

SLIKOVNO GRADIVO - BIOFIZIKA

VSEBINE

1. • BIOMEHANIKA
• ENERGIJSKA BILANCA ČLOVEKA
• ZVOK
2. • GEOMETRIJSKA OPTIKA
• ELEKTROKARDIOGRAFIJA
3. • ELEKTROMAGNETNO VALOVANJE
• IONIZIRAJOČA SEVANJA
• SLIKANJE V MEDICINI

BIOMEHANIKA

SILA NAVOR STATIKA KINEMATIKA

PRIMERI:

- VZVODI V ČLOVEŠKEM TELESU
- BIOMEHANIKA ČLOVEŠKE ROKE
- TORZIJSKE DEFORMACIJE
- DOLOČANJE TEŽIŠČA ČLOVEKA
- STABILNOST TELESA
- UPORABA ŠKRIPCEV V MEDICINI
- MERJENJE POVPREČNE MOČI PRI SKOKU IN HOJI

SILA

- delovanje sile na telo povzroči, da se le to giblje, lahko pa kljub vsemu tudi miruje => takrat sila zgolj spremeni njegovo obliko
- 4 osnovne sile:
 - **GRAVITACIJSKA SILA**
 - **ELEKTROMAGNETNA SILA**
 - **ŠIBKA JEDRSKA SILA**
 - **MOČNA JEDRSKA SILA**
- Kaj pa ostale sile kot so **SILE NA DOTIK** (trenje, sila upora, viskozna sila, sila mišic...) - vse te izvirajo iz **ELEKTROMAGNETNE SILE**
- ima smer in velikost - je **VEKTOR**

- **I. NEWTONOV ZAKON:**

- če je $\sum \vec{F} = 0$, potem telo miruje ali pa se giblje premo enakomerno

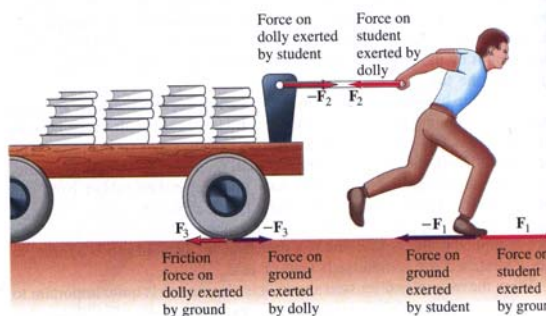
- **II. NEWTONOV ZAKON:**

- če je $\sum \vec{F} \neq 0$, to povzroči, da se telo giblje pospešeno $\Rightarrow$

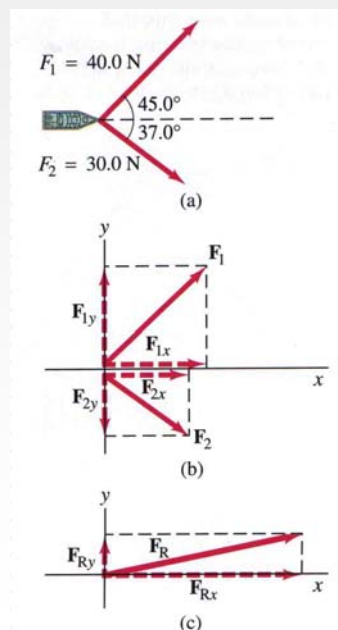
$$\sum \vec{F} \propto \vec{a} \quad \sum \vec{F} = m\vec{a} \quad \left[N = \frac{kg}{ms^2} \right]$$

- **III. NEWTONOV ZAKON:**

–kadarkoli deluje en predmet s silo na drugega, vedno deluje tudi drugi predmet na prvega z enako veliko vendar nasprotno usmerjeno silo:



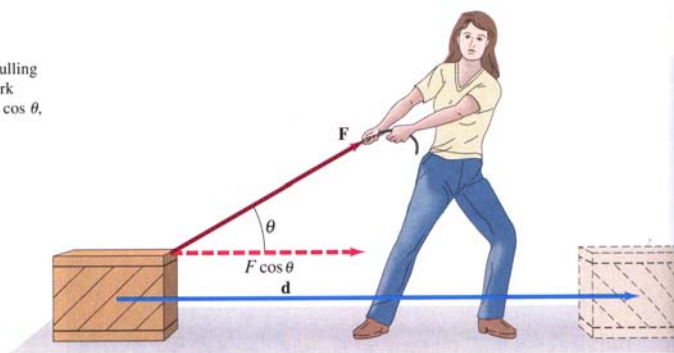
- **SEŠTEVANJE IN RAZSTAVLJANJE SIL:**



- **DELO SILE:**

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = F_{\parallel} s = Fs \cos \varphi \quad [Nm = J]$$

FIGURE 6-1 A person pulling a crate along the floor. The work done by the force $\mathbf{F}$ is $W = Fd \cos \theta$, where $\mathbf{d}$ is the displacement.



- **ENERGIJSKI ZAKON**

- če je vsota vseh zunanjih sil razen sile teže in sile vzmeti različna od 0 =>

$$A + (Q) = \Delta W_k + \Delta W_p + \Delta W_{pr} + (\Delta W_n)$$

- če je vsota vseh zunanjih sil razen sile teže in sile vzmeti enaka 0 =>

$$0 = \Delta W_k + \Delta W_p + \Delta W_{pr} + (\Delta W_n)$$

$$W_{ZAČETEK} = W_{KONEC}$$

- **MOČ:**

$$P = \frac{A}{t} \quad \left[\frac{J}{s} = W \right]$$

NAVOR

- navor je posledica delovanja sile, ki ne kaže v smeri masnega središča telesa
- ima smer in velikost - JE VEKTOR
- **analogija z II. NEWTONOVIM ZAKONOM:**
 - $\sum \vec{M} \neq 0$ povzroči, da telo pospešeno kroži =>

$$\sum \vec{M} \propto \vec{\alpha}$$

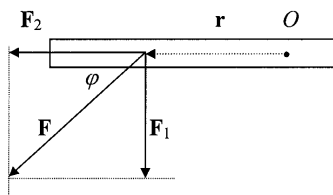
$$\sum \vec{M} = J \vec{\alpha} \quad [Nm] \quad J \propto mr^2 \quad [kgm^2]$$

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

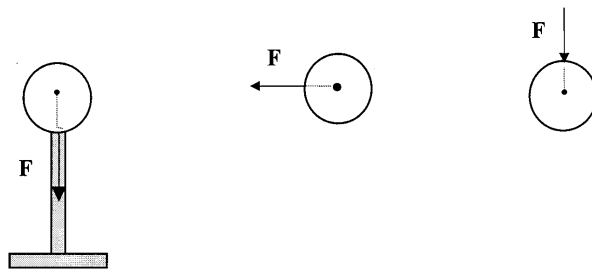
$$M = r_{\perp} F = r F_{\perp} = r F \sin \varphi$$

Ni vseeno, kolikšna je ročica sile, to je pravokotna razdalja (r) med osjo vrtenja in nosilko sile. Enaka sila tem hitreje zavrti kolo, čim večja je ročica. Količino, ki zavrti kolo, imenujemo navor ($\mathbf{M}$). Ta je odvisen od ročice ($\mathbf{r}$), sile ($\mathbf{F}$) in kota (φ) (sl. 3.4). Velikost navora je definirana:

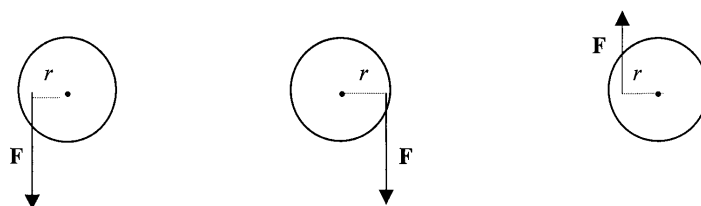
$$M = r F_1 = r F \sin(\varphi) \text{ .}$$



Slika 3.4. K navoru prispeva le komponenta sile F_1 , ki je pravokotna na ročico.



Slika 3.2. Kolo se ne zavrti, če sila leži na premici, ki gre skozi os vrtenja.



Slika 3.3. Kolo se zavrti, če premica, na kateri leži sila, poteka mimo osi vrtenja.

Statika – telesa v mirovanju

Statika proučuje mirujoča telesa. Pogoj za mirovanje je, da sta vsoti vseh sil in vseh navorov, ki delujejo na telo, enaki nič:

$$\sum_i F_i = 0, \quad (6)$$

$$\sum_i M_i = 0. \quad (7)$$

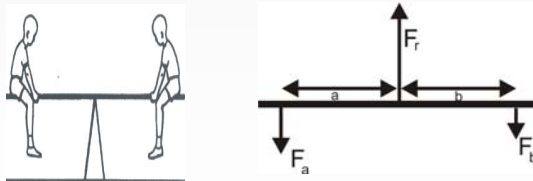
Oglejmo si preprost primer: dva otroka z masama m_a in m_b na gugalnici, kjer sta $\vec{F}_a = m_a g$ in $\vec{F}_b = m_b g$ teži obeh otrok. $\vec{F}_r$ je sila podlage, s katero os podpira gugalnico. Ta je ravno nasprotno enaka vsoti obeh tež: $\vec{F}_r = -(\vec{F}_a + \vec{F}_b)$.

Pogoj za ravnovesje navorov lahko zapišemo glede na katerokoli os. Zaradi enostavnosti bomo izbrali kar os, okoli katere se gugalnica vrti. Dobimo:

$$F_a a - F_b b = 0$$

Od tod sledi:

$$\frac{a}{b} = \frac{F_b}{F_a} = \frac{m_b}{m_a}$$

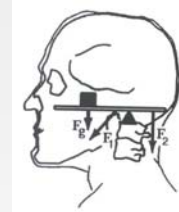
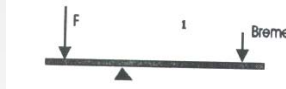


Slika 6: Dva otroka z različnima masama sedita na gugalnici. Gugalnica miruje (je v ravnovesju). Diagram sil.

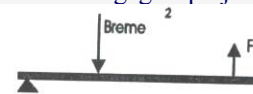
VZVODI

Ločimo tri tipe vzvodov:

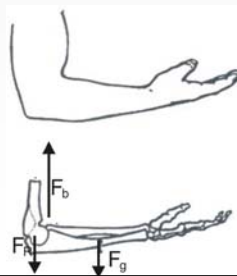
1. **TIP:** je dvokraki



2. **TIP:** je enokraki. Ročica bremena pri vzvodu drugega tipa je krajša od ročice sile. Primeren je za premagovanje velikih sil.



3. **TIP:** je enokraki. Vzvod tretjega tipa je zelo pogost v človeškem telesu – pojavlja se predvsem tam, kjer so potrebne velike hitrosti gibanja na račun večjih sil



PRIMERI VZVODOV PRI ČLOVEKU

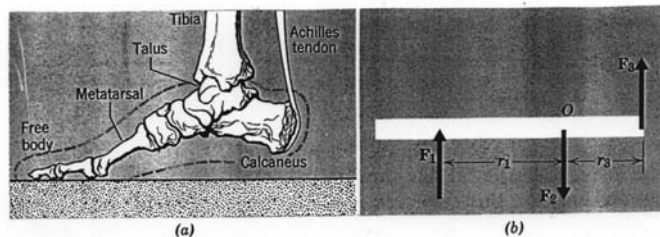
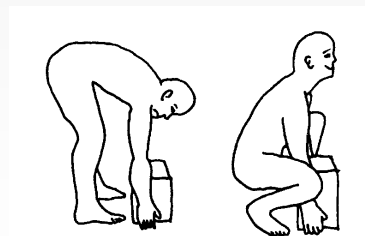
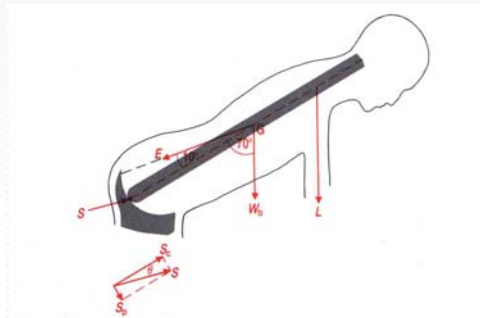
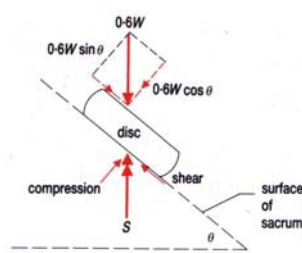
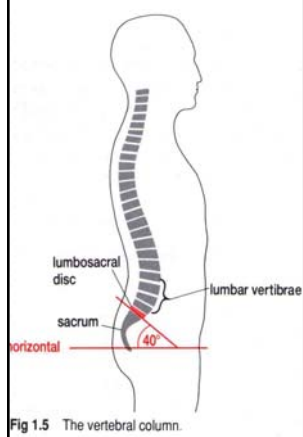


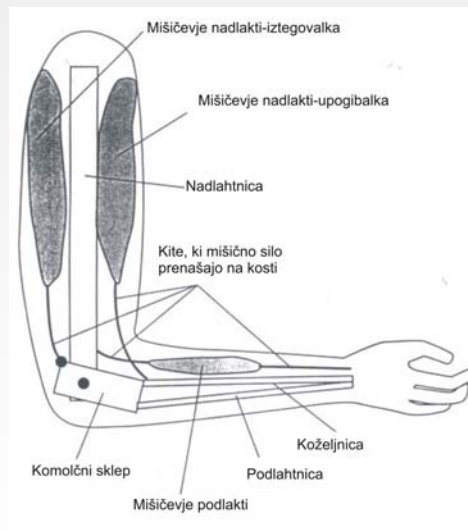
Figure 2 Forces involved in standing tiptoe.



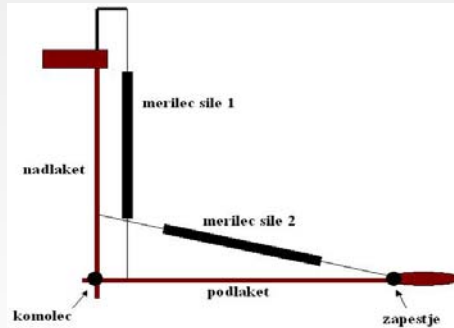
SILE NA DISK V HRBTENICI



BIOMEHANIKA ČLOVEŠKE ROKE

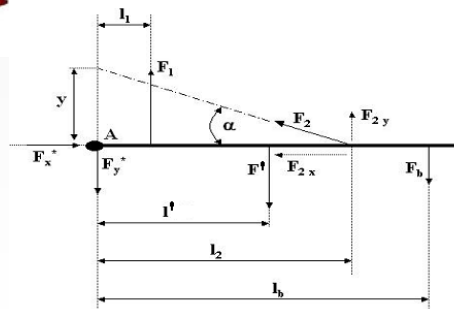


MODEL ČLOVEŠKE ROKE

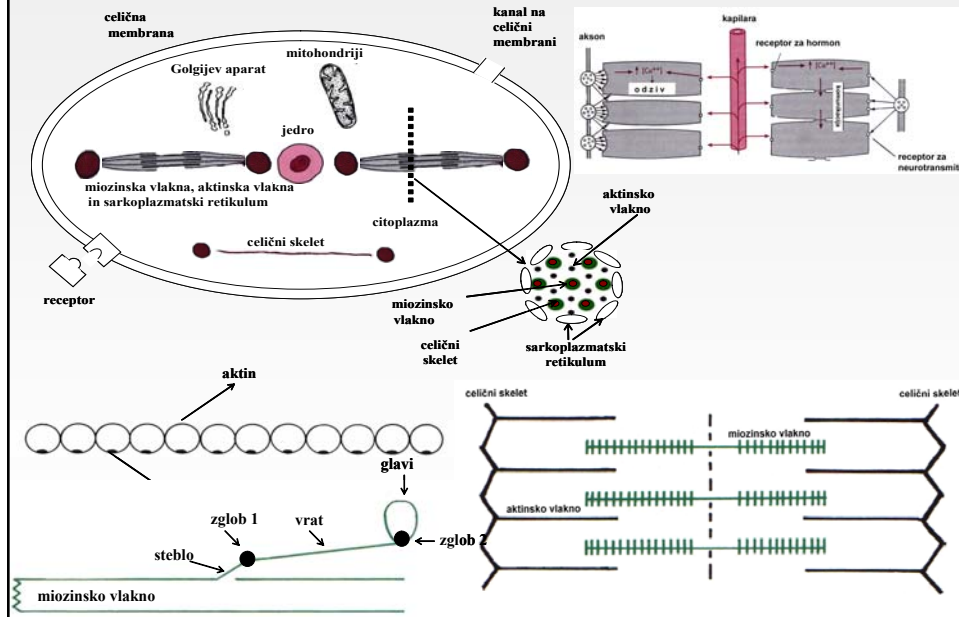


$$\sum \vec{F} = 0$$

$$\sum \vec{M} = 0$$



KAKO SE RAZVIJE SILA V MIŠICI?



TORZIJSKI ZLOM TIBIE

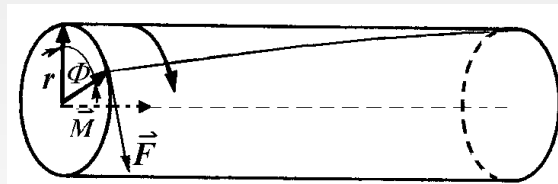


Golenica (tibia) lahko prenese največji navor pribl. 100 Nm, pri čemer je maksimalni kot zasuka 3,4.

TA ZLOM JE POGOST PRI SMUČANJU:

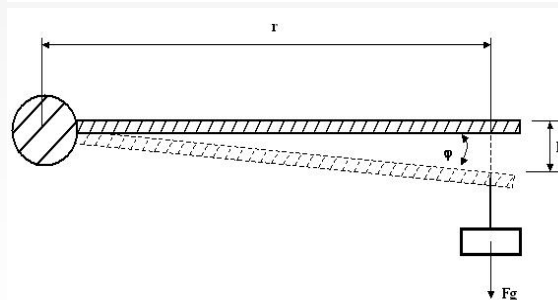
Če je razdalja od konice smuči do čevlja 1 m, potem je dovolj, da se sneg upira zasuku s silo 100 N, da je navor na golenico 100 Nm.

TORZIJSKA DEFORMACIJA

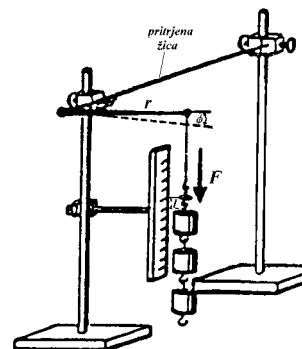


$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F} \quad \vec{r} \perp \vec{F} \Rightarrow \sin \theta = 1$$

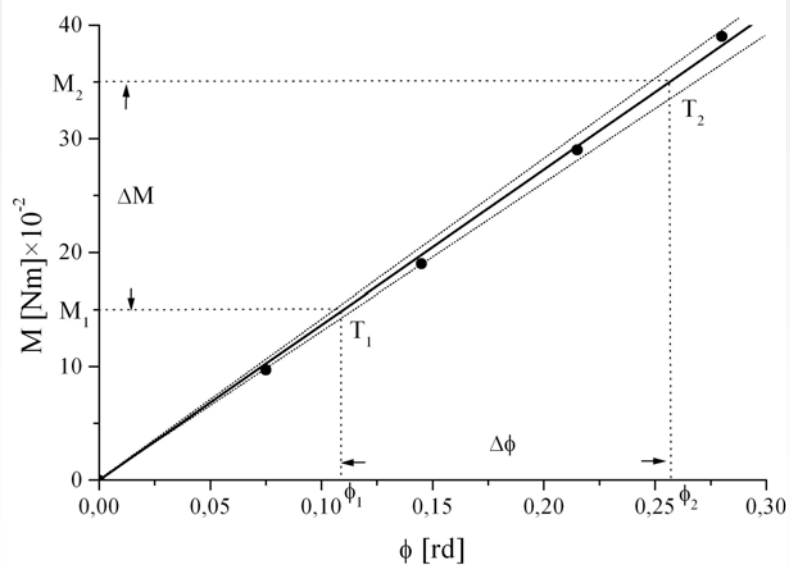
$$M = rF$$



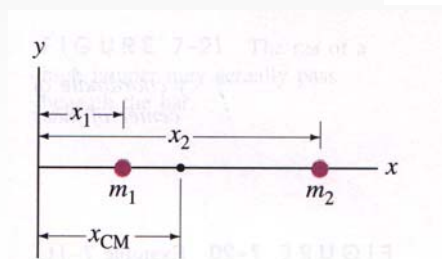
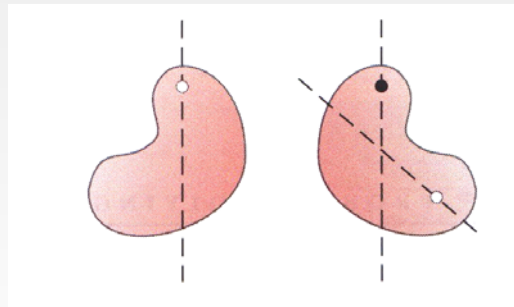
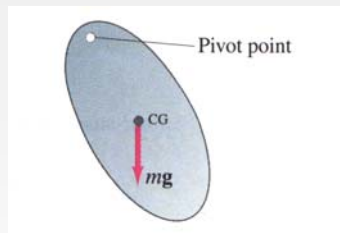
$$M = D\phi$$



$$M = D\phi$$

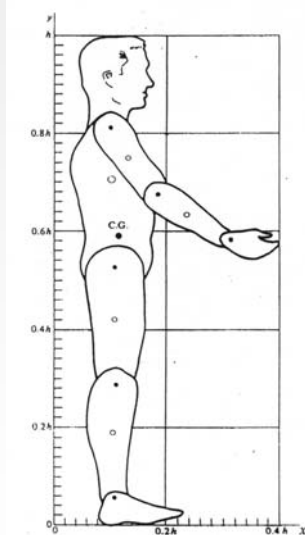


TEŽIŠČE TELESA OZ. MASNO SREDIŠČE



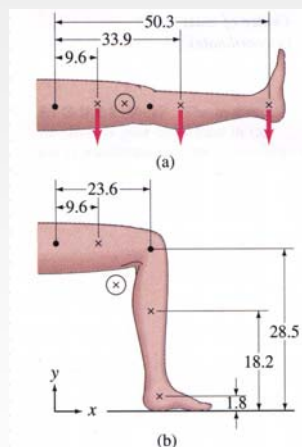
$$x_{CM} = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2}{m_1 + m_2}$$

TEŽIŠČE ČLOVEKA IN NJEGOVIH DELOV



Slika 4.4.2.3. Težišče posameznega dela človeškega telesa, glede na sklepe. Točka C.G. označuje težišče človeka.

TEŽIŠČE JE LAHKO TUDI IZVEN PREDMETA



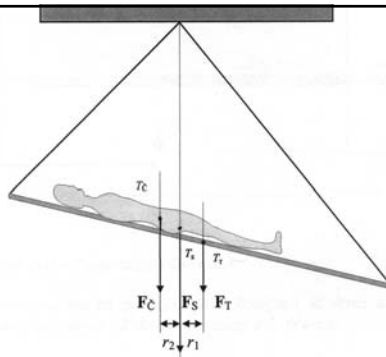
(a)



(b)

DOLOČANJE TEŽIŠČA ČLOVEKA Z RICHERJEVO TEHTNICO

$$F_T = 325 \text{ N}$$



Upoštevamo, da je navor okoli točke T_S enak nič in dobimo :

$$F_T r_1 = F_C r_2$$

ter

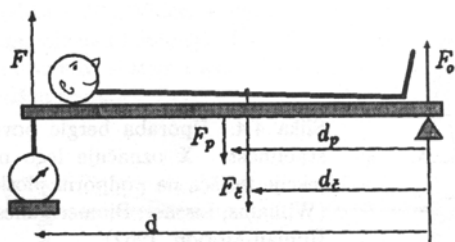
$$r_2 = (F_T r_1) / F_C .$$

Pri tem sta F_T teža tehtnice in r_1 razdalja med nosilkama F_T in F_S . Težo v zgornjih izrazih lahko zamenjamo z maso. Tako izrazimo r_2 kot

$$r_2 = (m_T r_1) / m_C ,$$

pri čemer je r_2 iskana lega težišča človeka glede na skupno težišče. Določanje težišča na telesu

DOLOČANJE TEŽIŠČA ČLOVEKA Z LOWETTOVO TEHTNICO



Slika 4.7: Lowettova tehtnica za določanje težišča telesa.

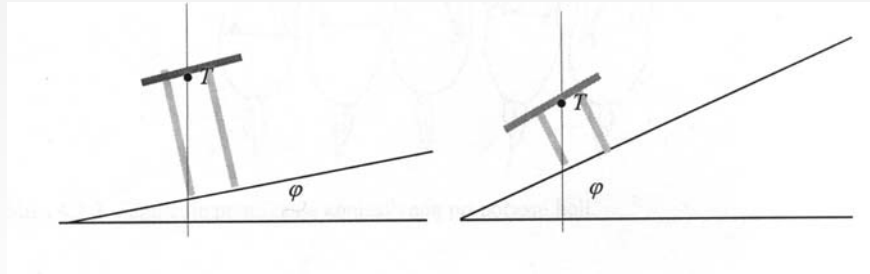
4.4.3 Določanje težišča človeškega telesa z Lowettovo metodo

Lowettova metoda za določitev lege težišča je prikazna na sliki 4.7. Podlaga s težo F_p je podprta v eni točki, na drugi strani pa je naslonjena na tehtnico. Lego težišča (d_c) človeka s težo F_c , ki leži na podlagi, določimo iz pogoja za ravnovesje navorov glede na podporno točko.

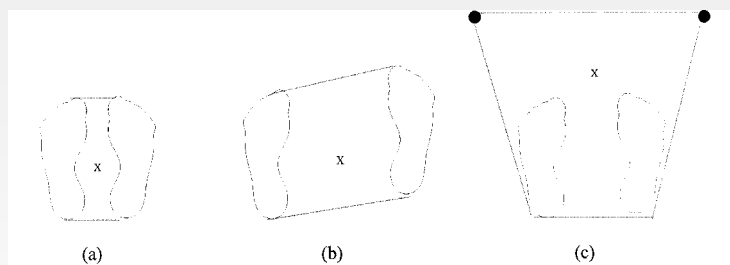
$$F \cdot d = F_c d_c + F_p d_p,$$

STABILNOST

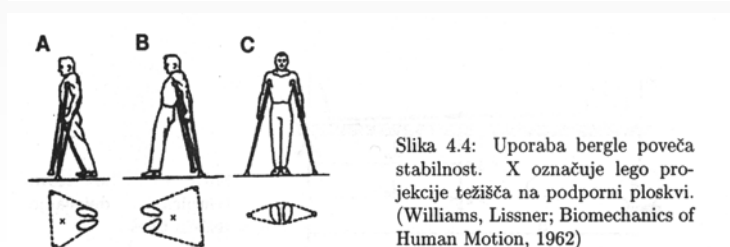
- TELO JE STABILNO, KADAR JE PROJEKCIJA TEŽIŠČA ZNOTRAJ PODPORNE PLOSKVE TELESA



STABILNOST ČLOVEKA

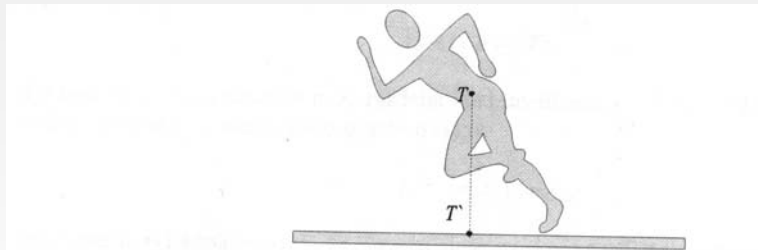


Slika 4.4.1.1. Podporno ploskev (a) lahko človek poveča, če razširi noge (b) ali uporabi palice (c).



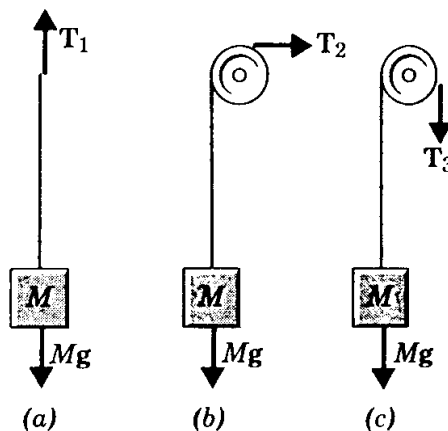
Slika 4.4: Uporaba bergle poveča stabilnost. X označuje lego projekcije težišča na podporni ploskvi. (Williams, Lissner; Biomechanics of Human Motion, 1962)

- PRI TEKU TELO NI V STATIČNEM RAVNOVESJU



Slika 4.4.1.2. Projekcija T' težišča T tekača je pred podporno ploskvijo.

UPORABA ŠKRIPECV V MEDICINI

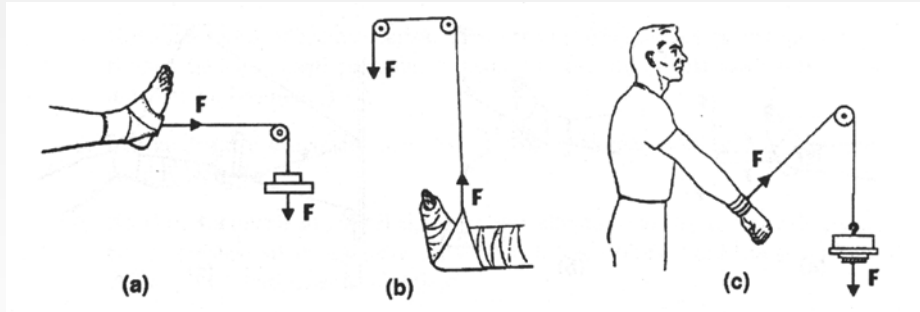


$$T_1 = T_2 = T_3 = Mg$$

**ŠKRIPEC JE UPORABEN,
KER LAHKO:**

- SPREMENI SMER SILE
- SPREMENI VELIKOST SILE (ne nujno)

- **PREPROSTI ŠKRIPCI- SPREMENIJO SAMO SMER SILE**



- **SESTAVLJENI ŠKRIPCI-SPREMENIJO VELIKOST IN SMER SILE**

$$T_1 = T_2 = Mg$$

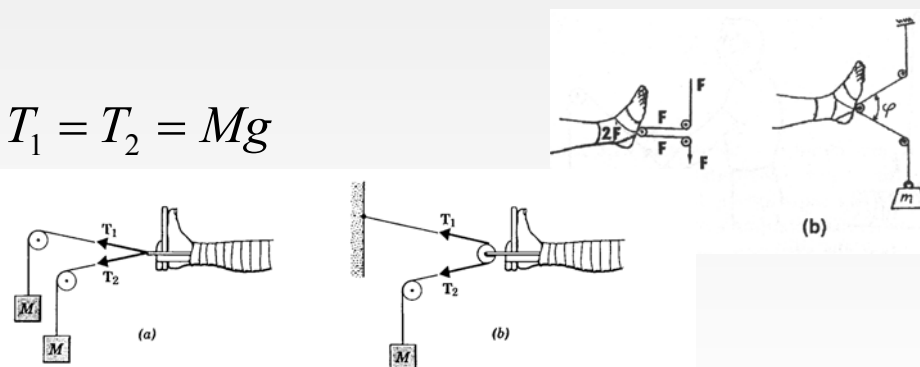


Figure 2 Two equivalent methods of exerting a force on a patient's leg. In each case, $T_1 = T_2$.

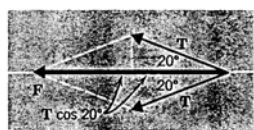


Figure 3 Net result of the traction system shown in Figure 2.

- SESTAVLJENI ŠKRIPCI-SPREMENIJO VELIKOST IN SMER SILE

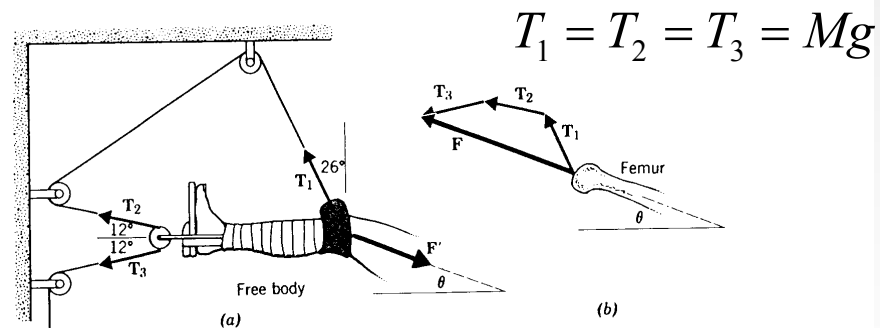
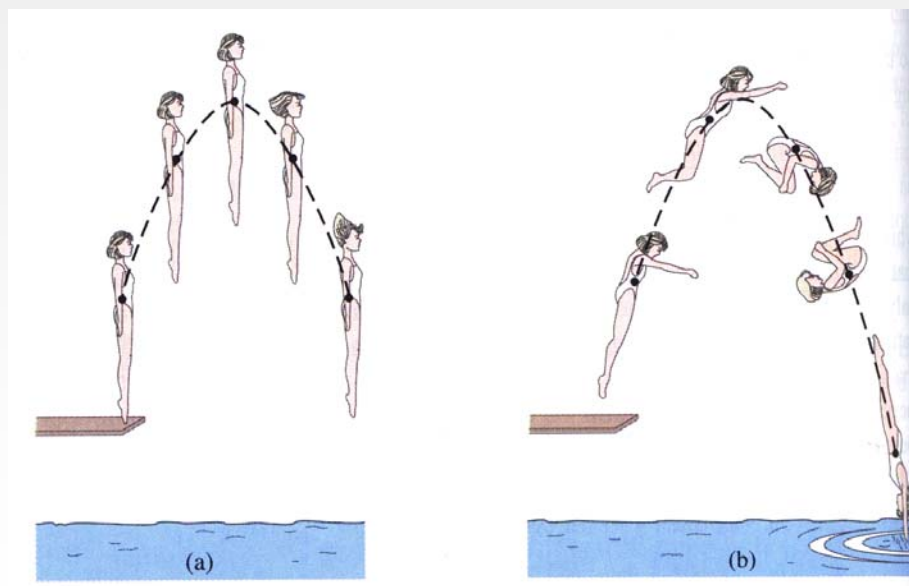
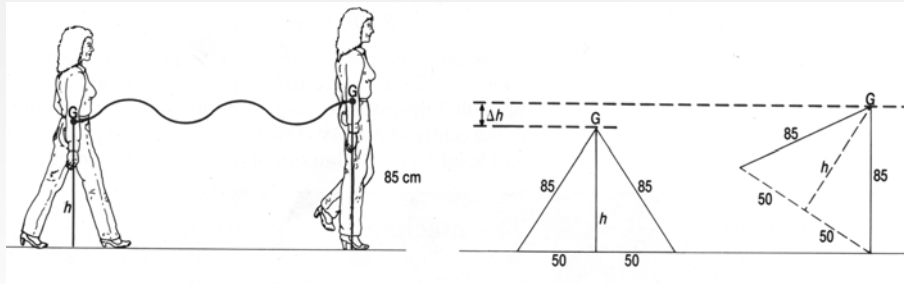


Figure 4 The Russell traction system used to immobilize a fractured femur. The system is adjusted so that the angle of elevation θ of the thigh is approximately 20° . (Adapted from Williams and Lissner.) The dashed curve isolates the lower leg as a free body. The force F' is the force exerted by the femur on the lower leg. The reaction force $F = -F'$ is exerted on the femur.

GIBANJE TEŽIŠČA TELESA



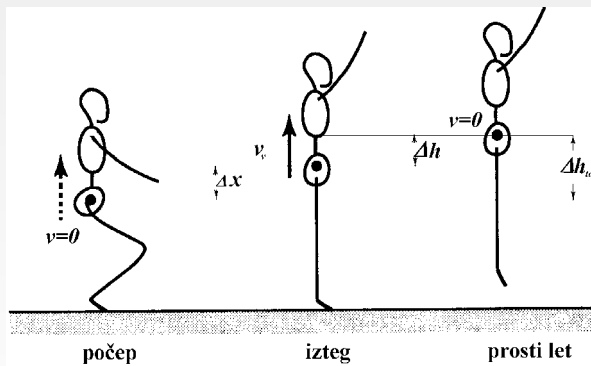
MERJENJE POVPREČNE MOČI PRI HOJI



$$A = mg\Delta h$$

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

MERJENJE POVPREČNE MOČI PRI SKOKU



$$\frac{1}{2}mv_v^2 = mg\Delta h$$

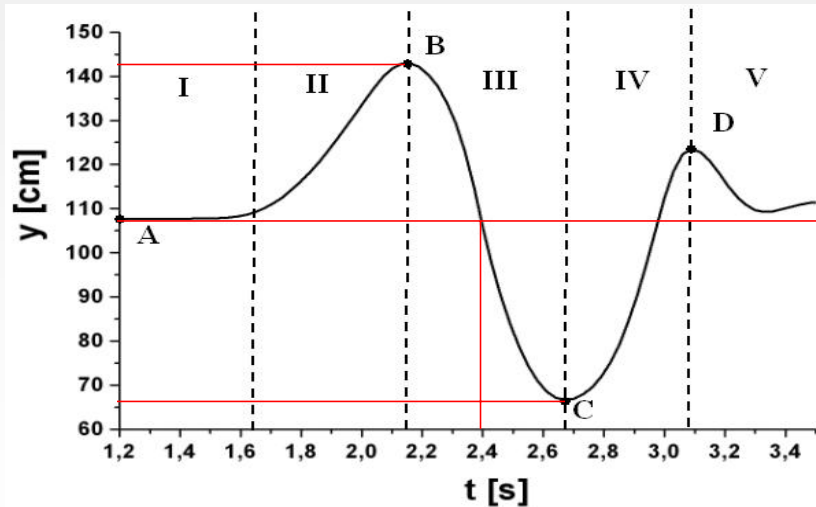
$$v_v = \frac{2\Delta x}{t}$$

$$\Delta h = \frac{v_v^2}{2g} = \frac{2\Delta x^2}{gt^2}$$

$$A = \frac{1}{2}mv_v^2 + mg\Delta x = mg(\Delta h + \Delta x) = mg\Delta h_{tot}$$

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

•IZMERJEN DIAGRAM ZA ODMIK SENZORJA OD STROPA



ENERGIJSKA BILANCA ČLOVEKA

ENERGIJSKI TOK METABOLIZMA IZKORISTEK ČLOVEKA

PRIMERI:

- REGULACIJA TELESNE TEMPERATURE
- ENERGIJSKA VREDNOST ŽIVIL

ENERGIJSKI TOK METABOLIZMA

- človeško telo lahko obravnavamo kot toplotni stroj, ki pretvarja energijo pridobljeno iz hrane v delo in toploto

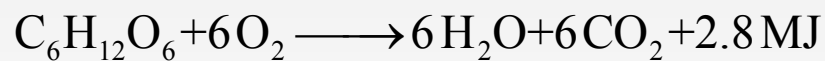
$$dE = dA + dQ$$

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

$$\frac{dE}{dt} = \frac{dA}{dt} + \frac{dQ}{dt}$$

- glavni vir energije pri človeku so maščobe, ogljikovi hidrati in beljakovine

• PRIMER: **oksidacija glukoze:**



- 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

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

$$\frac{dE}{dt} = \frac{dV_0}{dt} \cdot 20 \frac{kJ}{l}$$

IZKORISTEK ČLOVEKA

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
sedenje	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
pršno 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: $e = \frac{P}{dE/dt} = \text{mehanska moč/energijski tok metabolizma}$

REGULACIJA TELESNE TEMPERATURE

•KOLIČINA ODDANE TOPLOTE JE ODVISNA OD:

- TOPLLOTNE 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

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.

$$Q = mc\Delta T =$$

$$= 1 \text{ kg} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 1 \text{ K} =$$

$$= 4,2 \text{ kJ}$$

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

ZVOK IN SVETLOBA KOT VALOVANJE

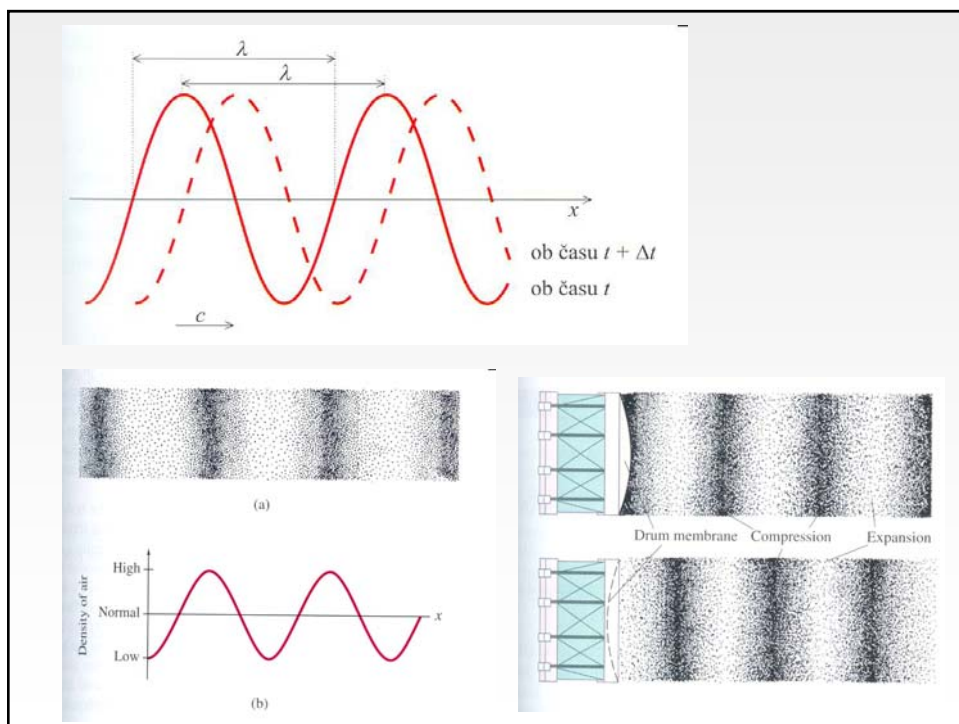
VRSTE VALOVANJA
LASTNOSTI VALOVANJA
ZVOČNO VALOVANJE
DOPPLERJEV EFEKT
SVETLOBA - GEOMETRIJSKA OPTIKA-ENAČBA
LEČE

PRIMERI:

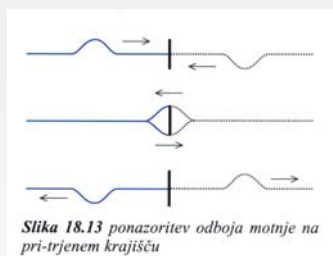
- TOTALNI ODBOJ - ENDOSKOPIJA
- STOJEČE VALOVANJE - HITROST ZVOKA V ZRAKU
- UHO - MEJA SLIŠNOSTI
- DOPPLERJEV EFEKT - UPORABA PRI MERJENJU HITROSTI KRVİ Z ULTRAZVOKOM
- LEČE IN PRESLIKAVE PREKO LEČ
- LUPA
- OKO
- KRATKOVIDNOST, DALJNOVIDNOST

VALOVANJE

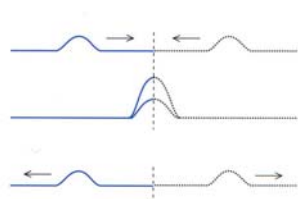
- **VRSTE:**
 - **longitudinalno** (deli sredstva se gibljejo vzdolž širjenja valovanja) - primer: valovanje na vzmeti
 - drugi primer: **ZVOK**
 - **transverzalno** (deli sredstva se gibljejo prečno glede na smer širjenja valovanja) - primer: valovanje na vrvi
 - drugi primer: **SVETLOBA**
- **ZNAČILNOSTI VALOVANJA:**
 - **ODBOJ**
 - **LOM**
 - **UKLON**
 - **INTERFERENCA** (seštevanje valovanja)



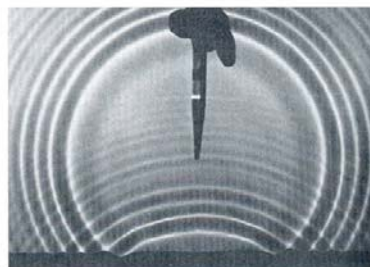
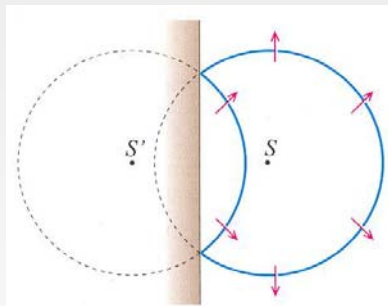
• ODBOJ



Slika 18.13 ponazoritev odboja motnje na pri-trjenem krajišču

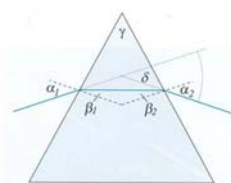


Slika 18.14 ponazoritev odboja motnje na prostem krajišču

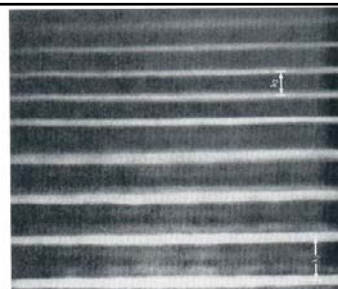


Slika 21.8 odboj krožnih valov

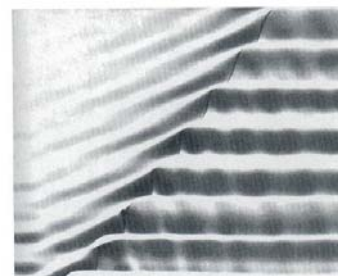
- LOM



Slika 23.5, 23.6 lom curka svetlobe na optični prizmi

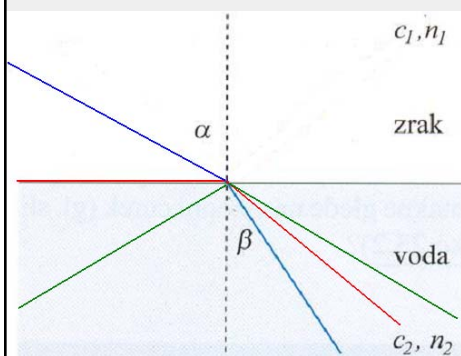


Slika 21.10 Sprememba valovne dolžine pri prehodu valovanja na vodi iz globoke v plitvejšo vodo. Valovne črte so vzporedne z mejo.



Slika 21.11 prehod valovanja na vodi iz globoke v plitvejšo vodo pri poševnem vpadu

- LOM IN TOTALNI ODBOJ NA PREHODU SVETLOBE IZ VODE V ZRAK

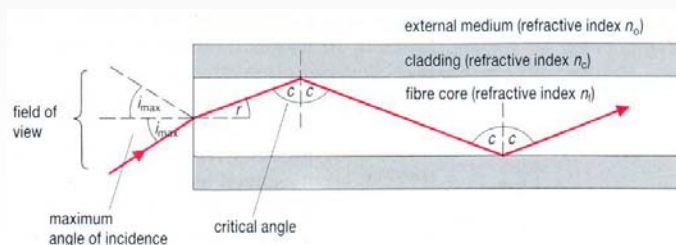


$$n_{\text{zrak}}=1$$

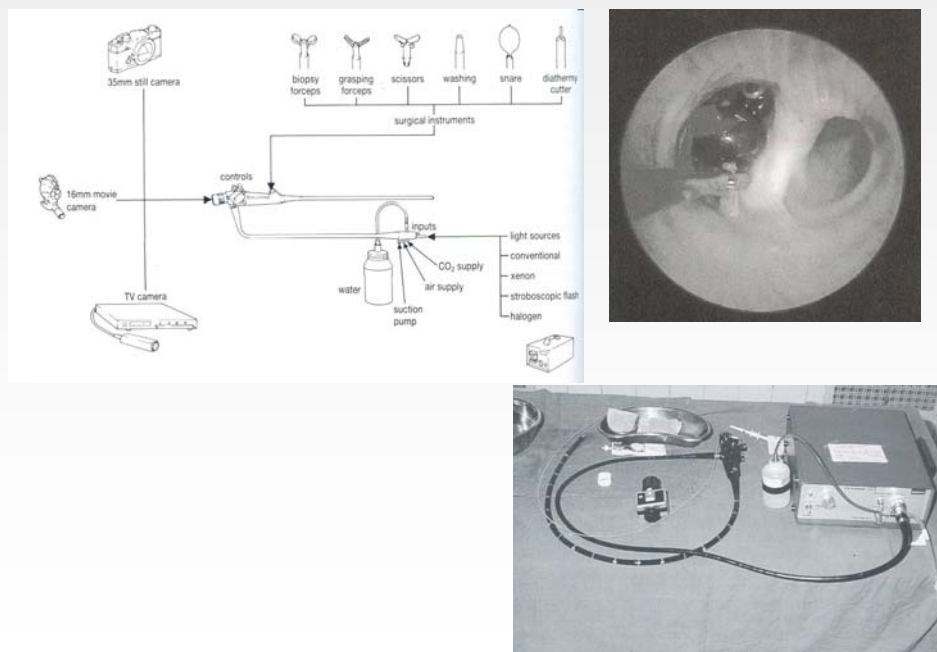
$$n_{\text{voda}}=1.33$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

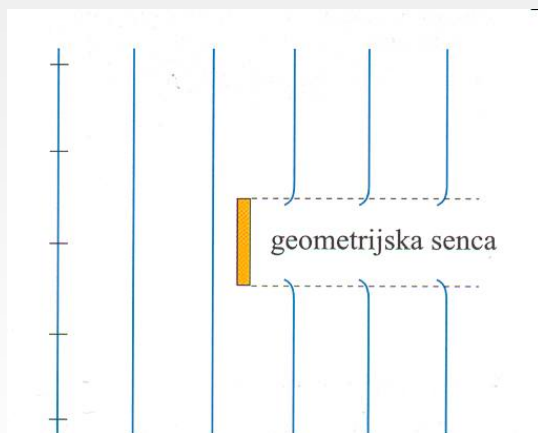
TOTALNI ODBOJ IN OPTIČNI VODNIK:



UPORABA OPTIČNEGA VODNIKA V MEDICINI - ENDOSKOPIJA

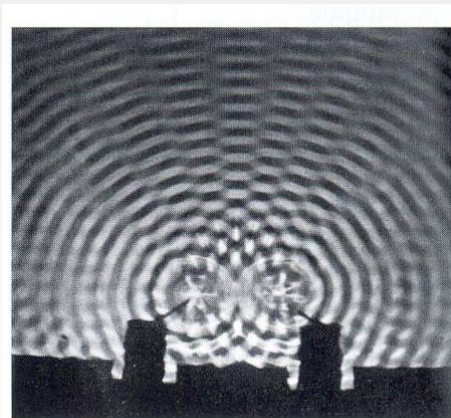
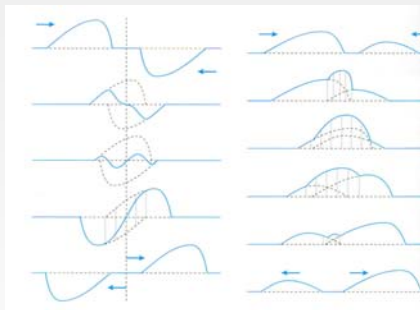


• UKLON



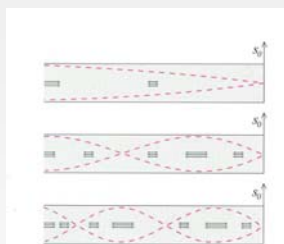
Slika 25.1 Valovanje se razširja v področje geometrijske sence.

- INTERFERENCA

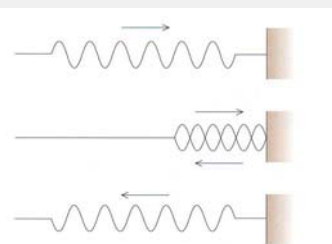
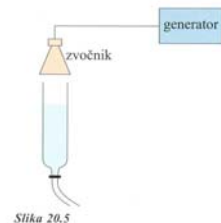


Slika 26.2 interferenca valov na vodni gladini

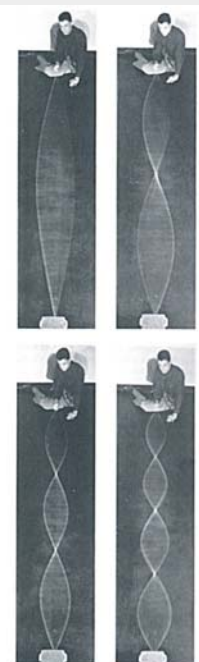
- STOJEČE SINUSNO VALOVANJE



Slika 20.4 stojče valovanje v piščali, ki je na enem krajišču zaprta



Slika 20.3 nastanek stojčega valovanja



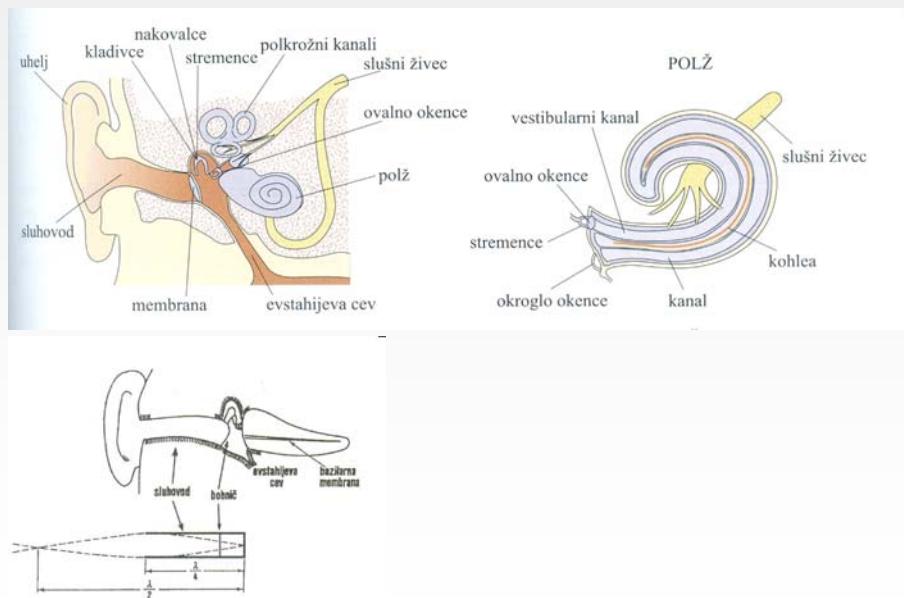
Slika 20.1 stojči valovi na vrvi

ZVOK

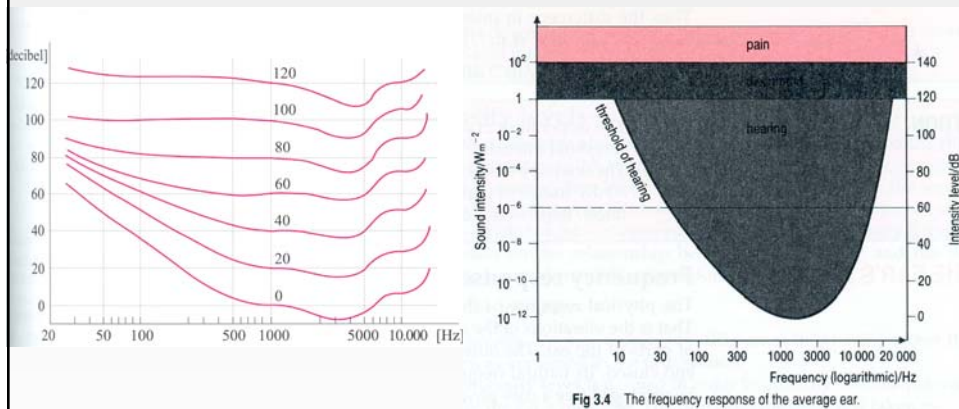
- longitudinalno valovanje zgoščin in razredčin zraka
- lahko se širi samo v snovi
- hitrost zvoka je odvisna od stisljivosti snovi, po kateri se širi in temperature

Snov	T(°C)	c (m/s)	Snov	T(°C)	c (m/s)
Guma	20	50	Živo srebro	20	1450
Zrak	0	331	Svinec	20	2650
Helij	0	965	Led	0	3300
Vodik	0	1284	Medenina	20	3500
Morska voda	17	1530	Jeklo	20	5000
Navadna voda	25	1500	Aluminij	20	5100

UHO



•OBČUTLJIVOST UŠESA IN MEJA SLIŠNOSTI



•DOPPLERJEV EFEKT

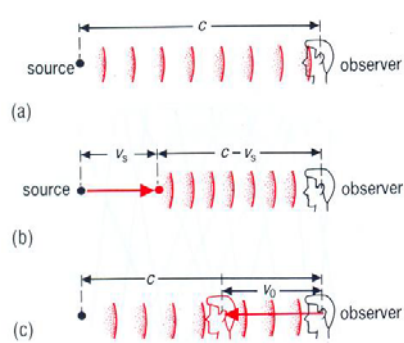
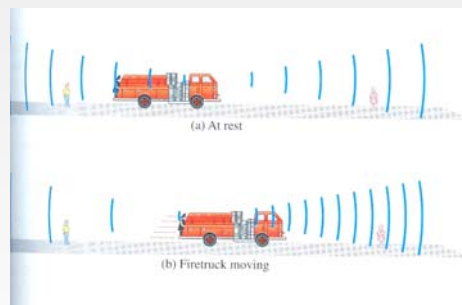


Fig 8.9 Doppler effect (a) stationary source and observer (b) moving source (c) moving observer.



•UPORABA DOPPLERJEVEGA EFEKTA PRI MERITVAH Z ULTRAZVOKOM

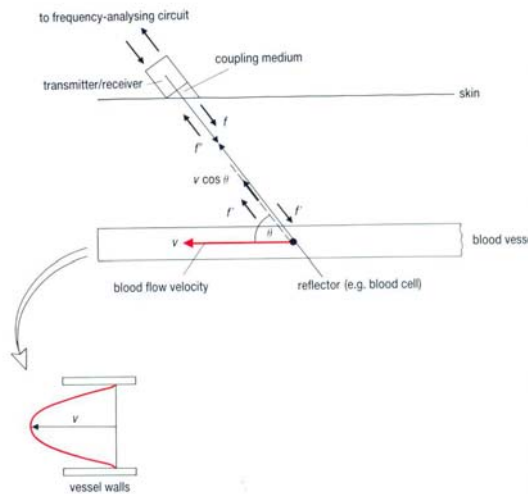


Fig 8.11 Doppler blood flow measurement.

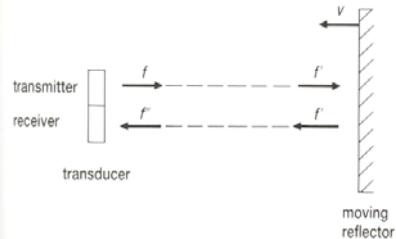
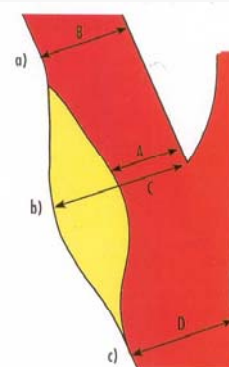
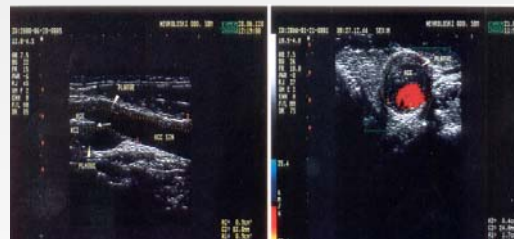
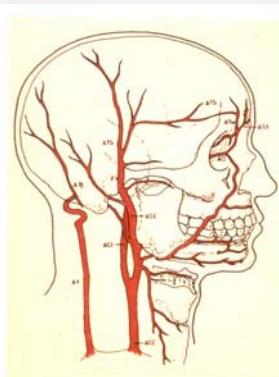
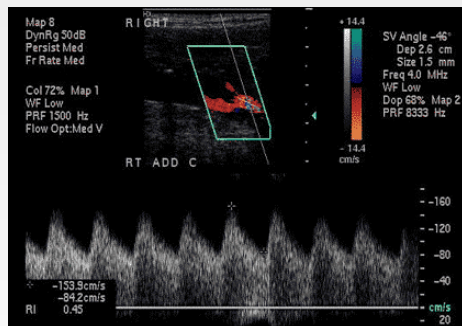


Fig 8.10 Doppler shift from a moving reflector.

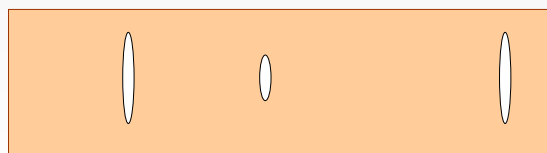
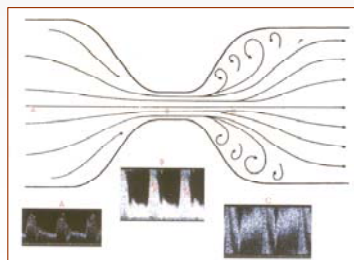
•MERJENJE HITROSTI IN PRETOKA KRVI PO ŽILAH TER UGOTAVLJANJE MEST STENOZ



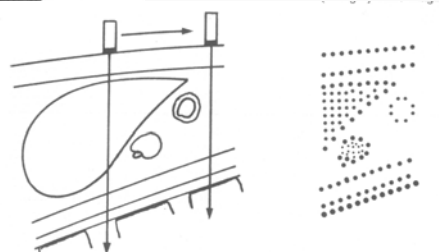
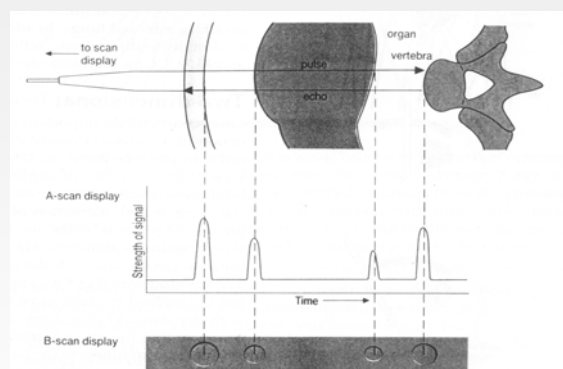


Slika 4: Primer ultrazvočne slike.

Na sliki lahko vidimo dvodimenzionalno sliko opazovanega dela telesa (sredina zgoraj), žile, v kateri je z kvadratom označen del žile na katerega je snop valov usmerjen. Barve v kvadratu nam dajejo informacijo o trenutni hitrosti krvnega pretoka oziroma o izmerjenem Dopplerjevem pomiku. Spodaj je prikazan časovni potek merjenja hitrosti krvnega pretoka iz katerega lahko pridobimo kvantitativne informacije in boljši vpogled v dinamiko. Ta slika je narejena z metodo, imenovano duplex Doppler, ki omogoča največ informacij [15].

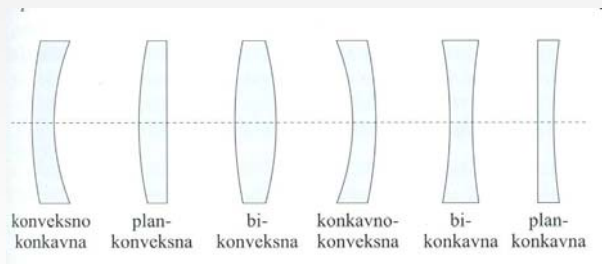


•PULZNI NAČIN MERJENJA



SVETLOBA - GEOMETRIJSKA OPTIKA

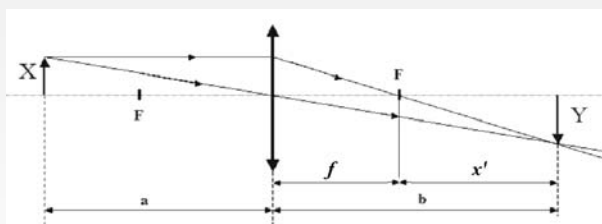
•VRSTE LEČ



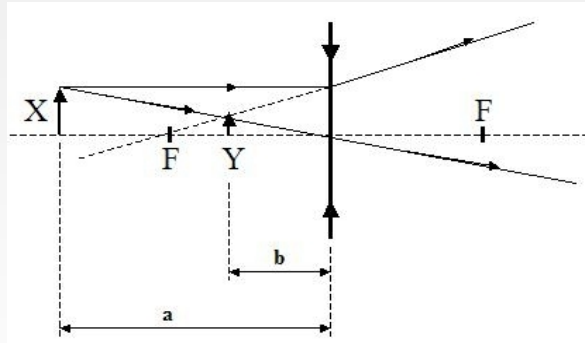
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

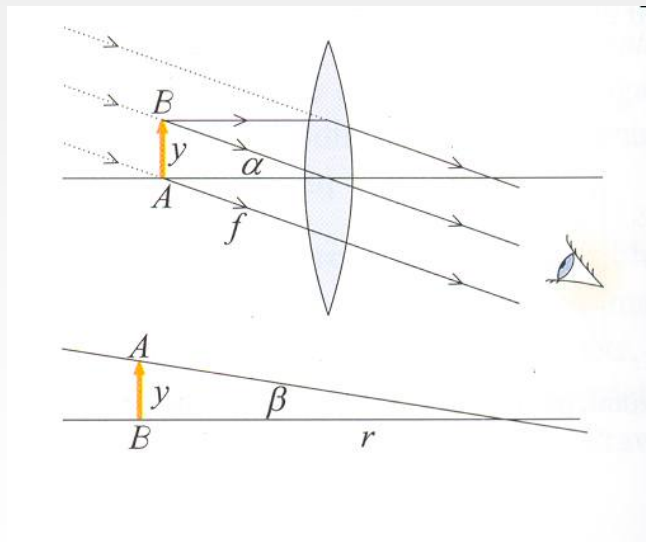
•KONVEKSNA-ZBIRALNA LEČA



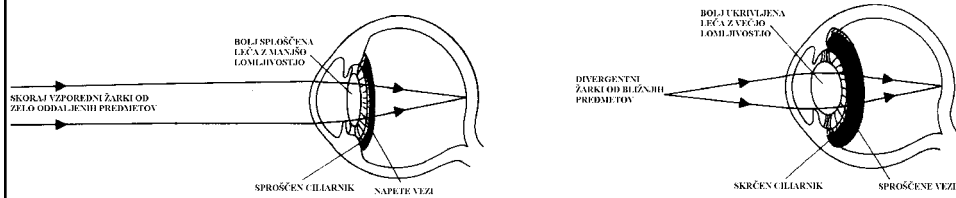
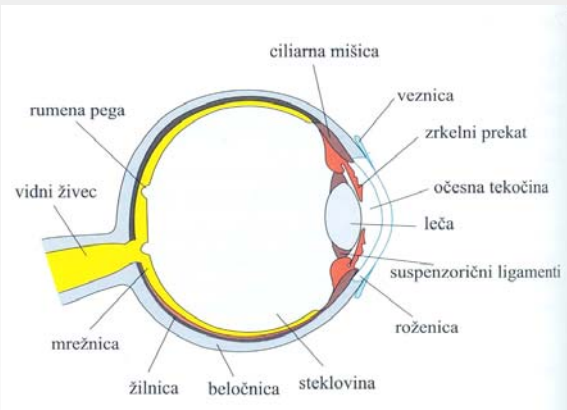
•KONKAVNA-RAZPRŠILNA LEČA



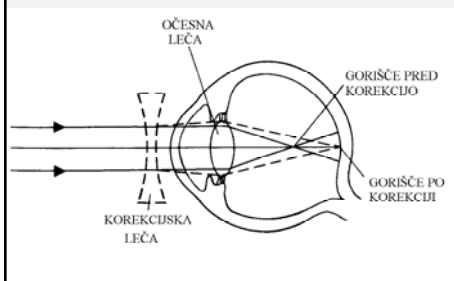
•LUPA



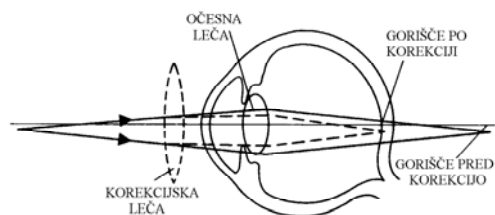
OKO



KRATKOVIDNOST



DALJNOVIDNOST



ELEKTRIČNO IN MAGNETNO POLJE TER ELEKTROMAGNETNO VALOVANJE

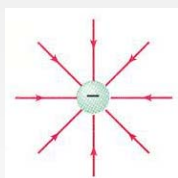
EL. POLJE TOČKASTEGA NABOJA; KONDENZATORJA
ELEKTROSTATSKA POTENCIALNA ENERGIJA
ELEKTRIČNI DIPOL
MAGNETNO POLJE TULJAVE
SILA NA NABITI DELEC V EL. IN MAG. POLJU
SPEKTER IN ENERGIJA EM VALOVANJA

PRIMERI:

- EKG
- KATODNA CEV (CRT)
- RENTGENSKI APARAT
- SPEKTER IN SEVANJE PLINOV
- SPEKTER IN SEVANJE TRDNIH SEGRETIH TELES
- TERMOGRAFIJA

ELEKTRIČNO POLJE

•ELEKTRIČNO POLJE TOČKASTEGA MIRUJOČEGA NABOJA

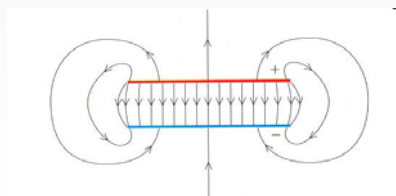


$$\vec{E} = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r} \left[\frac{V}{m} \right]$$

$$\epsilon_0 = 8.86 \times 10^{-12} \frac{(As)^2}{Nm^2}$$

$$e_0 = 1,6 \times 10^{-19} As$$

•ELEKTRIČNO POLJE KONDENZATORJA



Slika 2.15 silnice električnega polja med ploščama kondenzatorja

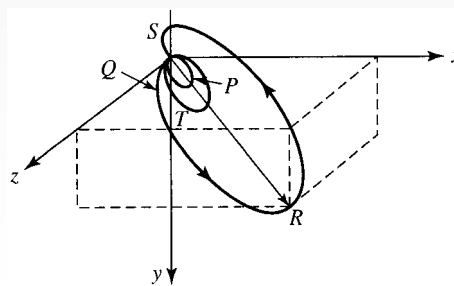
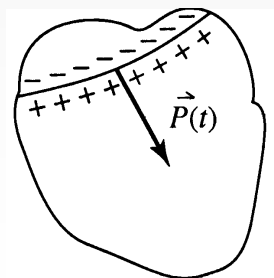
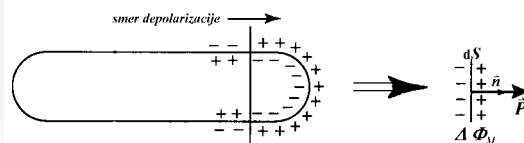
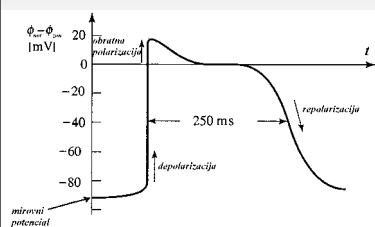
$$E = \frac{e}{\epsilon_0 S} = \frac{U}{d}$$

$$A = \Delta W_e = eU \left[eV = 1,6 \times 10^{-19} J \right]$$

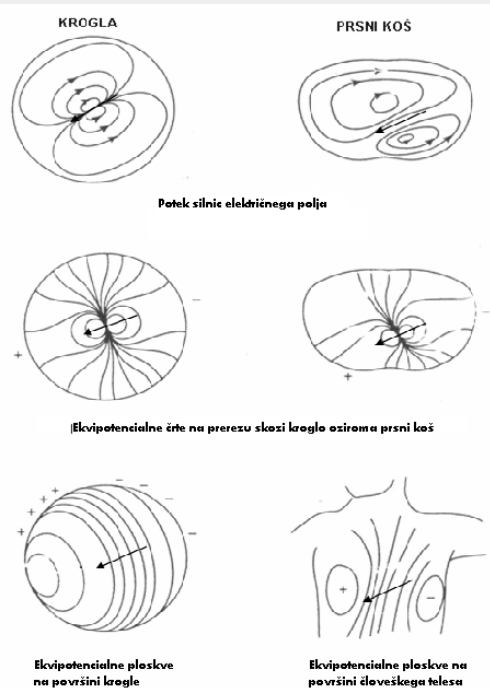
ELEKTROKARDIOGRAFIJA (EKG)

- Elektrokardiografija je veda, s katero preučujemo delovanje srca na podlagi merjenja potencialnih razlik med različnimi deli telesa ob srčni aktivnosti.
- Elektrokardiograf je posebna priprava, s katero zaznamo na površini telesa napetostne razlike.
- Elektrokardiogram je standardiziran časovni zapis napetostnih razlik, ki jih izmerimo.

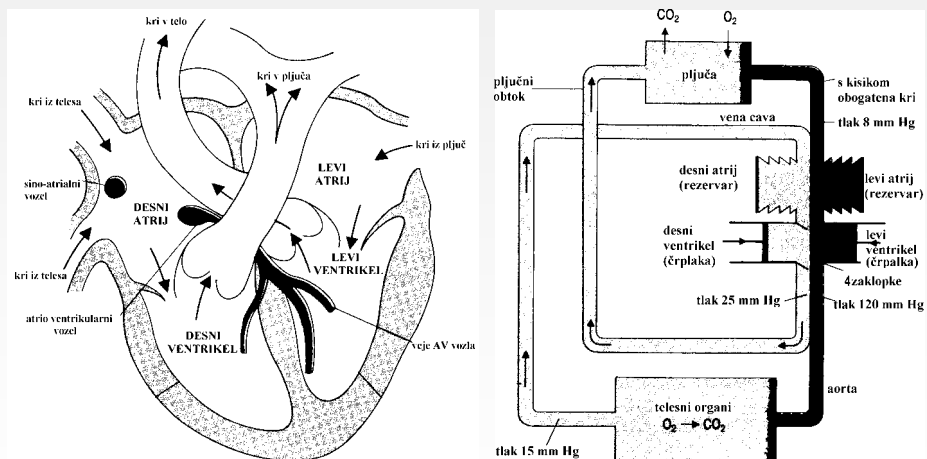
DEPOLARIZACIJA CELICE IN ELEKTRIČNI DIPOL



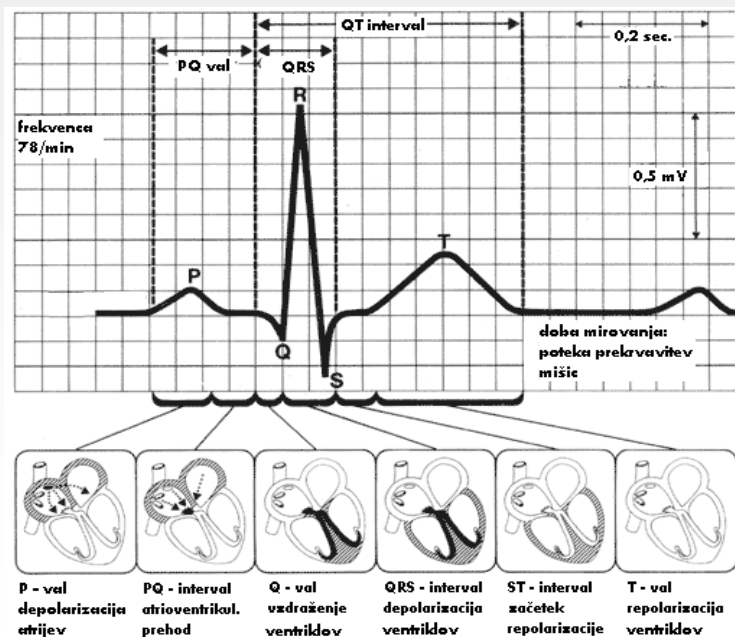
ELEKTRIČNO POLJE DIPOLA IN EKVIPOTENCIALNE ČRTE



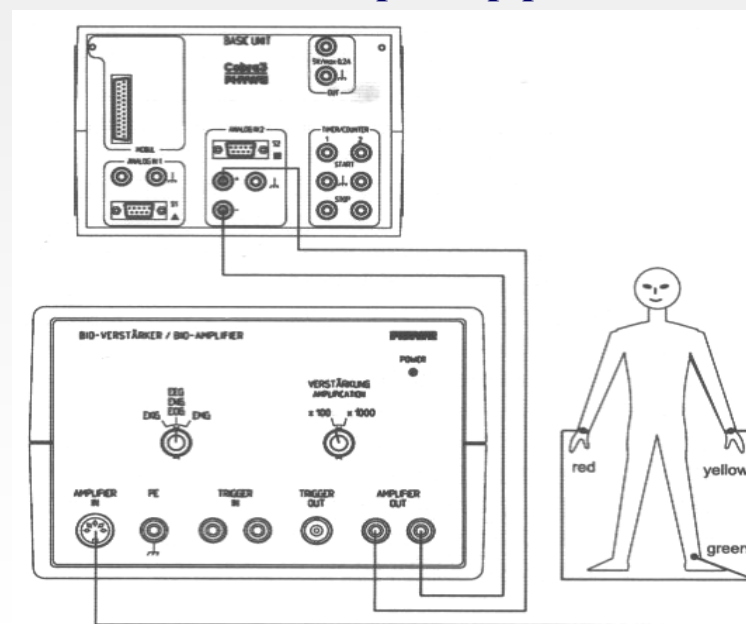
ZGRADBA IN DELOVANJE SRCA



TIPIČEN EKG

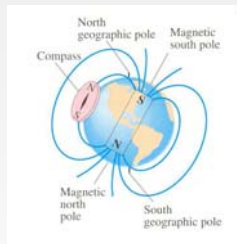
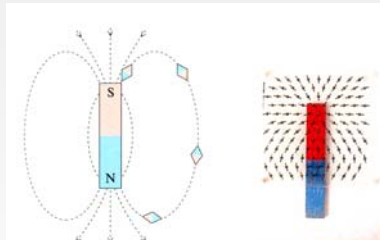


MERJENJE EKG - priklop po Einthovenu



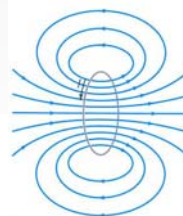
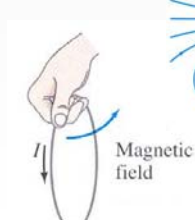
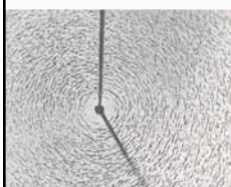
MAGNETNO POLJE

•MAGNETNO POLJE PERMANENTNEGA MAGNETA

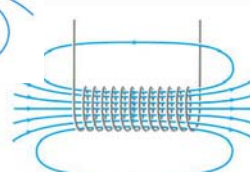


•MAGNETNO POLJE

•V OKOLICI VODNIKA, PO KATEREM TEČE TOK



•V TULJAVI



SILA NA NABITI DELEC

•V ELEKTRIČNEM POLJU

$$\vec{F}_e = e\vec{E}$$

•V MAGNETNEM POLJU

$$\vec{F}_m = e\vec{v} \times \vec{B}$$

↑
je radialna sila

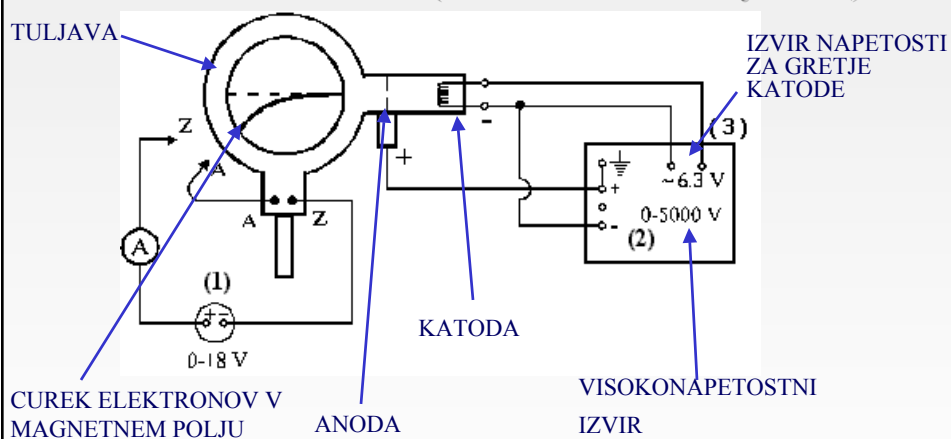
•delec se giblje:

- v smeri el. polja: po premici
- prečno na smer el. polja: po paraboli

•delec se giblje:

- po krožnici ali vijačnici

KATODNA CEV (CRT-cathode ray tube)

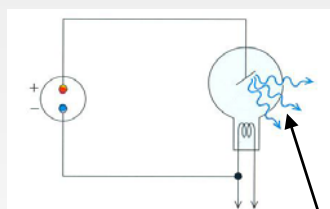


•ENERGIJA ELEKTRONOV V KATODNI CEVI

$$\Delta W_k = \Delta W_e$$

$$\frac{mv^2}{2} = eU$$

RENTGENSKA CEV



Slika 33.17 shema rentgenske cevi in njena povezava v električni krog

SVETLOBA Z
ENERGIJO $h\nu$

$$eU = h\nu + (Q)$$

$$c = \nu\lambda$$

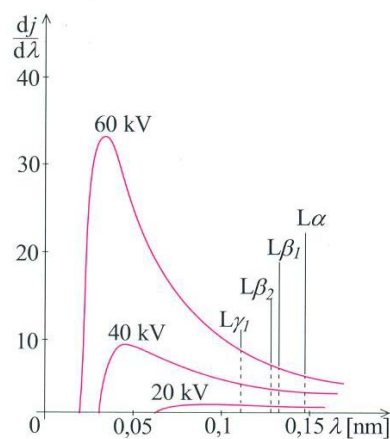
$$eU = h\nu_{\max}$$

$$c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

$$h = 6,6 \times 10^{-34} Js$$

$$eU = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

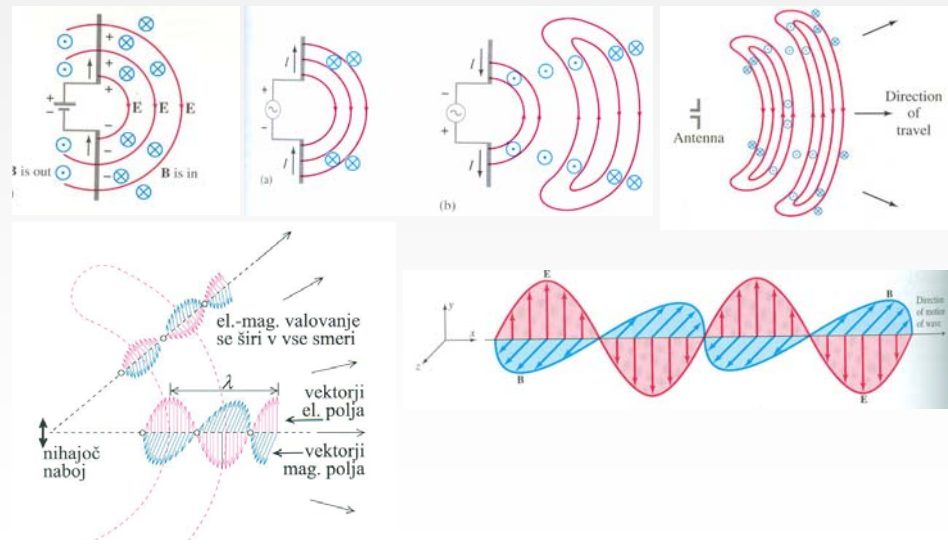
$$hc = 1240 eV \cdot nm$$



Slika 33.18 Spekter sevanja iz rentgenske cevi z anodo iz volframa pri nekaj napetostih. S spektrov je razvidna kratkovalovna meja.

SVETLOBA KOT ELEKTROMAGNETNO VALOVANJE

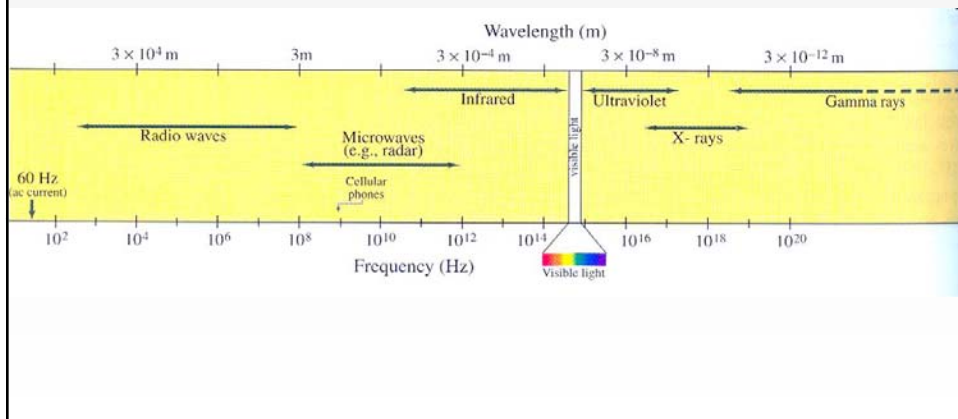
•NASTANEK EM VALOVANJA NA DIPOLNI ANTENI:



SPEKTRI EM VALOVANJA

•HITROST ŠIRJENJA EM VALOVANJA: $c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$

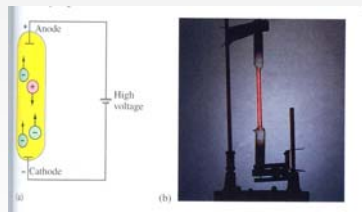
•ENERGIJA EM VALOVANJA: $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$



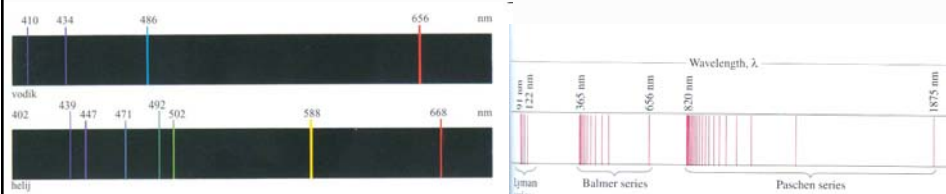
SEVANJE IN SPEKTER RAZREDČENIH PLINOV

- ENERGIJA n -tega STANJA ELEKTRONA V ATOMU VODIKA:

$$E_n = \frac{1}{n^2} E_1 ; E_1 = -13,6 eV$$



- ČRTASTI EMISIJSKI SPEKTER



SEVANJE TRDNIH TELES

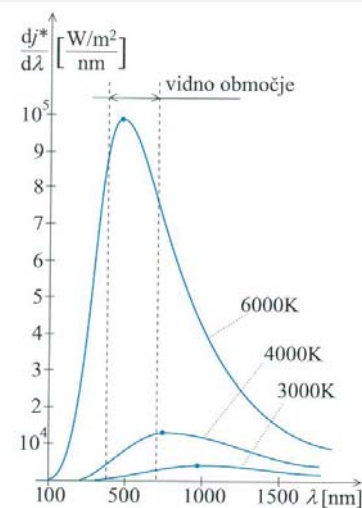
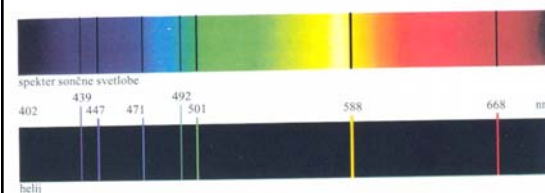
- STEFANOV ZAKON ZA SEVANJE ČRNEGA TELESA

$$j = \sigma T^4 ; \sigma = 5,7 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

- WIENOV ZAKON:

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{konstanta}$$

- zvezni spekter sončne svetlobe**; črte so posledica absorpcije svetlobe v Sončevi atmosferi, ki vsebuje Helij



Slika 30.5 spekter svetlobe črnega telesa pri različnih temperaturah

TERMOGRAFIJA - SLIKANJE Z IR KAMERAMI

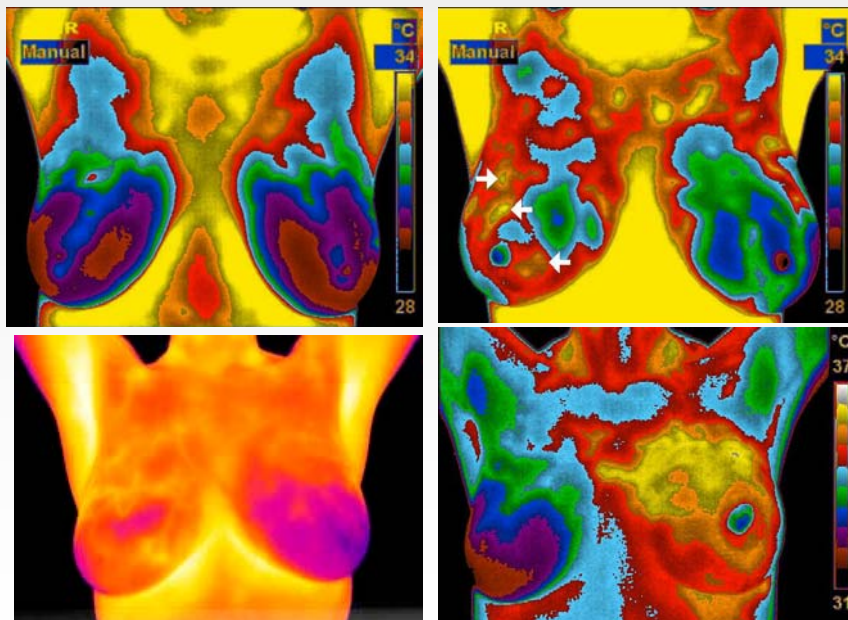
•APLIKACIJA V MEDICINI:

- ZGODNJE ODKRIVANJE RAKA NA DOJKI NA PODLAGI SPREMEMB V KRVNEM OBTOKU
- ODKRIVANJE VNETNIH STANJ
- ODKRIVANJE NEPRAVILNE PREKRVAJITVE....

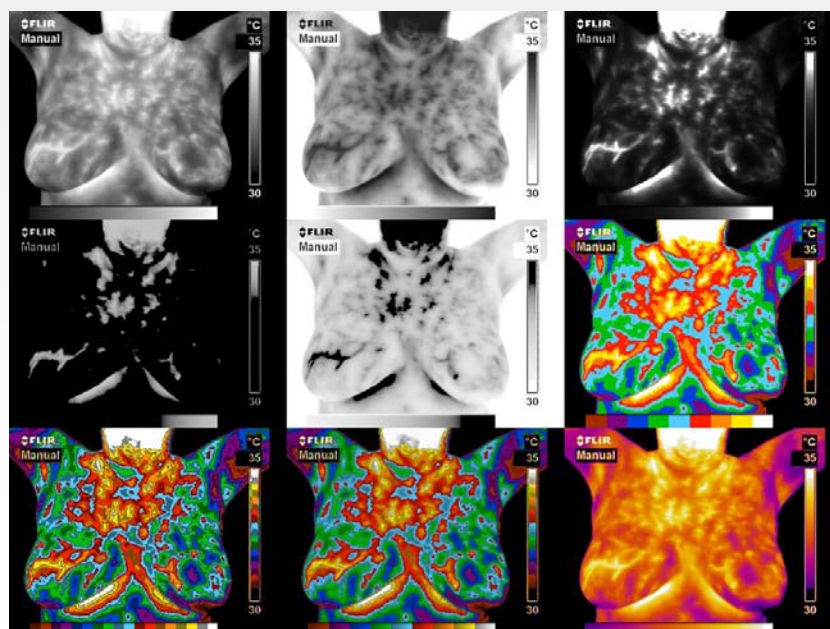
•PREDNOSTI PRED DRUGIMI METODAMI:

- NEBOLEČA
- NEINVAZIVNA
- POCENI
- NAJHITREJE SE DA UGOTOVITI ZGODNJI STADIJ RAKA
- 90% NATANČNOST

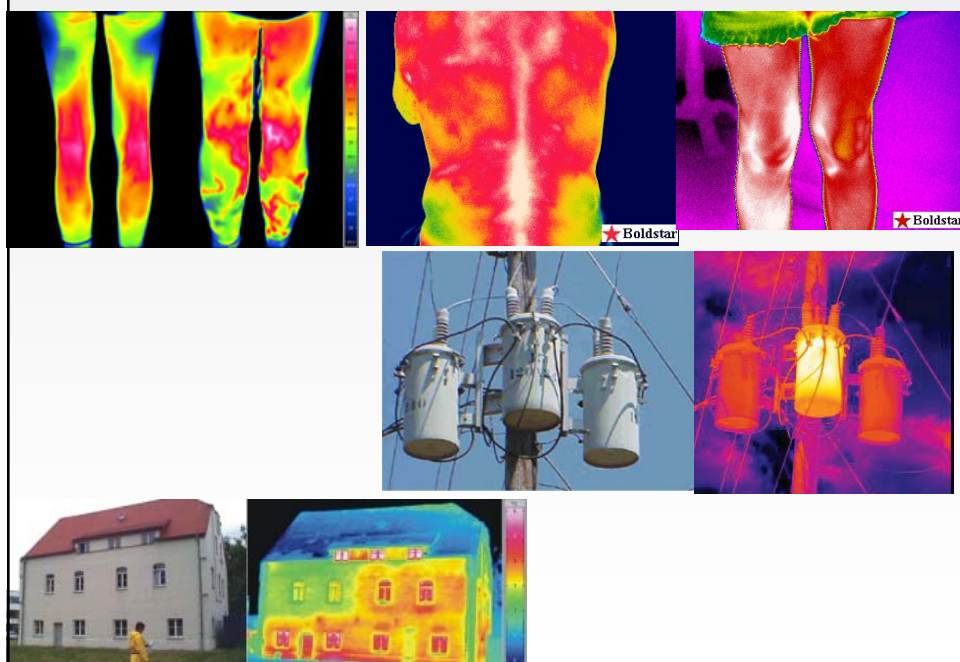
TERMOGRAFIJA - ZGODNJE ODKRIVANJE RAKA NA DOJKI



TERMOGRAFIJA - RAČUNALNIŠKA OBDELAVA SLIK



TERMOGRAFIJA - DRUGI PRIMERI V MEDICINI IN TEHNIKI



IONIZIRAJOČE SEVANJE

DELCI α IN β

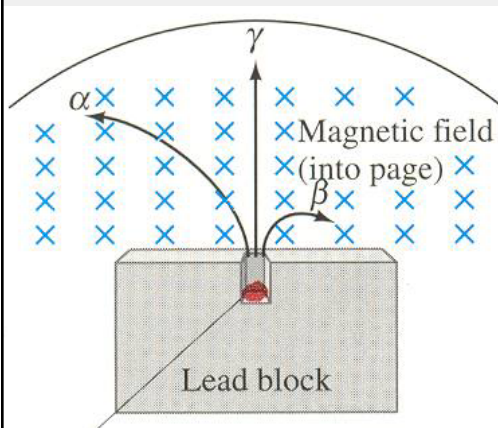
ŽARKI γ

RAZPOLOVNI ČAS IN RAZPOLOVNA DEBELINA
ANIHILACIJA ELEKTRONA IN POZITRONA

PRIMERI:

- VPLIV IONIZIRAJOČEGA SEVANJA NA ŽIVE ORGANIZME
- ZAŠČITA PRED SEVANJEM
- OBSEVANJE Z γ ŽARKI
- RADIOTERAPIJA

SEVANJE RADIOAKTIVNIH ELEMENTOV



•DELCI α IN β :

• α : He jedra, $2p/2n$, $e=+2e_0$,
zaustavi list papirja ali nekaj
cm zraka

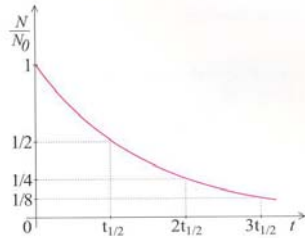
• β : hitri elektroni, $e=-e_0$,
zaustavi Al plošča, plast
stekla

•ŽARKI γ :

• γ : EM valovanje z valovno
dolžino reda pm, brez mase
in naboja, zelo prodorni,
zaustavi jih nekaj cm debela
plast svine in nekaj dm
debela plast betona, se ne
uklanjajo v magnetnem polju

RAZPOLOVNI ČAS IN RAZPOLOVNA DEBELINA

$$A = -\frac{dN}{dt} \quad \text{Enota za aktivnost je becquerel (Bq) oz. število razpadov v časovni enoti (1/s).}$$

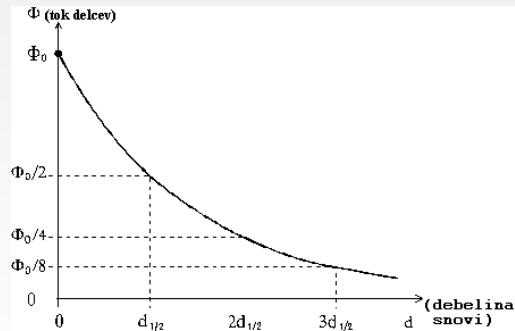
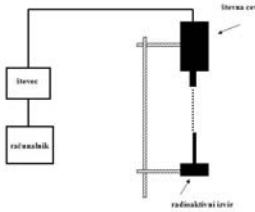


Slika 37.20 časovni potek števila radioaktivnih jeder v vzorcu in aktivnosti vzorca

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$N = N_0 \cdot 2^{-t/t_{1/2}}$$

$$t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

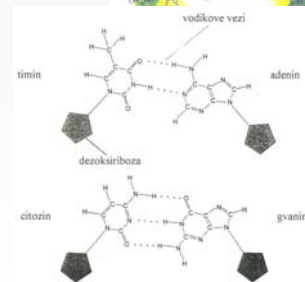
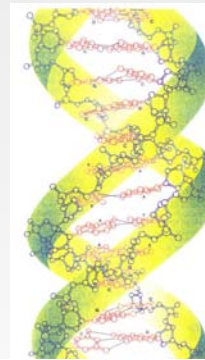
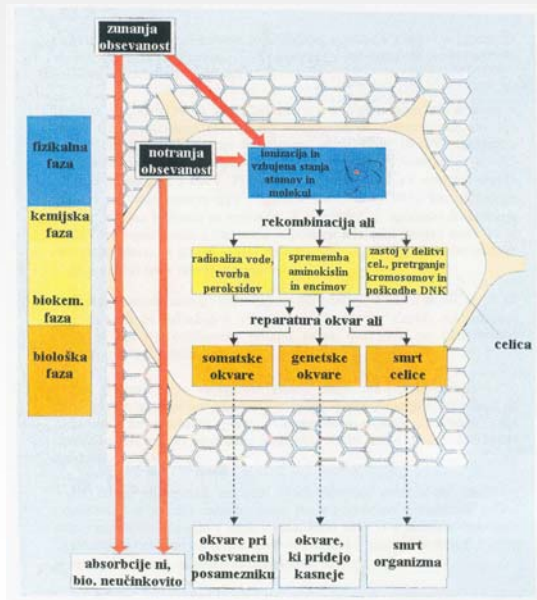


$$\Phi = \Phi_0 \cdot e^{-\mu d}$$

$$\Phi = \Phi_0 \cdot 2^{-d/d_{1/2}}$$

$$d_{1/2} = \ln 2 / \mu$$

VPLIV IONIZIRAJOČEGA SEVANJA NA ŽIVE ORGANIZME



Strukturna formula z nakazanimi vodikovimi vezmi med timinom in adeninom ter citozinom in gvaninom

OBSEVANJE Z γ ŽARKI

Pri obsevanju rakastih tvorbo (npr. tumorjev) z γ žarki je potrebno minimizirati poškodbe zdravega tkiva. Zato je žarek zelo ozek, obsevanje pa poteka tako, da se telo (ali izvor) vrti, pri čemer je tumor vseskozi obsevan, doza sevanja, ki jo prejme zdravo tkivo pa čim manjša.

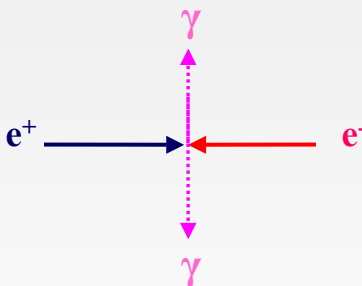


Obsevanje z radioizotopom Cobalt ($^{60}\text{Co}_{27}$), ki seva γ žarke.



Obsevanje z γ žarki, ki nastanejo kot posledica anihilacije elektrona in pozitrona v linearnem pospeševalniku (linear accelerator-LINAC). Za obsevanje se lahko uporabljajo tudi drugi delci kot so hitri protoni, nevtroni in elektroni, ki jih pridobimo v LINAC-u.

ANIHILACIJA e^+ in e^-



DRUGI PRIMERI RADIOTERAPIJE

- radioaktivni izvor lahko tudi vstavimo v tkivo, njegovo sevanje pa uničuje celice v okolici
- v primeru zdravljenja raka na žlezi ščitnici se pacienta zdravi z injiciranjem radioaktivnega izotopa joda ($^{131}\text{I}_{53}$) v krvni obtok, le ta pa se nalaga v žlezi ščitnici in skoncentrira prav na mestih, kjer nastajajo nove rakaste celice

METODE SLIKANJA V MEDICINI

KLASIČNO SLIKANJE CT - COMPUTED TOMOGRAPHY

PRIMERI:

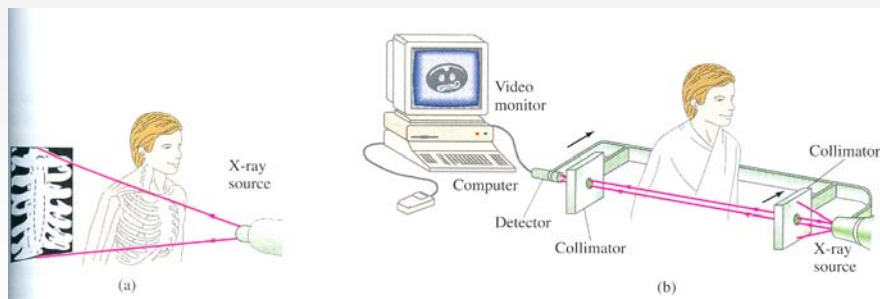
- RENTGENSKO SLIKANJE
- SLIKANJE Z γ -KAMERO
- SPET - SINGLE PHOTON EMISSION TOMOGRAPHY
- PET - POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY

METODE SLIKANJA V MEDICINI

SLIKANJE Z RENTGENOM

klasično

CT (computed tomography)



CT - COMPUTED TOMOGRAPHY

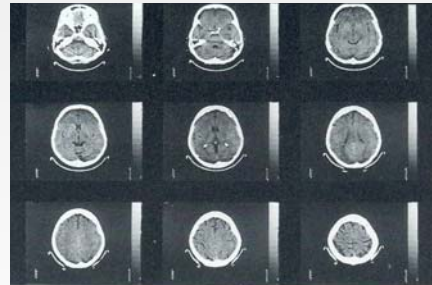
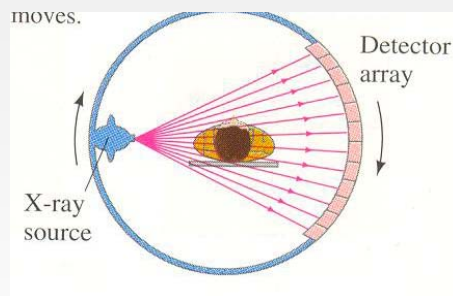
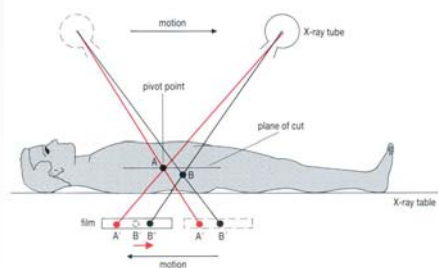
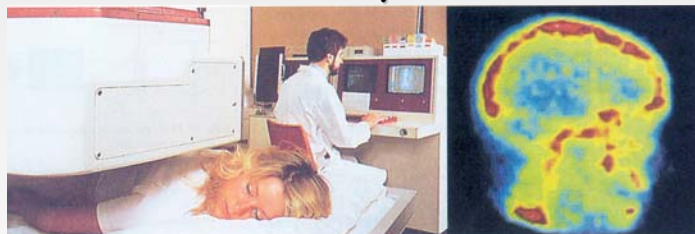


Fig 13.6 A series of axial sections through the brain by CT scanner.

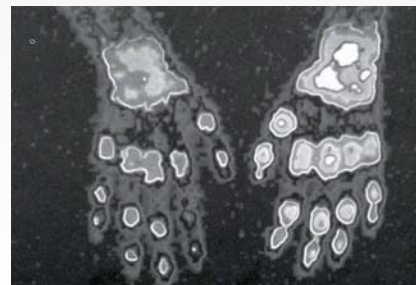


po grško **tomos** pomeni **prerez**

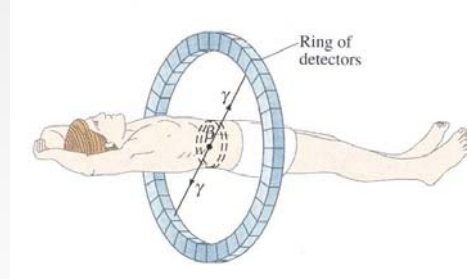
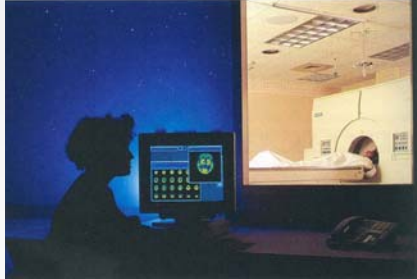
γ - KAMERA



- radioaktivni izotopi (npr. $^{99m}\text{Tc}_{43}$ - *vzbujeno stanje atoma technitium*) se uporabljajo kot t.i. **tracerji - sledilci**, ki se vgradijo v umetno sintetizirane spojine, ki imajo lastnost, da se akumulirajo v določenih delih tkiva npr. tumorjih.
- ker $^{99m}\text{Tc}_{43}$ seva γ **žarke**, le-te lahko opazujemo s t.i. **γ -kamaro**, ki vsebuje veliko detektorjev, ki simultano detektirajo γ **žarke** na več mestih
- časovno spreminjanje intenzitete sevanja v posameznem delu telesa lahko opazujemo na zaslonu



SPET - single photon emission tomography
PET - positron emission tomography



SPET - CT-slikanje z γ kamero, pri čemer detektiramo γ žarke, ki izhajajo iz radiaktivnega izotopa vgrajenega v spojino, ki se je akumulirala v določenem tkivu.

PET - izotope kot so C_6^{11} , N_7^{13} , O_8^{15} vgradimo v posebne spojine, ki se akumulirajo v določenem delu telesa npr. v rakasti tvorbi. Ti izotopi nato razpadejo z β^+ -razpadom, pri čemer nastane en pozitron (e^+), ki se anihilira z enim od elektronov (e^-) sosednjih atomov, pri čemer nastaneta dva γ žarka z energijo 510 keV pod kotom 180° . Postopek obdelave slike je enak kot pri SPET, torej CT, le da pri PET dobimo dva fotona pod kotom 180° , pri SPET pa enega v poljubni smeri