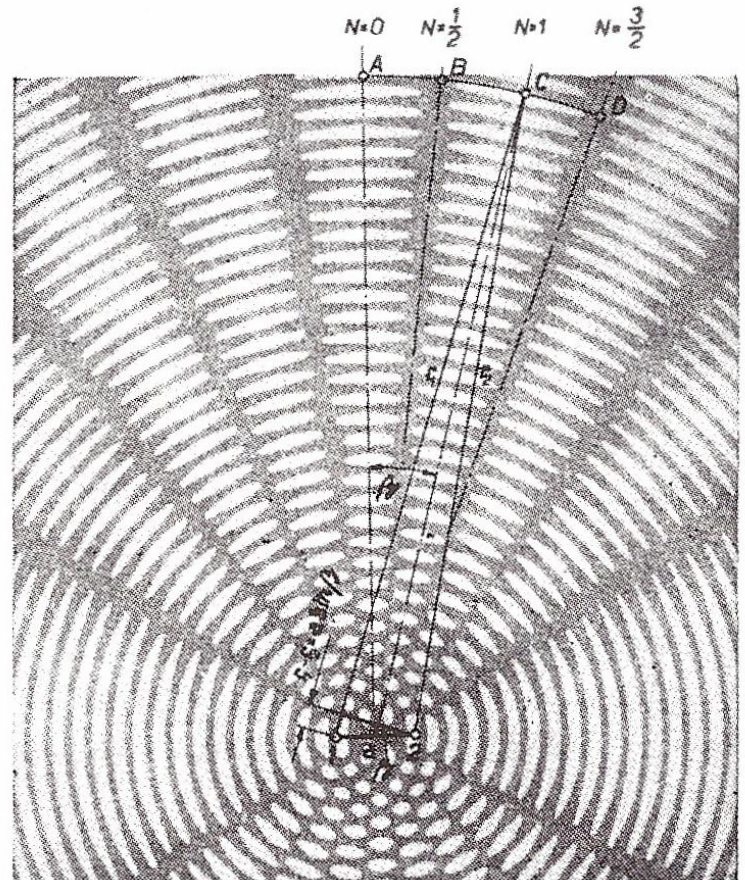
Odboj valovanja

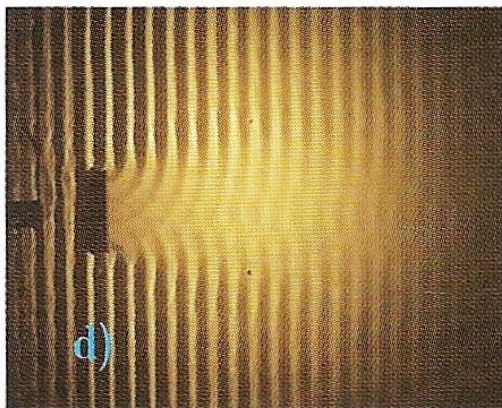
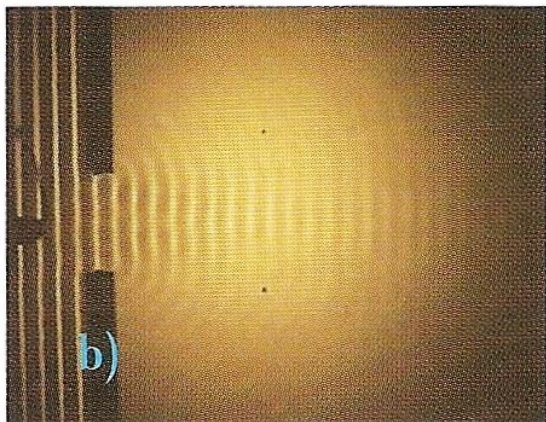
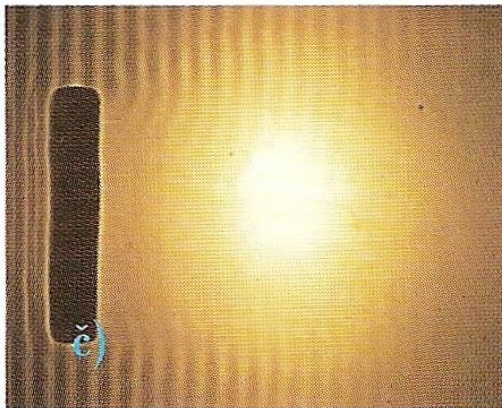
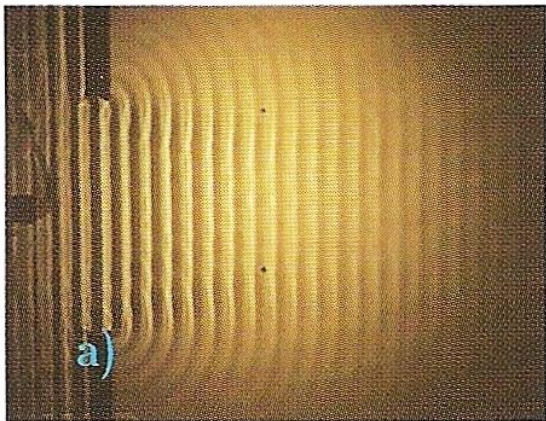
a)

Interferenca valovanj iz dveh sočasno nihajočih točkastih izvirov. (Slika b) je iz Grimsehlovega učbenika.)



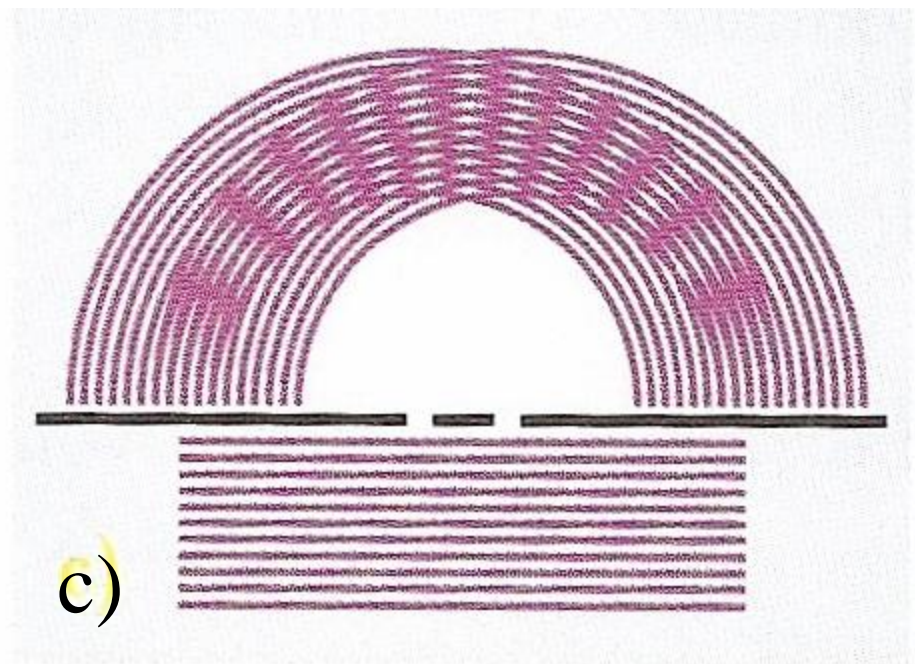
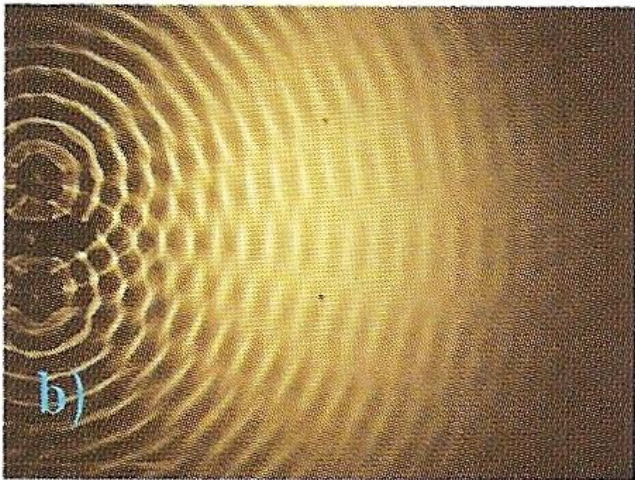
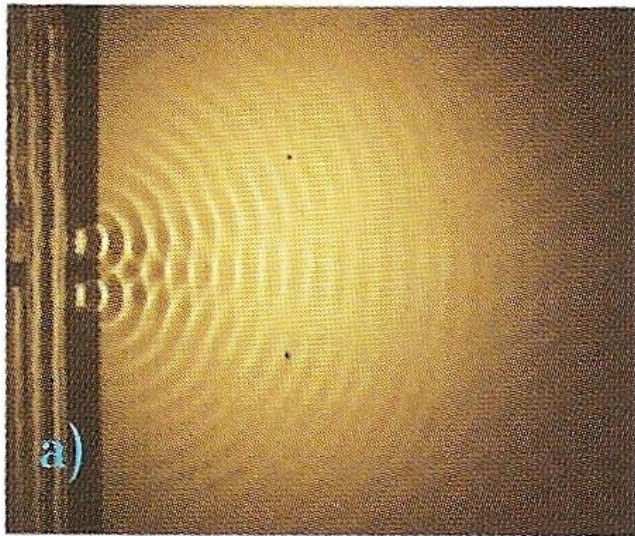
b)





Uklon valovanja.





a), c) Prehod valovanja skozi dve odprtini,
b) valovanje pri dveh izvirih.