

Ime: _____
Priimek: _____
Oddelek: _____

SREDNJA ŠOLA ZA FARMACIJO, KOZMETIKO
IN ZDRAVSTVO
Zdravstvena pot 1, LJUBLJANA

UČNO GRADIVO ZA FIZIKO

Za oddelke 2Fa, 2Fb, 2Fc, 2L, 3Za, 3Zb



Avtorica:
Angela Petek
2020/2021

KAZALO

UVOD, MERILA IN NAČINI OCENJEVANJA ZNANJA	2
PONOVITEV ELEKTRIČNO POLJE IN TOK.....	10
MAGNETNO POLJE	25
INDUKCIJA	38
NIHANJE.....	45
VRSTE VALOVANJ.....	75
VALOVNI POJAVI.....	102
ATOMIKA.....	134

Vse pravice pridržane.

Reproduciranje in razmnoževanje po zakonu o avtorskih pravicah ni dovoljeno.

UVOD

Ker je fizika naravoslovna veda, je lahko za vsakega dijaka zanimiva, saj obrazloži marsikaj znanega in neznanega, kar v življenju doživimo in vidimo. Od dijaka zahteva poznavanje in razumevanje zakonitosti in dejstev, zato je za nekatere težje razumljiva. To premagamo z zlatimi pravili dobrega učenja:

- 45 minut pouka fizike 100% izkoristim za poslušanje razlage in vprašanja za nerazumljeno snov.
- To pomeni, da imam 0% ure fizike za klepetanje in učenje drugih predmetov (le te se naučim doma).
- Izdelujem pregledne zapiske.
- Pri pouku fizike imam vedno s seboj kalkulator, geotrikotnik, zvezek z zapiski in delovne liste za fiziko.
- Doma snov ponovim ob delovnih listih, zapiskih in predpisanem učbeniku, ki ga ni potrebno prinašati v šolo k vsaki uri.
- Redno delam domače naloge.

GRŠKA ABECEDA

Alfa	α	A	Ni	ν	N
Beta	β	B	Ksi	ξ	Ξ
Gama	γ	Γ	Omikron	o	O
Delta	δ	Δ	Pi	π	Π
Epsilon	ε	E	Ro	ρ	P
Zeta	ζ	Z	Sigma	σ	Σ
Eta	η	H	Tau	τ	T
Theta	θ	Θ	Ipsilon	υ	Υ
Jota	ι	I	Fi	φ	Φ
Kappa	κ	K	Hi	χ	X
Lambda	λ	Λ	Psi	ψ	Ψ
Mi	μ	M	Omega	ω	Ω

MERILA IN NAČINI OCENJEVANJA ZNANJA PRI FIZIKI

1. OBLIKE OCENJEVANJA

- Individualno.

2. NAČINI OCENJEVANJA ZNANJA IN POTREBNO ŠTEVILO OCEN V POSAMEZNEM OCENJEVALNEM OBDOBJU

a) Načini ocenjevanja:

- Pisno,
- ustno,

b) Potrebno število ocen v posameznem ocenjevalnem obdobju:

	Prvo ocenjevalno obdobje	Drugo ocenjevalno obdobje
Pisno	1	2
Ustno	1 krat v šolskem letu	

3. KRITERIJI IN MERILA OCENJEVANJA ZNANJA

Ocenjevanje se izvaja v skladu s Pravilnikom o ocenjevanju znanja v srednjih šolah.
Z merili in načini ocenjevanja znanja bodo dijaki seznanjeni na uvodnih urah predmeta.

a) Ustno ocenjevanje:

	nzd(1)	zd (2)	db (3)	pd (4)	odl (5)
zakoni, pojmi, pojavi, količine, enote	jih ne prepozna in ne zna zapisati	jih prepozna in zapiše s pomočjo učitelja	jih zna in zapiše z delno pomočjo učitelja	jih zna in samostojno zapiše	jih zna in samostojno zapiše
razlaga	je ni	pomanjkljiva	dobra, ob pomoči učitelja	dobra in samostojna z manjšimi popravki	jasna, popolna in samostojna
razumevanje	ga ni	slabo	pomanjkljivo	obvlada povezave	razlikuje vzroke in posledice
primeri	jih ne pozna	pozna le nekaj	našteje več, tudi neustrezne	našteje več ustreznih	našteje tudi izvirne

b) Pisno ocenjevanje:

Datumi pisnih nalog so določeni z načrtom ocenjevanja znanja.

Naloge imajo označeno število možnih točk. Ocena se določi glede na procent doseženih točk po merilih za pretvorbo točk v oceno:

odlično	:	90 - 100 %
prav dobro	:	75 - 89 %
dobro	:	60 - 74 %
zadostno	:	45 - 59 %
nezadostno	:	0 - 44 %

V izjemnih primerih (npr. napaka v eni od nalog, ene naloge ni znal rešiti nihče, predolga kontrolna naloga ipd.) se število točk za 100% ustrezno prilagodi. Učitelj mora to obrazložiti dijakom in opombo vpisati v elektronski dnevnik.

Dijaki, ki so pri pisnem ocenjevanju odsotni samo dan ali dva, so takoj naslednjo uro ocenjeni. Dijaki, ki so zaradi bolezni odsotni več časa, se takoj po vrnitvi v šolo z učiteljem dogovorijo o datumu ocenjevanja. Če dogovora ni, lahko učitelj nenapovedano oceni dijaka kadarkoli.

c) Eksperimentalne vaje:

Dijaki opravijo 7 ur eksperimentalnih vaj predvidoma deljeni v skupine. Pri teh vajah samostojno, v parih ali skupinah razvijajo in urijo svoje eksperimentalne veščine. Snov eksperimentalnih vaj se lahko ocenjuje skupaj z ostalimi vsebinami ustno (eno od zastavljenih vprašanj je iz vaj) ali/in pisno (ena od nalog se nanaša na vaje) ali/in kot ocenjevalna vaja.

4. POSEBNOSTI PRI ZAKLJUČEVANJU OCEN OB KONCU ŠOLSKEGA LETA

Pri zaključevanju ocen učitelj ne upošteva samo matematičnega povprečja dijakovih ocen, temveč lahko tudi povprečni odstotek doseženih točk pri ocenah.

5. POPRAVLJANJE NEGATIVNIH OCEN PO 1. OCENJEVALNEM OBDOBJU

- Popravljanje negativnih ocen je pisno.
- Dijak ima v 30 dneh po zaključku ocenjevalnega obdobja enkrat možnost popravljania zaključene negativne ocene. Vsi dijaki popravljajo negativno oceno naenkrat. Datum je določen s šolskim koledarjem.

Enaka pravila veljajo tudi za dijake, ki so bili ob zaključku 1. ocenjevalnega obdobja neocenjeni.

6. IZPITI

a) DOPOLNILNI IZPIT

Dijak, ki je ob koncu pouka neocenjen, opravlja dopolnilni izpit. Dopolnilni izpit opravlja samo iz neocenjenih sklopov programske enote. Dopolnilni izpit opravlja ustno ali pisno.

Pisni izpit traja 45 ali 60 minut odvisno od obsega snovi, iz katere mora dijak pridobiti oceno. Pisni izpit vključuje računske naloge in vprašanja iz teorije.

Dovoljeni pripomočki so pisalo (kemični svinčnik ali nalivno pero), kalkulator, risalni pribor (geo-trikotnik, navadni svinčnik, šestilo) in seznam formul, ki je priloga izpita. Merila in kriteriji ocenjevanja so enaki kot pri rednem pisnem ocenjevanju znanja. Če dijak pri pisnem izpitu ne doseže pozitivne ocene, ima še ustni izpit, s katerim lahko pridobi oceno zadostno (2), če pokaže znanje na nivoju minimalnih standardov.

Ustni izpit traja 20 min. Dijak se pripravlja 15 min. Dijak izbere izpitni listek, ki ga lahko enkrat zamenja.

b) POPRAVNI IZPIT

Dijak, ki je ob koncu pouka negativno ocenjen, opravlja popravni izpit. Popravni izpit obsega vso snov tekočega šolskega leta skladno s katalogom znanj in letno učno pripravo.

Pisni izpit traja 90 minut in vključuje računske naloge in vprašanja iz teorije.

Dovoljeni pripomočki so pisalo (kemični svinčnik ali nalivno pero), kalkulator, risalni pribor (geo-trikotnik, navadni svinčnik, šestilo) in seznam formul, ki je priloga izpita. Merila in kriteriji ocenjevanja so enaki kot pri rednem pisnem ocenjevanju znanja.

Če dijak pri pisnem izpitu ne doseže pozitivne ocene, ima še ustni izpit, s katerim lahko pridobi oceno zadostno (2), če pokaže znanje na nivoju minimalnih standardov.

Ustni izpit traja 20 min. Dijak se pripravlja 15 min. Dijak izbere izpitni listek, ki ga lahko enkrat zamenja.

Spletne strani za utrjevanje in preverjanje:

1. PRETVARJANJE ENOT: <http://www2.arnes.si/~sspsfran/enote/>
1. FIZIKALNE KOLIČINE IN ELEKTRIKA: <http://eoet1.evsebine.com/>
2. FIZIKA V CELOTI:
[SSIO: E-gradiva](#)
<http://nauk.si/>
http://www.mss.gov.si/si/solstvo/ikt_v_solstvu/e_gradiva/
<http://www.fiz.e-va.si/>
<http://www.e-um.si/>
3. ZVOK: <http://www.pef.uni-lj.si/fite/pass08/M5ad.pdf>

MINIMALNI STANDARDI ZNANJA

1. ELEKTRIČNI NABOJ IN ELEKTRIČNO POLJE

Dijak naj zna:

- *pojasniti* naelektritev teles in sile med naelektrenimi telesi,
- *zapisati in uporabiti* Coulombov zakon,
- *definirati* jakost električnega polja,
- *narisati* silnice električnega polja točkastega naboja in ploščatega kondenzatorja,
- *navesti* enoto za električno napetost,
- *definirati* kapaciteto kondenzatorja.

2. ELEKTRIČNI TOK

Dijak naj zna:

- *pojasniti* kaj je električni tok in naštetih nekaj primerov,
- *zapisati* zvezo med električnim nabojem in tokom (definicija jakosti električnega toka),
- *navesti* enoto za električni tok,
- *razlikovati* med enosmernim in izmeničnim električnim tokom,
- *sestaviti* enostavni električni krog (sestavljen iz enega vira in enega porabnika) in *pojasniti* vlogo posameznih elementov,
- *pojasniti* vezavo voltmetra in z njim meriti napetosti v električnem krogu,
- *pojasniti* vezavo ampermetra in z njim izmeriti jakost električnega toka v enostavnem električnem krogu,
- *zapisati* Ohmov zakon, definirati upor in navesti enoto zanj,
- *našteti* glavne značilnosti vzporedne in zaporedne vezave upornikov,
- *uporabiti* Ohmov zakon v električnih krogih z enim virom in največ dvema upornikoma,
- *zapisati* enačbi za električno delo in moč enosmerne električnega toka,
- *izračunati* delo in moč v enostavnem električnem krogu, ki je sestavljen iz enega vira in enega porabnika.

3. MAGNETNO POLJE

Dijak naj zna:

- *opisati* lastnosti trajnih magnetov.
- *našteti* področja uporabe v informatiki.
- s silnicami *ponazoriti* in *opisati* magnetno polje paličastega in podkvastega magneta ter magnetno polje Zemlje.
- *določiti* smer magnetnega polja v okolici vodnikov, v žični zanki in v dolgi tuljavi, če po njih teče električni tok.
- *opisati* delovanje elektromagneta.
- *opisati* poenostavljen princip delovanja elektromotorja.
- *razložiti* smer sile na vodnik s tokom v danem magnetnem polju (vedeti, da je magnetna sila pravokotna na vodnik in smer magnetnega polja).

4. INDUKCIJA

Dijak zna:

- *opisati* pojav indukcije pri gibanju vodnika in vrtenju tuljave v magnetnem polju.
- *opisati* pojav indukcije pri spreminjanju polja skozi tuljavo.
- *opisati* pojav indukcije pri transformatorju.
- *pojasniti*, kako s transformatorjem dobimo visoke napetosti ali velike tokove, ter *pojasniti* prenos električne moči.

5. NIHANJE

Dijak zna:

- *izračunati* nihajni čas iz frekvence in obratno ter *definirati* amplitudo, frekvenco, nihajni čas, en nihaj in ravnovesno ter skrajno lego.
- iz grafa $s(t)$ *prebrati* nihajni čas in amplitudo.
- iz grafa $v(t)$ in $a(t)$ *prebrati* največjo hitrost, največji pospešek, kdaj je hitrost nič in kdaj ni pospeška.
- iz grafov ustreznih energij *prebrati*, koliko je največja energija, kdaj je energija največja in kdaj je nič.
- *narisati* nihajni krog in *poimenovati* elemente nihajnega kroga.

6. VALOVANJE

Dijak naj:

- *pojasni* pojme: motnja, hrib, dol, zgoščina razredčina, hitrost valovanja, valovna dolžina, frekvenca.
- *loči / razlikuje* transversalno in longitudinalno valovanje.
- *zapiše* in zna *uporabiti* valovno enačbo $c = \lambda \nu$.
- zna *ponazoriti* krožno in ravno valovanje z valovnimi črtami in žarki.
- ve, da je zvok longitudinalno valovanje, zna *navesti* hitrost zvoka v zraku in zna *opisati* razlike med vrstami zvoka glede na frekvenco.
- zna *navesti* spekter EM valov in ve, da so to transversalna valovanja in *pozna* njihove skupne lastnosti in razlike med njimi. zna *deliti* svetlobo na IR, vidno in UV.
- zna *uporabiti* enačbo za pot valovanja in svetlobe: $x = ct$.
- določiti skrajne meje vidne svetlobe, naštetih barve (mavrica).

Dijak naj:

- zna *opisati* odboj valovanja na ravni površini.
- *razume* enačbo za odbojni zakon: $\alpha = \beta$.
- zna *zapisati* lomni zakon in ga uporabiti v preprostih primerih.
- ve, da ima svetloba končno hitrost ter da je hitrost različna v vakuumu in snovi.
- zna *uporabiti* enačbo za lomni količnik: $n = \frac{c_0}{c}$.
- *razume* enačbo za lomni zakon svetlobe: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$.
- *pozna* prizmo kot element za razklon svetlobe na barve.
- ve, da je bela svetloba sestavljena iz barv.

- *pozna* vrste zrcal in leč.
- zna *razvrstiti* zrcala in leče na zbiralne in razpršilne.
- *pozna* tri osnovne žarke za preslikavo.
- *pozna* enačbo preslikave leč $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$ ter jo zna uporabiti, ko so a , b in f pozitivni.
- ve, da obstaja povečana in pomanjšana slika.
- *prepozna* sliko stoječega valovanja na struni; za opis *uporabi* pojme hrbet, vozeli; iz slike določi λ ; ve, da je nastanek stoječega valovanja na struni povezan s sestavljanjem vpadnega in odbitega vala.
- *opiše* pojav interference valovanja.
- *opiše* pojav uklona valovanja.
- v primeru gibanja zvočila/poslušalca zna kvalitativno *opisati* spreminjanje frekvence slišane zvoka in navede ustrezen primer iz življenja.

7. ATOMIKA

Dijak:

- *pove*, iz česa je atom zgrajen ter da je proton pozitivno in elektron negativno naelektren, nevtron nima naboja; jedro je zgrajeno iz protonov in nevtronov, elektroni se nahajajo okoli jedra; naboj elektrona in protona je enako velik (vendar nasproten); masa jedra je veliko večja od mase elektrona; *pove*, kaj je izotop.
- *uporabi* periodni sistem: poišče element v periodnem sistemu, loči masno in vrstno število in pozna pomen masnega in vrstnega števila.
- ve, da je energija fotona odvisna od njegove frekvence: večja kot je frekvenca, večja je energija; razloži na primeru: „IR svetloba nosi manj energije kot ultravijolična; ultravijolična povzroči več škode“; zvezo zapiše tudi z enačbo in ve, da je h Planckova konstanta.
- kvalitativno *opiše* osnovo fotoelektričnega pojava: svetloba (foton) z dovolj veliko energijo izbije iz snovi elektrone, zaradi česar se snov naelektri pozitivno.
- ve, da svetlobo lahko opišemo na dva načina: kot valovanje in kot tok delcev, ki se imenujejo fotoni; našteje nekaj lastnosti fotonov: nimajo mase, naboja, imajo energijo, potujejo s hitrostjo svetlobe.

8. ATOMSKO JEDRO

Dijak naj:

- *definira* masno število in vrstno število in pojasni pojma nukleon in izotop.
- kvalitativno *pojasni* masni defekt.
- *opiše* razpade alfa, beta in gama.
- kvalitativno *opiše* jedrsko cepitev, in zna *našteti* osnovne sestavne dele jedrskega reaktorja.
- *navede* osnovne lastnosti protona in nevtrona.

ELEKTRIČNO POLJE

VPRAŠANJA:

1. Predstavi električni naboj in naelektritve.
 - **M** Katere električne delce poznaš in kolikšen je njihov naboj?
 - **M** Kako naelektrimo telesa?
 - **M** Po čem se naelektrena telesa ločijo od nevtralnih?
 - **M** Kako se naelektrena telesa obnašajo in kako naelektritev prepoznamo?
 - **T** Kakšna je razlika med prevodniki in izolatorji, ko jih naelektrimo?
 - **T** Pojasni delovanje elektroskopa.
2. Predstavi Coulombov zakon.
 - **M** Kakšne sile delujejo med naboji? **M** Nariši!
 - **M** Zapiši Coulombov zakon in predstavi količine, ki nastopajo v njem in njihove enote. **T** Obrazloži odvisnost električne sile med nabojema od teh količin.
 - **V** Predstavi primer odvisnosti električne sile od nabojev in razdalje med nabojema.
 - **V** Grafično predstavi odvisnost električne sile od razdalje med nabojema.
3. Kaj je električno polje?
 - **M** Kakšna je lastnost prostora, kjer je prisotno električno polje?
 - **M** Kaj so izvori in ponori električnega polja?
 - **M** S čim ponazorimo električna polja?
 - **T** Kaj je električna silnica?
 - **T** Kakšna električna polja poznamo in kaj je značilno zanje?
4. Kako definiramo jakost električnega polja?
 - **M** Zapiši definicijo jakosti električnega polja in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
 - **T** Ali je jakost električnega polja vektorska količina? Zakaj? Kakšno smer ima jakost električnega polja glede na silnico? Nariši.
5. Nariši in predstavi polje točkastega naboja, dipola, naelektrene plošče, naelektrenega kondenzatorja.
 - **M** Nariši slike polj.
 - **T** Ugotovi, katera polja so homogena in katera nehomogena in zakaj.
 - **T** Kako računamo jakost električnega polja pri posameznih primerih? Predstavi nastopajoče količine, njihove enote.
 - **V** Predstavi in navedi primere, kako je jakost električnega polja odvisna od teh količin. Nariši graf odvisnosti jakosti električnega polja od razdalje od izvora polja.
6. Kako snov vpliva na električno polje?
 - **M** Kako električno polje učinkuje na snov (v prevodniku, v izolatorju)?
 - **V** Pojasni pojav influence v kovinah in polarizacijo v izolatorjih z mikroskopskega stališča !

PONOVITEV ELEKTRIČNEGA POLJA IN TOKA

7. Električna potencialna energija:

- **M** Kje in kakšen delec ima električno potencialno energijo?
- **T** Kako je definirana električna potencialna energija? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
- **V** Predstavi in navedi primere odvisnost električne potencialne energije od navedenih količin.
- **T** Kaj je elektronvolt?

8. Električni potencial:

- **T** Kako je definiran električni potencial in kakšna je enota potenciala?
- **T** Kje imajo električni delci enak potencial in kdaj se delcu poveča ali zmanjša potencial?
- **M** V kakšnem odnosu so električne silnice in ekvipotencialne črte (ploskve)? Kaj predstavljajo narisane črte v električnih poljih? Nariši primere.

9. Napetost:

- **M** Kako je definirana napetost med dvema točkama električnega polja? V kakšnih enotah merimo napetost in kako je definirana?
- **T** Kako računamo napetost med dvema točkama homogenega polja?

10. Električno delo:

- **M** Kako računamo opravljeno delo pri prenosu naboja v iz ene točke električnega polja v drugo točko? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.

11. Predstavi kondenzator:

- **M** Kakšna naprava je kondenzator?
- **T** Kakšne vrste kondenzatorjev poznamo?
- **T** Kako kondenzator praktično uporabljamo?
- **T** Kako se kondenzator polni in prazni?

12. Kapaciteta kondenzatorja:

- **M** Kako je definirana kapaciteta kondenzatorja in v kakšnih enotah jo merimo?
- **T** Kako izračunaš kapaciteto ploščatega kondenzatorja? Predstavi količine, enote in odvisnosti.

13. Energija kondenzatorja:

- **T** Katero obliko energije shranimo v kondenzator in zakaj?

14. Gibanje električnih delcev v električnem polju

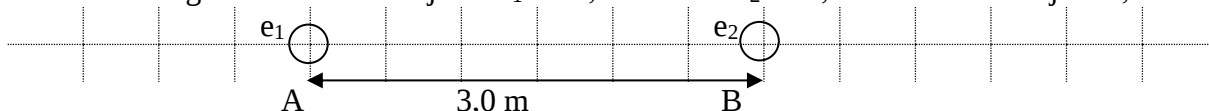
- **T** Kako deluje električna sila na električne delce?
- **T** Kakšni so tiri gibanja delcev in od česa je to odvisno?

PONOVITEV ELEKTRIČNEGA POLJA IN TOKA

NALOGE:

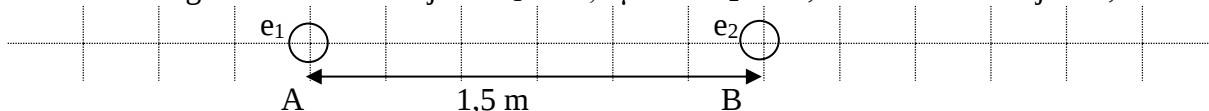
COULOMBOV ZAKON - strukturirane naloge

1. Nabiti kroglici A in B z nabojem $e_1 = +2,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ in $e_2 = -1,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ sta oddaljeni 3,0 m.



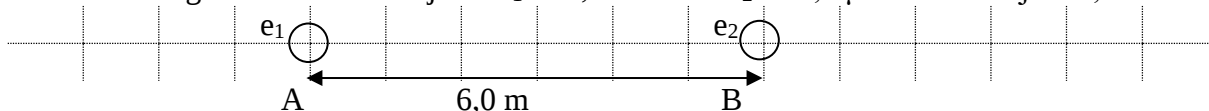
- a) **M** Se kroglici privlačita ali odbijata? Nariši električno silo na posamezno kroglico!
b) **M** Kolikšna električna sila deluje na posamezno kroglico? REŠITEV: $F = 2,0 \text{ mN}$

2. Nabiti kroglici A in B z nabojem $e_1 = +3,0 \mu\text{As}$ in $e_2 = +2,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ sta oddaljeni 1,5 m.



- a) **M** Se kroglici privlačita ali odbijata? Nariši električno silo na posamezno kroglico!
b) **T** Kolikšna električna sila deluje na posamezno kroglico? REŠITEV: $F = 24 \text{ mN}$

3. Nabiti kroglici A in B z nabojem $e_1 = -4,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ in $e_2 = -3,0 \mu\text{As}$ sta oddaljeni 6,0 m.



- a) **M** Se kroglici privlačita ali odbijata? Nariši električno silo na posamezno kroglico!
b) **T** Kolikšna električna sila deluje na posamezno kroglico? REŠITEV: $F = 3,0 \text{ mN}$

4. **V** Kolikšna sta naboja dveh enako naelektrenih kroglic, če se na razdalji 1,0 m odbijata s silo $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ N}$?

5. **V** Kakšna je razdalja med elektronoma, če med njima deluje sila $2,3 \cdot 10^{-22} \text{ N}$? **M** Kakšna je ta sila?

JAKOST ELEKTRIČNEGA POLJA - strukturirane naloge

a) Definicija

1. V neki točki električnega polja deluje na naelektreno kroglico električna sila 0,006 N. Naboj kroglice je $1,5 \mu\text{As}$.

- a) **M** Kolikšna je v tej točki jakost električnega polja? REŠITEV: $E = 4,0 \cdot 10^3 \text{ N/As}$

2. **T** Kolikšna električna sila deluje na naelektreno telo z nabojem $1,6 \mu\text{As}$ v električnem polju na mestu, kjer je jakost električnega polja $2,5 \cdot 10^4 \text{ N/C}$? REŠITEV: $F = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ N}$

3. **V** Kolikšna električna sila deluje na **elektron** v električnem polju jakosti $4,0 \cdot 10^9 \text{ N/As}$? REŠITEV: $F = 6,4 \cdot 10^{-10} \text{ N}$

4. Majhna kroglica z maso $1,4 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ in nabojem $e = + 5,7 \mu\text{C}$ miruje med nabitima ploščama.

- a) **M** Kako sta plošči naelektreni, da kroglica miruje med ploščama?

- b) **T** Nariši vse sile, ki delujejo na kroglico.

- c) **V** Kolikšna je jakost električnega polja med ploščama? REŠITEV: $E = 2,5 \cdot 10^2 \text{ N/C}$

PONOVI TEV ELEKTRIČNEGA POLJA IN TOKA

5. Kapljica vode, ki ima naboj $3e_0$, lebdi v zraku. Jakost električnega polja Zemlje je na tem mestu 120 V/m . Površina Zemlje je negativno naelektrena.

- a) **M** Kakšen je predznak naboja kapljice?
b) **V** Kako velika je ta kapljica?

b) Točkast naboj

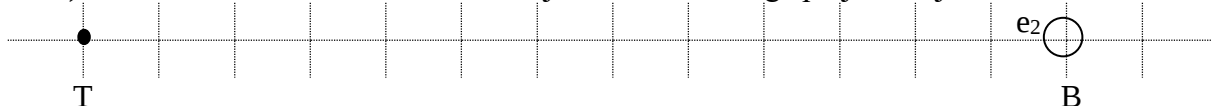
1. Nabiti kroglici A in B z nasprotno enakima nabojema $e_1 = +4,0 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ in $e_2 = -4,0 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ sta oddaljeni 10 cm .

- a) **M** Nariši električne silnice in smer jakosti električnega polja naboja e_1 v točki T.



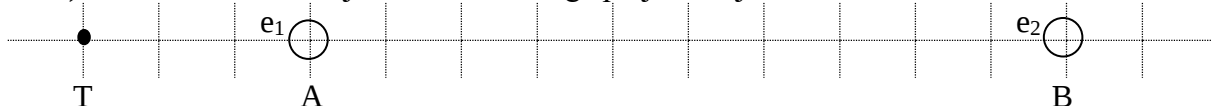
- b) **T** Kolikšna je jakost električnega polja naboja e_1 v točki T, ki je oddaljena $3,0 \text{ cm}$ od naboja. REŠITEV: $E_1 = -4,0 \cdot 10^6 \text{ N/C}$

- c) **M** Nariši električne silnice in smer jakosti električnega polja naboja e_2 v točki T.



- d) **T** Kolikšna je jakost električnega polja naboja e_2 v točki T, ki je oddaljena $13,0 \text{ cm}$ od naboja. REŠITEV: $E_2 = +0,2 \cdot 10^6 \text{ N/C}$

- e) **V** Nariši rezultanto jakosti električnega polja nabojev e_1 in e_2 v točki T.

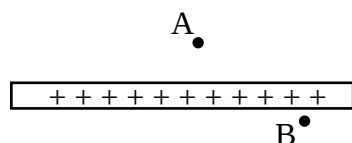


- f) **V** Kolikšna je skupna jakost električnega polja nabojev e_1 in e_2 v točki T. REŠITEV: $E_{12} = -3,8 \cdot 10^6 \text{ N/C}$

c) Plošča

1. Dolgo ploščo površine $2,0 \text{ m}^2$ naelektrimo s pozitivnim nabojem $+17,8 \mu\text{C}$.

- a) **M** Izračunaj površinsko gostoto naboja na plošči! REŠITEV: $\sigma = 8,9 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$
b) **M** Nariši silnice električnega polja v okolici plošče in smer električne poljske jakosti v točki A in B!

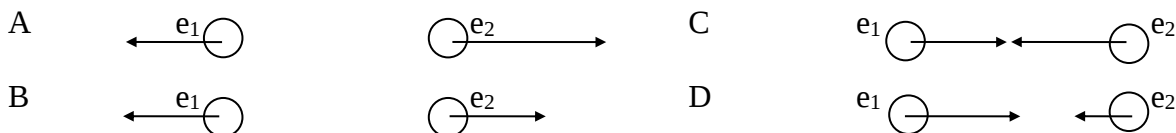


- c) **T** Koliko je električna poljska jakost v točki B, ki je 10 cm oddaljena od plošče? REŠITEV: $E = 0,5 \cdot 10^6 \text{ N/C}$

- d) **V** Kako velik mora biti naboj kroglice z maso 200 g in kakšen njegov predznak, da kroglica v točki B miruje? Nariši vse sile na kroglico! REŠITEV: $e = 4,0 \mu\text{C}$

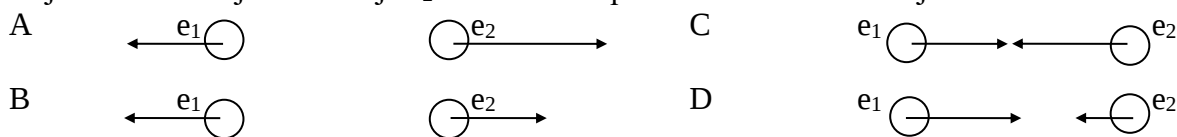
ELEKTRIČNO POLJE - izbirne naloge

1. **M** Dva naboja enakega predznaka sta oddaljena drug od drugega za $4,0 \text{ cm}$. Naboj e_1 je trikrat večji od naboja e_2 . Katera slika pravilno kaže sili med njima?



PONOVI TEV ELEKTRIČNEGA POLJA IN TOKA

2. **M** Dva naboja različnega predznaka sta oddaljena drug od drugega za 6,0 cm. Naboj e_1 je dvakrat manjši od naboja e_2 . Katera slika pravilno kaže sili med njima?



3. **T** Enaka naboja se odbijata s silo F , ko je njuna medsebojna razdalja 20 cm. Kolikšna mora biti ta razdalja, da bo sila štirikrat večja?

A 40 cm B 28 cm C 14 cm D 10 cm

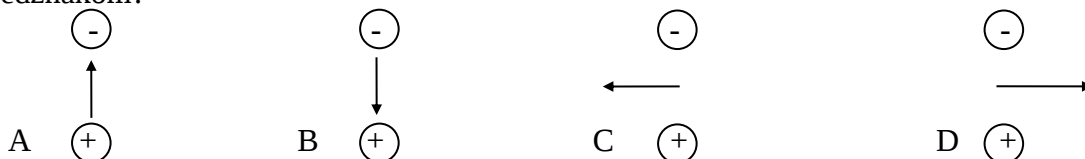
4. **T** Dve enaki prevodni krogli sta **prosto** gibljivi. Eno naelektrimo z nabojem e , drugo pa z nabojem $-2e$. Katera trditev je pravilna?

- A Krogli se odbijata.
 B Krogli se dotakneta in ostaneta skupaj.
 C Krogli se dotakneta, odbijata in nato zopet dotakneta.
 D Krogli se dotakneta in odbijata.

5. **V** Na **elektron** deluje električna sila 10^{-12} N. Jakost električnega polja za ta primer je:

A $1,0 \cdot 10^{-12}$ V/m B $1,6 \cdot 10^{-6}$ V/m C $6,3 \cdot 10^6$ V/m D $1,0 \cdot 10^{12}$ V/m

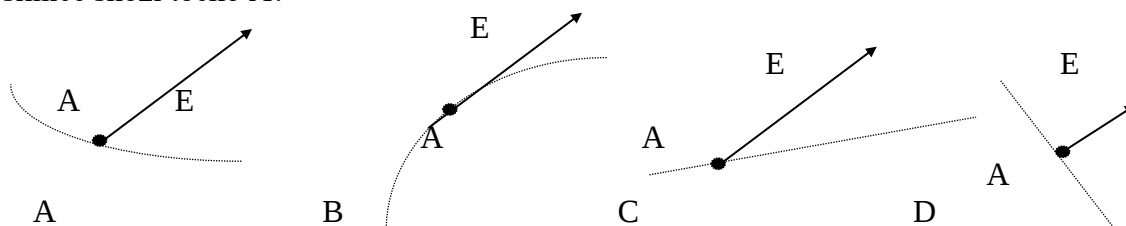
6. **M** Katera slika pravilno kaže smer jakosti električnega polja med nabojema z različnim predznakom?



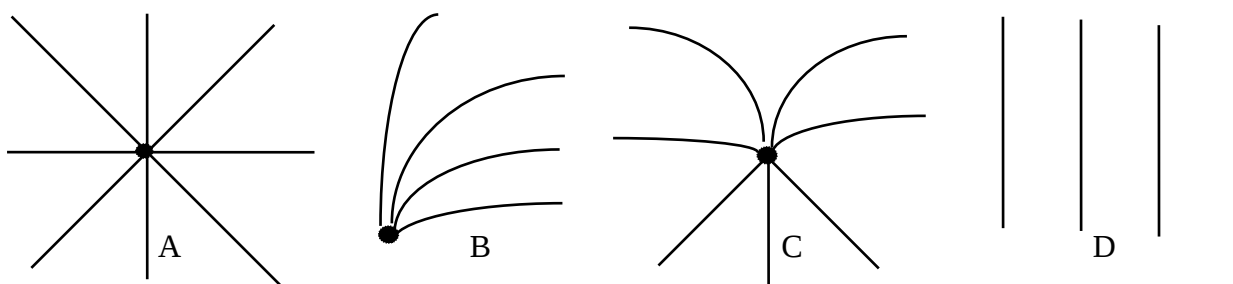
7. **V** Jakost električnega polja točkastega naboja e , ki je v točki A, je v točki T enaka E . Koliko je jakost polja v točki P, ki je od točke A oddaljena trikrat toliko kot točka T?

A E B $E/3$ C $E/6$ D $E/9$

8. **M** V točki A je narisana smer električne poljske jakost. Katera slika pravilno kaže potek silnice skozi točko A?



9. **M** Katera slika kaže homogeno električno polje?



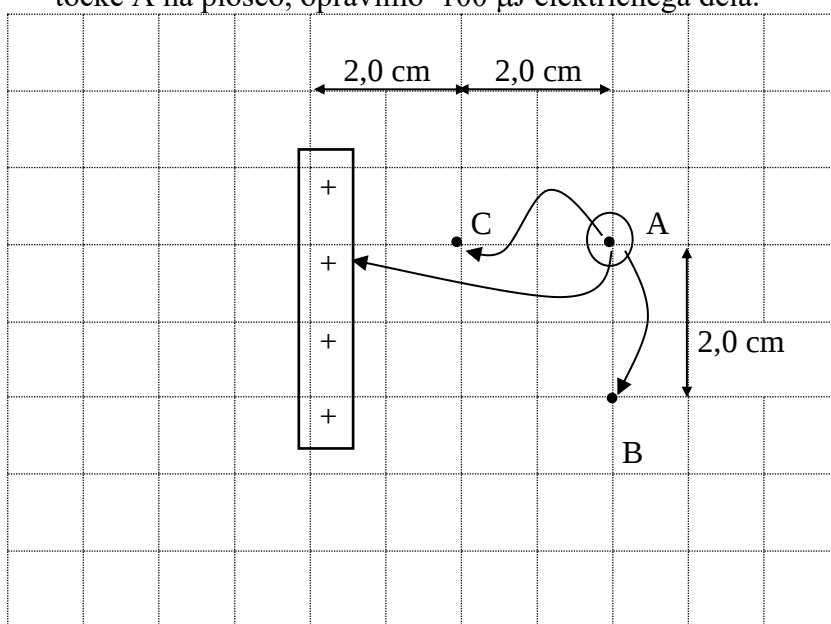
PONOVITEV ELEKTRIČNEGA POLJA IN TOKA

REŠITVE:

1. B 2. C 3. D 4. D 5. C 6. A 7. D 8. B 9. D

ELEKTRIČNA ENERGIJA, DELO IN NAPETOST - strukturirane naloge

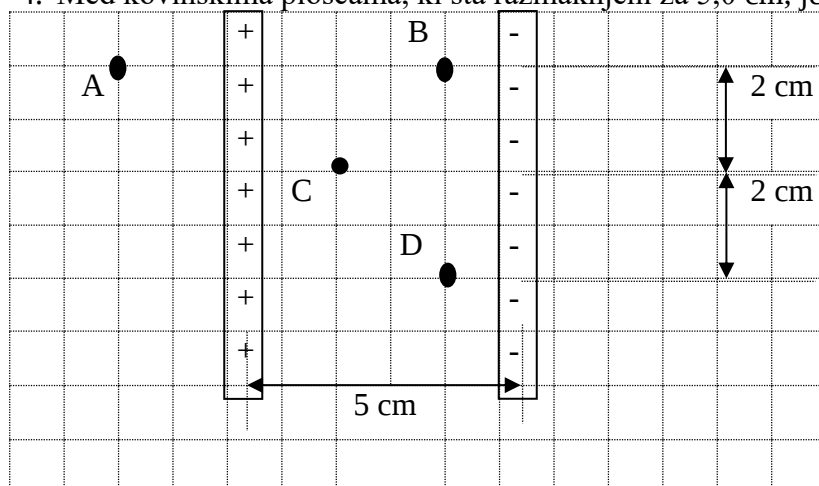
- Med premikom naelektrene kroglice z nabojem $1,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ od točke A do točke B v električnem polju opravi električna sila delo $0,6 \cdot 10^{-3} \text{ J}$.
a) **M** Kolikšna je električna napetost med točkama A in B? REŠITEV: $U = 400 \text{ V}$
- Dolgo ploščo naelektrimo s pozitivnim nabojem. Če naboj $e = +1,0 \mu\text{C}$ prestavimo iz točke A na ploščo, opravimo $100 \mu\text{J}$ električnega dela.



- M** Nariši silnice in ekvipotencialne črte v okolici naelektrene plošče.
 - M** Kolikšna je napetost med ploščo in točko A? REŠITEV: $U = 100 \text{ V}$
 - T** Kolikšna je napetost med točko A in točko B? Koliko dela opravimo, če naboj $+1,0 \text{ mC}$ premaknemo iz točke A v točko B? REŠITEV: $U = 0$; $A_e = 0$
 - T** Kolikšna je napetost med točko A in točko C? Koliko dela opravimo, če naboj $+1,0 \text{ mC}$ premaknemo iz točke A v točko C? REŠITEV: $U = 50 \text{ V}$; $A_e = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ J}$
- Dolgo ploščo naelektrimo s pozitivnim nabojem. Napetost med ploščo in točko A, ki je vzdolž silnic za $2,0 \text{ cm}$ oddaljena od plošče, je $8,0 \text{ V}$.
a) **M** Koliko električnega dela opravimo, če naboj $e = +2,0 \mu\text{C}$ prestavimo iz točke A na ploščo? REŠITEV: $A_e = 16 \mu\text{J}$
b) **T** Koliko je napetost med ploščo in točko B, ki je vzdolž silnic za $4,0 \text{ cm}$ oddaljena od plošče? REŠITEV: $U = 16 \text{ V}$
c) **M** Koliko električnega dela opravimo, če naboj $e = +2,0 \mu\text{C}$ prestavimo iz točke B na ploščo? REŠITEV: $A_e = 32 \mu\text{J}$

PONOVI TEV ELEKTRIČNEGA POLJA IN TOKA

4. Med kovinskima ploščama, ki sta razmaknjeni za 5,0 cm, je napetost 50 V.



- M** Nariši silnice in ekvipotencialne črte v okolici naelektrenega kondenzatorja.
- T** Koliko je električna poljska jakost v točki B ? REŠITEV: $E_B = 1,0 \cdot 10^3 \text{ V/m}$
- M** Koliko dela opravimo, če naboj $+1,0 \text{ nC}$ premaknemo iz negativne na pozitivno ploščo? REŠITEV: $A_e = 5,0 \cdot 10^{-8} \text{ J}$
- T** Koliko dela opravimo, če enak naboj premaknemo iz točke B v točko C ? REŠITEV: $A_e = 2,0 \cdot 10^{-8} \text{ J}$

ELEKTRIČNA ENERGIJA, DELO IN NAPETOST - izbirne naloge

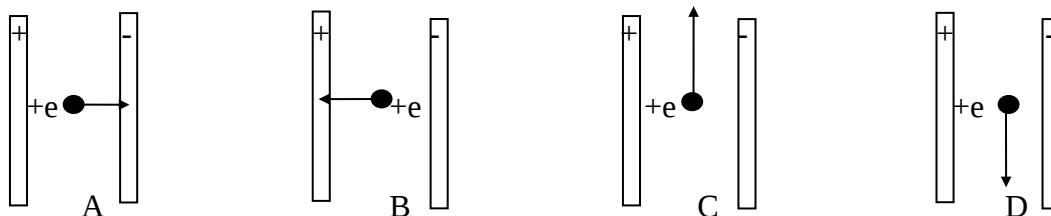
1. **M** Volt je enota

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| A električne sile | B električne poljske jakosti |
| C električne napetosti | D električnega naboja |

2. **T** Negativno naelektren delec miruje v vakuumu med dvema ploščama. Plošči povežemo z virom napetosti. Kako se začne delec gibati?

- | | |
|------------------------------|--|
| A Pospešeno v smeri silnic. | C Enakomerno v nasprotni smeri silnic. |
| B Enakomerno v smeri silnic. | D Pospešeno v nasprotni smeri silnic. |

3. **T** V katerem od narisanih primeru proti polju opravimo največ dela, ko premikamo naboj e ?



4. **V** Elektron se znajde v homogenem električnem polju. Vz dolž polja prepotuje 5,0 cm, pri tem se mu poveča kinetična energija za 10 eV. Napetost med točkama polja je:

- | | | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|
| A $0,80 \cdot 10^{-21} \text{ V}$ | C 50 V | B $3,22 \cdot 10^{-17} \text{ V}$ | D 10 V |
|-----------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|

PONOVITEV ELEKTRIČNEGA POLJA IN TOKA

REŠITVE:

1. C, 2. D, 3. B, 4. D

KONDENZATOR - strukturirane naloge

1. Kondenzator, ki ga priključimo na napetost 4,0 kV, sprejme naboj 5,0 μAs .
 - a) **M** Kolikšna je kapaciteta kondenzatorja? REŠITEV: $C = 1,3 \text{ nF}$
2. Ploščati kondenzator prejme naboj 150 μAs pri napetosti 20 kV.
 - a) **M** Kolikšna je kapaciteta kondenzatorja? REŠITEV: $C = 7,5 \text{ nF}$
 - b) **V** Površina plošč je 1600 cm^2 . Med ploščama je zrak. Kolikšen je razmik med ploščama? REŠITEV: $d = 0,19 \text{ mm}$
3. Kondenzator s ploščama površine 2,5 dm^2 in razdaljo med njima 10 mm naelektrimo z nabojem 0,20 μAs .
 - a) **T** Na kolikšno napetost smo ga priključili? REŠITEV: $U = 9,0 \text{ Kv}$
4. Kondenzator je sestavljen iz dveh vzporednih plošč. Vsaka ima ploščino 4,0 dm^2 , razdalja med njima pa je 1,0 cm. Med ploščama je porcelan z dielektričnostjo 6,5.
 - a) **T** Kolikšna je kapaciteta kondenzatorja? REŠITEV: $C = 0,23 \text{ nF}$
 - b) **M** Kondenzator priključimo na napetost 300 V. Kolikšen je naboj na ploščah kondenzatorja? REŠITEV: $e = 69 \text{ nC}$
 - c) **T** Koliko energije shranimo v kondenzator pri napetosti 400V? REŠITEV: $W = 46 \text{ nJ}$
 - d) **T** Kolikšna je jakost električnega polja med ploščama? REŠITEV: $E = 30 \text{ kV/m}$
 - e) **T** Kondenzator previdno odklopimo z vira napetosti in plošči razmaknemo na 3,0 cm. Za koliko se je pri tem spremenila naboj in jakost električnega polja kondenzatorja?
 - f) **V** Kolikšna je nova napetost med ploščama kondenzatorja? REŠITEV: $U = 900 \text{ V}$
5. Kondenzator je sestavljen iz dveh vzporednih plošč s ploščino 6,0 dm^2 , razdalja med njima pa je 4,0 cm. Med ploščama je titanov oksid z dielektričnostjo 100.
 - a) **T** Kolikšna je kapaciteta kondenzatorja? REŠITEV: $C = 1,3 \text{ nF}$
 - b) **M** Kondenzator priključimo na napetost 300 V. Kolikšen je naboj na ploščah kondenzatorja? REŠITEV: $e = 0,53 \text{ } \mu\text{C}$
 - c) **T** Kondenzator previdno odklopimo z vira napetosti in plošči zblížamo na 2,0 cm. Za koliko se je pri tem spremenil naboj na ploščah in jakost električnega polja med ploščama?
 - d) **V** Kolikšna je nova napetost med ploščama kondenzatorja? REŠITEV: $U = 200 \text{ V}$
 - e) **V** Če kondenzator ostane priključen na 300 V in mu plošči razmaknemo na 8,0 cm, kaj se zgodi z napetostjo, nabojem in jakostjo električnega polja med ploščama?
 - f) **V** Katere količine pa se spremenijo, če iz kondenzatorja vzameš dielektrik v obeh primerih?

ELEKTRIČNI TOK

VPRAŠANJA:

1. Kaj je električni tok?
 - **M** Kaj je električni tok in kako je definiran? V kakšnih enotah ga merimo? Naštej nekaj primerov.
 - **M** Kako je definirana smer električnega toka?
 - **M** Kateri pogoji morajo biti izpolnjeni, da električni tok teče po električnem krogu?
 - **M** Kateri so učinki električnega toka?
2. Predstavi I. in II. Kirchhoffov zakon pri zaporedni in vzporedni vezavi dveh upornikov.
 - **M** Kaj velja za električne tokove v električnih tokokrogih?
 - **M** Kaj velja za napetosti v električnih tokokrogih?
3. Predstavi Ohmov zakon.
 - **M** Zapiši enačbo, poimenuj količine in enote.
 - **T** Kaj nam pove upor upornika?
 - **T** Kdaj Ohmov zakon velja in kdaj ne?
 - **V** Predstavi grafično odvisnost med tokom in napetostjo.
4. Kako lahko vežemo upornike in s kakšnim namenom?
 - **M** Naštej možne vezave upornikov.
 - **M** Nariši zaporedno vezavo upornikov. **T** Predstavi vse značilnosti te vezave.
 - **M** Nariši vzporedno vezavo upornikov. **T** Predstavi vse značilnosti te vezave.
 - **T** Nariši mešano vezavo upornikov. **T** Predstavi vse značilnosti te vezave.
5. Specifični upor snovi.
 - **T** Kako je definiran in kakšna je njegova enota?
 - **T** Od česa je odvisen upor vodnika - žice?
 - **V** Kako je specifični upor kovin, polprevodnikov, izolatorjev in raztopin elektrolitov odvisen od temperature in osvetlitve?
 - **V** Kaj je superprevodnik?
6. Vezave in lastnosti električnih merilnikov.
 - **M** Kako vežemo ampermeter? **T** Kako povečamo merilno območje merilnika? **T** Kakšen mora biti njegov notranji upor? **V** Zakaj?
 - **M** Kako vežemo voltmeter? **T** Kako povečamo merilno območje merilnika? **T** Kakšen mora biti njegov notranji upor? **V** Zakaj?
7. Generatorji.
 - **T** Katere vrste generatorjev poznaš?
 - **T** Kakšna električna naprava je generator?
 - **T** Kakšna je karakteristika generatorja?
 - **V** Kaj je notranji upor in gonilna napetost generatorja?
8. Električno delo in moč.
 - **M** Kako sta definirana električno delo in moč? Zapiši enačbo, poimenuj količine in enote.
 - **T** Kaj prejema porabnik od generatorja in kaj oddaja okolici in v kakšni obliki?

PONOVITEV ELEKTRIČNEGA POLJA IN TOKA

NALOGE:

A) Definicija električnega toka - strukturirane naloge:

1. Mama je zvečer pozabila ugasniti luči na avtomobilu. **M** Kolikšen tok je tekel iz akumulatorja, ki hrani naboj 45 Ah, če se je spraznil v 10 urah? REŠITEV : $I = 4,5 \text{ A}$
2. **M** Koliko časa traja udar strele, če pri tem steče naboj 40 As in električni tok 500 A? REŠITEV : $t = 0,08 \text{ s}$
3. Po vodniku teče električni tok 2,5 A.
 - a) **M** Kolikšen naboj se pretoči skozi prerez vodnika vsako sekundo? REŠITEV : $q = 2,5 \text{ As}$
 - b) **T** Koliko elektronov se pri tem pretoči? REŠITEV : $N_e = 1,6 \cdot 10^{19}$
 - c) **M** Koliko časa teče tok 2,5 A, da se pretoči naboj 8,0 As? REŠITEV : $t = 3,2 \text{ s}$
 - d) **T** Kakšen tok teče po žici, če se po njej v 6,0s pretoči 10^{21} elektronov? REŠITEV : $I = 27 \text{ A}$
4. Električni tok strele je 30 kA.
 - a) **M** Kolikšen naboj steče v zemljo pri udaru strele, če traja 1,5 ms? REŠITEV : $q = 45 \text{ As}$
 - b) **T** Koliko elektronov steče v zemljo? REŠITEV : $N_e = 2,8 \cdot 10^{20}$
 - c) **M** Koliko časa traja udar strele, če steče 60As naboja v zemljo pri toku 20 kA? REŠITEV : $t = 3,0 \text{ ms}$
 - d) **T** Kakšen je električni tok strele, če se v 0,50 ms pretoči v zemljo 10^{20} elektronov? REŠITEV : $I = 32 \text{ kA}$

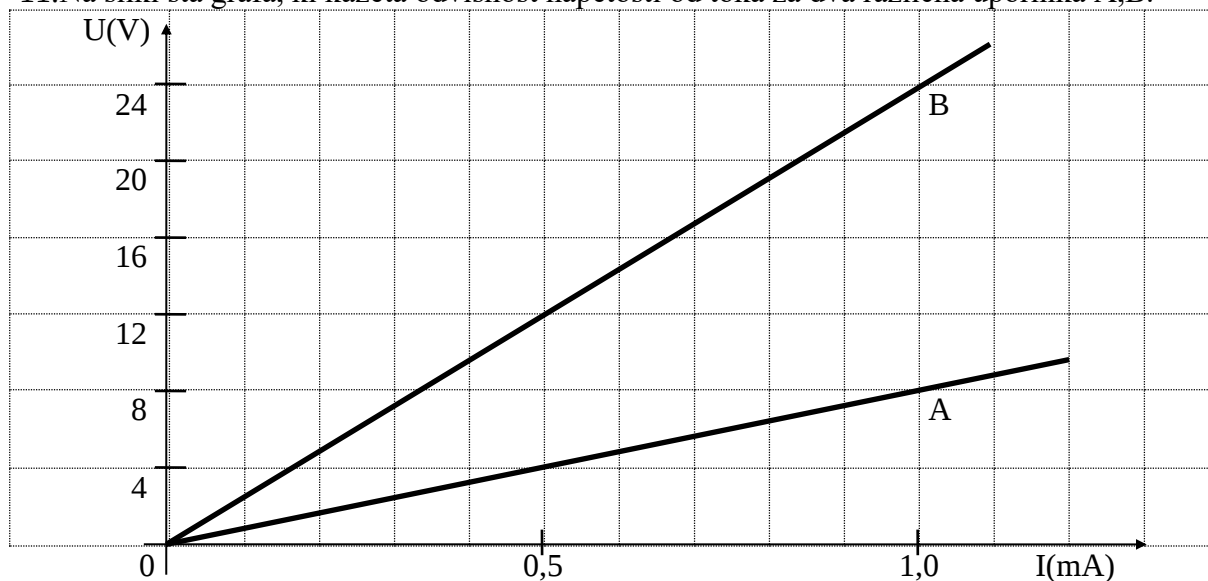
B) Ohmov zakon, vezave upornikov, električno delo in električna moč- strukturirane naloge:

1. Če na upornik priključimo napetost 60 V, steče skozi upornik tok 3,0 A.
 - a) **M** Kolikšen je njegov upor? REŠITEV : $R = 20 \Omega$
 - b) **M** Kolikšna je moč upornika? REŠITEV : $P = 180 \text{ W}$
 - c) **M** Kolikšna napetost je potrebna, da bi skozi ta upornik tekel tok 9,0 A? REŠITEV : $U = 180 \text{ V}$
2. Upornik z uporom 200Ω priključimo na napetost 60 V. **T** Kolikšna je moč upornika? REŠITEV : $P = 18 \text{ W}$
3. Ko skozi prevodnik teče tok 2,0 A, je njegova moč 80 W. **T** Kolikšen je upor prevodnika? REŠITEV : $R = 20 \Omega$
4. Zaporedno vezana upornika 100Ω in 300Ω priključimo na vir napetosti. Na manjšem uporniku je napetost 20 V.
 - a) **M** Nariši shemo vezja !
 - b) **M** Kolikšen tok teče skozi manjši upornik? REŠITEV : $I = 0,20 \text{ A}$
 - c) **T** Kolikšna je napetost na večjem uporniku? REŠITEV : $U = 60 \text{ V}$
 - d) **T** Kolikšna je napetost vira? REŠITEV : $U = 80 \text{ V}$
 - e) **M** Kolikšna je moč na večjem uporniku? REŠITEV : $P = 12 \text{ W}$

PONOVITEV ELEKTRIČNEGA POLJA IN TOKA

5. Štiri enake upornike vežemo vzporedno in priključimo na napetost 120V. **T** Kolikšen je upor vsakega upornika, če teče skozi celotno vezje skupni tok 8,0A?
REŠITEV : $R = 60 \Omega$
6. Novoletno jelko okrasimo s tridesetimi zaporedno vezanimi lučkami, od katerih ima vsaka 10Ω , in jih priključimo na hišno napeljavo. **T** Kolikšna je moč posamezne lučke?
REŠITEV : $P = 5,3 \text{ W}$
7. Zvečer v postelji bereš knjigo in poslušáš glasbo. Prižgana imaš luč s 100 W žarnico in stolp z upornostjo 400Ω . **V** Kolikšen skupni tok porabljata luč in stolp?
REŠITEV : $I = 1,0 \text{ A}$
8. Če v sobi zamenjaš navadno 100 W žarnico z varčno 20 W žarnico, prihraniš.
a) **V** Za koliko se pri tem zmanjša električni tok? REŠITEV : $I = 0,36 \text{ A}$
b) **V** Koliko Wh prihraniš v enem dnevu? REŠITEV : $W = 1920 \text{ Wh}$
9. Na verandi so prižgane tri žarnice, ki so vzporedno priključene na 220 V. Skozi vse tri skupaj teče tok 2,5 A. **T** Kolikšen tok teče skozi najsvetlejšo žarnico na sredini verande, če ima trikrat manjšo upornost od preostalih dveh? REŠITEV : $I = 1,5 \text{ A}$
10. Na barki so na jambor pripete štiri zaporedno vezane žarnice, ki so priključene na 12 V. **T** Kolikšen je padec napetosti na žarnici pri vrhu jambora, če ima trikrat večjo upornost od ostalih treh žarnic, ki so vse enake? REŠITEV : $U = 6,0 \text{ V}$

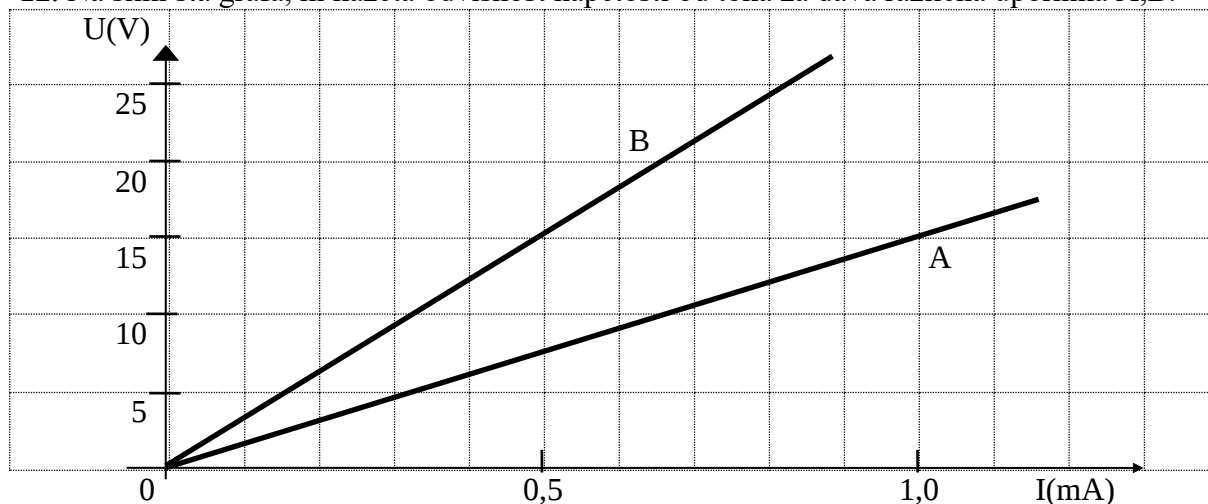
11. Na sliki sta grafa, ki kažeta odvisnost napetosti od toka za dva različna upornika A, B.



- a) **T** Izračunaj upora upornikov. REŠITEV : $R_A = 8,0 \text{ k}\Omega$, $R_B = 24 \text{ k}\Omega$,
- b) Upornika A in B vežemo zaporedno. **M** Nariši shemo vezja in izračunaj skupno upornost. REŠITEV : $R_S = 32 \text{ k}\Omega$
- c) To vezje priključimo na napetost 160V. **T** Kolikšen je tok skozi upornik A?
REŠITEV : $I_A = 5,0 \text{ mA}$
- d) Upornika A in B vežemo vzporedno. **M** Nariši shemo vezja in izračunaj skupno upornost. REŠITEV : $R_S = 6,0 \text{ k}\Omega$
- e) To vezje priključimo na napetost 40V. **T** Kolikšen je tok skozi upornik A?
REŠITEV : $I_A = 5,0 \text{ mA}$

PONOVITEV ELEKTRIČNEGA POLJA IN TOKA

12. Na sliki sta grafa, ki kažeta odvisnost napetosti od toka za dva različna upornika A,B.



- T Izračunaj upora upornikov. REŠITEV : $R_B = 30 \text{ k}\Omega$, $R_A = 15 \text{ k}\Omega$
- Upornika A in B vezemo zaporedno. M Nariši shemo vezja in izračunaj skupno upornost. REŠITEV : $R_S = 45 \text{ k}\Omega$
- To vezje priključimo na napetost 130 V. T Kolikšna je tok skozi upornik A? REŠITEV : $I_A = 2,0 \text{ mA}$
- Upornika A in B vezemo vzporedno. M Nariši shemo vezja in izračunaj skupno upornost. REŠITEV : $R_S = 6,0 \text{ k}\Omega$
- To vezje priključimo na napetost 30 V. T Kolikšna je tok skozi upornik A? REŠITEV : $I_A = 2,0 \text{ mA}$

C) Specifični upor- strukturirane nalog:

- Žica ima premer 0.6 mm, dolga je 40 m, njen upor je 100Ω .
 - T Kolikšen je specifični upor snovi ? REŠITEV : $\zeta = 0,71 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$
 - T Dopolni trditve :
 - 3-krat krajša žica ima _____ upor
 - žica z 2-krat večjim presekom ima _____ upor
 - specifični upor kovin je pri nižji temperaturi _____
 - specifični upor raztopin elektrolitov je večji pri _____ temperaturi
- Vodnik z dolžino 1,0 m in presekom $1,0 \text{ mm}^2$ je priključen na napetost 1,0 V.
 - T Kolikšen tok teče po vodniku, če je specifični upor kovine $0,49 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$. REŠITEV: $I = 2,0 \text{ A}$
- Po vodniku z dolžino 1,0m in presekom $1,0\text{mm}^2$ teče tok 100A .
 - T Kolikšna je napetost med koncema vodnika, če je specifični upor kovine $0,10\Omega\text{mm}^2/\text{m}$. REŠITEV : $U = 10 \text{ V}$

D) Gonilna napetost in notranji upor generatorjev - strukturirane nalog:

- Na baterijo z gonilno napetostjo 9,0 V priključimo žarnico z uporom 30Ω . Notranji upor baterije je tako velik, da ga moramo upoštevati. Na žarnici je zato napetost samo 7,5 V.
 - M Nariši shemo za pomoč pri računanju !
 - T Kolikšen je tok skozi žarnico ? REŠITEV : $I = 0,25 \text{ A}$
 - T Kolikšen je notranji upor baterije ? REŠITEV : $R_n = 6,0 \Omega$

PONOVITEV ELEKTRIČNEGA POLJA IN TOKA

E) Ohmov zakon, vezave upornikov, električno delo in električna moč, specifični upor, gonilna napetost in notranji upor generatorjev-izbirne naloge:

1. **T** Ampermeter ne smemo priključiti samega naravnost na omrežno napetost, ker

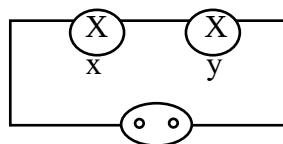
- A zaradi velikega notranjega upora ampermetra skozenj ne bi tekel tok.
- B zaradi majhnega notranjega upora ampermetra steče skozenj zelo velik tok.
- C zaradi velikega notranjega upora ampermetra steče skozenj zelo majhen tok.
- D zaradi majhnega notranjega upora ampermetra steče skozenj zelo majhen tok.

2. **M** Če želimo meriti tok skozi porabnik, moramo vezati ampermeter

- A vzporedno k porabniku
- B zaporedno k porabniku
- C kamorkoli v električni tokokrog
- D vzporedno k generatorju

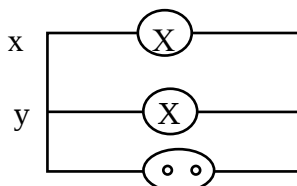
3. **M** V električnem krogu sta zvezani dve različni žarnici. Žarnica x sveti močneje kot žarnica y. Kaj je pri obeh žarnicah enako ?

- A napetost na žarnici
- B tok skozi žarnico
- C upor žarnice
- D moč žarnice



4. **M** V električnem krogu sta zvezani dve različni žarnici. Žarnica x sveti močneje kot žarnica y. Kaj je pri obeh žarnicah enako ?

- A napetost na žarnici
- B tok skozi žarnico
- C upor žarnice
- D moč žarnice



5. **T** Enajst žarnic z nazivno močjo 25 W vežemo vzporedno in priključimo na napetost 220 V. Kolikšen je padec napetosti na eni žarnici ?

- A 11 V
- B 20 V
- C 110 V
- D 220 V

6. **T** Enajst žarnic z nazivno močjo 25 W vežemo zaporedno in priključimo na napetost 220 V. Kolikšen je padec napetosti na eni žarnici ?

- A 11 V
- B 20 V
- C 22 V
- D 220 V

7. **T** Upornika 100Ω in 300Ω priključimo na vir napetosti. Na manjšem uporniku je napetost 50 V. Kolikšna je napetost vira ?

- A 100 V
- B 150 V
- C 200 V
- D 250 V

8. **V** Trije enaki upori 15Ω so vezani vzporedno in priključeni na vir napetosti, ki požene skozi vezje celotni tok 5,0 A. Kolikšno moč porabi vir napetosti ?

- A 25 W
- B 75 W
- C 125 W
- D 225 W

PONOVITEV ELEKTRIČNEGA POLJA IN TOKA

9. **T** Skupni upor dveh enakih vzporedno vezanih upornikov je $10\ \Omega$. Kolikšen je upor enega upornika ?
A $5,0\ \Omega$ B $10\ \Omega$ C $15\ \Omega$ D $20\ \Omega$
10. **T** Skupni upor 3 enakih vzporedno vezanih upornikov je $12\ \Omega$. Kolikšen je upor enega upornika ?
A $4,0\ \Omega$ B $12\ \Omega$ C $36\ \Omega$ D $40\ \Omega$
11. **M** Nadomestni upor treh enakih zaporedno vezanih upornikov z uporom R je
A $3R$ B R C $R/2$ D $R/3$
12. **T** Kolikšno moč porabi žarnica, ki ima upor $60\ \Omega$, ko je priključena na napetost 120 V ?
A 120 W B 180 W C 240 W D 300 W
13. **M** Žarnice v lestencu so vezane
A zaporedno B zaporedno in vzporedno
C vzporedno D v zanki
14. **T** Skozi 25 W žarnico v lestencu dnevne sobe teče tok
A 114 mA B $1,14\text{ A}$ C $11,4\text{ A}$ D 114 A
15. **T** Kolikšno moč troši žarnica, ki ima upor $40\ \Omega$, ko je priključena na napetost 100 V ?
A 100 W B 150 W C 200 W D 250 W
16. **T** V osebnem avtomobilu, katerega 12 V akumulator ima 50 Ah , pozabimo prižgane vse luči, ki skupaj trošijo 240 W . Akumulator bo prazen po
A $2,5\text{ s}$ B $2,5\text{ min}$ C $2,5\text{ h}$ D $2,5\text{ dni}$
17. **T** V osebnem avtomobilu, katerega 12 V akumulator ima 40 Ah , pozabimo prižgane vse luči, ki skupaj trošijo 120 W . Akumulator bo prazen po
A $4,0\text{ s}$ B $4,0\text{ min}$ C $4,0\text{ h}$ D $4,0\text{ dni}$
18. **T** Kako se spreminja električni upor bakrene žice, če žico segrevamo?
A Upor se ne spreminja. B Upor se manjša.
C Upor se večja. D Upor se najprej manjša, nato večja.
19. **T** Kako se spreminja električni upor žice v žarnici, če povečujemo napetost na žarnici?
A Upor se ne spreminja. B Upor se manjša.
C Upor se najprej manjša, nato večja. D Upor se večja.
20. **T** Pri kateri snovi upornost narašča s temperaturo?
A kovine B polprevodniki C izolatorji D elektroliti
21. **T** Pri kateri snovi upornost pada s temperaturo?
A baker B železo C germanij D zlato

PONOVITEV ELEKTRIČNEGA POLJA IN TOKA

22. T Pri kateri snovi prevodnost pada s temperaturo?

A kovine B polprevodniki C izolatorji D elektroliti

23. T Pri kateri snovi prevodnost narašča s temperaturo?

A baker B železo C germanij D zlato

REŠITVE:

1. B	2. B	3. B	4. A	5. D	6. B	7. C	8. C
9. D	10. C	11. A	12. C	13. C	14. A	15. D	16. C
17. C	18. C	19. D	20. A	21. C	22. A	23. C	

I. MAGNETNO POLJE

1. UVOD

a) Magnetno polje

je prostor, v katerem na magnetna telesa (magnete) ali tokovne vodnike deluje magnetna sila.

b) Vrste magnetov

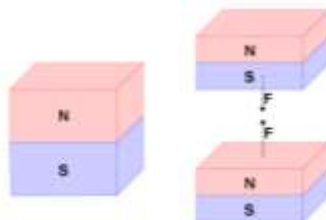
Trajni ali permanentni so magneti narejeni iz snovi, ki imajo magnetne lastnosti (to so snovi, ki se že v naravi nahajajo namagnetene ali pa jih lahko umetno namagnetimo).

Permanentni magneti se med seboj razlikujejo po obliki: paličasti, podkvasti, krožni,...

Električno inducirani magneti ali elektromagneti so telesa, ki postanejo magnetna šele, ko po njih teče električni tok. Mednje sodita tokovni vodnik in tuljava.

c) Magnetna pola

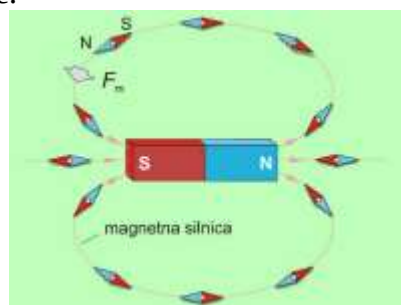
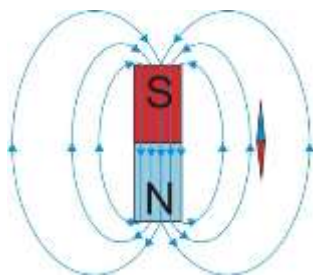
Vsak magnet ima dva pola, ki ju imenujemo severni (north) z oznako N ter južni (south) z oznako S. Pri permanentnih magnetih pola pogosto označimo barvno vendar tukaj ni splošnega dogovora (najpogostejše je severni pol moder, južni pa rdeč). Značilnost magnetnih polov je, da sta nedeljiva (ne moremo dobiti ločenega severnega ali južnega magnetnega pola oz. magnetni monopoli ne obstajajo). Če nek magnet prelomimo na dva dela, dobimo dva manjša magneta, ki imata vsak svoj severni in južni pol.



V okolici magnetov nastane magnetno polje, zato magneti predstavljajo izvor magnetnega polja. Zanimivo je opazovati medsebojno delovanje dveh trajnih magnetov. Opazimo, da se istoimenska pola odbijata, raznoimenska pola pa privlačita.

d) Magnetne silnice

Magnetno polje je očem nevidna sprememba praznega prostora, ki nastane zaradi prisotnosti magnetov v tem delu prostora. Zaradi boljše predstave si polje ponazorimo. Za ponazoritev uporabljamo magnetne silnice.



Magnetna silnica je usmerjena črta, katere tangenta v poljubni točki kaže v smeri ravnovesnega položaja magnetnice. Zunaj magnetna poteka od severnega proti južnemu magnetnemu polu. Magnetne silnice so vedno sklenjene črte.

e) Izvor magnetnega polja

je gibajoč električni naboj. V snovi so to elektroni, ki se gibljejo okoli jedra in protoni, ki se gibljejo v jedru. Pri elektromagnetih so to katerikoli naboji, ki se usmerjeno gibljejo v vakumu ali snovi. (Usmerjeno gibanje nabojev imenujemo električni tok.)

f) Vrste magnetnih polj

Glede na obliko silnic poznamo homogeno in nehomogeno polje.

Silnice homogenega polja so vzporedne, ravne in enakomerno goste črte.

Pri silnicah nehomogenega polja pa vsaj eden od teh treh kriterijev ni izpolnjen.

g) Gostota magnetnega polja (oznaka $\vec{B}$)

je fizikalna količina, ki pove kako, močno je magnetnega polja v izbrani točki. Je vektor, usmerjen tangento na silnice.

Definicija:

Gostota magnetnega polja nam pove, kolikšna magnetna sila F_m deluje na 1 m dolg vodnik (l), po katerem teče tok (I) 1 A.

$$B = \frac{F}{I \cdot l}$$

Gostota magnetnega polja nam tudi pove, kolikšen je magnetni pretok Φ_m skozi pravokotno zanko s površino 1 m².

$$B = \frac{\Phi_m}{S}$$

Osnovna enota: $[\vec{B}] = 1\text{T} = \frac{\text{N}}{\text{Am}} = \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$

2. PRIMERI MAGNETNIH POLJ

a) Permanentni magneti



Paličast magnet

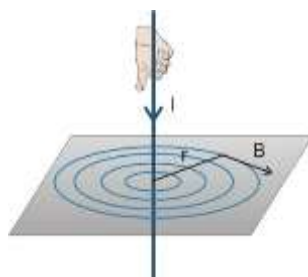


Podkvast magnet



Zemlja

b) Raven vodnik

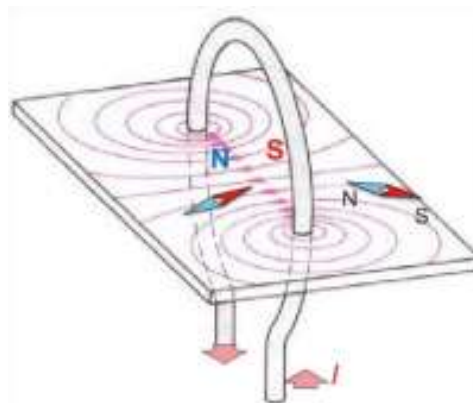


Gostota magnetnega polja v okolici ravnega vodnika:

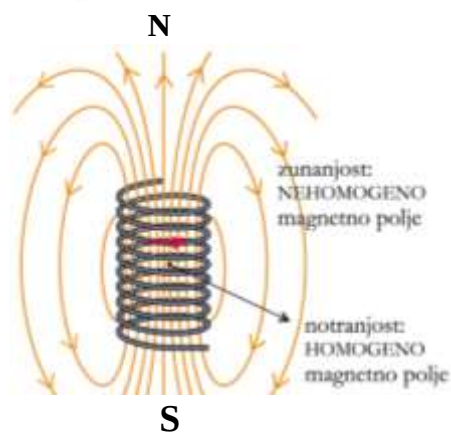
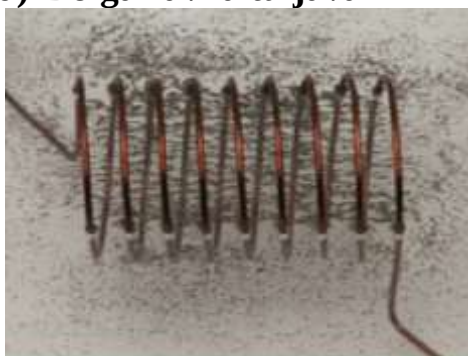
$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

c) Tokovna zanka



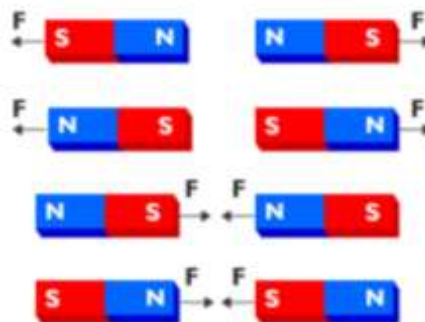
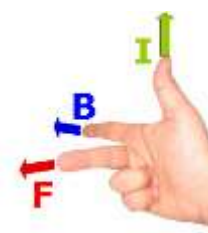
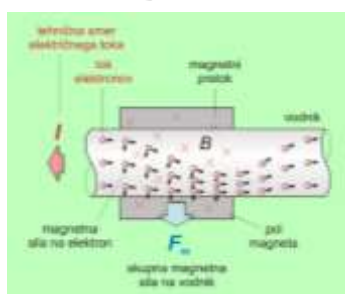
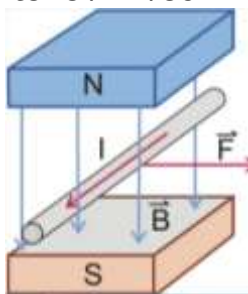
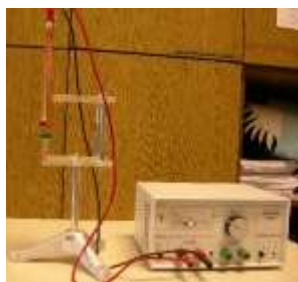
d) Dolga ravna tuljava



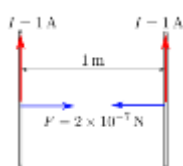
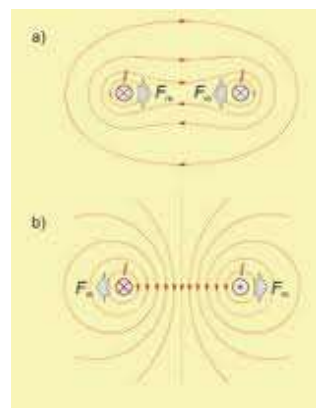
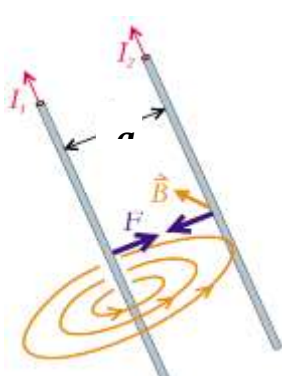
Gostota magnetnega polja v notranjosti dolge tuljave: $B = \mu_0 I \frac{N}{l}$

3. MAGNETNA SILA

a) Magnetna sila med permanentnimi magneti:

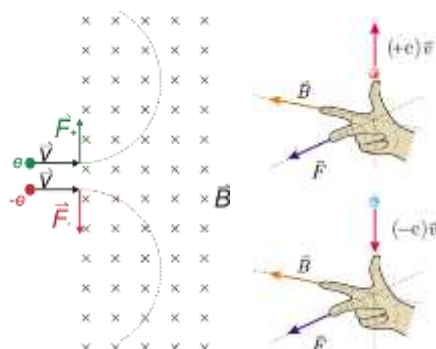
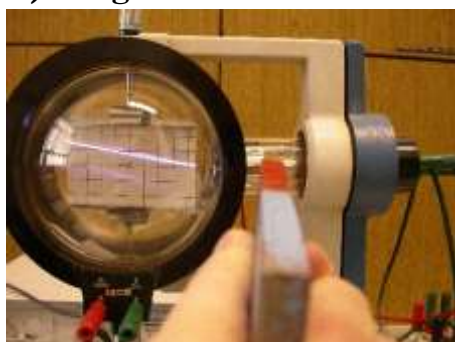
b) Magnetna sila na tokovni vodnik: $\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}$ 

c) Magnetna sila med vzporednimi vodniki: $F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}$

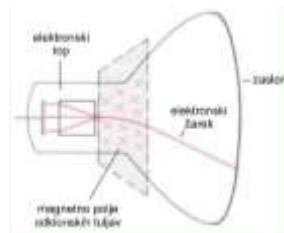


Definicija ampera:

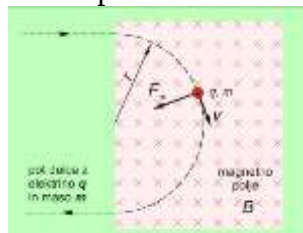
d) Magnetna sila na električne delce: $\vec{F} = e\vec{v} \times \vec{B} = evB\sin\alpha$



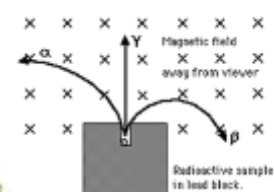
Katodna cev:



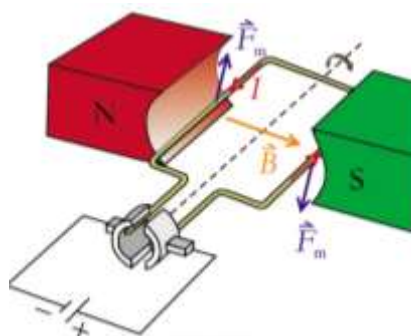
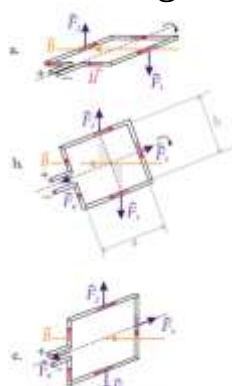
Masni spektrometer:



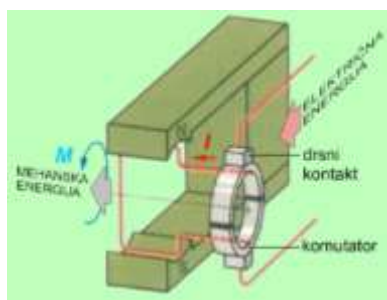
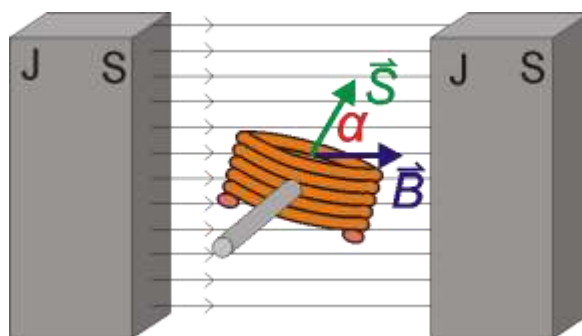
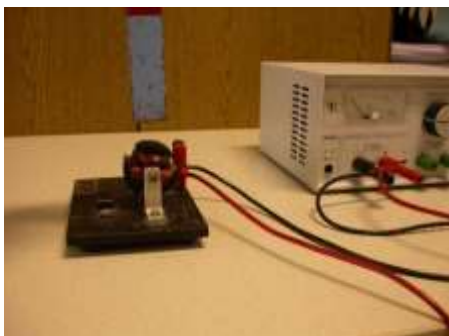
Radioaktivnost α , β , γ :



e) Navor magnetne sile na tokovno zanko: $\vec{M} = I\vec{S} \times \vec{B}$ $M = ISB\sin\alpha$



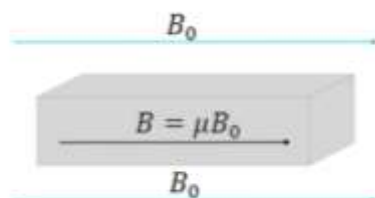
f) Navor magnetne sile na tuljavo: $\vec{M} = NI\vec{S} \times \vec{B}$ $M = NISB \sin \alpha$



Elektromotor:

4. MAGNETNO POLJE V SNOVI:

Do zdaj smo obravnavali le magnetno polje v praznem prostoru. Zunanje magnetno polje v snovi povzroči spremembe zaradi magnetnih lastnosti gradnikov snovi - atomov. Če si zamislimo atom kot pozitivno jedro, okrog katerega se gibljejo elektroni, predstavlja gibanje elektronov tokovno zanko, okrog katere se vzpostavi magnetno polje. Atom si zato lahko predstavljamo kot majhen magnet.



Gostota magnetnega polja snovi, ki se nahaja v zunanje magnetnem polju, je zaradi atomskih magnetov lahko večja ali manjša od gostote zunanjega magnetnega polja. Spremembo izrazimo z razmerjem velikosti polja v snovi in zunanjega polja. To razmerje imenujemo permeabilnost snovi:

$$\mu = \frac{B}{B_0}$$

Glede na velikost permeabilnosti se snovi delijo na:

diamagnetna ($\mu < 1$),
paramagnetne ($\mu > 1$) in
feromagnetne ($\mu \gg 1$).

Diamagnetna snov:

Posledica kroženja elektrona v magnetnem polju je, da se komponenta magnetnega momenta snovi poveča v nasprotni smeri zunanjega polja, zato je gostota magnetnega polja v snovi manjša kot gostota zunanjega polja. Permeabilnost diamagnetnih snovi je manjša kot 1, torej je gostota magnetnega polja v snovi manjša od gostote magnetnega polja zunaj

snovi. Primeri diamagnetnih snovi so H_2O , baker in živo srebro. Pripomniti velja, da je permeabilnost diamagnetnih snovi le malo manjša od 1, torej je razlika med magnetnim poljem v snovi in zunaj snovi majhna

Snov	Permeabilnost
Safir	0,99999976
Baker	0,999994
Voda	0,999992
Bizmut	0,999834

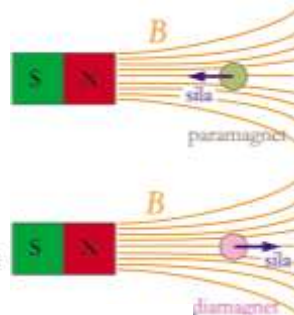
Razpredelnica 3.2: Permeabilnost nekaterih diamagnetnih snovi

Paramagnetna snov:

Če bi bili magnetni momenti atomov in molekul samo posledica gibanja elektronov, bi bile vse snovi diamagnetne. Obstoj paramagnetnih snovi je dokaz, da je magnetni moment atomov in molekul lahko posledica tudi nečesa drugega. Atomi in molekule imajo magnetni moment, ki izvira iz lastnega magnetnega momenta elektrona. Že elektron sam deluje kot izredno majhna magnetnica z nekim magnetnim momentom. V paramagnetnih snoveh torej prevladuje lastni magnetni moment elektrona nad magnetnim momentom krožečega elektrona. Magnetni momenti pozitivno nabitih delcev so v primerjavi z negativno nabitimi delci mnogo manjši, zato jih ni potrebno upoštevati. Atome in molekule si predstavljajmo kot drobne magnetnice. Preden je paramagnetna snov položena v zunanje magnetno polje, kažejo te magnetnice v vse smeri, zato se njihov prispevek k magnetnemu polju v povprečju izniči. Ko pa je snov v magnetnem polju, magnetni navor zunanjega polja sili magnetnice, da se delno uredijo, zato jih v povprečju kaže več v smeri magnetnega polja kot v nasprotni smeri. Permeabilnost paramagnetnih snovi je večja kot 1, torej je magnetno polje v snovi večje kot zunaj nje. Primeri paramagnetnih snovi so aluminij, cink in platina. Tudi za paramagnetne snovi je permeabilnost zelo blizu vrednosti 1, torej je magnetno polje v snovi le malo večje od zunanjega polja.

Snov	Permeabilnost
Zrak	1,00000037
Les	1,00000043
Aluminij	1,000022
Platina	1,000265
Volfam	1,05

Razpredelnica 3.3: Permeabilnost nekaterih paramagnetnih snovi



Feromagnetna snov:

Feromagnetizem je pojav, da je gostota magnetnega polja v snovi, ki smo jo postavili v magnetno polje, veliko večja od gostote magnetnega polja izven te snovi. Feromagnetne snovi so snovi, ki v zunanjem magnetnem polju postanejo namagnetene in take ostanejo tudi ko niso več izpostavljene magnetnemu polju. Feromagnetizem je posledica tega, da se magnetni dipoli v feromagnetnih snoveh znotraj makroskopskih območij, spontano uredijo in so urejeni tudi izven magnetnega polja. V zunanjem magnetnem polju se usmerijo magnetni momenti teh domen v smer zunanjega magnetnega polja. Feromagnetizem je za razliko od paramagnetizma, ki je prisoten tako v trdninah, kapljevinah in plinih, prisoten le v redkih trdninah. Med njimi so železo, kobalt, nikelj in nekatere zlitine.

Feromagnetizem je potencirano izražen paramagnetizem. Atomi feromagnetikov (Fe, Co in Ni) izkazujejo neprimerno močnejše lastno magnetno polje kot atomi paramagnetikov. Razlog tiči v dejstvu, da so atomi teh snovi drugačni (v periodnem sistemu so na mestih 26, 27 in 28). Na četrti lupini imajo dva elektrona, tretje pa nimajo zasedene; železu manjkajo štirje, kobaltu trije in niklju dva elektrona. Zaradi te anomalije so magnetna polja dipolov atoma mnogo močnejša od tistih pri paramagnetikih. To botruje tudi temu, da so atomi v kristalni zgradbi feromagnetika grupirani v območja ali *domene*, v katerih so polja atomov istosmerna (grupiranja se vršijo v procesu ohlajevanju feromagnetika). Domnevo o združevanju atomov v območja ali domene je leta 1907 postavil P. Weiss (po njem tudi ime *Weissove domene*). Domene so nepravilnih oblik in dosežejo velikost stotinke ali celo desetinke milimetra, kar pomeni, da je v posamezni domeni »na milijone« atomov z istosmerno orientiranimi lastnimi magnetnimi polji.

Snov	Permeabilnost
Nikelj	100–600
Kobalt	250
Jeklo	100
Ferit	640
Železo	5000
Permaloy	8 000
Mu-metal	50 000

Razpredelnica 3.4: Permeabilnost nekaterih feromagnetnih snovi

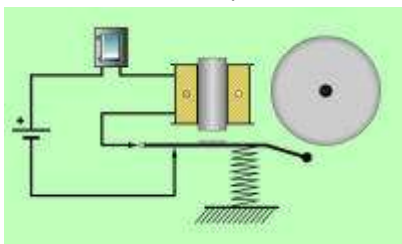


Uporaba:

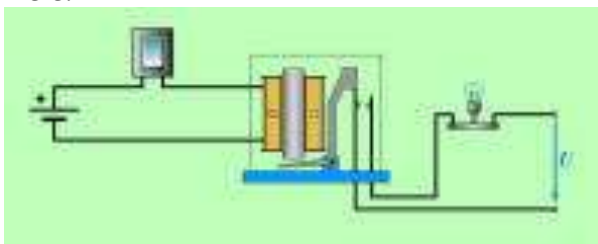
Varnostni ventil pri plinskem gorilniku ali štedilniku:



Električni zvonec:



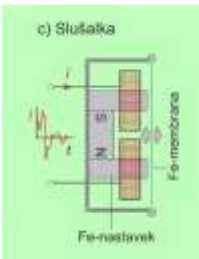
Rele:



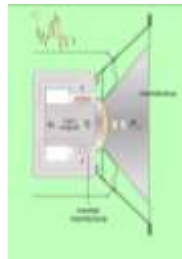
Magnetno stikalo:



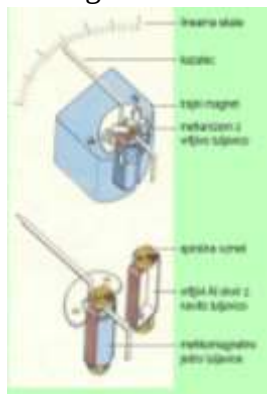
Slušalka:



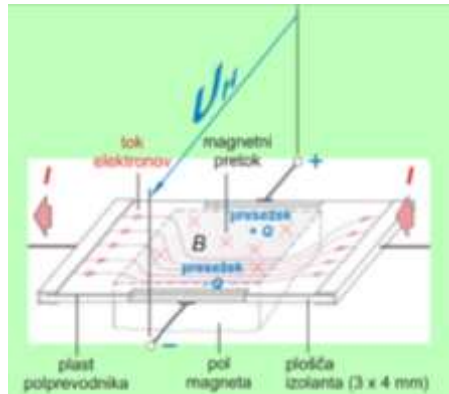
Zvočnik:



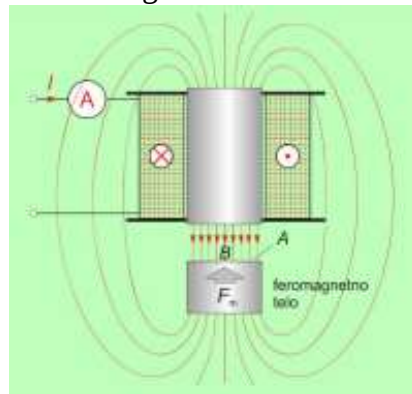
Analogni merilnik:



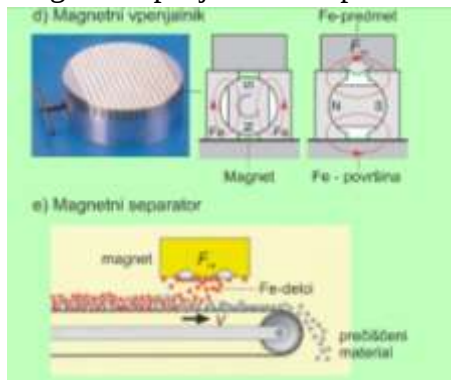
Hallova sonda:



Elektromagnet:



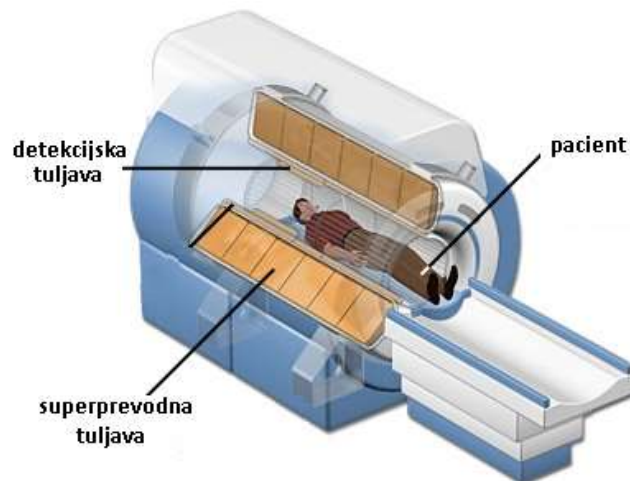
Magnetni vpenjalnik in separator:



Lebdeča gramofonska plošča:



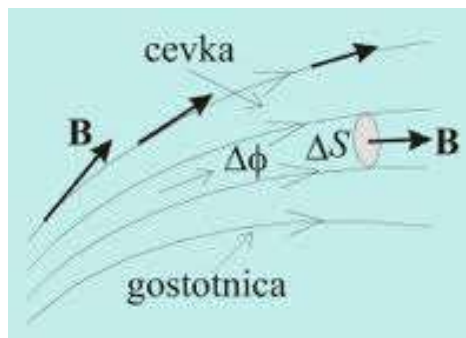
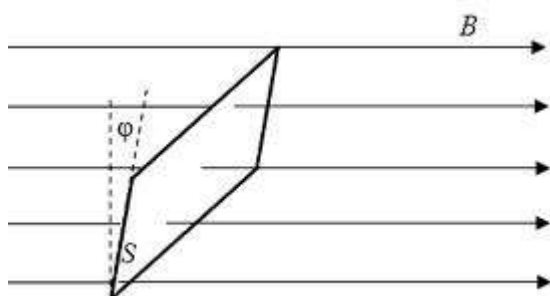
Slikanje z magnetno resonanco:



Vlak na magnetni blazini ali **maglev** (okrajšava za magnetno levitacijo) je hiter vlak, ki lebdi na močnem magnetnem polju, ki ga ustvarijo superprevodni magneti v tračnici.

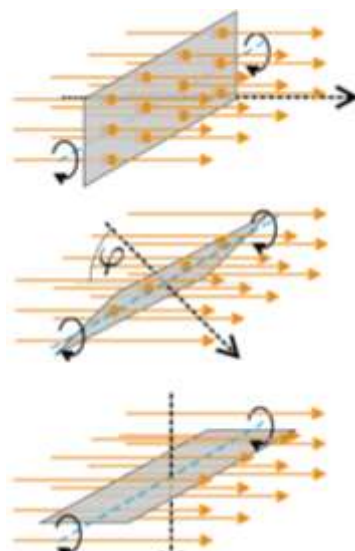


3. MAGNETNI PRETOK



Magnetni pretok skozi zanko v zunanjem polju: $\Phi_m = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos \alpha$

Magnetni pretok skozi tuljavo v zunanjem polju: $\Phi_m = N \vec{B} \cdot \vec{S} = NBS \cos \alpha$



PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA:

VPRAŠANJA:

1. Kaj je magnetno polje?

- **M** Kakšna je lastnost prostora, kjer je magnetno polje?
- **M** Kaj so izvori magnetnega polja?
- **M** S čim ponazorimo magnetna polja?
- **M** Kakšne vrste magnetnih polj poznamo?
- **M** Kako je določena smer polja?
- **T** Kako je definirana gostota magnetnega polja? Zapiši enačbo in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.

2. Magnetno polje trajnih magnetov.

- **M** Ponazori magnetno polje paličastega magneta, podkvastega magneta in Zemlje s silnicami!
- **M** Kakšne so lastnosti trajnih magnetov? **M** Kakšne sile delujejo med magneti? **M** Kaj dobimo, če prelomimo magnet?

3. Magnetno polje ravnega tokovnega vodnika.

- **M** Nariši magnetno polje ravnega tokovnega vodnika.
- **M** Pojasni, kako določimo smer silnic tokovnega vodnika s pravilom desne roke ali vijaka?
- **T** Kako izračunamo gostoto magnetnega polja ravnega tokovnega vodnika? Zapiši enačbo in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.

4. Magnetno polje dolge tuljave.

- **M** Nariši magnetno polje tuljave.
- **M** Pojasni, kako določimo smer silnic v tuljavi s pravilom desne roke ali vijaka?.
- **T** Kako izračunamo gostoto magnetnega polja tuljave? Zapiši enačbo in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **T** Kako snov v notranjosti tuljave vpliva na gostoto magnetnega polja tuljave? Kako magnetno polje učinkuje na snov?
- **M** Kaj je elektromagnet? Opiši delovanje elektromagneta na primeru slušalke ali zvočnika.
- **T** Kako deluje navor na tokovno zanko in tuljavo v magnetnem polju? Katere naprave to izkoriščajo in kako?

5. Magnetna sila na tokovni vodnik.

- **M** Pojasni kako je določena smer magnetne sile na vodnik s tokom v danem magnetnem polju?
- **T** Kako je definirana magnetna sila na vodnik s tokom v danem magnetnem polju? Zapiši enačbo in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **V** Kakšne sile delujejo med vzporednimi vodniki in zakaj? Kako postaviš dva tokovna vodnika, da med njima ne deluje magnetna sila?
- **T** Kako je definiran en amper?

6. Navor magnetne sile na zanko in tuljavo.

- **T** Kako je definiran navor magnetne sile na tokovno zanko? Zapiši enačbo in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **T** Kako je definiran navor magnetne sile na tuljavo? Zapiši enačbo in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **M** Opiši poenostavljen princip delovanja elektromotorja.

7. Magnetna sila na električne delce.

- **T** Kako je definirana magnetna sila na električne delce? Zapiši enačbo in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **T** Predstavi, kaj vpliva na velikost magnetne sile na električne delce. V katerih primerih na nabiti delec ne deluje magnetna sila?
- **V** Navedi bistvene razlike med električno in magnetno silo na električno nabite delce.

8. Snov v magnetnem polju.

- T Kako je definirana permeabilnost snovi?
- T Kako snov vpliva na magnetno polje? Kako delimo snovi glede na to, kako vplivajo na magnetno polje?
- V Kje v praksi uporabljamo lastnost vpliva snovi na polje in obratno?

NALOGE:

A) Magnetno polje vodnika in sila na vodnik v magnetnem polju- strukturirane naloge:

- Po dolgem ravnem vodniku teče električni tok 3,0 A.
 - Nariši silnice magnetnega polja v okolici vodnika!
 - Kolikšna je gostota magnetnega polja na razdalji 30 cm od vodnika?
- V homogenem magnetnem polju gostote 0,060 T se nahaja vodnik, po katerem teče tok 4,0 A.
 - Nariši v skico smer silnic, smer toka in ugotovi, v katero smer se bo odklonil vodnik!
 - Na vodnik deluje sila 0,50 N. Kolikšna je dolžina vodnika?
 - Kolikšna bi bila sila na vodnik, če bi s silnicami oklepal kot 60° ?
 - Kolikšen kot bi moral oklepati vodnik s silnicami, da bi bila sila 2 krat manjša kot v primeru b)?

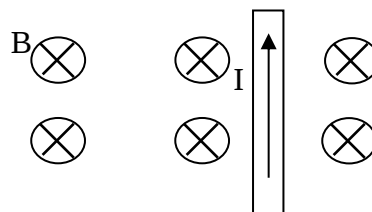
B) Magnetno polje tuljave in navor na tuljavo v magnetnem polju- strukturirane naloge:

- Tuljava ima 2000 ovojev, dolžino 40 cm in presek 15 cm^2 .
 - Kolikšen tok mora teči po njej, da bo gostota magnetnega polja v tuljavi 0,060 T?
 - Da bi gostoto magnetnega polja v tuljavi 5 x povečali, moramo :
 tok skozi tuljavo _____ ali
 število ovojev _____ ali
 dolžino tuljave _____ ali
 presek tuljave _____.
- Tuljava ima dolžino 50 cm, presek 20 cm^2 , 300 ovojev, po njej pa teče tok 3,0 A.
 - Nariši silnice magnetnega polja v tuljavi, če teče tok v dani smeri!
 - Tuljavo postavimo v magnetno polje. Nariši lego tuljave v tem polju tako, da bo navor nanjo največji in tako, da bo navor nanjo enak nič!
 - Kolikšna je gostota magnetnega polja, če je največji navor na tuljavo $40 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}$?

C) MAGNETNO POLJE - izbirne naloge

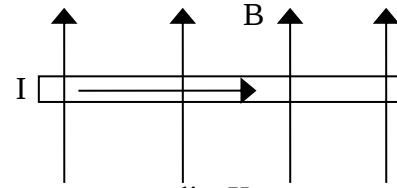
- Vodnik z električnim tokom leži v homogenem magnetnem polju kot kaže skica. Sila na vodnik ima smer:

- v list
- iz lista
- v desno
- v levo



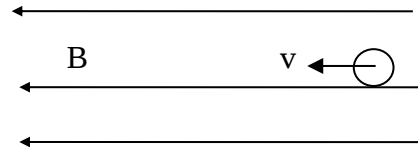
2. Vodnik z električnim tokom leži v homogenem magnetnem polju kot kaže skica. Sila na vodnik ima smer:

A v list C v desno
B iz lista D v levo



3. Curek elektronov usmerimo vzdolž silnic homogenega magnetnega polja. Katera trditev je pravilna?

A Curek se odkloni navzdol.
B Curek se odkloni navzgor.
C Curek se ne odkloni.
D Hitrost elektronov se poveča.

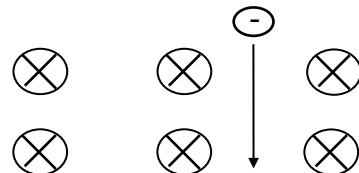


4. Hitri elektroni priletijo pravokotno na silnice homogenega magnetnega polja. V polju se gibljejo :

A po hiperboli C po paraboli
B po krožnici D po premici

5. Elektroni priletijo v magnetno polje kot kaže skica. Zaradi magnetne sile se odklonijo :

A v list C v desno
B iz lista D v levo



6. Elektron se giblje v magnetnem polju z gostoto $0,10\text{T}$. Za koliko se v $1,0\text{s}$ poveča kinetična energija elektrona?

A $0,0\text{ J}$ B $0,10\text{ J}$ C $1,0\text{ J}$ D 10 J

7. Tuljavo, po kateri teče električni tok, postavimo v homogeno magnetno polje tako, da je navor nanjo največji. Lega tuljave je tedaj taka, da je :

A njena os vzporedna s silnicami
B njena os pravokotna na silnice
C njena os poševna na silnice
D ravnina prereza tuljave pravokotna na silnice

8. Kos feromagnetne snovi postavimo v nehomogeno magnetno polje. Nanj deluje sila, ki

A je pravokotna na silnice
B ga vleče v smeri gostejših silnic
C ga vleče v smeri redkejših silnic
D sila sploh ne deluje

REZULTATI:

A) Magnetno polje vodnika in sila na vodnik v magnetnem polju

1. b) $B = 2,0 \mu\text{T}$
2. b) $l = 2,1 \text{ m}$, c) $F_m = 0,43 \text{ N}$, d) $\varphi = 30^\circ$

B) Magnetno polje tuljave in navor na tuljavo v magnetnem polju

1. a) $I = 9,5 \text{ A}$
2. c) $B = 22 \text{ mT}$

C) MAGNETNO POLJE - izbirne naloge

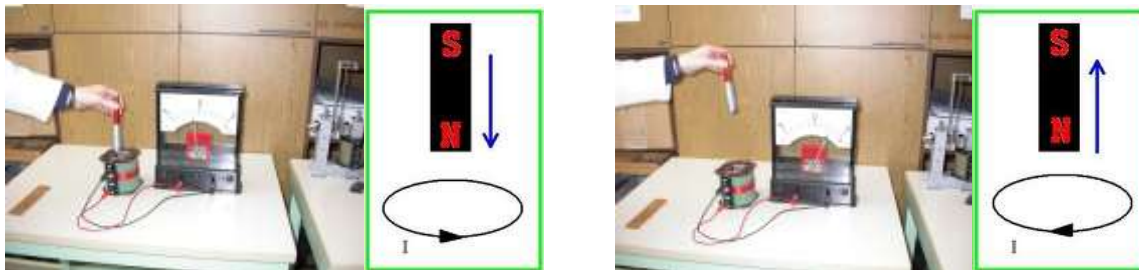
1. D 2. B 3. C 4. B 5. D 6. A 7. B 8. B

INDUKCIJA

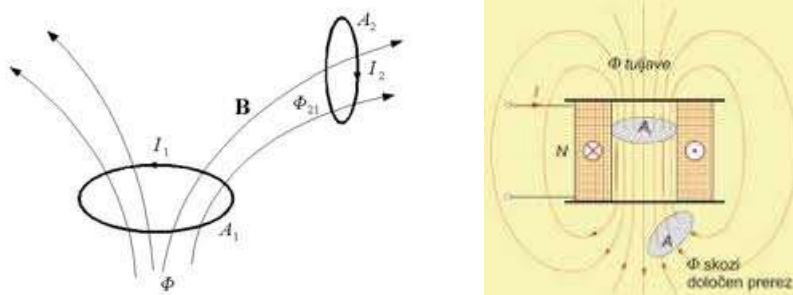
INDUKCIJA

Elektromagnetna indukcija je pojav, pri katerem nastane električna napetost v vodniku, ki se giblje v magnetnem polju tako, da smer vodnika ne sovpada s smerjo magnetnega polja, ali v električnem krogu, postavljenem v spremenljivem magnetnem polju.

Pojav je matematično prvi opisal Michael Faraday, ki je ugotovil, da je inducirana napetost U_i v zaključeni zanki premo sorazmerna hitrosti spreminjanja magnetnega pretoka Φ skozi površino te zanke. Spoznanje je danes znano kot indukcijski zakon ali Faradayev zakon. Predznak inducirane napetosti razlaga Lenzovo pravilo, po katerem se v zanki inducirani tok, ki skuša zaradi lastne indukcije s svojim magnetnim poljem nasprotovati spremembi, ki ga je povzročila.



a) MAGNETNI PRETOK SKOZI ZANKO IN TULJAVO:

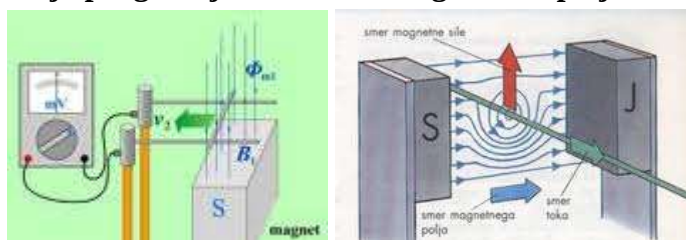


b) SPLOŠNI INDUKCIJSKI ZAKON - FARADAYEV ZAKON:

$$U_i = - \frac{\Delta \Phi_m}{\Delta t} \quad \text{.....za zanko;} \quad U_i = -N \frac{\Delta \Phi_m}{\Delta t} \quad \text{.....za tuljavo z N ovoji}$$

Primeri indukcijskega zakona:

1. Indukcija pri gibanju vodnika v magnetnem polju:



Pri enakomernem premikanju ravnega vodnika po homogenem magnetnem polju tako, da je vodnik pravokoten na smer magnetnega polja, smer premikanja pa pravokotna tako na vodnik kot na magnetno polje, se indukcijski zakon poenostavi v izraz: $U_i = lvB \cdot \sin \alpha$

Pri tem je l dolžina vodnika v magnetnem polju, v hitrost premikanja vodnika, B pa gostota magnetnega polja in $\alpha=90^\circ$.

INDUKCIJA

2. Indukcija pri spreminjanju magnetnega pretoka skozi tuljavo:

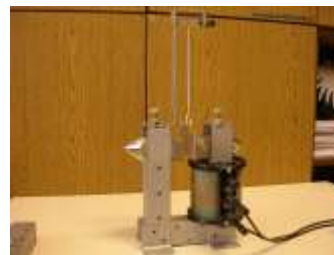
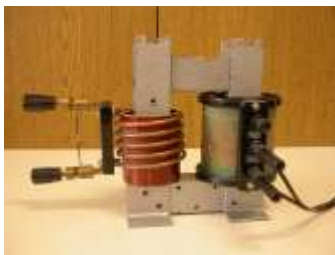
$$U_i = -N \frac{\Delta \Phi_m}{\Delta t} = N \omega S B \cdot \sin \alpha$$

3. Lastna indukcija:

Induktivnost tuljave: $L = \mu \mu_0 \frac{N^2}{l} S$

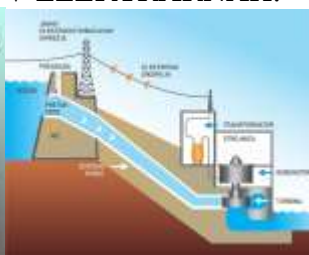
Inducirana napetost: $U_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$

Poskusi:



Uporaba indukcije:

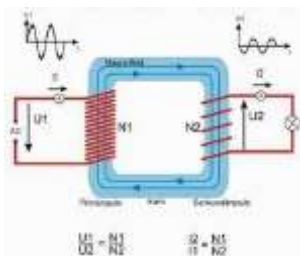
GENERATORJI V ELEKTRARNAH:



DINAMO:



TRANSFORMATOR:



INDUKCIJSKI KUHALNIK:



INDUKCIJSKE PEČI:



MAGNETNO ZAVIRANJE:



REGULACIJA PROMETA:



MAGNETNO BRANJE INFORMACIJ:



PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA:

VPRAŠANJA:

1. Magnetni pretok.

- **T** Definiraj magnetni pretok skozi dano ploskev v homogenem magnetnem polju.
- **T** Kako je definiran magnetni pretok skozi zanko? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **T** Kako je definiran magnetni pretok skozi tuljavo? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote.

2. Indukcijski zakon.

- **M** Opiši pojav indukcije pri premikanju vodnika v magnetnem polju. Kdaj bo inducirana napetost večja? **T** Zapiši enačbo in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **M** Opiši pojav indukcije pri spreminjanju polja skozi tuljavo. Kdaj bo inducirana napetost večja? **T** Zapiši enačbo in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **M** Opiši pojav indukcije pri vrtenju tuljave v magnetnem polju. Kdaj bo inducirana napetost večja? **T** Zapiši enačbo in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **T** Zapiši in obrazloži splošni indukcijski zakon.
- **T** Kako se glasi Lenzovo pravilo za določanje smeri inducirane toka?

3. Lastna indukcija.

- **T** Opiši lastno indukcijo v tuljavi. Kdaj bo inducirana napetost večja? Zapiši enačbo in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **T** Kako je definirana induktivnost tuljave? Zapiši enačbo in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **T** Opiši delovanje generatorja.

4. Transformator in uporaba.

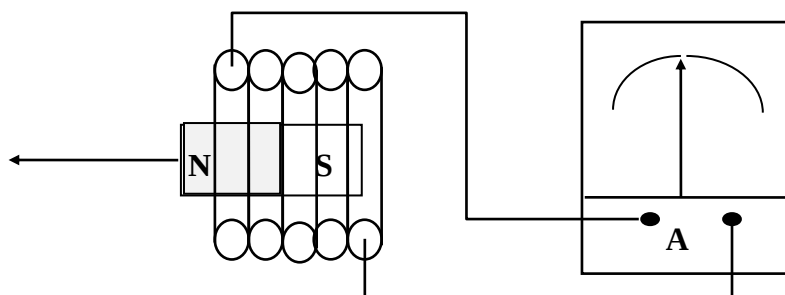
- **M** Opiši transformator in kaj se dogaja v njem.
- **M** Kako s transformatorjem dobimo velike napetosti in kako velike tokove?
- **M** Pojasni prenos električne moči s transformatorjem.
- **T** Kakšna je povezava med številom obojev primarne in sekundarne tuljave s pripadajočimi napetostmi in tokovi? Kaj velja za moč transformatorja?

INDUKCIJA

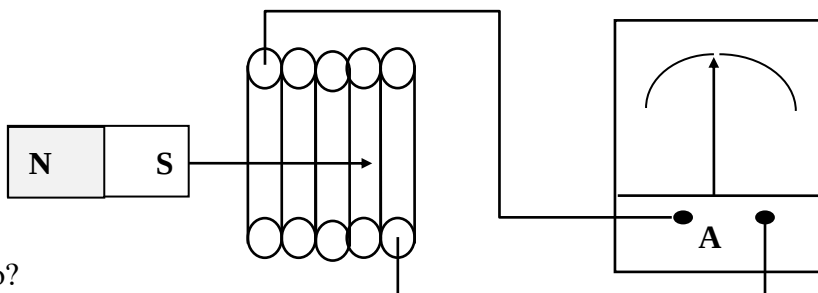
NALOGE:

A) INDUKCIJA -strukturirane naloge

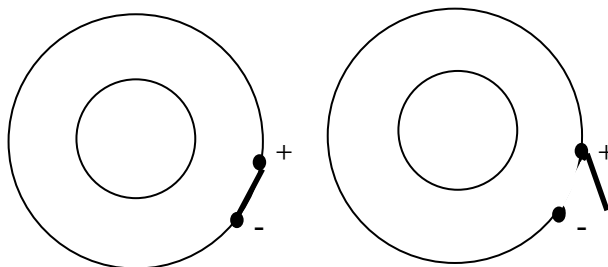
1. Slika kaže paličast magnet in tuljavo z 200 ovoji, ki je povezana z miliampermetrom z ničlo v sredini skale. Kaj se zgodi, če potegneš magnet iz tuljave?



2. Slika kaže paličast magnet in tuljavo z 200 ovoji, ki je povezana z miliampermetrom z ničlo v sredini skale. Kaj se zgodi, če potisneš magnet v tuljavo?



3. Nariši v kateri smeri steče inducirani tok v notranji zanki, ko izklopimo ali vklopimo stikalo v krogu zunanje zanke.



4. Tuljava ima 2100 obojev in presek $2,0 \text{ cm}^2$. Postavimo jo v magnetno polje z gostoto $0,20 \text{ T}$ tako, da je njena os vzporedna s silnicami.
- Kolikšna povprečna napetost se inducira v tuljavi, če jo v $0,10 \text{ s}$ potegnemo iz magnetnega polja?
 - Kolikšna povprečna napetost se inducira v tuljavi, če jo v $0,10 \text{ s}$ zavrtimo tako, da je njena os na koncu pravokotna na silnice?
 - Kolikšna povprečna napetost se inducira v tuljavi, če gostota magnetnega polja v $0,10 \text{ s}$ pade na 0 T ?
5. Hišna napeljava je priključena na sekundarno tuljavo transformatorja v bližnji transformatorske postaje. Na primarno tuljavo pa je speljan podzemni kabel z napetostjo 11 kV . Primarna tuljava ima 100000 obojev. Koliko jih ima sekundarna?
6. V varilnem aparatu je primarna tuljava priključena na omrežno napetost. Po njej teče tok $2,0 \text{ A}$. Sekundarna tuljava, ki je povezana z varilno palico, ima 10 obojev. Na njej je napetost 10 V .
- Koliko obojev ima primarna tuljava?
 - Kolikšen tok teče skozi varilno palico?

INDUKCIJA

7. Na primarni strani transformatorja je priključena napetost 10 V. Po ovojih teče tok 2,0 A. Na sekundarni strani imamo napetost 4,0 V.
- Koliko obojev je na primarni strani transformatorja, če jih ima sekundarna stran 20?
 - Kolikšna je moč transformatorja?
 - Kolikšen je tok v sekundarni tuljavi, če znašajo izgube zaradi segrevanja tuljave in jedra 4,0 W?
8. Primarna stran transformatorja ima 1000 obojev. Tja priključimo napetost 20 kV.
- Koliko obojev mora imeti sekundarna stran, da bo tam napetost 200 V ?
 - Moč transformatorja je 24 kW. Izgube so 5 %. Kolikšen je tok na sekundarni strani ?

B) INDUKCIJA - izbirne naloge

1. Primarna tuljava transformatorja ima 200 obojev, sekundarna pa 50. Napetost na sekundarni strani je 40 V. Kolikšna je napetost na primarni strani?
- A 160 V B 100 V C 40 V D 10 V
2. Na primarni strani transformatorja je napetost 600 V, število obojev pa je 1000. Na sekundarni strani je 250 obojev. Kolikšna je napetost na sekundarni strani?
- A 150 V B 300 V C 450 V D 600 V

REZULTATI:

A) INDUKCIJA -strukturirane naloge

4. a) $U_i = 0,84$ V, b) $U_i = 0,84$ V, c) $U_i = 0,84$ V ; 5. $N_2=2000$; 6. a) $N_1=220$, b) $I_2= 44$ A
7. a) $N_1 = 50$, b) $P = 20$ W, c) $I_2 = 4,0$ A; 8. a) $N_2 = 10$, b) $I_2 = 114$ A

B) INDUKCIJA - izbirne naloge

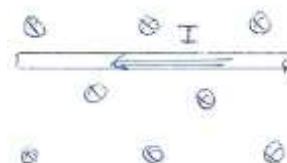
1. A 2. A

DODATNE NALOGE

1. Po ravnem vodniku z dolžino 4,5 m teče električni tok 2,7 A.
- Izračunaj kolikšna je magnetna poljska gostota na razdalji 2,8 dm od njega in nariši silnice v skico? ($B = 1,9 \cdot 10^{-6}$ T)
 - Kolikšna sila deluje na ta vodnik, če ga damo v magnetno polje z gostoto 0,65 T, kot kaže slika? Izračunaj velikost sile in jo vpiši v spodnjo skico! ($F = 7,9$ N)



2. Imamo vodnik dolžine 6,3 m, ki se nahaja v zunanjem magnetnem polju, kot kaže slika. Po njem teče električni tok 2,5 A. Nanj deluje sila 9,3 N.
- Nariši v skico magnetno silo na vodnik!
 - Izračunaj velikost magnetne poljske gostote, kjer je vodnik! ($B = 0,59 \cdot T$)



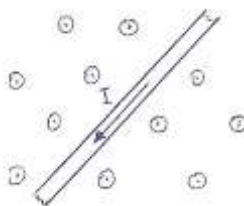
INDUKCIJA

3. Na razdalji 55 cm od ravnega vodnika, dolgega 3,5 m, je magnetna poljska gostota $2,7 \cdot 10^{-6}$ T.

a) Izračunaj kolikšen tok teče po vodniku in nariši magnetne silnice okoli vodnika! ($I = 7,4$ A)

b) Kolikšna sila deluje na ta vodnik, če ga damo v magnetno polje z gostoto 0,65 T, kot kaže slika? Izračunaj velikost sile in jo nariši v spodnjo sliko! ($F = 17$ N)

c) Vzporedno s tem vodnikom položimo na razdaljo 2,6 dm enako dolg drugi vodnik po katerem teče tok 4,5 A v nasprotni smeri. Izračunaj kolikšna sila deluje na ta vodnik in jo nariši v sliko? ($F = 8,9 \cdot 10^{-5}$ N)



3. Imamo 73 cm dolgo tuljavo s 680 ovoji in presekom $3,2 \text{ dm}^2$. Magnetna poljska gostota v njej je 5,6 mT.

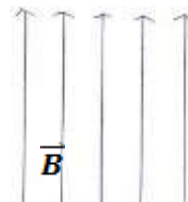
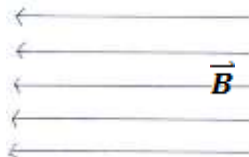
a) Izračunaj tok, ki teče po tej tuljavi, in vriši silnice v spodnjo skico? ($I = 4,8$ A)

b) Ko to tuljavo položimo v magnetno polje, deluje nanjo največji navor 2,6 Nm. Kolikšna je magnetna poljska gostota tega polja? Nariši položaj tuljave, ko je navor največji! ($B = 0,025$ T)

c) Kolikšen je največji magnetni pretok skozi to tuljavo? Nariši položaj tuljave, ko je pretok največji! ($\Phi_m = 0,54$ Vs)

d) Kolikšna je induktivnost te tuljave? ($L = 0,025$ H)

e) Kolikšna napetost se inducira v tej tuljavi, če jo v 0,031 s potegnemo ven iz magnetnega polja? ($U = 17,5$ V)



4. V tuljavi, po kateri teče tok 7,2 A in ima 620 ovojov ter presek $8,7 \text{ dm}^2$ je magnetna poljska gostota 0,068 T.

a) Izračunaj dolžino tuljave! ($l = 0,082$ m)

b) Kolikšna je magnetna poljska gostota polja v katerega postavimo to tuljavo, če nanjo deluje največji navor 0,85 Nm. ($B = 2,2 \cdot 10^{-3}$ T)

c) Kolikšen je največji magnetni pretok skozi to tuljavo? ($\Phi_m = 0,12$ Wb)

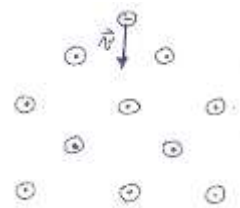
d) Kolikšna napetost se je inducirala v tej tuljavi, ko smo jo v 0,031 s potisnili v to magnetno polje? ($U = -3,8$ V)

5. Elektron ($m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C) s hitrostjo 235000 km/s prileti v magnetno polje z gostoto 4,7 T, tako kot kaže slika.

a) Nariši magnetno silo, ki deluje nanj.

b) Kolikšna magnetna sila deluje nanj? ($F = 1,8 \cdot 10^{-10}$ N)

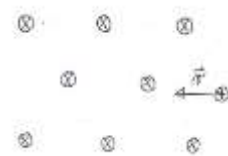
c) Izračunaj polmer kroženja elektrona! ($r = 2,8 \cdot 10^{-4}$ m)



INDUKCIJA

6. Proton ($m=1,66 \cdot 10^{-27}$ kg, $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ C) s hitrostjo 87000 km/s prileti v magnetno polje, tako kot kaže slika. Pri tem deluje nanj magnetna sila $4,7 \cdot 10^{-12}$ N.

- Nariši magnetno silo, ki deluje nanj.
- Izračunaj magnetno poljsko gostoto tega polja! ($B = 0,34$ T)
- Izračunaj polmer kroženja tega protona! ($r = 2,7$ m)



7. Po 82 cm dolgi tuljavi s 790 ovoji in presekom $6,4 \text{ dm}^2$ teče tok 2,8 A. Znotraj tuljave je snov s permeabilnostjo 2,5.

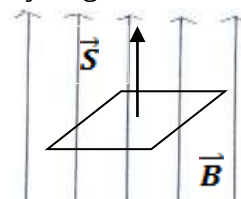
- Kolikšna je induktivnost te tuljave? ($L=0,15$ H)
- Kolikšna je energija magnetnega polja v tej tuljavi? ($W_m = 0,59$ J)
- Kolikšna napetost se inducira v tej tuljavi, če tok v njej v 0,38 s povečamo na 6,5 A? ($U_i = -1,5$ V)

8. Po 32 cm dolgi tuljavi s 920 ovoji in presekom $2,4 \text{ dm}^2$ teče tok 3,1 A. Znotraj tuljave je snov s permeabilnostjo 3.

- Kolikšna je induktivnost te tuljave? ($L = 0,24$ H)
- Kolikšna je energija magnetnega polja v tej tuljavi? ($W_m = 1,2$ J)
- Kolikšna napetost se inducira v tej tuljavi, če tok v njej v 0,15 s zmanjšamo na 1,8 A? ($U_i = 2,1$ V)

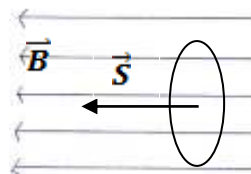
9. Pravokotna zanka s stranicama 25 cm in 32 cm stoji v magnetnem polju z gostoto 2,5 T tako, da je njena os vzporedna s silnicami.

- Kolikšen je magnetni pretok skozi to zanko? ($\Phi_m = 0,2$ Wb)
- Kolikšna napetost se inducira v tej zanki, če jo v 82 ms zasukamo za 900°? ($U_i = 2,4$ V)



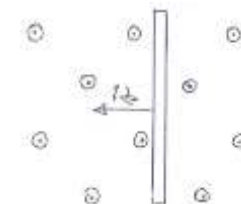
10. Krožna zanka s polmerom 37 cm stoji v magnetnem polju z gostoto 4,9 T tako, da je njena os vzporedna s silnicami.

- Kolikšen je magnetni pretok skozi to zanko? ($\Phi_m = 2,1$ Wb)
- Kolikšna napetost se inducira v tej zanki, če jo v 2,7 ms zasukamo za 900°? ($U_i = 781$ V)



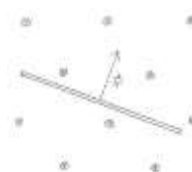
11. V magnetnem polju se giblje vodnik z dolžino 3,5 m s hitrostjo 18 m/s pravokotno na silnice, kot kaže slika! Pri tem se inducira napetost 2,8 V.

- V sliko označi, kateri konec vodnika je + in kateri - !
- Izračunaj magnetno poljsko gostoto polja, v katerem se vodnik giblje! ($B = 0,044$ T)



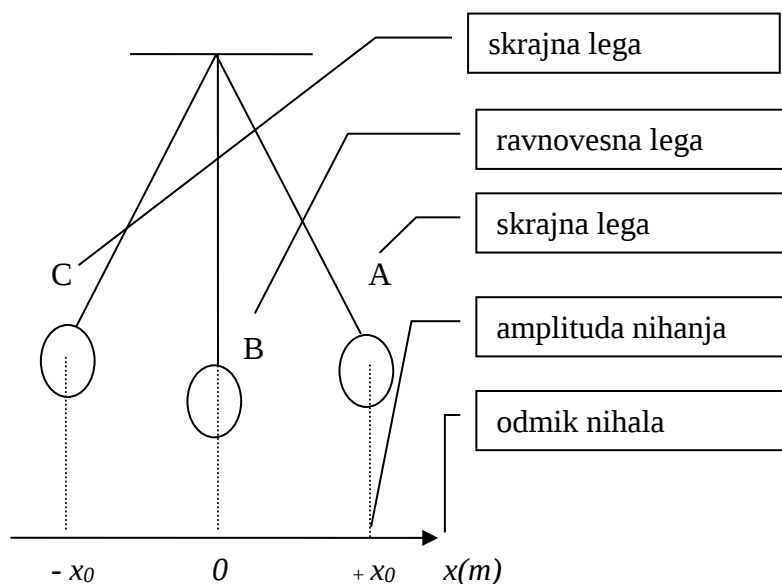
12. V magnetnem polju z gostoto 4,8 T se giblje vodnik z dolžino 56 cm pravokotno na silnice, kot kaže slika! Pri tem se inducira napetost 38 mV.

- V sliko označi, kateri konec vodnika je + in kateri - !
- Izračunaj hitrost s katero se giblje vodnik! ($v = 0,014$ m/s)



NIHANJE

1. OSNOVNI POJMI IN KOLIČINE ZA OPIS NIHANJA

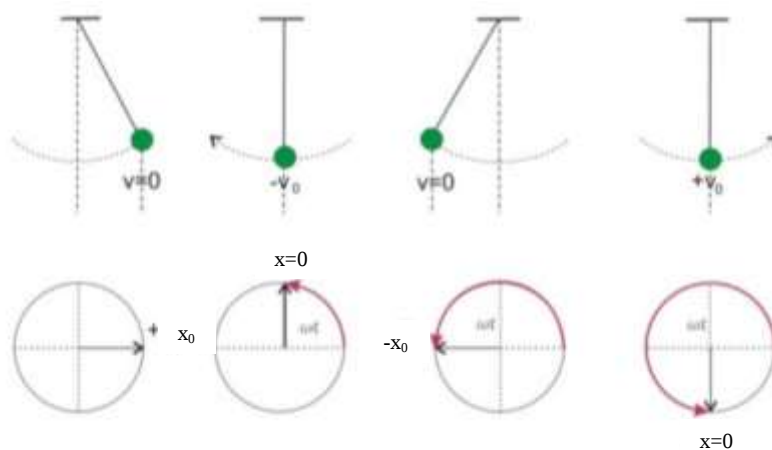


- **Nihanje** je vsak ponavljajoč ali periodičen pojav.
- **Nihalo** je telo, ki niha.
- **Ravnovesna lega** je položaj, v katerem nihalo obmiruje.
- **Skrajna lega** je položaj v katerem je nihalo najbolj oddaljeno od ravnovesne lege.
- **Odmik** (x) je trenutna razdalja nihala od ravnovesne lege.
- **Amplituda** (x_0) je največja razdalja nihala od ravnovesne lege. (Tudi razdalja med ravnovesno in skrajno lego.)
- **Nihaj** je pot nihala med skrajnima legama preko ravnovesne lege, ki se začne in konča v isti točki. (Na spodnji skici je en nihaj pot nihala A-B-C-B-A)
- **Nihajni čas** (t_0) je čas, v katerem nihalo naredi en nihaj.

$$t_0 = \frac{t_N}{N} = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega}$$

- **Frekvenca** (ν) je število nihajev v enoti časa.

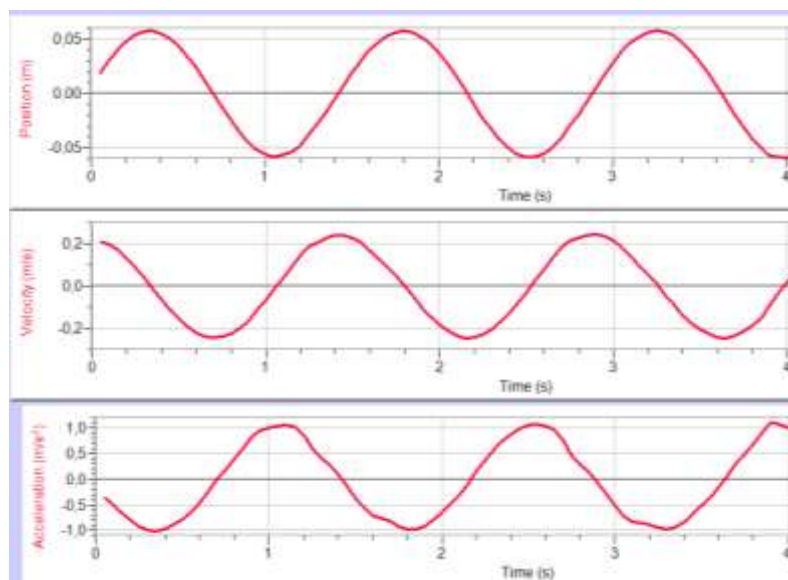
$$\nu = \frac{N}{t_N} = \frac{1}{t_0} = \frac{\omega}{2\pi} \quad [\nu] = \text{Hz (Hertz)}$$



NIHANJE

- **Krožna frekvenca** (ω) je enaka kotni hitrosti kroženja, katerega projekcija je dano nihanje. $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{t_0}$ $[\omega] = s^{-1}$
- **Ostale količine** (hitrost, pospešek, sila, energija) bomo obravnavali posebej v naslednjih točkah.

2. GRAFI IN ENAČBE PRI NIHANJU



$$x = x_0 \cdot \sin(\omega t)$$

$$v = v_0 \cdot \cos(\omega t)$$

$$v = \omega x_0 \cdot \cos(\omega t)$$

$$a = -a_0 \cdot \sin(\omega t)$$

$$a = -\omega v_0 \cdot \sin(\omega t)$$

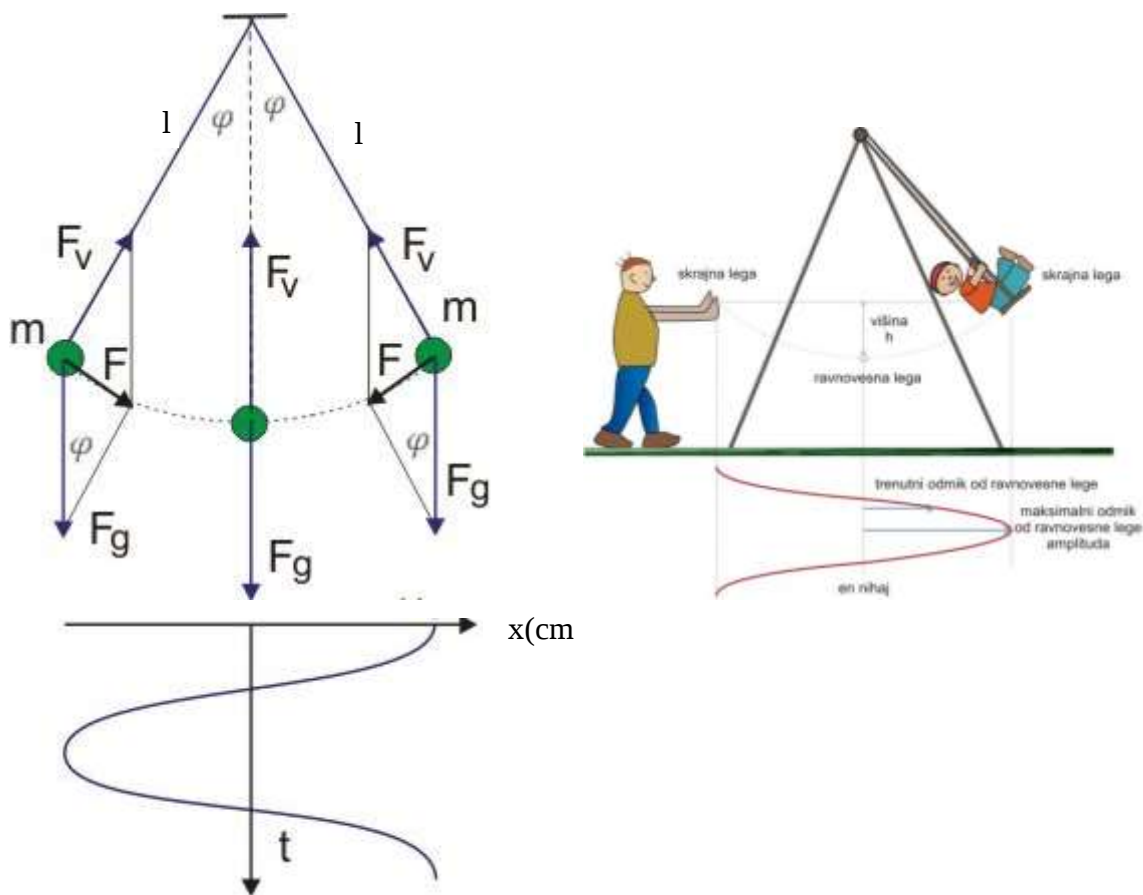
$$a = -\omega^2 x_0 \cdot \sin(\omega t)$$

Enačba harmoničnega (sinusnega) nihanja: $\mathbf{a} = -\omega^2 \cdot \mathbf{x}$

Kaj lahko odčitamo iz grafov $x(t)$, $v(t)$ in $a(t)$?

1. SILE PRI NIHANJU MEHANSKIH NIHAL

a) Nitno nihalo:



NALOGA: Izdelajte s pomočjo traku, ki ga dobimo z brnačem graf $s=s(t)$ in $v=v(t)$.



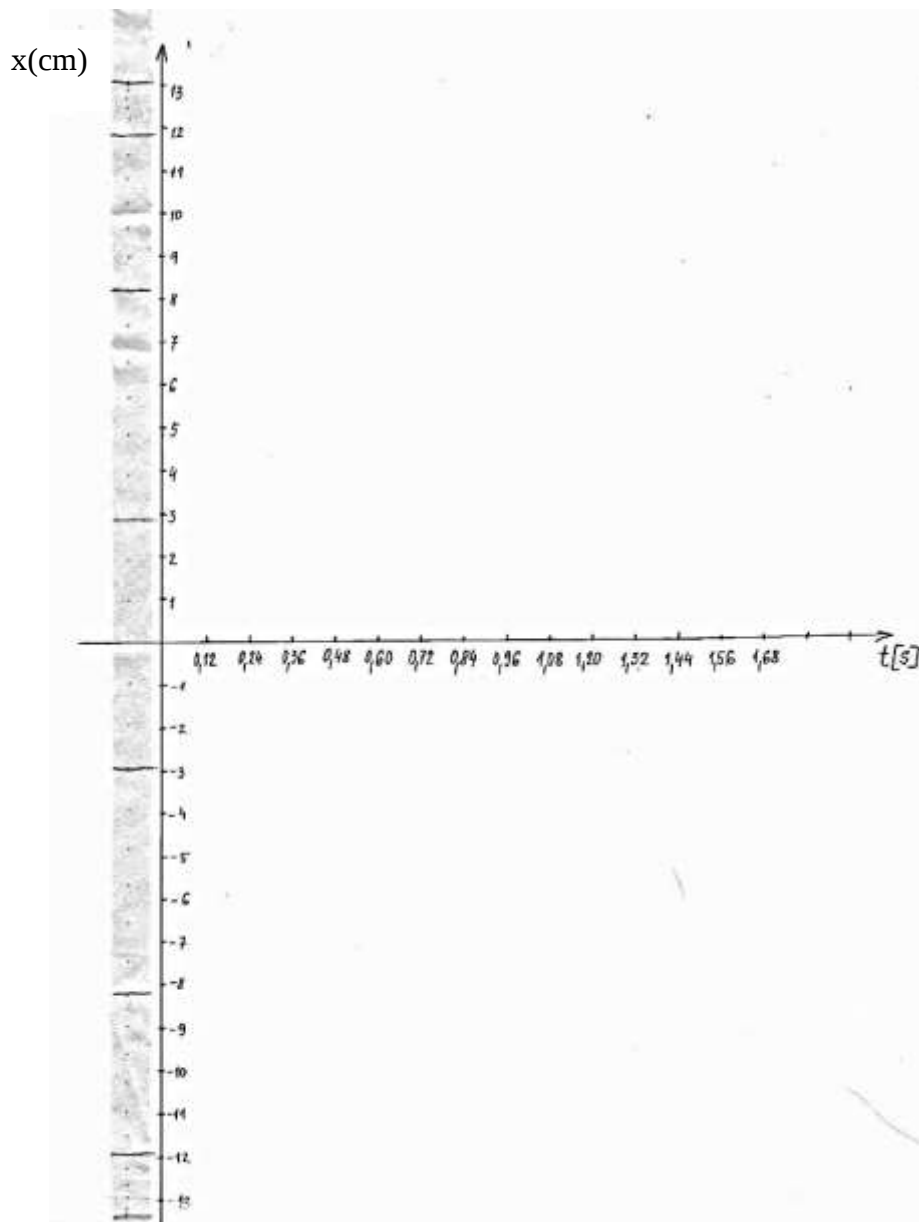
POTEK MERITVE:

NIHANJE

Izmerimo dolžino nihala in jo vpišemo na izbrano mesto. V brnač vložimo papirnat trak in ga prilepimo na kroglico. Če kroglico odmaknemo iz ravnovesne lege in spustimo, vleče kroglica trak skozi brnač, ki v presledkih po 0,02s piše na trak pike.

Graf $x(t)$:

V narisani graf $x(t)$ označi lege A, B in C.



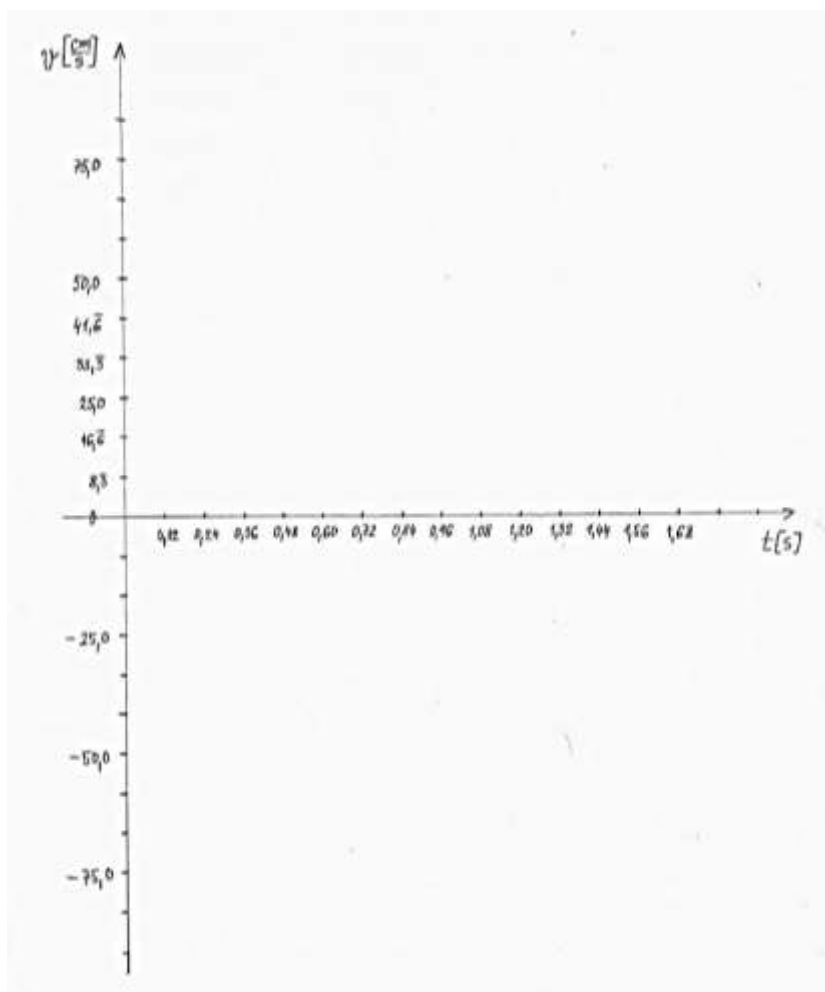
Kolikšen je iz grafa $s(t)$ nihajni čas nihala? $t_0 =$ _____

Kolikšen je nihajni čas nihala, če vemo, da je dolžina nihala $l = 69,5\text{cm}$?

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

Kolikšna je amplituda nihanja? $x_0 =$ _____

Graf $v(t)$:



Kolikšen je iz grafa $v(t)$ nihajni čas nihala?

$t_0 =$ _____

Iz grafa odčitaj največjo hitrost.

$v_0 =$ _____

Z odčitanimi podatki izračunaj pospešek tega nihanja?

$a_0 =$ _____

Graf $a(t)$:

NIHANJE

NALOGA: Ugotovite odvisnost nihajnega časa nitnega nihala od dolžine in izračunaj gravitacijski pospešek v Ljubljani.

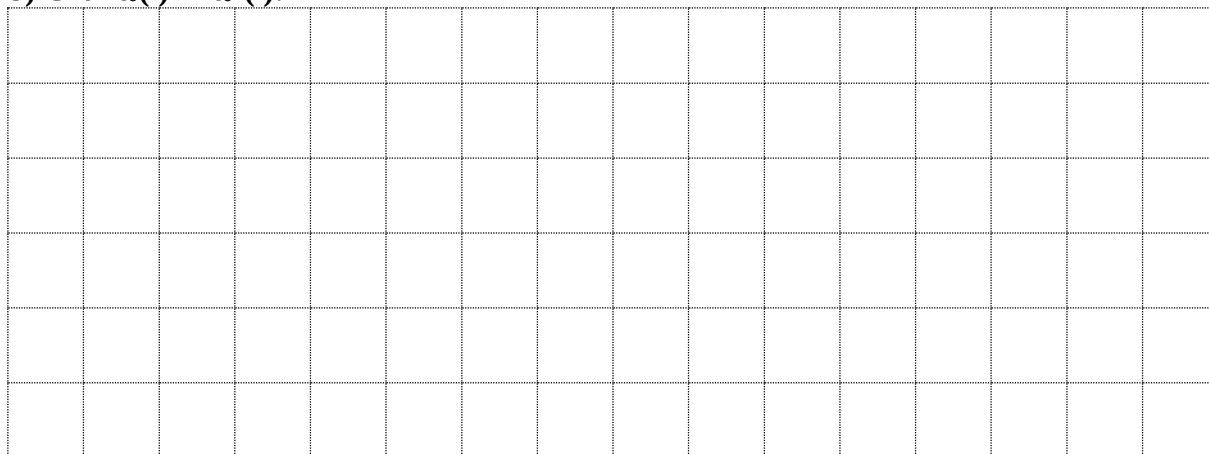


a) Tabela:

N	$t_N(s)$	$s_0(cm)$	$m(g)$	$l(m)$	$t_0(s)$	$t_0^2(s^2)$	$g(m/s^2)$
10		10	25	0,25			
10		10	25	0,50			
10		10	25	0,75			
10		10	25	1,00			

ODGOVOR: _____

b) Graf $t_0(l)$ in $t_0^2(l)$:



NALOGA: Ugotovite odvisnost nihajnega časa nitnega nihala od mase.

Tabela:

N	$t_N(s)$	$s_0(cm)$	$m(g)$	$l(m)$	$t_0(s)$
10		10	25		
10		10	50		
10		10	75		
10		10	100		

ODGOVOR: _____

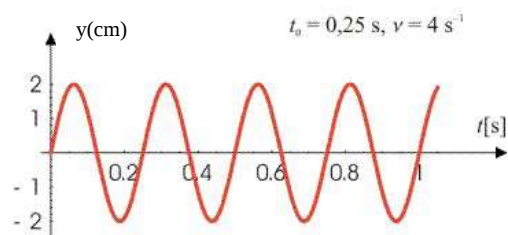
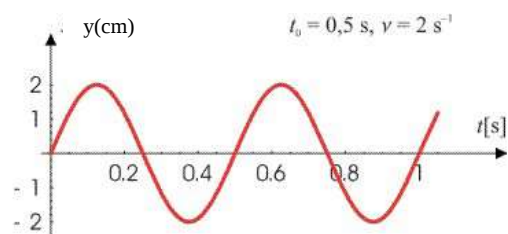
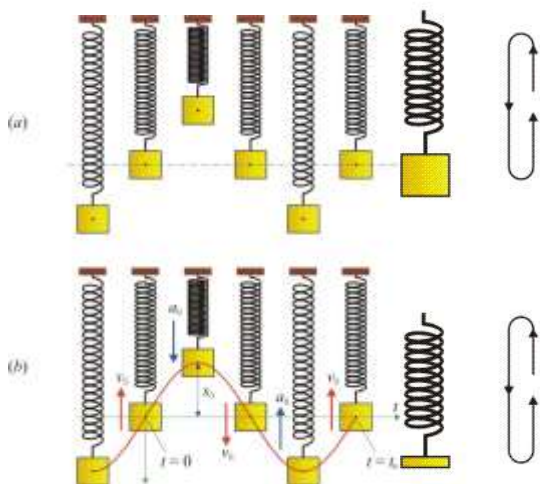
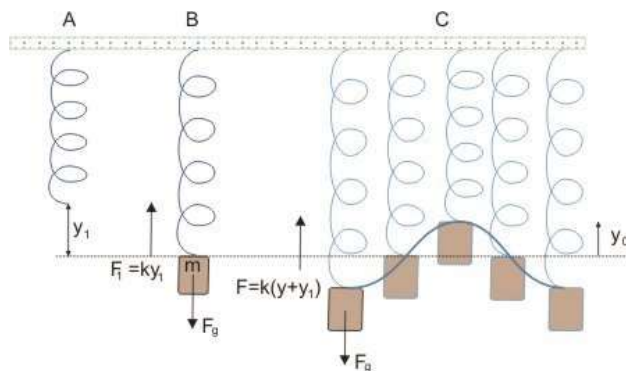
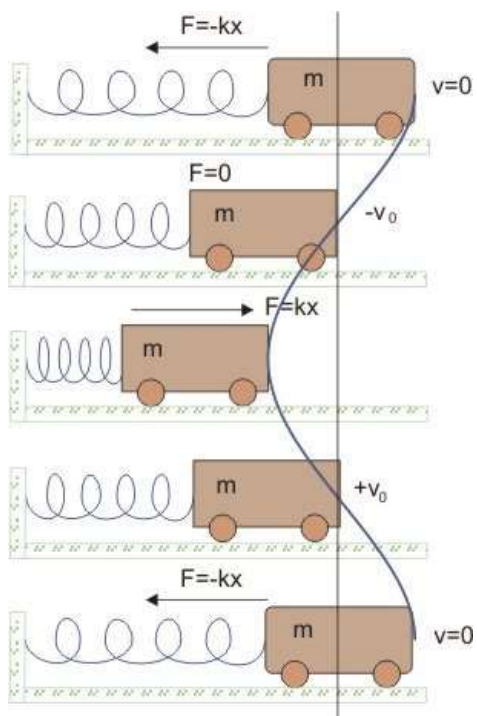
NALOGA: Ugotovite odvisnost nihajnega časa nitnega nihala od amplitude.

Tabela:

N	$t_N(s)$	$s_0(cm)$	$m(g)$	$l(m)$	$t_0(s)$
10		5	25		
10		10	25		
10		15	25		
10		20	25		

ODGOVOR: _____

b) Nihalo na vijačno vzmet



NIHANJE

NALOGA: Ugotovite odvisnost nihajnega časa vzmetnega nihala od koeficienta vzmeti.

Tabela:

m(kg)	$F_g(N)$	OBLIKA	k(N/m)	N	$t_N(s)$	$t_0(s)$	k(N/m)
0,100	1,00	trda, kratka	16,81	10			
0,100	1,00	srednja, debela	12,16	10			
0,100	1,00	mehka, debela	3,14	10			

ODGOVOR: _____

Graf $t_0(k)$:

NALOGA: Ugotovite odvisnost nihajnega časa vzmetnega nihala od mase uteži.

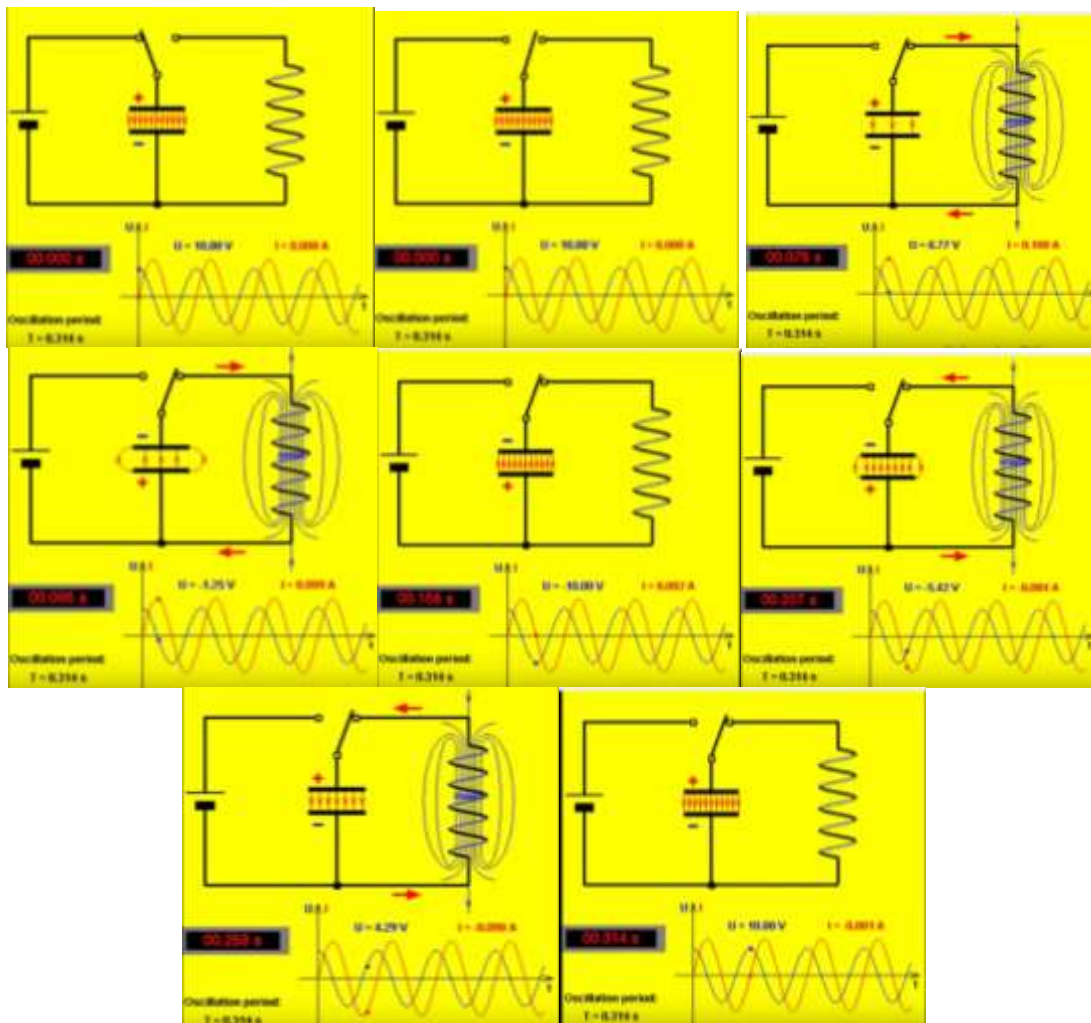
Tabela:

m(kg)	$F_g(N)$	OBLIKA	k(N/m)	N	$t_N(s)$	$t_0(s)$
				10		
				10		
				10		

ODGOVOR: _____

b) Graf $t_0(m)$:

c) Nihanje električnega nihajnega kroga:



Kaj so sestavni deli električnega nihajnega kroga?

Katere količine nihajo pri električnem nihajnem krogu in kako?

Kako je določena krožna frekvenca pri električnem nihajnem krogu?

Od česa sta odvisna nihajni čas in frekvenca pri električnem nihajnem krogu?

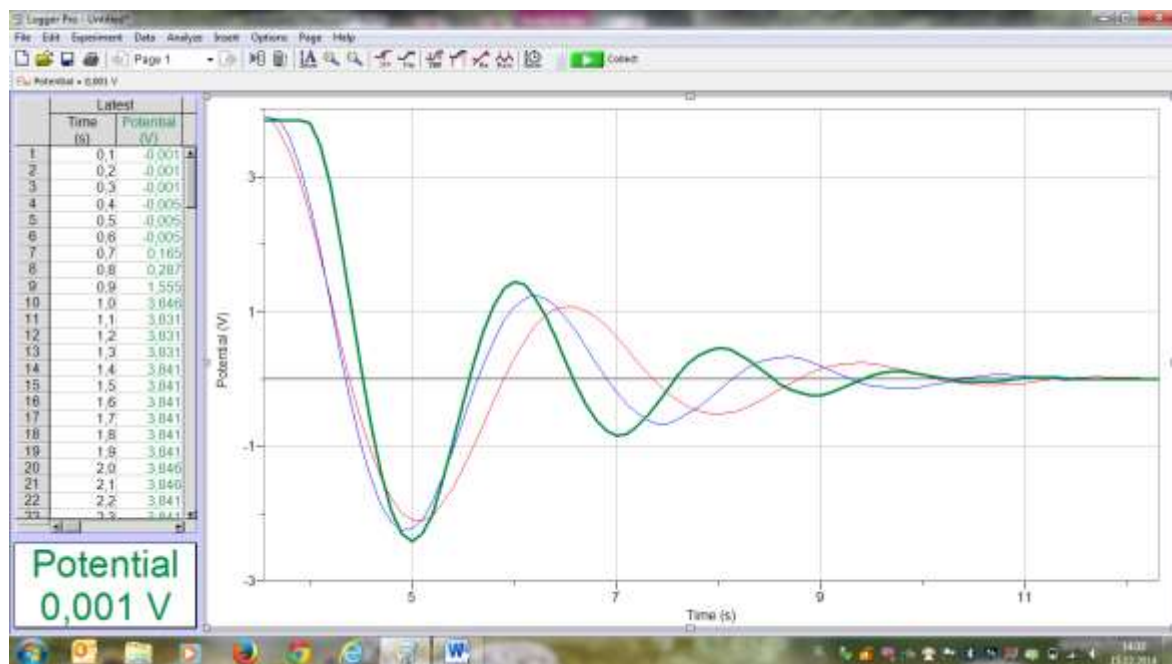
NIHANJE

NALOGA: Preverite odvisnost nihajnega časa električnega nihajnega kroga od kapacitete kondenzatorja.



Tabela:

N	$t_N(s)$	$t_0(s)$	$C(\mu F)$
2			20
2			15
2			10



ODGOVOR: _____

/2t

Graf $t_0(C)$:



NIHANJE

NALOGA: Preverite odvisnost nihajnega časa električnega nihajnega kroga od induktivnosti tuljave.



Tabela:

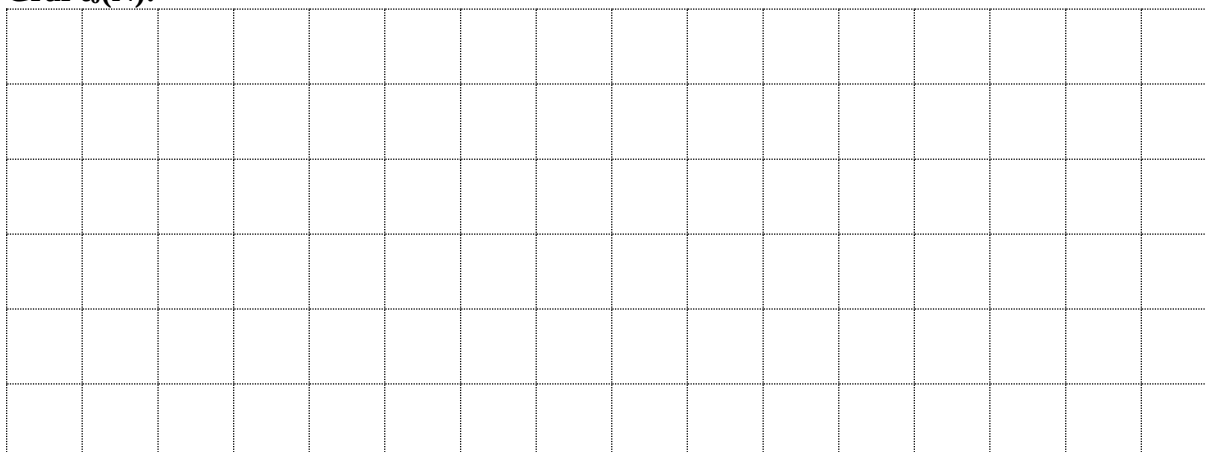
N	$t_N(s)$	$t_0(s)$	N(število ovojev tuljave)
2			37000
2			27000
2			17000



ODGOVOR: _____

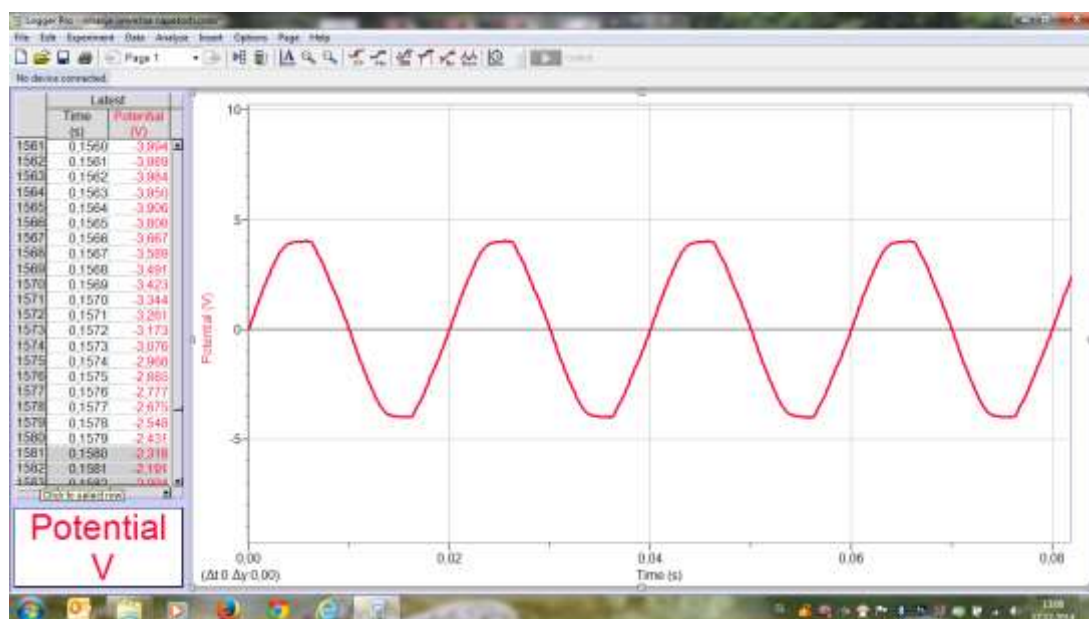
/2t

Graf $t_0(N)$:



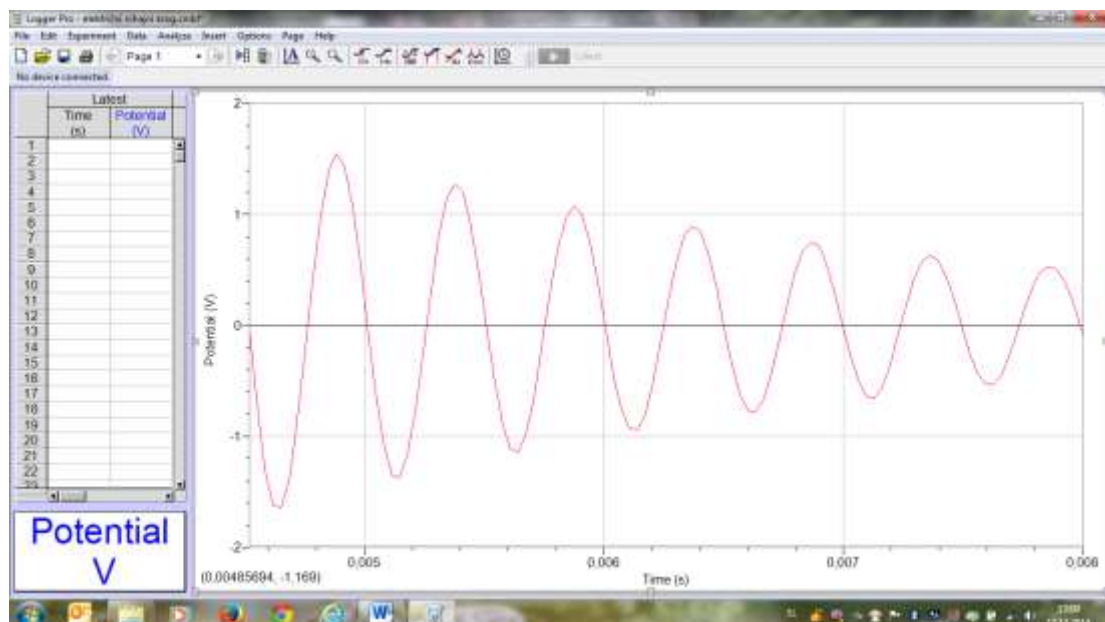
NIHANJE

NALOGA: S pomočjo grafa na računalniku ugotovite frekvenco omrežne napetosti.



$N =$ $t_N =$ $t_0 =$ $v =$

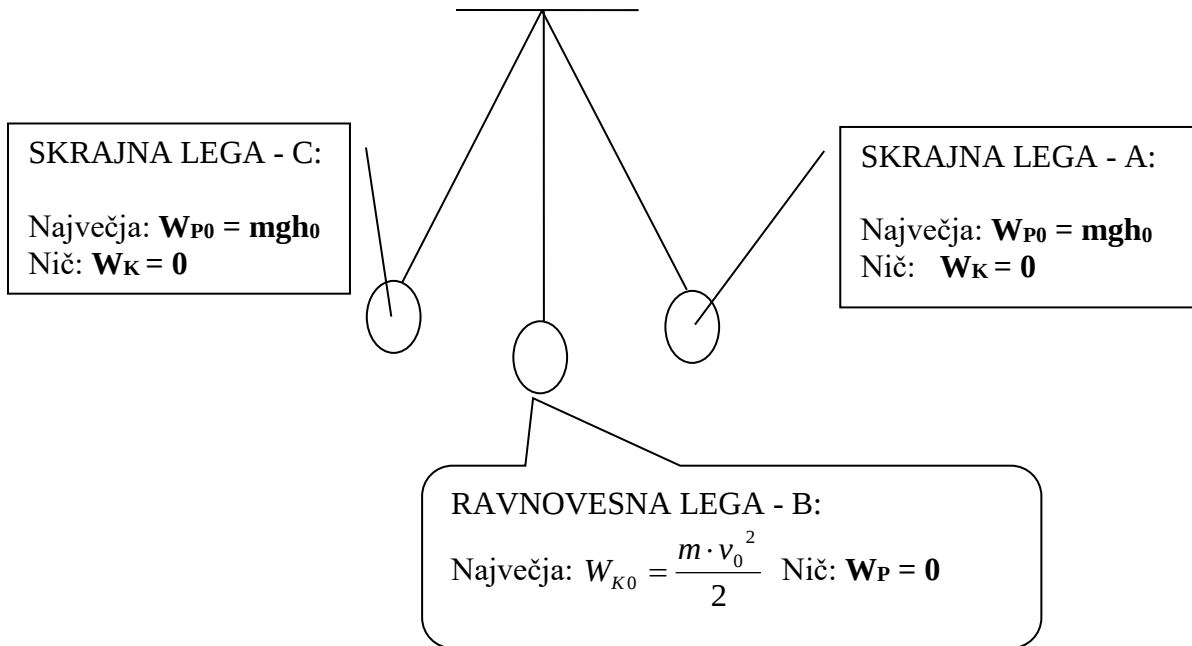
NALOGA: S pomočjo grafa na računalniku ugotovite frekvenco električnega nihajnega kroga, ki niha lastno.



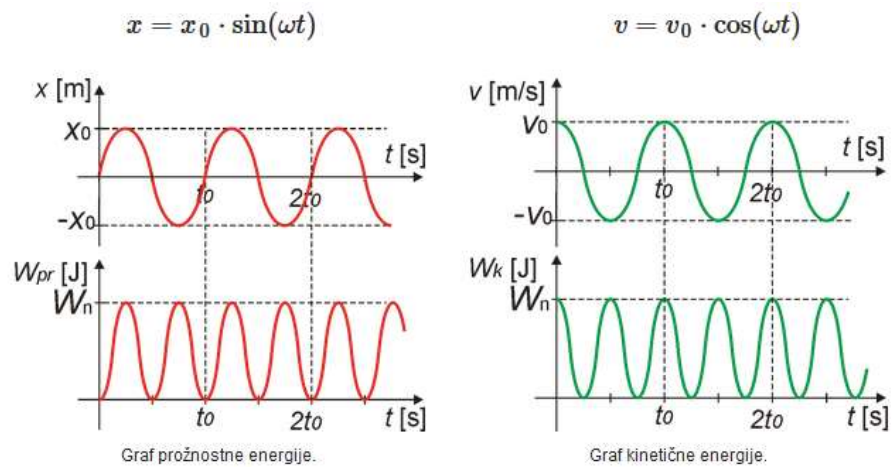
$N =$ $t_N =$ $t_0 =$ $v =$

5. ENERGIJA NIHANJA

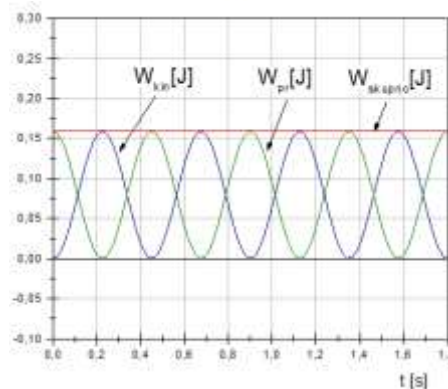
a) Nitno nihalo: $W_{NIH} = W_K + W_P = W_{K0} = W_{P0}$



b) Nihalo na vijačno vzmet: $W_{NIH} = W_K + W_{PR} = W_{K0} = W_{PR0}$

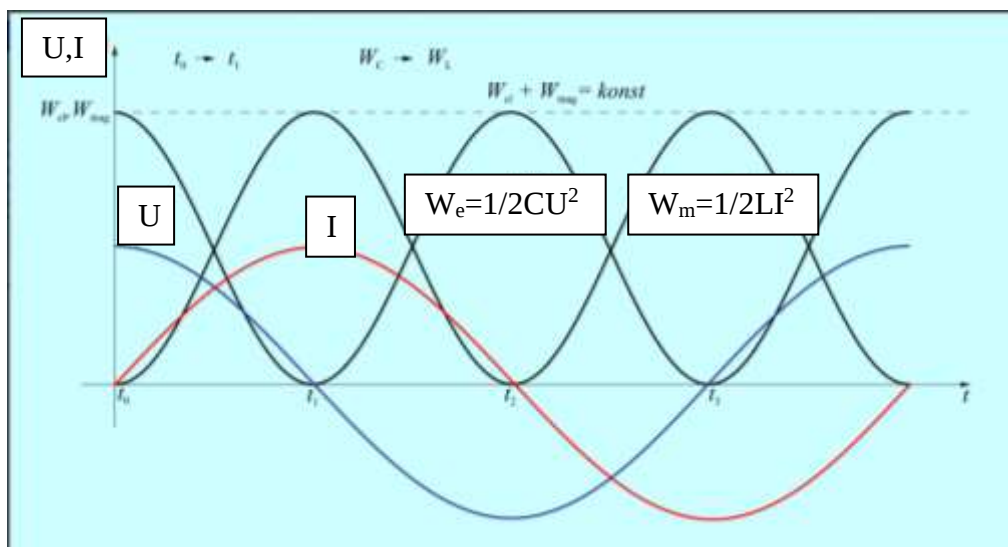


$$W_{pr} = W_n \cdot \sin^2(\omega t), \quad W_n = \frac{m \cdot v_0^2}{2} = \frac{k \cdot x_0^2}{2}, \quad W_k = W_n \cdot \cos^2(\omega t)$$



NIHANJE

c) Električni nihajni krog: $W_{NIH} = W_m + W_e = W_{m0} = W_{e0}$



6. DUŠENO NIHANJE

Mehanska nihala

Vzroki:

- trenje
- upor snovi

Posledice:

- zmanjšanje: $s_0, v_0, a_0, F_0, W_{NIH}, W_{K0}, W_{P0}, W_{PR0}, v$
- povečanje: t_0

Električni nihajni krog

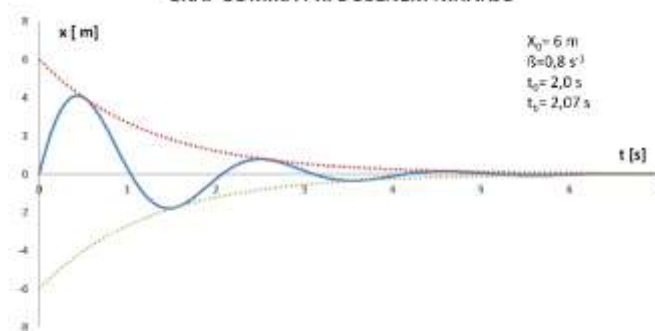
Vzroki:

- ohmski upor
- elektromagnetno valovanje

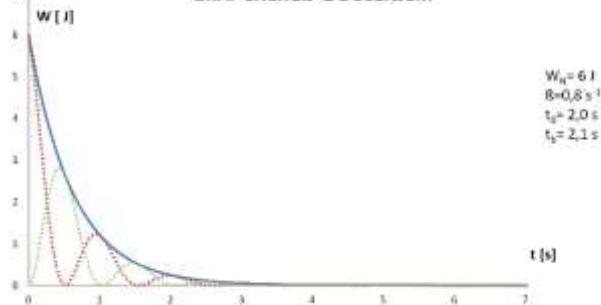
Posledice:

- zmanjšanje: $U_0, I_0, e_0, W_{NIH}, W_{E0}, W_{M0}, v$
- povečanje: t_0

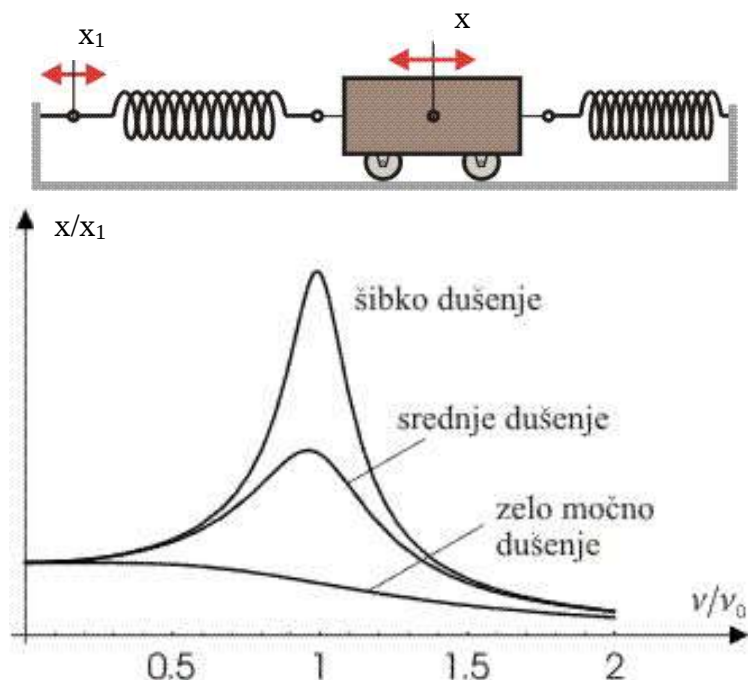
GRAF ODMIKA PRI DUŠENEM NIHANJU



GRAF ENERGIJ Z DUŠENJEM



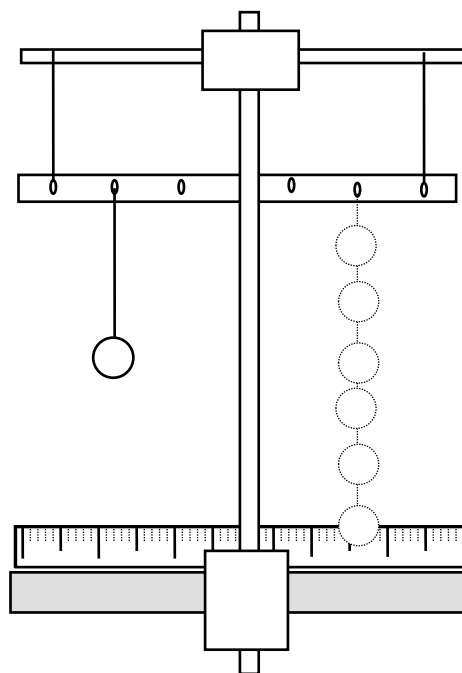
7. LASTNO IN VSILJENO NIHANJE. RESONANČNA KRIVULJA. RESONANCA.



Viseči most Tacoma Narrows, ki se je zaradi resonance z vetrom zrušil 7. novembra 1940 (odprt je bil 1. julija 1940).

NIHANJE

NALOGA: Analizirajte resonančno krivuljo pri nitnem nihalu.



POTEK MERITVE:

Na resonančno palico pritrdimo dve nitni nihali. Prvo nihalo je stalne dolžine l_0 . Temu nihalu vsiljujemo nihanje s pomočjo drugega nihala, ki mu spreminjamo dolžino. Dolžino drugega nihala spreminjamo po 2-4 cm, tako da je njegova dolžina najprej večja in potem manjša od dolžine prvega nihala.

Pri vsaki od izbranih dolžin drugega nihala izmerimo največjo amplitudo, ki jo zaradi vsiljenega nihanja ima prvo nihalo.

a) Dolžina prvega nihala : $l_0 =$ _____

b) Lastna frekvenca prvega nihala : $\nu_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} =$ _____

c) Tabela:

N	x_0 [cm] prvo nihalo	l [m] drugo nihalo	$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} =$ [s ⁻¹] drugo nihalo
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			

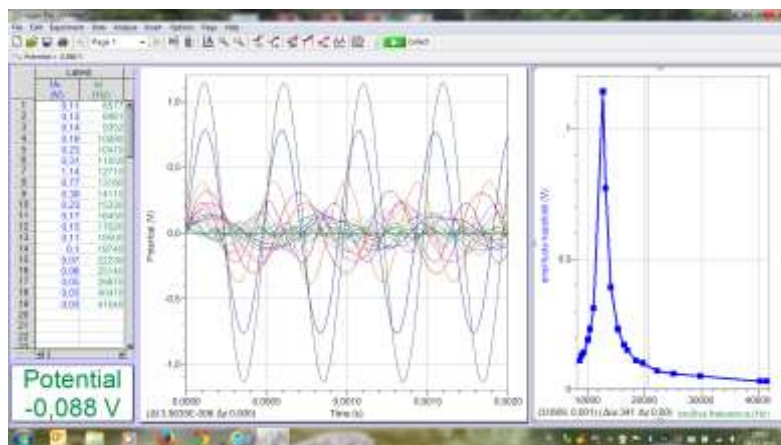
d) Graf $x_0(v)$:



e) Vprašanje in odgovor:

Pri kateri vsiljeni frekvenci nastopi resonanca? _____

NALOGA: Analizirajte resonančno krivuljo pri električnem nihajnem krogu.



N	U_0 (V)	t_0 (s)	ν (Hz)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			

d) Graf $U_0(\nu)$:



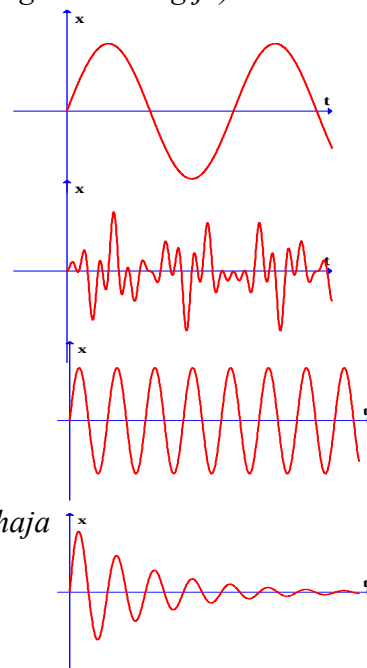
Resonančna frekvenca je: $\nu =$ _____

Ali se resonančna frekvenca ujema z lastno frekvenco nihajnega kroga? _____

8. KAKO DELIMO NIHANJA?

- Delitev nihanja (glede prisotnosti mase)
 - **mehansko nihanje** (niha neko telo-nihalo, in ga opisujejo mehanske količine- položaj, hitrost, pospešek, sila...)
 - **električno nihanje** (nihajo električne količine- električni tok, napetost, električna poljska jakost, magnetna poljska gostota, električna in magnetna energija)

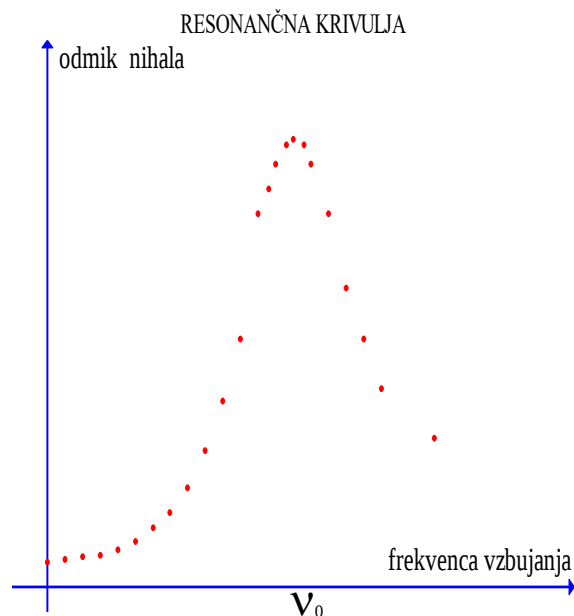
- Delitev nihanja (glede časovnega poteka)
 - **harmonično** (časovni potek je harmonična funkcija)



- **neharmonično** (časovni potek ni harmonična funkcija)
- Delitev nihanja (glede energijskih izgub-dušenja)
 - **nedušeno**: Ni prisotnih energijskih izgub (dušenja) - $\Delta W=0$. Vsako nihanje pa je zares bolj ali manj dušeno. Nedušeno nihanje je idealizacija, ki je uporabna, če so energijske izgube v času enega nihaja majhne.
 - **dušeno**: Energijske izgube (dušenje) so v času enega nihaja znatne ($\Delta W < 0$).
 Enačba za odmik: $x = x_{00} e^{-\beta t} \sin(\omega t)$
 Enačba za energijo: $W = W_0 e^{-2\beta t} \sin^2(\omega t)$

NIHANJE

- Delitev nihanja (glede trajanja nihanja)
- **lastno** (Je nihanje nihala prepuščenega samemu sebi. Vsako lastno nihanje se zaradi dušenja slej ko prej zaustavi.)
 - **vsiljeno** (Je nihanje nihala, ki mu med nihanjem s pomočjo nekega drugega nihanja-vzbujanja ves čas nadomeščamo energijo, ki jo izgublja zaradi dušenja. Vsiljeno nihanje traja toliko časa, dokler je prisotno vzbujanje. Odmik nihala je različno velik, pri različnih frekvencah vzbujanja. To prikazuje **resonančna krivulja** iz katere je razvidno, da nihalo najmočnejše niha, kadar je frekvenca vzbujanja enaka lastni frekvenci. Ta pojav imenujemo **rezonanca**.)



PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA:

VPRAŠANJA:

1. Harmonično nihanje mehanskih nihal (nitno in vzmetno nihalo)

- M Nariši in predstavi nihali.
- M Pojasni osnovne pojme pri nihanju: ravnovesna lega, skrajna lega, odmik, amplituda, en nihaj.
- M Kako sta definirana nihajni čas in frekvenca in kako ju izračunamo?
- M Kakšna je zveza med nihajnim časom in frekvenco?
- T Zapiši enačbe za odmik, hitrost in pospešek.
- T Nariši grafe za odmik, hitrost in pospešek.
- M Iz grafa $s(t)$ odčitaj nihajni čas in amplitudo. Iz grafa $v(t)$ in $a(t)$ odčitaj največjo hitrost, največji pospešek, kdaj je hitrost nič in kdaj ni pospeška.
- V Kako izračunaš največjo hitrost in največji pospešek, če poznaš amplitudo nihanja?

2. Enačba harmoničnega nihanja

- T Zapiši enačbo harmoničnega nihanja in predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
- T Predstavi odvisnost med zapisanimi količinami.
- V Nariši graf te odvisnosti.
- V Kako sta med seboj povezana: hitrost-odmik in hitrost-pospešek pri harmoničnem nihanju?

3. Nihajni čas, frekvenca in krožna frekvenca nitnega nihala

- T Kako je krožna frekvenca povezana z nihajnim časom in frekvenco?
- T Zapiši enačbe za nihajni čas, frekvenco in krožno frekvenco. Pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- V Obrazloži odvisnost nihajnega časa, frekvence in krožne frekvence od teh količin.

4. Predstavi nihajni čas, frekvenco in krožno frekvenco vzmetnega nihala.

- **T** Kako je krožna frekvenca povezana z nihajnim časom in frekvenco?
- **T** Zapiši enačbe za nihajni čas, frekvenco in krožno frekvenco. Pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **V** Obrazloži odvisnost nihajnega časa, frekvence in krožne frekvence od teh količin.

5. Energija nihanja nitnega nihala

- **M** Kako je definirana nihajna energija pri nihanju nitnega nihala?
- **T** Opiši energijske pretvorbe pri nihanju nitnega nihala.
- **T** Nariši grafe spreminjanja energij v odvisnosti od časa za nihanje nitnega nihala. **M** Iz grafov ustreznih energij odčitaj, kolikšna je največja energija, kdaj je energija največja in kdaj je nič.

6. Energija nihanja vzmetnega nihala

- **M** Kako je definirana nihajna energija pri nihanju vzmetnega nihala?
- **T** Opiši energijske pretvorbe pri nihanju vzmetnega nihala.
- **T** Nariši grafe spreminjanja energij v odvisnosti od časa za nihanje vzmetnega nihala. **M** Iz grafov ustreznih energij odčitaj, kolikšna je največja energija, kdaj je energija največja in kdaj je nič.

7. Nihanje električnega nihajnega kroga

- **M** Nariši električni nihajni krog in predstavi njegove elemente.
- **T** Katere količine nihajo med nihanjem električnega nihajnega kroga?
- **T** Zapiši enačbe in nariši grafe za naboj, napetost in električni tok.
- **V** Nariši in opiši nihanje električnega nihajnega kroga. Katero polje niha v kondenzatorju in katero v tuljavi?

8. Nihajni čas, frekvenca in krožna frekvenca električnega nihajnega kroga

- **T** Kako je krožna frekvenca povezana z nihajnim časom in frekvenco?
- **T** Zapiši enačbe za nihajni čas, frekvenco in krožno frekvenco. Pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **V** Obrazloži odvisnost nihajnega časa, frekvence in krožne frekvence od teh količin.

9. Energija nihanja električnega nihajnega kroga.

- **M** Kako je definirana nihajna energija električnega nihajnega kroga?
- **T** Opiši energijske pretvorbe pri nihanju električnega nihajnega kroga.
- **T** Nariši grafe spreminjanja energij v odvisnosti od časa za nihanje električnega nihajnega kroga.
- **M** Iz grafov ustreznih energij odčitaj, koliko je največja energija, kdaj je energija največja in kdaj je nič.

10. Nedušeno in dušeno nihanje nihal

- **T** Kdaj je nihanje nihal dušeno in kdaj nedušeno?
- **T** Nariši grafe za odmik, hitrost, pospešek, nihajno energijo in posamezno energijo, če nihalo niha nedušeno ali dušeno.
- **T** Kaj so vzroki in kaj posledice dušenega nihanja?

11. Lastno in vsiljeno nihanje nihala, resonančna krivulja in resonanca

- T Kdaj je nihanje nihala lastno in kdaj vsiljeno?
- T Nariši resonančno krivuljo in jo obrazloži.
- T Kakšen pojav je resonanca in kdaj nastopi.
- T Kakšne so lahko posledice resonance pri vsiljenem nihanju različnih nihala (delov stroja, mostov, dimnikov, ...)? Kako se lahko izognemo resonanci?
- T Kako lahko resonanco uporabimo za merjenje frekvenc?

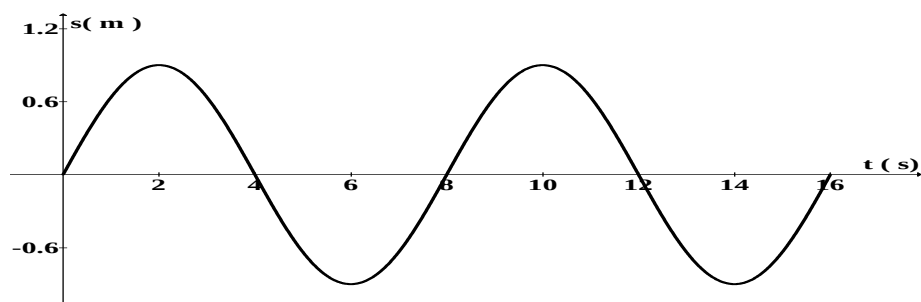
NALOGE:

A) Strukturirane naloge

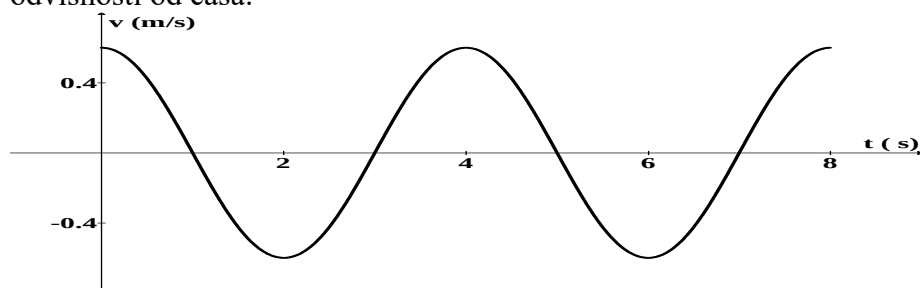
1. Utež z maso 500 g niha na vrvici sinusno z amplitudo 10 cm in s frekvenco 0,25 Hz.
 - a) Kolikšen je lastni nihajni čas nihanja?
 - b) Kolikšna je dolžina vrvice, na kateri visi utež?
 - c) Kolikšen bi bil nihajni čas, če bi na vrvico obesili utež s 4-krat večjo maso?
 - d) Kolikšen bi bil nihajni čas, če bi bila vrstica 9-krat daljša?
 - e) Kolikšen bi bil nihajni čas, če bi nihalo prestavili na Luno?
 - f) Kolikšna je krožna frekvenca nihanja?
 - g) Izračunaj največjo hitrost, največji pospešek in največjo silo tega nihanja.
 - h) Nariši grafe odmika, hitrosti, pospeška in sile v odvisnosti od časa, če nihalo začnemo opazovati v ravnovesni legi, ko se je gibalo v desno.
 - i) V katerih legah je hitrost telesa največja?
 - j) V katerih legah je pospešek telesa največji?
 - k) Kolikšna sila pospešuje telo, ko je hitrost največja?
 - l) V katerih legah je kinetična energija telesa največja?
 - m) V katerih legah je potencialna energija telesa največja?
 - n) Kolikšne so največja kinetična, največja potencialna in nihajna energija?
 - o) Nariši grafe kinetične in potencialne energije ter energije nihajna, če niha nihalo nedušeno ali dušeno.
2. Voziček niha na vzmeti s konstanto prožnosti 100 N/m. Nihajni čas je 0,40 s, amplituda pa 12 cm.
 - a) Kolikšna je frekvenca ?
 - b) Kolikšna je masa vozička ?
 - c) Kolikšen bi bil nihajni čas, če bi bila masa 4-krat manjša?
 - d) Kolikšen bi bil nihajni čas, če bi bila konstanta prožnosti 16-krat manjša?
 - e) Kolikšna je lastna krožna frekvenca nihanja?
 - f) Izračunaj največjo hitrost, največji pospešek in največjo silo tega nihanja.
REŠITEV: $v_0 = 1,9 \text{ m/s}$, $a_0 = 30 \text{ m/s}^2$, $F_0 = 12 \text{ N}$
 - g) Nariši grafe odmika, hitrosti, pospeška in sile v odvisnosti od časa, če nihalo začnemo opazovati v ravnovesni legi, ko se je gibalo v desno.
 - h) V katerih legah je odmik telesa nič?
 - i) V katerih legah je hitrost telesa nič?
 - j) V katerih legah je pospešek telesa nič?
 - k) Kolikšna sila pospešuje telo, ko je hitrost nič?
 - l) Kolikšne so največja kinetična, največja prožnostna in nihajna energija?
 - m) V katerih legah je kinetična energija nič ?
 - n) V katerih legah je prožnostna energija nič ?

NIHANJE

3. Utež z maso 200 g niha sinusno na vzmeti. Graf kaže spreminjanje odmika uteži v odvisnosti od časa:



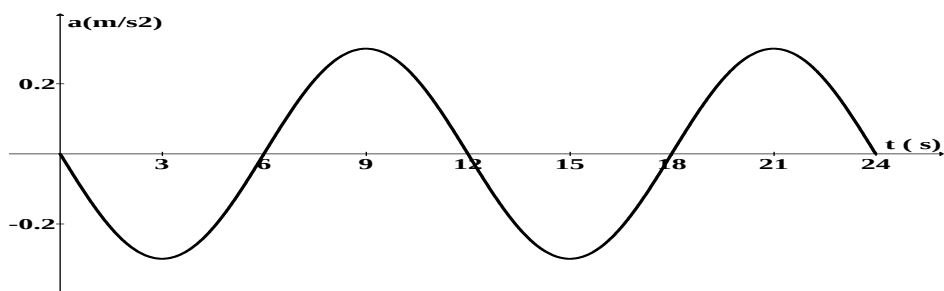
- Na grafu označi točke, ko je nihalo v ravnovesni legi !
 - Kolikšen je nihajni čas tega nihanja ?
 - Izračunaj konstanto prožnosti vzmeti s pomočjo podanih in odčitanih vrednosti.
 - Kolikšna je amplituda nihanja nihala? Odčitaj iz grafa.
 - Kolikšna je največja hitrost nihala? Izračunaj s pomočjo podanih in odčitanih vrednosti.
 - Kolikšen je največji pospešek nihala? Izračunaj s pomočjo podanih in odčitanih vrednosti.
 - V katerih legah ima utež največjo hitrost? Kolikšne so v teh trenutkih vrednosti za odmik, silo in pospešek uteži?
 - Kolikšna je nihajna energija uteži?
4. Utež z maso 600 g niha sinusno na vzmeti. Graf kaže spreminjanje hitrosti uteži v odvisnosti od časa:



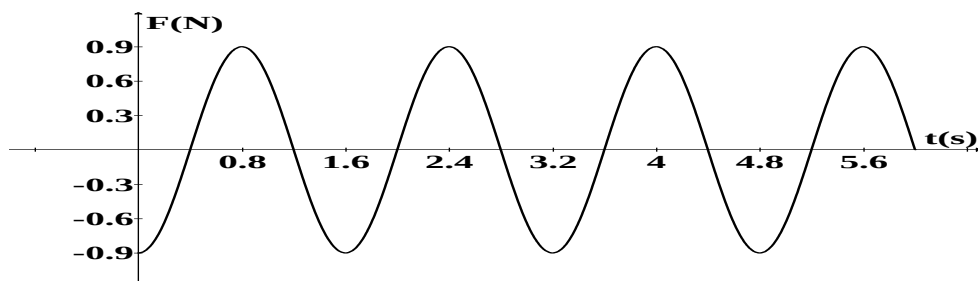
- Na grafu označi točke, ko je nihalo v ravnovesni legi !
- Kolikšen je nihajni čas tega nihanja?
- Izračunaj konstanto prožnosti vzmeti s pomočjo podanih in odčitanih vrednosti.
- Kolikšna je največja hitrost nihala? Odčitaj iz grafa.
- Kolikšna je amplituda nihanja nihala? Izračunaj s pomočjo podanih in odčitanih vrednosti.
- Kolikšen je največji pospešek nihala? Izračunaj s pomočjo podanih in odčitanih vrednosti.
- V katerih legah ima utež največji pospešek? Kolikšne so v teh trenutkih vrednosti za odmik, silo in hitrost uteži?
- Kolikšna je nihajna energija uteži?

NIHANJE

5. Utež z maso 500 g niha sinusno na vrvi z določeno dolžino. Graf kaže spreminjanje pospeška uteži med nihanjem:



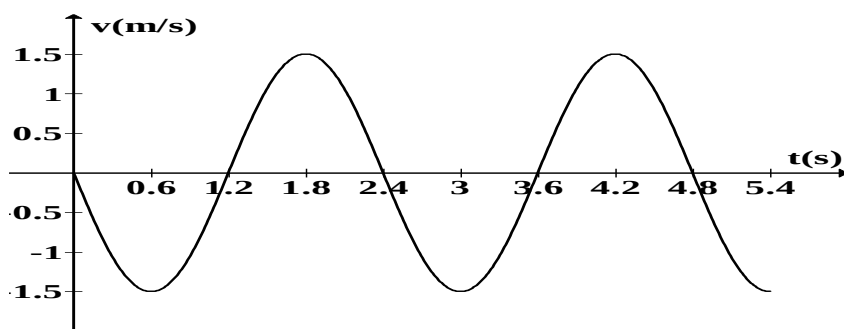
- Odčitaj iz grafa nihajni čas nihala.
 - Izračunaj dolžino vrvice na kateri niha utež s pomočjo podanih in odčitanih vrednosti.
 - Kolikšna je krožna frekvenca nihanja? Izračunaj s pomočjo podanih in odčitanih vrednosti.
 - Kolikšen je največji pospešek nihala? Odčitaj iz grafa.
 - Kolikšna je amplituda nihanja nihala? Izračunaj s pomočjo podanih in odčitanih vrednosti.
 - Kolikšna je največja hitrost nihala? Izračunaj s pomočjo podanih in odčitanih vrednosti.
 - V katerih legah ima utež največji odmik? Kolikšne so v teh trenutkih vrednosti za pospešek, silo in hitrost uteži?
 - Kolikšna je nihajna energija uteži?
6. 1. Utež z maso 180 g niha harmonično na dolgi vrvi. Graf kaže spreminjanje sile med nihanjem.



- V grafu označi točke, ko je nihalo v ravnovesni legi!
 - Kolikšna je amplituda pospeška uteži med nihanjem?
 - Koliko je dolga vrstica?
7. Utež z maso 125 g niha harmonično na vzmeti, v vodoravni smeri, s frekvenco 1,5 Hz in z amplitudo odmika 5,8 cm.
- Kolikšna je krožna frekvenca tega nihanja?
 - Kolikšna je amplituda hitrosti tega nihanja?
 - Kolikšna je konstanta vzmeti tega nihala?
 - Kolikšna je največja prožnostna energija med tem nihanjem?

NIHANJE

8. Utež z maso niha harmonično na prožni vzmeti s konstanto $4,5 \text{ N/cm}$. Graf kaže spreminjanje hitrosti med nihanjem.



- a) V grafu označi točke, ko je nihalo v desni skrajni legi!
- b) Izračunaj frekvenco tega nihanja!
- c) Kolikšna je masa nihajoče uteži?
9. Utež z maso 230 g niha harmonično na dolgi vrvici z nihajnim časom $1,83 \text{ s}$ in z amplitudo pospeška $1,9 \text{ m/s}^2$.
- a) Kolikšna je krožna frekvenca tega nihanja?
- b) Kolikšna je amplituda odmika tega nihanja?
- c) Kolikšna je največja potencialna energija med nihanjem?
- d) Kolikšna je potencialna energija, ko je kinetična energija 15 mJ ?
- e) Do katere višine se dvigne nihalo med nihanjem?
10. Električni nihajni krog vsebuje tuljavo z induktivnostjo $5,3 \text{ mH}$ in kondenzator s kapaciteto $7,9 \text{ pF}$. Amplituda električnega toka je $0,75 \text{ A}$.
- a) Kolikšen je nihajni čas nihanja v tem nihajnem krogu?
- b) Kolikšna je amplituda napetosti?
- c) Kolikšna je energija tega nihanja?
11. V električnem nihajnem krogu, ki vsebuje tuljavo z induktivnostjo $4,2 \text{ mH}$ poteka električno nihanje s frekvenco $1,85 \text{ MHz}$ in energijo $6,5 \text{ mJ}$.
- a) Kolikšen je nihajni čas tega nihanja?
- b) Kolikšna je kapaciteta kondenzatorja?
- c) Kolikšna je amplituda električnega toka?
12. Električni nihajni krog vsebuje tuljavo z induktivnostjo $4,2 \text{ mH}$ in kondenzator s kapaciteto $2,5 \text{ pF}$.
- a) Kolikšna je frekvenca nihanja v tem nihajnem krogu?
- b) Kolikšen je največji tok skozi tuljavo, če je energija nihanja $0,85 \text{ mJ}$?

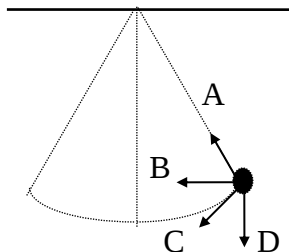
B) Izbirne naloge

1. Na vzmet s konstanto prožnosti **k** je obešena utež z maso **m**, ki niha z nihajnim časom **t₀**. Utež nadomestimo z drugo, ki ima **3-krat večjo maso**. Vzmet je ista, nihajni čas je
 A 3-krat manjši. B 3-krat večji. C $\sqrt{3}$ -krat manjši. D $\sqrt{3}$ -krat večji.
2. Na vzmet s konstanto prožnosti **k** je obešena utež z maso **m**, ki niha z nihajnim časom **t₀**. Vzmet nadomestimo z drugo, ki ima **2-krat večjo konstanto prožnosti**. Utež je ista, nihajni čas je
 A 2-krat manjši. B 2-krat večji. C $\sqrt{2}$ -krat manjši. D $\sqrt{2}$ -krat večji.
3. Na vzmet s konstanto prožnosti **k** je obešena utež z maso **m**, ki niha s frekvenco **v₀**. Utež nadomestimo z drugo, ki ima **2-krat večjo maso**. Vzmet je tudi druga z **2-krat večjo konstanto prožnosti**. Zaradi tega se frekvenca :
 A ne spremeni B 2-krat poveča C 2-krat zmanjša D $\sqrt{2}$ -krat poveča
4. Nitnemu nihalu **dolžino vrvico 4-krat zmanjšamo**. Zaradi tega se lastni nihajni čas :
 A 4-krat zmanjša B 2-krat poveča C 2-krat zmanjša D $\sqrt{2}$ -krat poveča
5. Nitno nihalo ima nihajni čas 4,0 s. Kolikšen bo nihajni čas nihala, če vrvico **4-krat podaljšamo** ?
 A 1,0 s B 2,0 s C 8,0 s D 16,0 s
6. Če prenesemo težno nihalo na Mars, kjer je **težni pospešek 2,5-krat manjši** kot na Zemlji, se nihajni čas nihala:
 A 2,5-krat zmanjša B 1,6-krat zmanjša C 1,6-krat poveča D 2,5-krat poveča
7. Nitnemu nihalu **dolžino vrvico 2-krat povečamo, maso uteži pa 2-krat zmanjšamo**. Zaradi tega se lastni nihajni čas :
 A ne spremeni B 2-krat poveča C 2-krat zmanjša D $\sqrt{2}$ -krat poveča
8. Stenska ura ima za nihalo na tanki palici obešeno pomično utež. Ura zaostaja. Kaj moramo storiti, da ne bo zaostajala?
 A Utež premaknemo navzdol. C Na palico obesimo dodatno utež.
 B Utež premaknemo navzgor. D Zamenjamo utež z lažjo utežjo.
9. Telo niha sinusno. Rezultanta sil ima vedno :
 A smer hitrosti B smer proti ravnovesni legi
 C nasprotno smer hitrosti D smer proti skrajni legi
10. Telo niha sinusno. Pospešek ima vedno :
 A smer hitrosti B smer proti ravnovesni legi
 C nasprotno smer hitrosti D smer proti skrajni legi
11. Pospešek nihala na vijačno vzmet je:
 A stalen B največji v skrajni legi C največji v ravnovesni legi D nič

NIHANJE

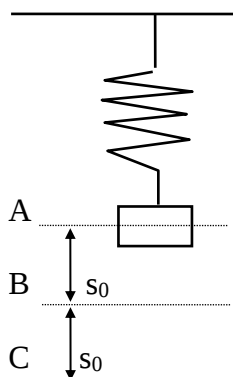
12. Utež, obešena na vrvi, niha. Kam kaže rezultanta vseh sil, ko je vrstica v skrajni legi?

- A V smeri A.
- B V smeri B.
- C V smeri C.
- D V smeri D.

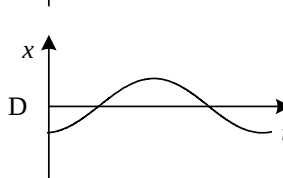
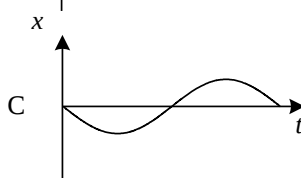
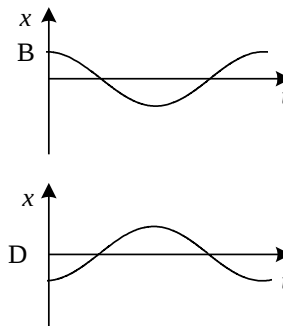
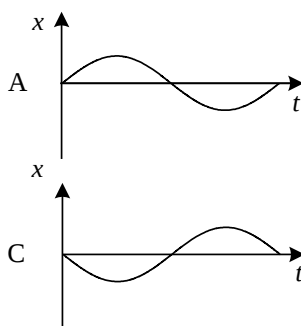
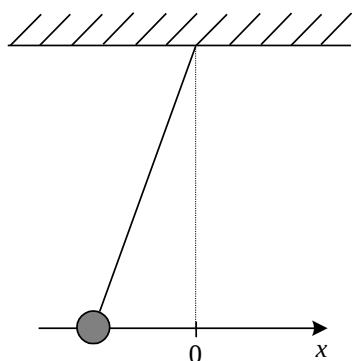


13. Utež, ki je obešena na vijačni vzmeti, niha harmonično z amplitudo s_0 . V kateri točki je kinetična energija uteži največja?

- A v točki A
- B v točki B
- C v točki C
- D v točki A in B



14. Nitno nihalo izmaknemo iz ravnovesne lege, kakor kaže skica, in spustimo. Kako se od tega trenutka s časom spreminja odmik nihala?



15. Kje ima nitno nihalo največjo kinetično energijo ?

- A v desni skrajni legi B v levi skrajni legi C v najvišji legi D v ravnovesni legi

16. Voziček na vzmeti sinusno niha v vodoravni ravnini. Največja prožnostna energija je 60 J. Ko je odmik nihala polovica amplitude, je kinetična energija vozička :

- A 0 J B 15 J C 30 J D 45 J

17. V električnem nihajnem krogu niha :

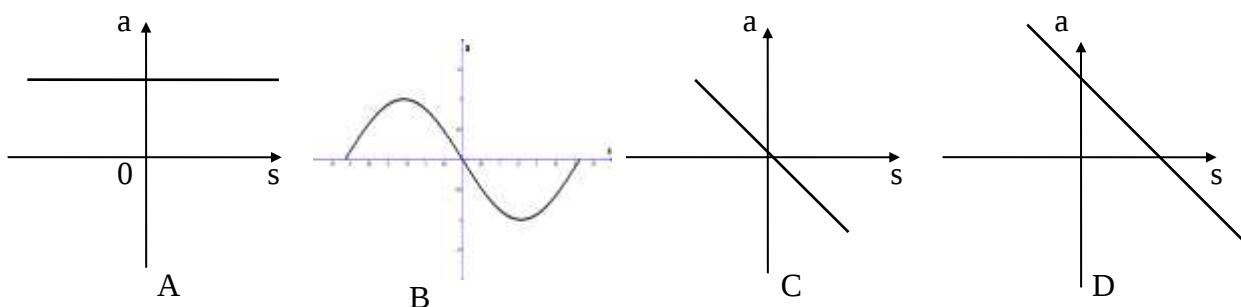
- A celotna energija nihajnega kroga C upor kondenzatorja in upor tuljave
B tuljava in kondenzator D napetost na kondenzatorju in tok skozi tuljavo

18. V električnem nihajnem krogu je tok skozi tuljavo največji. Katera količina je takrat najmanjša ?

- A energija nihanja C naboj na kondenzatorju
B gostota magnetnega polja D energija magnetnega polja

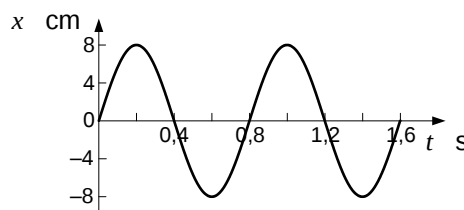
NIHANJE

19. Telo niha harmonično. Kateri graf kaže pravilno zvezo med pospeškom in odmikom ?



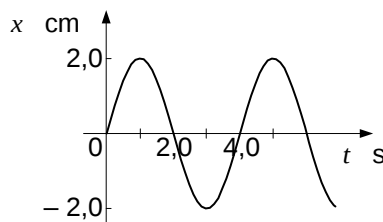
20. Graf prikazuje odmik nitnega nihala v odvisnosti od časa. Najkrajši čas, v katerem pride to nihalo iz ene skrajne lege v drugo, je

- A 0,2 s
- B 0,4 s
- C 0,8 s
- D 0,9 s



21. Slika kaže časovni potek odmika nihala od ravnovesne lege. Največja hitrost nihala je v_0 , največji pospešek pa je a_0 . Kolikšni sta velikosti hitrosti in pospeška nihala ob času $t = 2\text{ s}$?

- A $v = v_0$ in $a = a_0$
- B $v = 0$ in $a = a_0$
- C $v = 0$ in $a = 0$
- D $v = v_0$ in $a = 0$



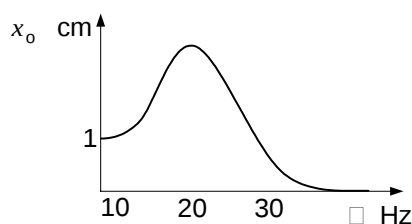
22. Graf kaže časovno odvisnost kinetične energije pri nihanju nitnega nihala. Kolikšen je nihajni čas tega nihala?

- A 1,5 s
- B 3,0 s
- C 4,5 s
- D 6,0 s



23. Katera frekvenca na grafu resonančne krivulje ustreza lastni frekvenci nihala?

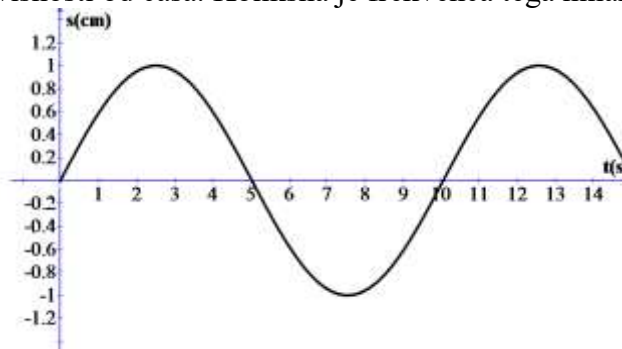
- A 10 Hz
- B 20 Hz
- C 30 Hz
- D 10 cm



NIHANJE

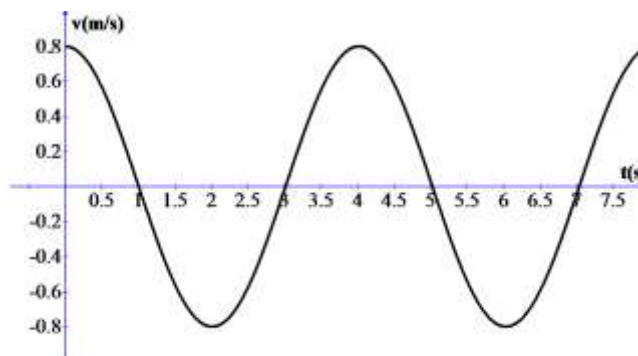
24. Graf kaže odmik nihala v odvisnosti od časa. Kolikšna je frekvenca tega nihanja ?

- A 0,1 Hz
- B 1,0 Hz
- C 5,0 Hz
- D 10 Hz

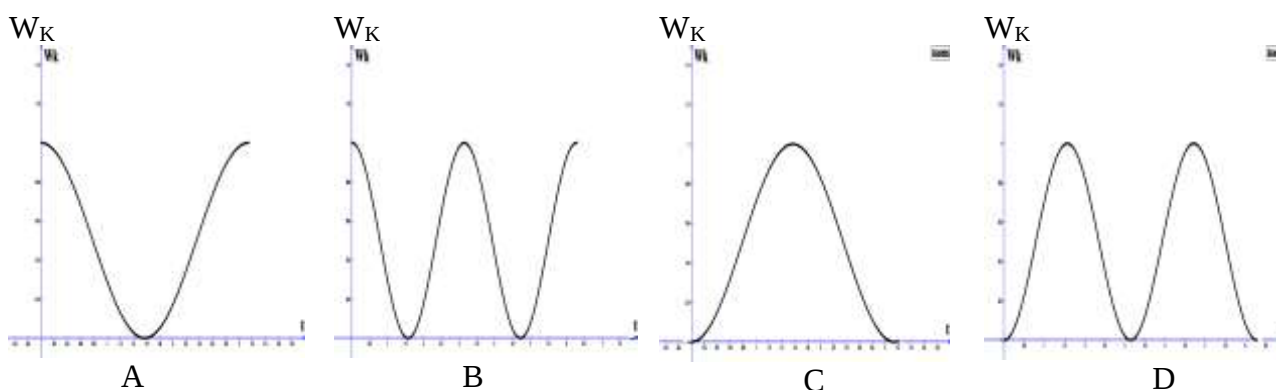


25. Slika kaže časovni potek hitrosti nihala, ki niha harmonično. Kolikšen je odmik nihala po času 2,0s, če je amplituda 20cm.

- A 0,0 cm
- B 5,0 cm
- C 10 cm
- D 20 cm

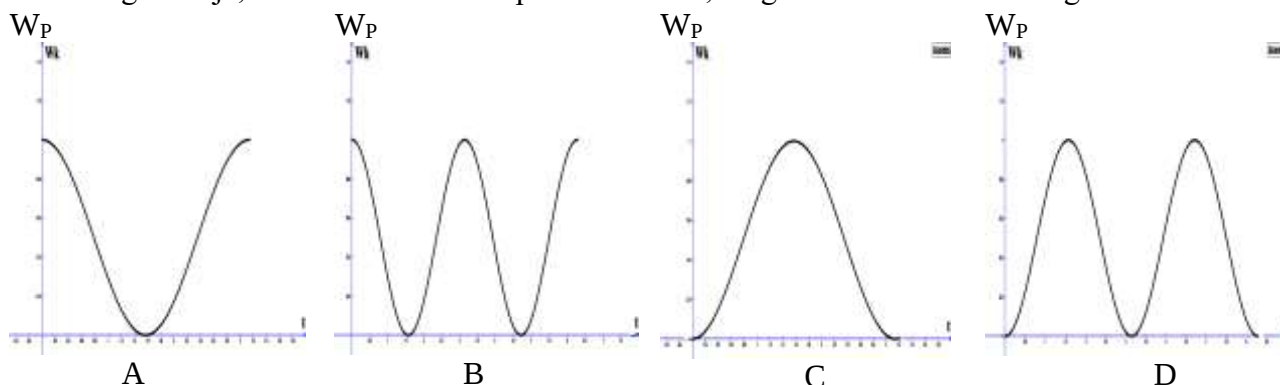


26. Kateri graf prikazuje časovno spremembo kinetične energije v času enega nihanja, če začnemo nihalo opazovati takrat, ko gre skozi ravnovesno lego ?



NIHANJE

27. Kateri graf prikazuje časovno spremembo potencialne energije nitnega nihala v času enega nihaja, če začnemo nihalo opazovati takrat, ko gre skozi ravnovesno lego?



28. Zaradi dušenja se spremenijo nekatere količine pri nihanju. Katera trditev je **nepravilna**?

- A energija nihanja se zmanjša
- B hitrost pri prehodu skozi ravnovesno lego se zmanjša
- C frekvenca se rahlo poveča
- D frekvenca se rahlo zmanjša

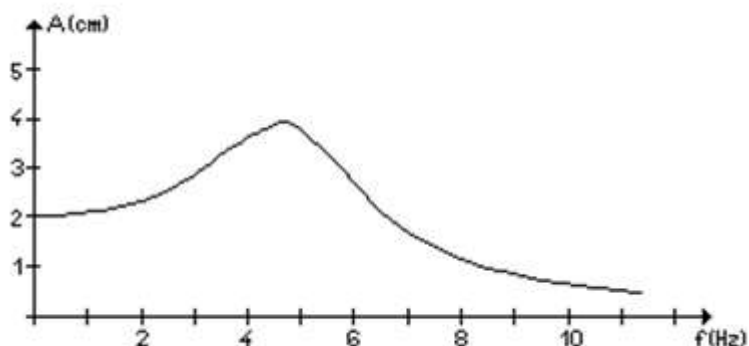
29. Pri vsiljenem nihanju vzmetnega nihala, ki ima lastno frekvenco ν_0 , se največ energije prenese na nihalo, če je frekvenca vsiljevanja:

- A manjša od ν_0
- B enaka ν_0
- C enaka $2\nu_0$
- D veliko večja od ν_0

30. V vsakdanjem življenju se včasih srečamo z resonanco. Kateri pojav je posledica resonance?

- A Če močno udarimo po mizi, nas roka zaboli.
- B Ob močni eksploziji popokajo okenska stekla.
- C Ponoči bolje slišimo šibke radijske postaje kot podnevi.
- D Steklo v oknu zazveni, če mimo okna pelje tovornjak.

31. Graf kaže odvisnost amplitude vzmetnega nihala od frekvence, s katero mu vsiljujemo nihanje. Kolikšna je amplituda, ko nihalo niha v resonanci?



- A 1 cm
- B 2 cm
- C 3 cm
- D 4 cm

REŠITVE:

A) Strukturirane naloge

1. a) $t_0 = 4,0 \text{ s}$, b) $l = 4,0 \text{ m}$, c) enak, d) 3-krat večji, e) $\sqrt{6}$ -krat večji, f) $\omega = 1,6 \text{ Hz}$,
g) $v_0 = 0,16 \text{ m/s}$, $a_0 = 0,25 \text{ m/s}^2$, $F_0 = 0,12 \text{ N}$, i) v ravnovesni legi, j) v skrajnih legah,
k) $F = 0,1 \text{ N}$ v ravnovesni legi, m) v skrajnih legah, n) $W_{K0} = W_{P0} = W_{NIH} = 6,2 \text{ mJ}$,
2. a) $v_0 = 2,5 \text{ Hz}$, b) $m = 0,41 \text{ kg}$, c) 2-krat manjši, d) 4-krat večji, e) $\omega = 16 \text{ Hz}$,
f) $v_0 = 1,9 \text{ m/s}$, $a_0 = 30 \text{ m/s}^2$, $F_0 = 12 \text{ N}$, h) v ravnovesni legi, i) v skrajnih legah,
j) v ravnovesni legi, k) $F_0 = 12 \text{ N}$, l) $W_{K0} = W_{P0} = W_{NIH} = 0,72 \text{ J}$, m) v skrajnih legah,
n) v ravnovesni legi
3. a) /, b) $t_0 = 8,0 \text{ s}$, c) $k = 0,12 \text{ N/m}$, d) $s_0 = 0,90 \text{ m}$, e) $v_0 = 0,71 \text{ m/s}$, f) $a_0 = 0,56 \text{ m/s}^2$,
g) v ravnovesni legi, $s = 0$, $a = 0$, $F = 0$, h) $W_{NIH} = 49 \text{ mJ}$
4. a) /, b) $t_0 = 4,0 \text{ s}$, c) $k = 1,5 \text{ N/m}$, d) $v_0 = 0,60 \text{ m/s}$, e) $s_0 = 0,38 \text{ m}$, f) $a_0 = 0,94 \text{ m/s}^2$,
g) v skrajnih legah, $s = s_0 = 0,38 \text{ m}$, $v = 0$, $F = F_0 = 0,56 \text{ N}$, h) $W_{NIH} = 0,11 \text{ J}$
5. a) $t_0 = 12 \text{ s}$, b) $l = 36 \text{ m}$, c) $\omega = 0,52 \text{ Hz}$, d) $a_0 = 0,30 \text{ m/s}^2$, e) $s_0 = 1,1 \text{ m}$, f) $v_0 = 0,57 \text{ m/s}$,
g) v skrajnih legah, $a = a_0 = 0,30 \text{ m/s}^2$, $F = F_0 = 0,15 \text{ N}$, $v = 0$, h) $W_{NIH} = 82 \text{ MJ}$
6. b) $a = 5 \text{ m/s}^2$; c) $l = 0,65 \text{ m}$
7. a) $\omega = 9,4 \text{ s}^{-1}$; b) $v_0 = 0,54 \text{ m/s}$; c) $k = 11 \text{ N/m}$; d) $W_{P0} = 0,019 \text{ J}$
8. b) $v = 0,42 \text{ s}^{-1}$; c) $m = 65,7 \text{ kg}$
9. a) $\omega = 3,43 \text{ s}^{-1}$; b) $x_0 = 0,16 \text{ m}$; c) $W_{P0} = 0,035 \text{ J}$; d) $W_P = 0,020 \text{ J}$; e) $h_0 = 0,015 \text{ m}$
10. a) $t_0 = 1,29 \cdot 10^{-6} \text{ s}$; b) $U_0 = 1,94 \cdot 10^4 \text{ V}$; c) $W = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
11. a) $t_0 = 5,4 \cdot 10^{-7} \text{ s}$; b) $C = 1,76 \cdot 10^{-12} \text{ F}$; c) $I_0 = 1,8 \text{ A}$
12. a) $v = 1,55 \cdot 10^6 \text{ Hz}$; c) $I_0 = 0,64 \text{ A}$

B) Izbirne naloge:

1. D 2. C 3. A 4. C 5. C 6. C 7. D 8. B 9. B 10. B
11. B 12. C 13. B 14. D 15. D 16. D 17. D 18. C 19. C 20. B
21. D 22. D 23. B 24. A 25. A 26. B 27. D 28. C 29. B 30. D 31. D

VALOVANJE

UVOD

a) Kaj je valovanje?

- Valovanje je razširjanje nihanja v prostor.
- Valovanje je nihanje snovi ali fizikalne količine ($\vec{E}$, $\vec{B}$) v prostoru, v katerem potujejo značilne motnje (hribi in doline ali zgoščine in razredčine).

b) Kaj je motnja?

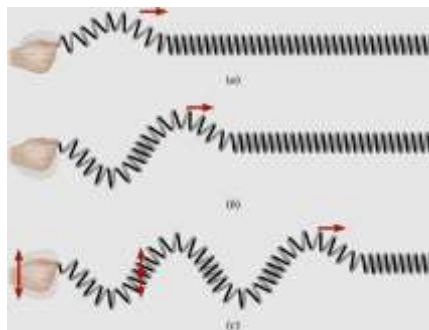
- Motnja je vsak odmik od ravnovesne lege v prostoru.

c) Oblike motenj:

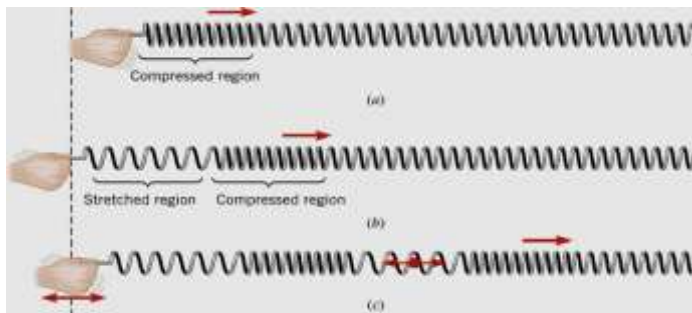
- Motnja ima lahko obliko hriba in doline ali zgoščine in razredčine. Motnjo imenujemo val, če je sestavljena iz hriba in doline ali zgoščine in razredčine.

d) Kako delimo valovanja?

- Valovanja delimo po tem, kaj niha na:
 - mehanska valovanja (niha snov), ki za svoje razširjanje potrebuje snov: valovanje na vrvi in vzmeti, na vodni gladini, cunami, zvok, potresi;
 - elektromagnetna-EMV (nihata električno in magnetno polje), ki se lahko širijo skozi snov in prav tako tudi skozi prazen prostor-vakuum: radijski valovi (dolgi, srednji, kratki, UKW, TV, mikrovalovi), svetloba (infrardeča, vidna, ultravijolična), rentgenski (zavorno sevanje ali x žarki) in gama žarki.
- Valovanja delimo po smeri nihanja na:
 - prečna ali transverzalna valovanja, pri katerih niha snov ali količina prečno na smer razširjanja valovanja:



- vzdolžna ali longitudinalna, pri katerih niha snov vzdolž razširjanja valovanja:



- Valovanje delimo po vrsti nihanja na:
 - harmonična, ki nastanejo z razširjanjem harmoničnega nihanja,
 - neharmonična, ki nastanejo z razširjanjem neharmoničnega nihanja.

VRSTE VALOVANJ

➤ Valovanje delimo po dimenziji razširjanja na:

- enodimenzionalna ali linearna, ki se širijo samo v eni smeri,
- dvodimenzionalna ali ravninska, ki se širijo v ravnini,
- tridimenzionalna ali prostorska, ki se širijo v prostoru.

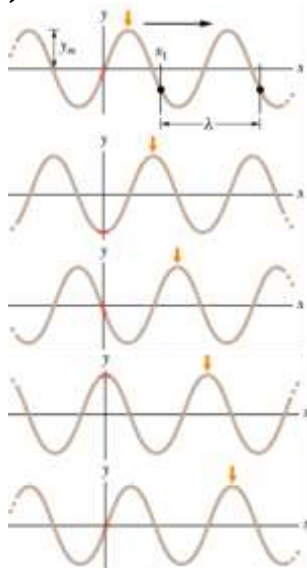
e) Količine, s katerimi popišemo valovanje:

$c = \left(\frac{m}{s}\right)$ Hitrost valovanja je hitrost potovanja motnje in valov.

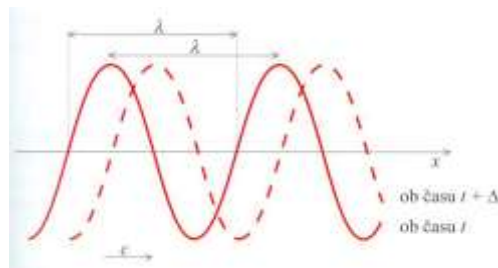
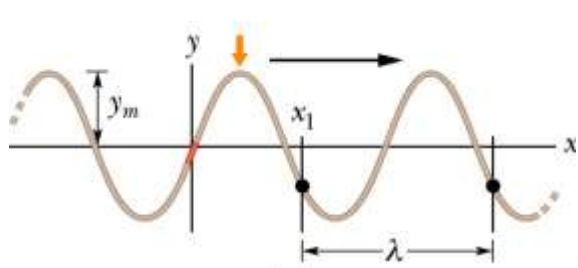
$\nu = \left(\frac{1}{s}\right) = (\text{Hz})$ Frekvenca valovanja je število nihajev izvora in sredstva ali količine v enoti časa in hkrati število oddanih valov v časovni enoti.

$\lambda = (\text{m})$ Valovna dolžina je razdalja med dvema sosednjima točka, ki nihata sočasno. Zajame hrib+ dolino ali razredčino + zgoščino.

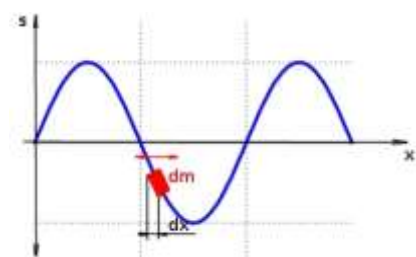
f) Valovna enačba: $c = \lambda \cdot \nu$



g) Enačba sinusnega valovanja: $y(x, t) = y_0 \cdot \sin(\omega t - kx)$



h) Energija valovanja



Gostota nihajne energije valovanja: $w = \frac{W}{V} = \left[\frac{J}{m^3}\right]$

Moč ali energijski tok: $P = \frac{W}{t} = \left[\frac{J}{s}\right] = [W]$

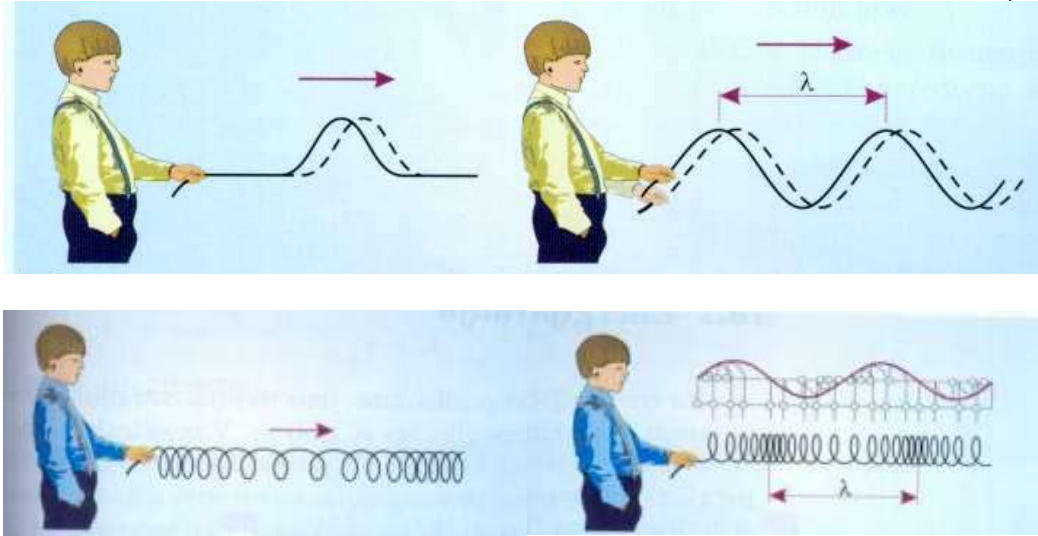
Gostota energijskega toka valovanja je

$$j = \frac{dP}{dS} = \frac{dW}{dV} c = wc = \rho \frac{(\omega s_0)^2}{2} c = \left[\frac{W}{m^2}\right].$$

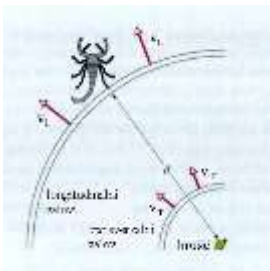
VRSTE VALOVANJ

VRSTE VALOVANJ IN HITROST VALOVANJ:

1. Valovanje na vrvi in vzmeti: Hitrost na vrvi : $c = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$



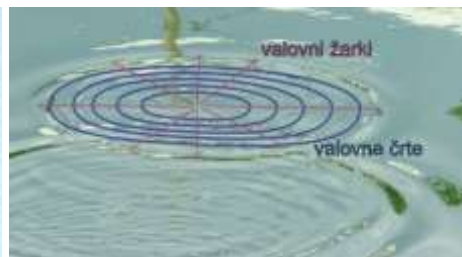
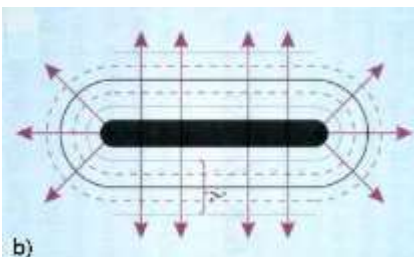
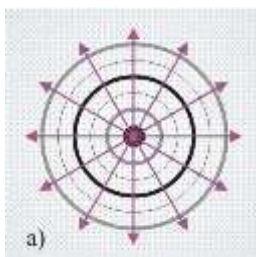
Zanimivost



Peščeni škorpioni lahko zaznavajo longitudinalne in transverzne valove v pesku in to jim omogoča, da lovijo žuželke. Ko se neka žuželka premakne na pesku, se po površini razširijo valovi, longitudinalni in transverzalni. Prvi potujejo s hitrostjo $v_L = 150 \text{ m/s}$, drugi s trikrat manjšo hitrostjo $v_T = 50 \text{ m/s}$.

2. Valovanje na vodni gladini:

Hitrost (c) odvisna od globine:

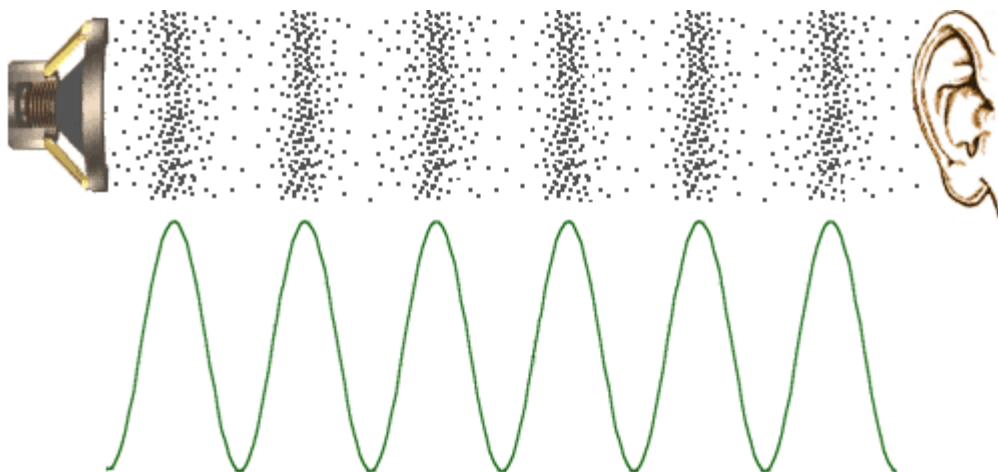


3. Zvok

Hitrost zvoka v zraku: $c = c_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}}$

a) Kakšno valovanje je zvok?

V fiziki obravnavamo zvok kot longitudinalno valovanje, to je kot valovanje, pri katerem delci snovi nihajo v isti smeri, kot se valovanje širi. V snovi nastajajo zgoščine, kjer se povečata gostota snovi in tlak in razredčine, kjer se gostota in tlak zmanjšata.



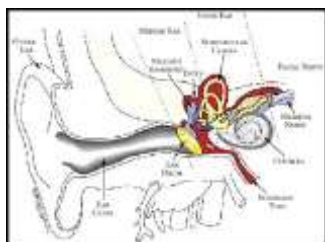
b) Kje se lahko zvok širi?

Zvok se lahko širi le po sredstvu, ki je lahko plin, kapljevina ali trdna snov. V akustiki je pomembno širjenje zvoka po zraku. Pomemben je predvsem zvok s frekvencami med 16 Hz in 16 kHz, ki ustreza človekovemu slišnemu območju. Hitrost širjenja zvoka (c) v plinu lahko izračunamo. V zraku in pri sobni temperaturi je hitrost zvoka približno 340 m/s.

c) Izvori zvoka

Zvok lahko ustvarimo na veliko načinov. Naštajmo nekaj najbolj običajnih. Z nihanjem telesa, na primer membrane na bobnu ali strune na kitari, se v neposredni okolici spreminja tlak. To motnjo zaznamo kot zvok. Za ljudi najpomembnejši proces proizvodnje zvoka je zagotovo govorjenje in petje. Ko izdihan zrak zaniha glasilke, se spremeni zračni pretok. To nihanje se prenese v žrelno, ustno in nosno votlino, kjer se zvok značilno obarva in oblikuje vokale. S pomočjo jezika, zob in ustnic nato tvorimo ustrezne konzonante. Na tak način oblikovan zvok se nato širi v okolico. Podobno delujejo nekatera glasbila, na primer klarinet, kjer funkcijo glasilk opravlja udarni jeziček in ustnice glasbenika. Pri eksploziji zaslišimo zvok zaradi hitrega raztezanja zraka. To povzroči motnjo, ki jo zaznamo kot pok. Natanko ta proces poteka v naravi med nevihto. Strela povzroči močno segrevanje zraka, kar zaznamo kot grmenje.

d) Zaznavanje zvoka

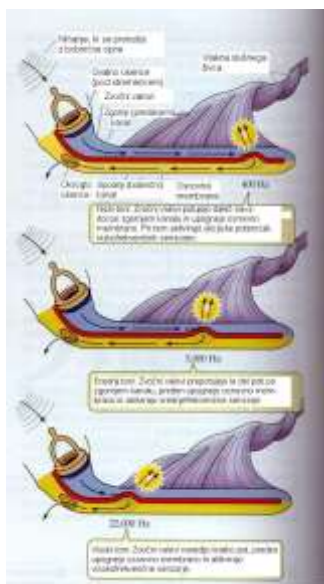


Pod vodo tudi slišimo. In to zelo dobro. Vendar kljub temu, da se zvok pod vodo odlično širi je za naša ušesa neuporaben. In zakaj je temu tako?

Človeško uho je kot vsa ostala čutila, ki jih imamo prilagojeno delu na suhem. Sicer odlično deluje tudi pod vodo le podatka o smeri zvoka nam ne daje več. Zvok pod vodo namreč potuje bistveno hitreje kot v zraku. Približno 4-krat hitreje. Človek

ima dve ušesi kateri sta med seboj nekoliko oddaljeni. Vzemimo primer, ko nekdo vrže petardo na naši levi strani. Zvočno valovanje (pok) potuje v vse smeri od točke izvora. Torej tudi proti nam. Najprej pride do našega levega ušesa čez nekaj trenutkov pa še do desnega. Ta minimalna razlika je našim možganom dovolj, da določijo smer iz katere

VRSTE VALOVANJ



prihaja zvok.

Pod vodo pa se stvari zapletejo. Zvok potuje 4-krat hitreje kot na kopnem. Zvok praktično pride do našega levega in desnega ušesa istočasno. Pravzaprav je še vedno neka majhna razlika iz katere pa naši možgani ne znajo razbrati in določiti smeri iz katere je zvok prišel. Iz tega razloga je določanje smeri pod vodo z uporabo zvoka nemogoče.

Lahko pa hitrost zvoka pod vodo izkoristiti na druge načine. Recimo podvodna komunikacija je eden od načinov. Lahko tolčemo s kovinskim predmetom po jeklenki pa se bo ta zvok prav lepo slišal in to zelo daleč.

Sesalci (delfini, kiti) so celo razvili podvodno govorico, s katero se lahko pogovarjajo več kilometrov daleč. Delfini uporabljajo zvok pod vodo kot radar. Kot smo že omenili, se zvočni valovi odbijajo. Delfini oddajajo zvok ter sprejemajo odboje in se tako orientirajo v prostoru.

Vrhunec obdelave zvoka pa je verjetno sonar. To je naprava, ki podobno kot delfini oddaja zvok ter ga nato sprejema. Glede na vrsto odboja pa se lahko določi celo tip dna oz. materiala, ki ga opazujemo.

e) Razpon zvočnih valovanj glede na frekvenco valovanja:

- infrazvok ($\nu < 20 \text{ Hz}$),
- slišni zvok ($20 \text{ Hz} < \nu < 20 \text{ kHz}$),
- ultrazvok ($\nu > 20 \text{ kHz}$),

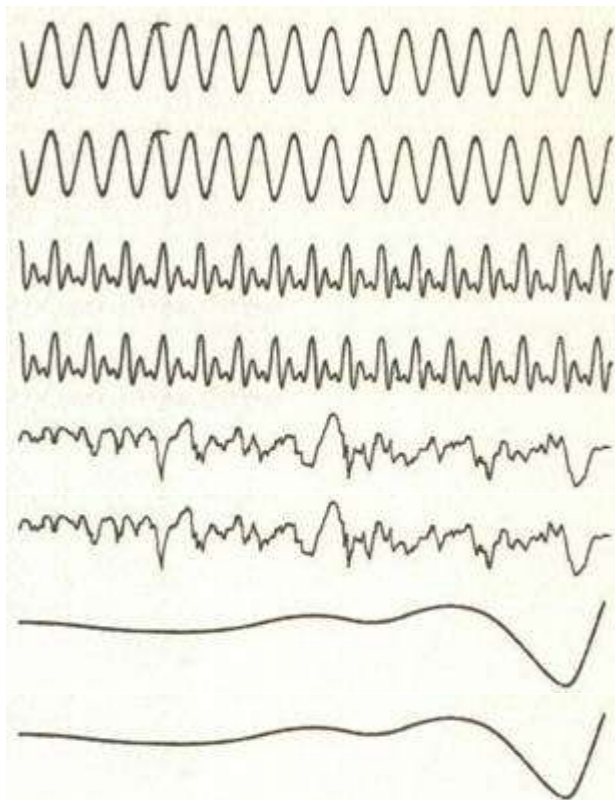
f) Delitev zvoka glede na spekter:

TON-(črtast spekter z eno sinusno sestavino)

ZVEN-(črtast spekter z več sinusnimi sestavinami)

ŠUM-(zvezen spekter z vsemi sinusnimi sestavinami na izbranem intervalu frekvence)

POK- (zvezen spekter)



g) Energija zvoka:

Gostota energijskega toka valovanja je $j = \frac{dP}{dS} = \frac{dW}{dV} c = wc = \rho \frac{(\omega s_0)^2}{2} c$.

(ω je krožna frekvenca ($\omega = 2\pi\nu$), s_0 amplituda valovanja, ρ pa gostota snovi)

Ker je občutljivost ušesa za zvok približno logaritemsko odvisna od gostote zvočnega toka, glasnost zvočnega valovanja zapišemo kot:

$$j = \frac{P}{4\pi r^2} \quad J = 10 \log \frac{j}{j_0} \quad [dB]$$

kjer je:

j – gostota energijskega toka na dani razdalji od zvočila z znano močjo (W/m^2)

j_0 – meja slišnosti ($10^{-12} W/m^2$)

$j_{\max} = 1 W/m^2$ (prag bolečine)

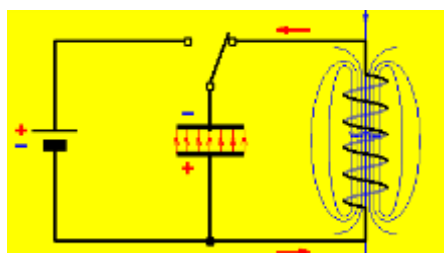
zvok	Glasnost (dB)	j (W/m^2)
letalo	120	1
kričanje	80	10^{-4}
glasen govor	60	10^{-6}
tih govor	40	10^{-8}
bitje ure	20	10^{-10}
meja slišnosti	0	10^{-12}

h) Hrup:

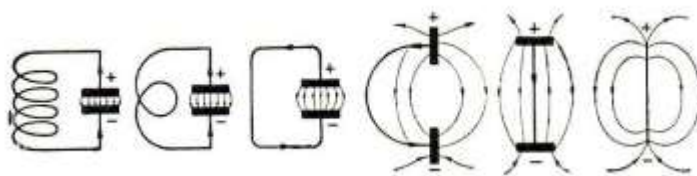
Hrup v okolju je vsak nezaželen ali škodljiv zunanji zvok, ki ga povzročajo človekove aktivnosti, vključno s hrupom, ki ga oddajajo prevozna sredstva v cestnem, železniškem in letalskem prometu ter naprave na območjih z industrijsko dejavnostjo, kot so na primer naprave, za katere je potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje v skladu s predpisi, ki urejajo emisije naprav, ki lahko povzročajo onesnaženje večjega obsega.

4. Elektromagnetna valovanja

a) Nastanek in razširjanje elektromagnetnega valovanja:

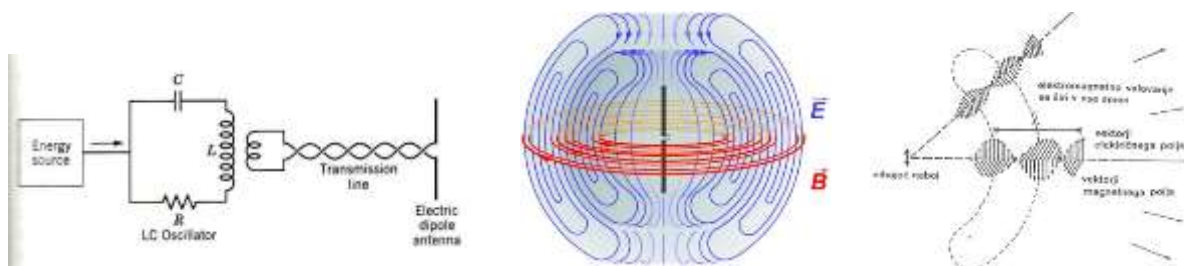


Zaprt nihajni krog:

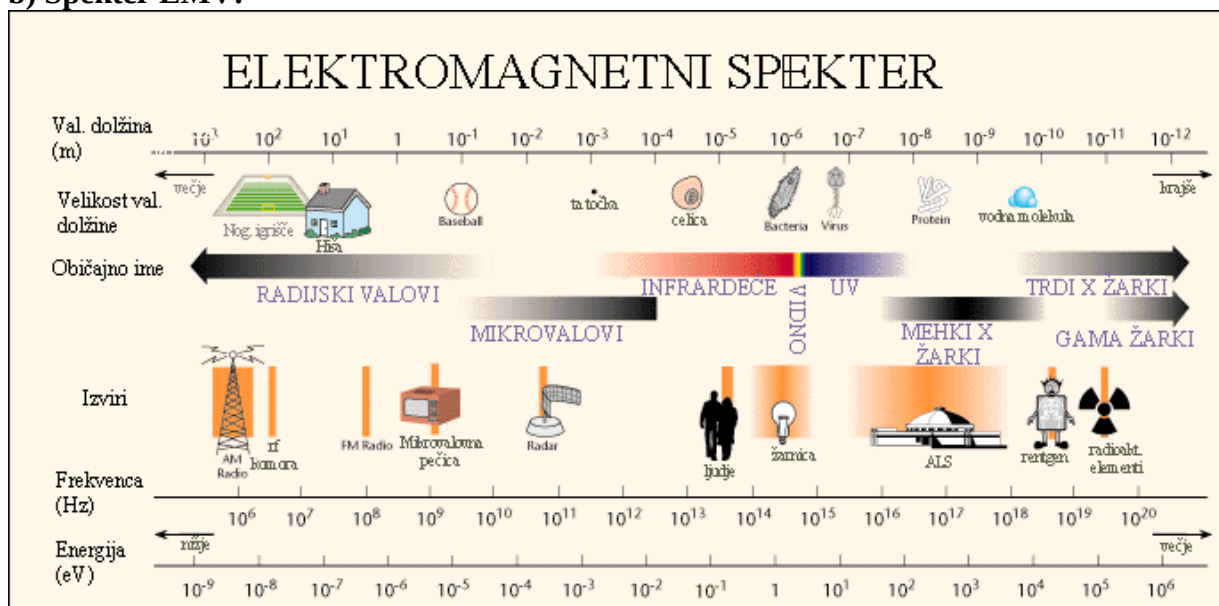


Odpiranje nihajnega kroga v dipolno anteno:

VRSTE VALOVANJ



b) Spekter EMV:



Vrsta	Oddajnik	Sprejemnika	Primer uporabe za ...
Radijski valovi, mikrovalovi $\lambda \approx \text{mm} - 10 \text{ km}$	Antene (električni nihajni krog) oscilator, klistron, magnetron, Gunnova dioda	Radijske, televizijske antene	... prenos informacij s telekomunikacijskimi sistemi. Mikrovalovi se uporabljajo v radarjih, satelitskih komunikacijah in v mikrovalovnih pečicah. Leta 1888 Heinrich Hertz ustvari radijske valove valovne dolžine 66 cm.
Infrardeča (IR) svetloba $0,78 \mu\text{m} < \lambda < 100 \mu\text{m}$	Vrtenje in nihanje molekul in atomov (segreta telesa)	Posebni fotografski film	... preučevanje večjih delov Zemljinega površja. S posebnimi kamerami lahko gledamo ponoči. V industriji se uporablja termovizija. Leta 1800 Herschel s termometrom preučuje barve v razklonjeni svetlobi. Najvišji dvig je v temnem področju ob rdeči svetlobi. Tako odkrije IR svetlobo.
Vidna svetloba $380 \text{ nm} < \lambda < 780 \text{ nm}$	Zunanji elektroni v atomih	Oko, fotografski film	... komunikacije z optičnimi vlakni. Rastline potrebujejo vidno svetlobo za svojo rast.
Ultravijolična (UV) svetloba $10 \text{ nm} < \lambda < 380 \text{ nm}$	Elektroni v atomih	Posebni fotografski film	... sončenje. Visokoenergijski UV žarki lahko povzročijo kožnega raka. Večino teh žarkov absorbira ozonska plast, ki pa je včasih nevarno tanka. Leta 1801 Ritter preučuje razpad snovi AgCl pod vplivom svetlobe. Najmočnejši efekt je zunaj vijolične - tako odkrije UV svetlobo.

VRSTE VALOVANJ

Rentgenska (X) svetloba	Zavorno sevanje elektronov, notranji elektroni v atomih, sinhrotron	Posebni fotografski film	... ugotavljanje zlomov kosti in za slikanje zob. V industriji z njimi ugotavljajo nepravilnosti v notranjosti kovin. Dolgotrajna izpostavljenost lahko povzroči raka. Odkrije jih Röntgen leta 1895.
Sevanje gama (γ)	Atomska jedra	Geigerjev števec	... uničevanje rakavih celic. Žal se ob tem poškodujejo tudi zdrave celice. Leta 1900 Rutherford ugotovi, da se del radioaktivnega sevanja ne odkloni v magnetnem polju - poimenuje ga sevanje γ .

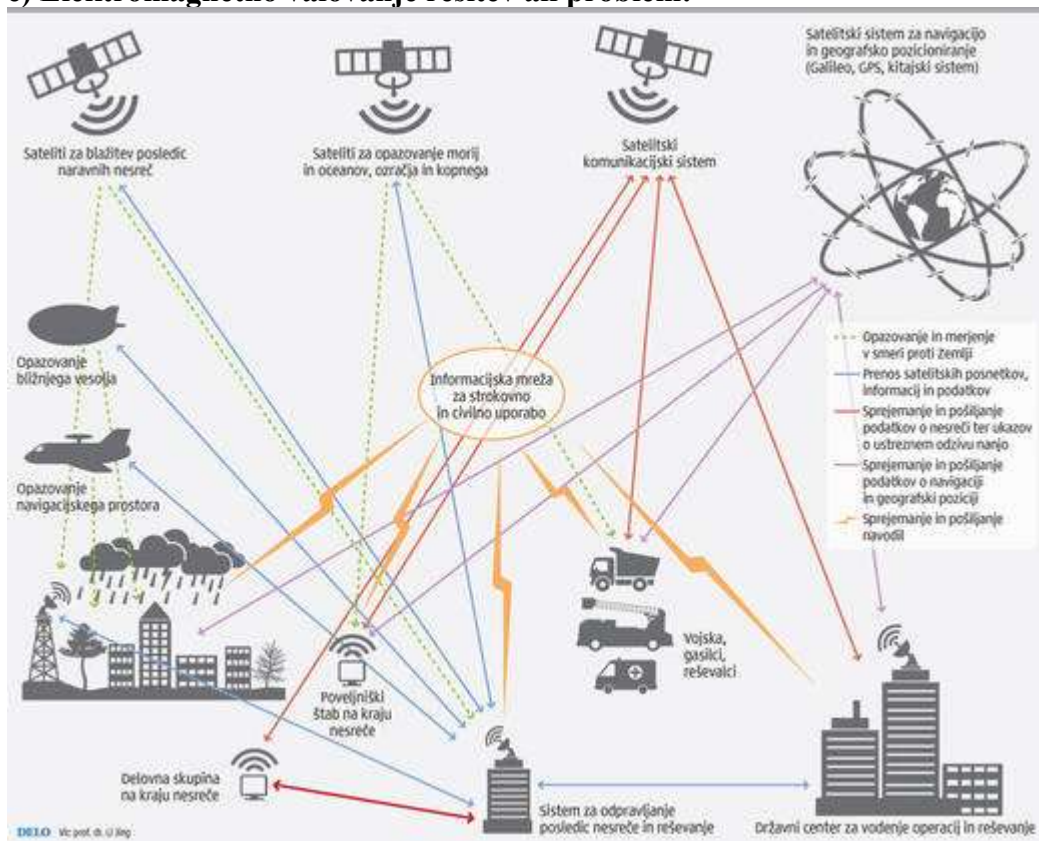
c) Skupne lastnosti EMV:

- vsa EMV so nihanja električnega in magnetnega polja,
- v vakuumu se širijo s hitrostjo $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$,
- za svoje razširjanje v prostor ne potrebujejo snovi.

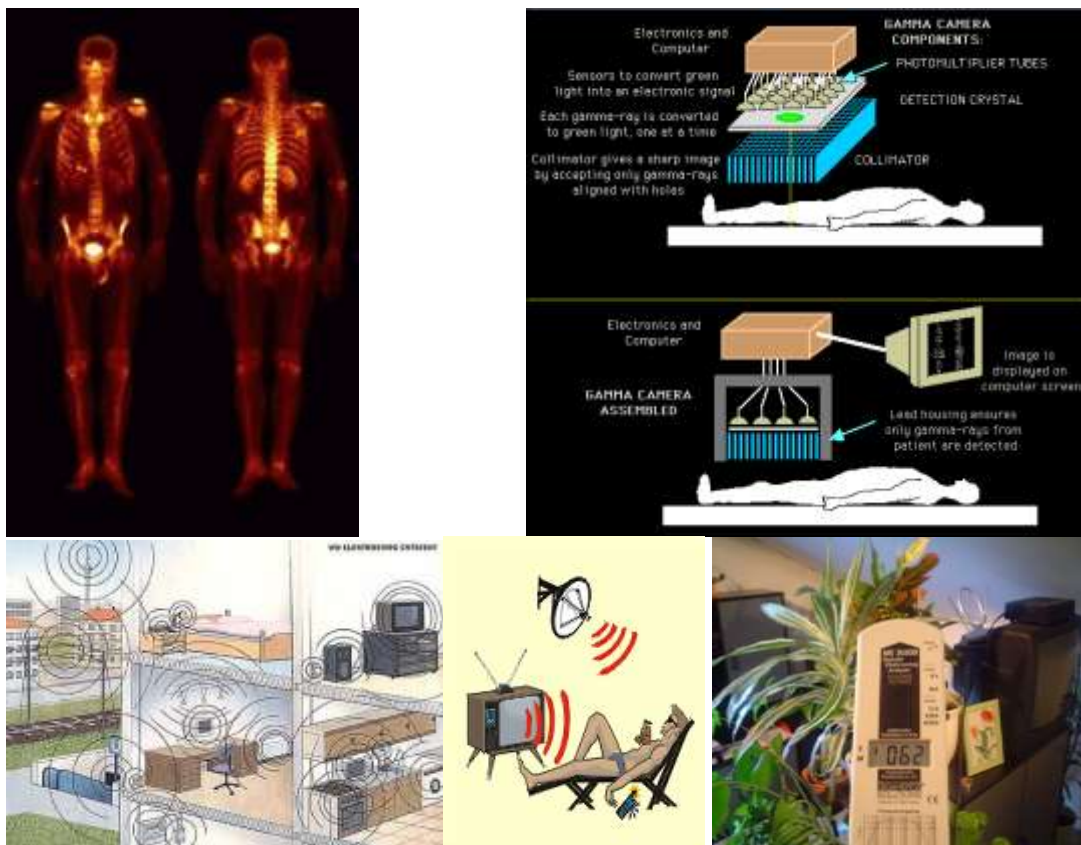
d) Razlike med EMV:

- po imenu,
- po λ in v ,
- po izvori in sprejemnikih,
- po učinku na snov.

e) Elektromagnetno valovanje rešitev ali problem:



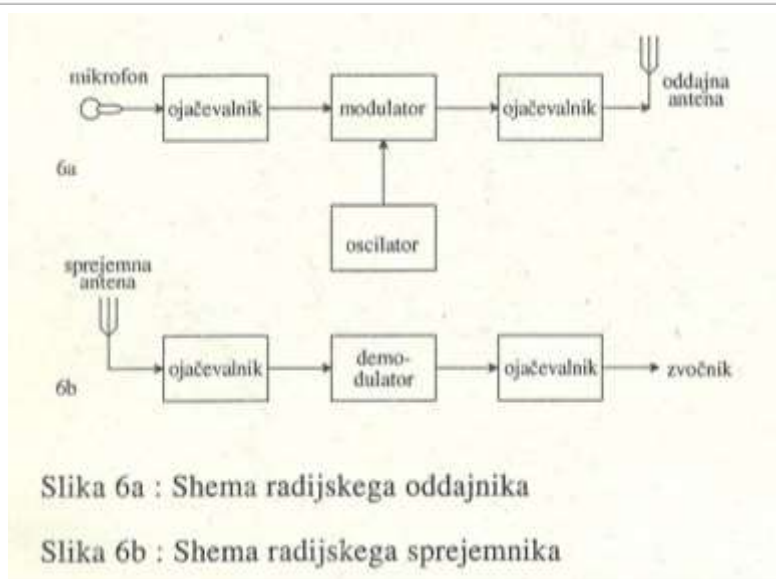
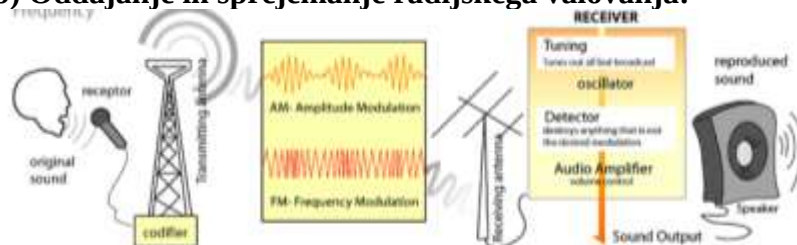
VRSTE VALOVANJ



1. RADIJSKO VALOVANJE

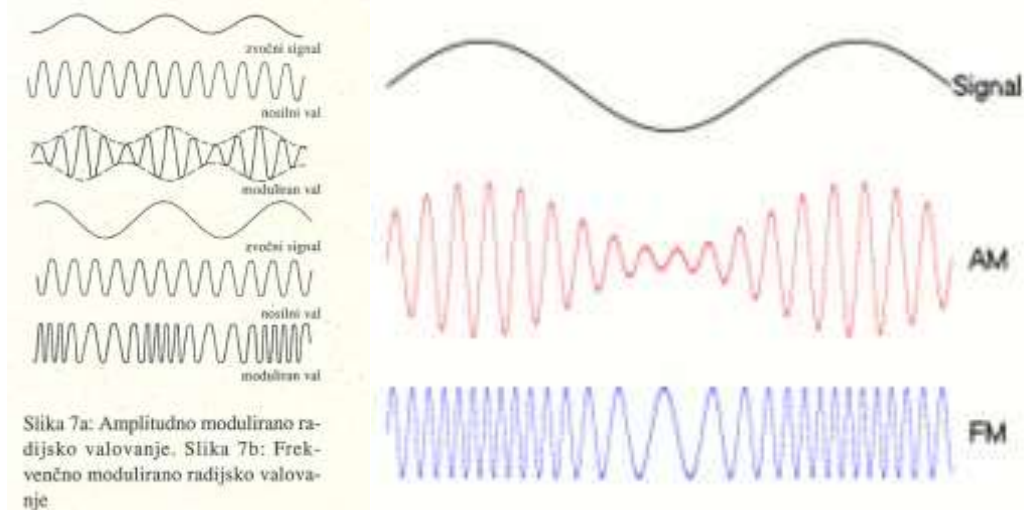
a) Spekter radijskih valov: dolgi, srednji, kratki, UKW, TV in mikrovalovi.

b) Oddajanje in sprejemanje radijskega valovanja:

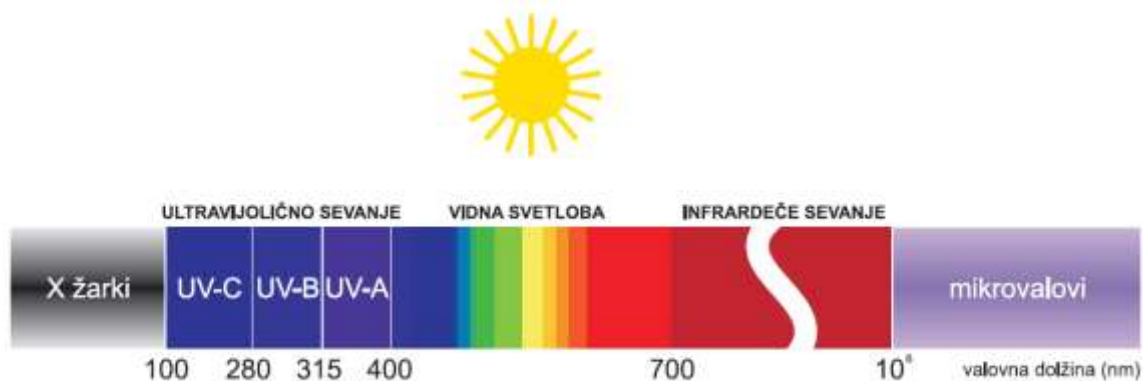


VRSTE VALOVANJ

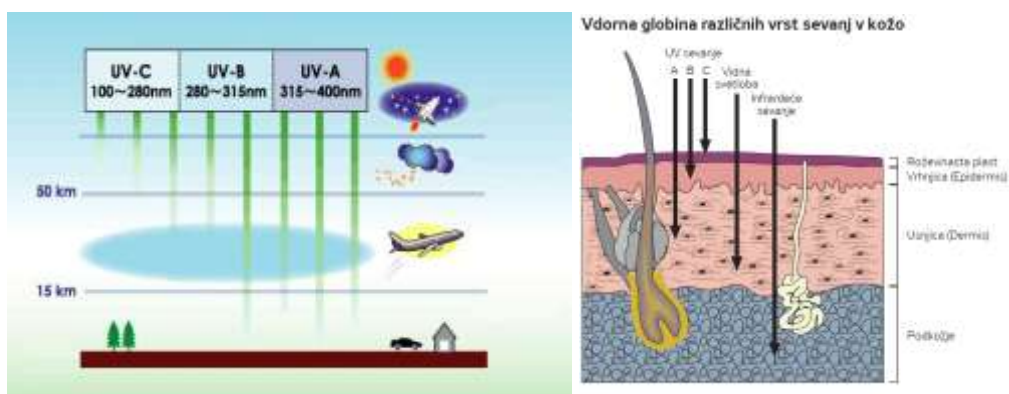
c) Amplitudna in frekvenčna modulacija:



2. TEMPERATURNO SEVANJE



Prodornost UV žarkov v ozračju:

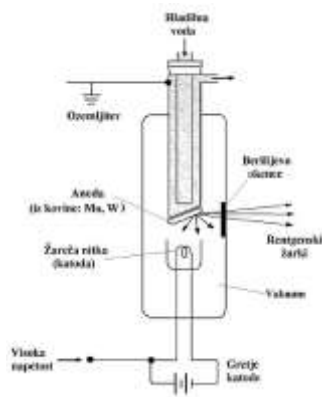


Posnetek stavbe z IR žarki:



VRSTE VALOVANJ

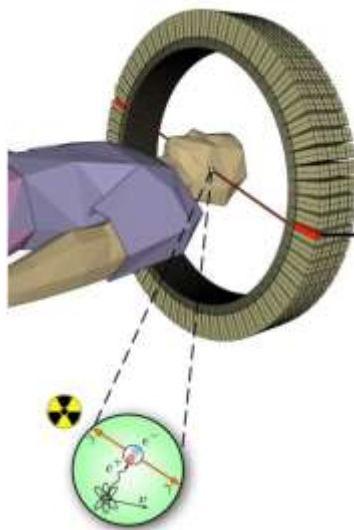
X ŽARKI



γ ŽARKI



Zadnja leta izredno narašča pomen uporabe pozitronske tomografije v medicini tako za diagnostiko kot tudi med zdravljenjem. Pri tej metodi pacientu v kri vbrizgamo radiofarmak, označen z radioaktivnim izotopom. Pozitron, ki nastane pri beta razpadu, se v telesu na razdalji manjši od 1mm anihilira z elektronom, rezultat anihilacije pa sta dva kolinearna žarka gama z energijo, ki je enaka masi elektrona (511keV). Če oba fotona zaznamo, vemo, da je njun izvor nekje na daljici zveznici obeh mest detekcije. Z računalniško rekonstrukcijo slike porazdelitev daljic pretvorimo v porazdelitev izvorov, to pa dobi v roke zdravnik.



Fotometrija

Obravnava količine, ki popisujejo fiziološke učinke svetlobe, ki jo oddajajo različna segreta telesa.

Stefanov zakon sevanja črnega telesa:

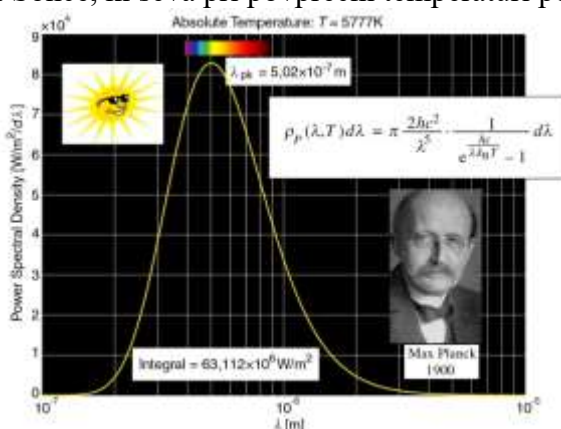
$$j = \sigma \cdot T^4$$

Opisuje povezavo med temperaturo telesa in gostoto toka, ki ga telo oddaja.

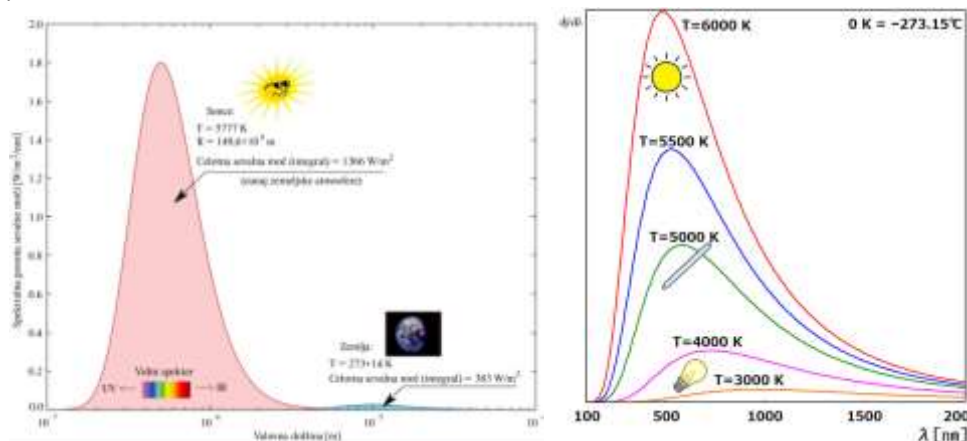
Planckov zakon:

Opisuje odvisnost gostote toka od valovne dolžine svetlobe.

Izračun gostote moči za Sonce, ki seva pri povprečni temperaturi površja $T = 5777\text{K}$:



Primerjava sevalnih spektrov Sonca na razdalji zemeljske orbite in Zemlje ob povprečni temperaturi 14°C . Celotna sevalna moč na kvadratni meter površine je enaka površini pod krivuljo.



Wienov zakon:

$$\lambda_{max} = \frac{c_w}{T}$$

Z Wienovim zakonom določimo, pri kateri valovni dolžini telo s temperaturo T izseva največjo gostoto toka ($c_w = 2897 \text{ K} \cdot \mu\text{m}$).

Barvna občutljivost očesa

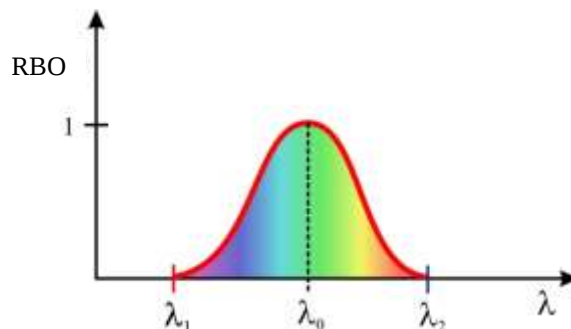
Naše oko zaznava svetlobo na intervalu valovnih dolžin približno od (400 do 800) nm. Odvisnost očesne občutljivosti od valovne dolžine je različna od človeka do človeka ter se spreminja s starostjo. Največja občutljivost je na sredi, najmanjša pa pri krajih. Rumeni del spektra se nam zdi svetlejši kot rdeči del, kar pomeni, da je oko na rumeno svetlobo bolj občutljivo kakor za rdečo, čeprav na oko pada enako velik tok tako rdeče kot rumene svetlobe. To pomeni, da kadar primerjamo svetlobo različnih barv, nas oko vara, ker ni na vse barve enako občutljivo. Najmočnejše reagira na rumeno-zeleno svetlobo, najmanj pa na rdečo ter vijolično.

Kako je oko za eno valovno dolžino (barvo) bolj občutljivo kot za drugo, nam pove **relativna barvna občutljivost očesa** $RBO(\lambda)$.

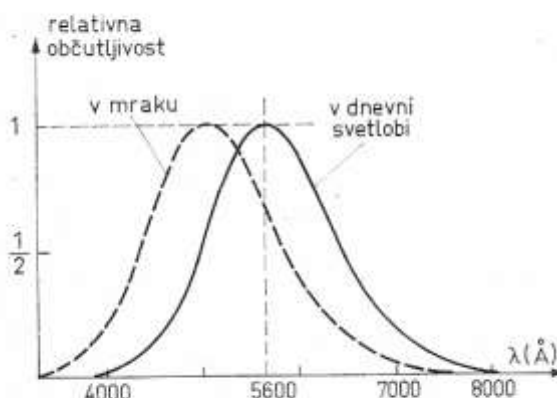
$$\lambda_1 \approx 380nm$$

$$\lambda_0 \approx 555nm$$

$$\lambda_2 \approx 760nm$$



Krivulja relativne barvne občutljivosti očesa je v mraku pomaknjena h krajšim valovnim dolžinam. To pomeni, da v mraku bolje zaznavamo modre odtenke kot rdeče in rjave.



Svetlobni tok (P_s)

S svetlobnim tokom izražamo fiziološki barvni učinek, ki ga dan energijski tok svetlobe, padajoče na oko, povzroča v vidnem centru v možganih.

Energijski tok svetlobe:
$$P = \frac{dW}{dt}$$

Vidni svetlobni tok P_s , ki ga merimo v *lumnih*, je odvisen od energijskega toka vpadne svetlobe, ki ga merimo v W , in relativne barvne občutljivosti očesa:

$$P_s (lm) = RBO(\lambda) \cdot 683 lm/W \cdot P(W)$$

1W rumeno-zelene svetlobe ($\lambda = 555 \text{ nm}$; $RBO(\lambda) = 1$) je ekvivalenten svetlobnemu toku 683 lm.

VRSTE VALOVANJ

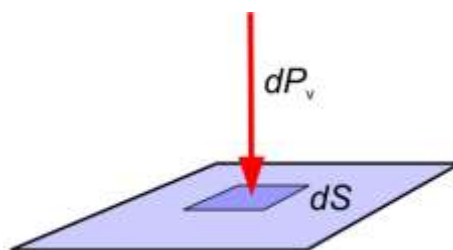
Svetlobni izkoristek svetila nam pove število lumnov oddanega svetlobnega toka na vsak W porabljene moči:

Svetlobni vir	P(W)	P(lm)	Izkor. (lm/W)
žarnica z volframsko nitko	40	470	12
	60	710	12
	75	940	12
	100	1600	16
	250	5000	20
varčna žarnica	13	740	60
fluorescenčna ž.	40		80
največji izkoristek: črno telo, $T=6500K$, $dj/d\lambda$ maximum			95
navadna sveča		10	
kresnička		10^{-6}	
najmanjši svetlobni tok, ki ga zazna oko		10^{-13}	

Gostota svetlobnega toka (j_s)

Gostota svetlobnega toka j_s pove svetlobni tok, ki pada na enoto površine pravokotno na smer žarkov.

$$j_s = \frac{dP_s}{dS} \text{ (lm/m}^2\text{)}$$



Osvetljenost (E)

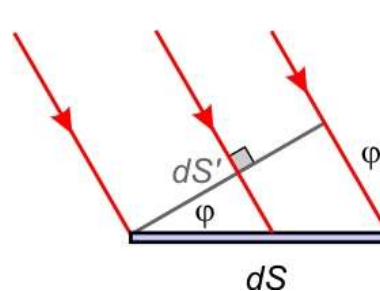
Osvetljenost nam pove, koliko svetlobnega toka osvetljuje neko ploskev ne glede na njeno nagnjenost. Izrazimo jo v luksih (lx).

Pri poševni osvetljenosti svetlobni tok pade na večjo površino. Ploskev je najmočnejše osvetljena, če je pravokotna na smer žarkov.

Čim bolj poševno padajo žarki, tem manjša je osvetljenost.

$$E = \frac{dP_s}{dS} = \frac{dP_s}{dS'} \cos \varphi$$

$$E = j_s \cdot \cos \varphi \text{ (lm/m}^2\text{=lx)}$$



osvetljenost	E (lx)
Zemlje od Sonca	100000
ob oblačnem vremenu	10000
svetla soba ob oknu	100
za branje minimalno	30-50
polna Luna	0,2
zvezdna noč	0,0003
minim. občutlj. čl. oči	10^{-9}

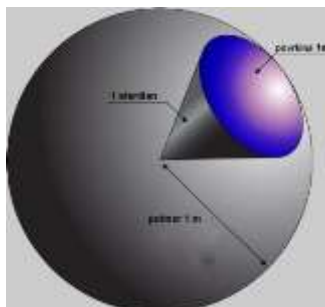
Osvetljenost pa je odvisna tudi od razdalje in pojema s kvadratom oddaljenosti od točkastega svetila.



Svetilnost točkastega svetila (I)

S svetilnostjo izrazimo svetlobni tok, ki ga svetilo seva v enoto prostorskega kota v dani smeri.

$$I = \frac{dP_s}{d\Omega} \quad (\text{cd}=\text{lm/steradian})$$

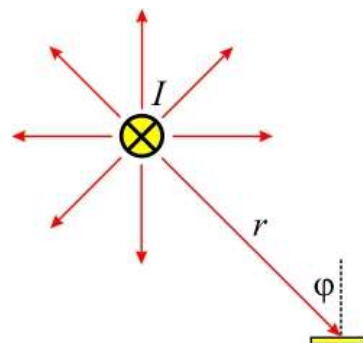


Če svetilo seva svetlobni tok enakomerno v vse smeri (izotropno), je svetilnost neodvisna od smeri in znaša:

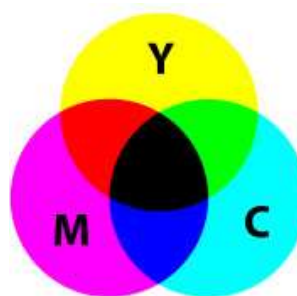
$$I = \frac{P_s}{4\pi \cdot sr} \quad (\text{cd}=\text{lm/steradian}), \text{ saj je poln prostorski kot } 4\pi \text{ steradianov.}$$

Za **točkasto svetilo**, ki seva **izotropno**, izračunamo **osvetljenost** površine, ki jo svetilo osvetljuje:

$$E = j_s \cdot \cos\varphi = \frac{P_s}{4\pi r^2} \cos\varphi \quad \rightarrow \quad E = \frac{I}{r^2} \cos\varphi; \quad I = \frac{P_s}{4\pi}$$



Aditivno in subtraktivno mešanje barv:



Pravila **aditivnega mešanja** barv veljajo za mešanje svetlobnih žarkov različnih valovnih dolžin. Valovne dolžine in barve se seštevajo, zato se v prekrivanju rdečega, zelenega in modrega svetlobnega snopa pojavi bela svetloba.

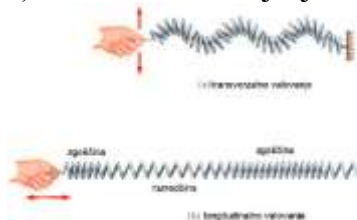
Pravila **subtraktivnega mešanja barv** veljajo za mešanje snovi, npr. barvil in pigmentov. Valovne dolžine in barve se pri tem odštevajo. Ob mešanju rdečega, rumenega in modrega pigmenta se vsa svetloba absorbira, odbite svetlobe ni, kar oko zaznava kot črno barvo.

VRSTE VALOVANJ

PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA-MISELNI VZOREC

1. Valovanje na vrvi in vzmeti:

a) nastanek in razširjanje



b) hitrost valovanja na vrvi:

$$c = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \mu = \frac{m}{l}$$

Enačba sinusnega valovanja :

$$y(x, t) = y_0 \sin(\omega t - kx) \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Valovna enačba: $c = \lambda \nu$

Gostota energije: $w = \frac{W}{V}$

Energijski tok: $P = \frac{W}{t}$

Gostota energijskega toka:

$$j = \frac{P}{S}$$

A) VRSTE VALOVANJ

2. Valovanje na vodni gladini:

a) nastanek in razširjanje



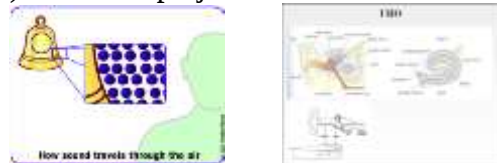
b) hitrost valovanja je odvisna od globine vode

3. Zvok:

a) nastanek in razširjanje



b) izvori in sprejemniki zvoka



c) hitrost zvoka v zraku

$$c = c_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad T_0 = 0^\circ C \quad c_0 = 331 \frac{m}{s}$$

$$c_{zvoka} = 340 \frac{m}{s}$$

d) delitev zvoka po frekvenci in spektru

e) zvočni tok ali zvočna moč: $P = \frac{W}{t}$

gostota zvočnega toka: $j = \frac{P}{4\pi^2}$

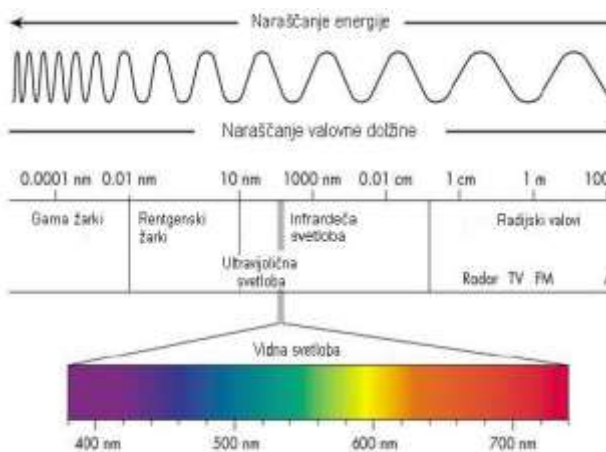
jakost zvoka: $J = 10 \log \frac{j}{j_0} \quad j_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$

4. Elektromagnetno valovanje:

a) nastanek in razširjanje

b) hitrost EM valov: $c_0 = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

c) EM spekter:



Sevanje vročega telesa

• Vsi telesa sevajo elektromagnetno valovanje preko celotnega spektra

• Vih in periodičnost isevanja elektromagnetnega valovanja pa je določena s temperaturo telesa.

$$\lambda_{\text{Wien}} = \frac{3000}{T}$$

Wienov zakon, to je $\lambda \propto 1/T$ pri T po K.

Sevanje telesa segretega na 5700 C

Stefanov zakon

Črna Vijolična Modra Zelena Rdeča Črna

daljina valovanja

0 K 1000 K 2000 K 3000 K

Temperatura

Vih izsevanja svetlobe ni sili s temperaturo. Zato nile raste svetilnosti svetilnega valova bolj eksponentno.

Svetlobni izkoristek

Svetilo troši energijo in jo pretvarja v svetlobo.
 Svetlobni izkoristek pove število lumnov oddanega svetlobnega toka na 1 W porabljene moči.
 Npr. Običajna W žarnica je segreta na okoli 2500 °C in oddaja 12 lm svetlobnega toka na 1 W porabljene električne moči.

Projekcijska žarnica (250 W)	5000 lm
Volframska žarnica (40 W)	440 lm
Volframska žarnica (100 W)	1600 lm
Sveča	10 lm
kresnička	10 ⁻⁶ lm

Svetlobni tok (P)

Svetlobni tok izraža energijski tok svetlobe, ki ga zama žlevisko oko, t.j. energije, ki jo v enoti časa zama oko.

Energijski tok EM valovanja pa ni kar identičen svetlobnemu toku, saj oko ni enako dobro občutljivo na celotnem spektru – relativna občutljivost. Razlika med energijskim in svetlobnim tokom meri krivulja občutljivosti očesa.

Figure 1 consists of two parts. The top part is a schematic diagram of the experimental setup for measuring the photoluminescence (PL) of the polymer LEDs. It shows a cross-section of the device with layers labeled ITO, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20, P21, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P28, P29, P30, P31, P32, P33, P34, P35, P36, P37, P38, P39, P40, P41, P42, P43, P44, P45, P46, P47, P48, P49, P50, P51, P52, P53, P54, P55, P56, P57, P58, P59, P60, P61, P62, P63, P64, P65, P66, P67, P68, P69, P70, P71, P72, P73, P74, P75, P76, P77, P78, P79, P80, P81, P82, P83, P84, P85, P86, P87, P88, P89, P90, P91, P92, P93, P94, P95, P96, P97, P98, P99, P100. The bottom part shows the PL spectra of the polymer LEDs. The x-axis is labeled λ (nm) and ranges from 400 to 600. The y-axis is labeled $P(\lambda)$ and ranges from 0.0 to 1.2. There are two curves: a solid line and a dashed line. The solid line has a peak at 300 nm, and the dashed line has a peak at 350 nm.

Fotometrija

Svetloba je elektromagnetno valovanje. Vpadna energija valovanja pa v očesu povzroči določene fiziološke spremembe. Te učinke so stoletja poskušali meriti – vpeljali so fotometrične količine:

- Svetlobni tok (P)
- Svetilnost (I)
- Osvetljenost (E)

Svetilnost

Svetilo oddaja svetlobni tok na vse strani. Zanima nas, kako je svetlobni tok porazdeljen po smereh.

Svetilnost (I) = svetlobni tok (P), ki ga izseva svetilo v prostorski kot $\delta\Omega$.

Enota za svetilnost je candela (cd)

$$j = \frac{\delta P}{\delta S} \quad \text{Gostota svetlobnega toka}$$

$$I = \frac{\delta P}{\delta\Omega} = r^2 j \quad \text{Svetilnost}$$

$$I = \frac{\delta P}{4\pi}$$

svetilo r

Svetilo, ki seva izotropno

Osvetljenost (E)

Gostota svetlobnega toka (j) pove svetlobni tok, ki pada na enoto površine, pravokotno na smer žarkov. Če je ploskev nagnjena, tako da žarki oklepajo kot φ z normalo na ploskev, potem moramo upoštevati provokotno projekcijo

$$j = \frac{\mathcal{P}}{S} = \frac{\mathcal{P}'}{S_0 \cos \varphi}$$

Osvetljenost plove svetlobni tok, ki pada na enoto površine, ne glede na njeno nagljenost.

$$\frac{\mathcal{P}'}{S_0} = j \cos \varphi = E$$

Pri poševni osvetlitvi je osvetljenost manjša, saj svetlobni tok pada na večjo površino.

Enota: $1 \text{ lux} = 1 \text{ lm/m}^2$

PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA:

VPRAŠANJA:

1. Kaj je valovanje?

- **M** Pojasni pojem motnja, hrib, dol, zgoščina razredčina,
- **M** Kakšna je razlika med longitudinalnimi in transverzalnimi valovanji?
- **T** Naštej primere teh valovanj in kakšne so razlike med njimi?

2. Valovna enačba in enačba sinusnega valovanja.

- **M** Kako so definirane naslednje količine valovanja: hitrost, valovna dolžina in frekvenca.
- **M** Zapiši valovno enačbo in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **T** Grafično prikaži trenutno sliko potujočega sinusnega valovanja in ob njej razloži pojma amplituda in valovna dolžina.
- **V** Zapiši enačba sinusnega valovanja in pojasni nastopajoče količine in njihove enote.

3. Energija valovanja.

- **T** Kako je pri valovanju definirana gostota energije valovanja? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote. **V** Kako je gostota energije odvisna od posameznih količin?
- **T** Kako je pri valovanju definiran energijski tok? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote. **V** Kako je energijski tok odvisna od posameznih količin?
- **T** Kako je pri valovanju definirana gostota energijskega toka? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote. **V** Kako je gostota energijskega toka odvisna od posameznih količin?

4. Valovanje na vrvi in vzmeti.

- **M** Opiši nastanek in značilnosti valovanja na vrvi in vzmeti.
- **T** Kako je določena hitrost valovanja na vpeti vrvi? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **V** Kako je hitrost valovanja na vri odvisna od posameznih količin?

5. Valovanje na vodni gladini.

- **M** Opiši nastanek in razširjanje valovanja na vodni gladini. Kakšna vrsta valovanja je te valovanje?
- **M** Pojasni pojme valovna črta in žarek in nariši krožno in ravno valovanje.
- **T** Od česa je odvisna hitrost valovanja na vodni gladini?

6. Zvok.

- **M** Opiši nastanek in razširjanje zvoka. Kakšna vrsta valovanja je zvok in kje se lahko širi?
- **M** Kolikšna je hitrost zvoka v zraku? **T** Od česa je odvisna hitrost zvoka v zraku?
- **M** Predstavi razliko med vrstami zvoka glede na frekvenco. **T** Predstavi razliko med vrstami zvoka glede na spekter.
- **T** Kako je pri zvoku definiran zvočni tok ali zvočna moč? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote. **V** Kako je zvočni tok ali zvočna moč odvisna od posameznih količin?

VRSTE VALOVANJ

- **T** Kako je pri zvoku definirana gostota zvočnega toka? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote. **V** Kako je gostota zvočnega toka odvisna od posameznih količin?
- **T** Kako je pri zvoku definirana glasnost ali jakost zvoka? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote. **V** Kako je glasnost ali jakost zvoka odvisna od posameznih količin?

7. Elektromagnetno valovanje.

- **M** Predstavi spekter elektromagnetnega valovanja. Opiši njihove skupne lastnosti in razlike med njimi.
- **T** Opiši nastanek in razširjanje ter predstavi izvore in detektorje elektromagnetnih valov.

8. Predstavi radijsko valovanje.

- **T** Predstavi spekter radijskega valovanja. Opiši njihove skupne lastnosti in razlike med njimi.
- **T** Opiši nastanek in razširjanje ter predstavi izvore in detektorje radijskega valovanja.

9. Predstavi temperaturno sevanje.

- **T** Predstavi spekter temperaturnega sevanja. Opiši njihove skupne lastnosti in razlike med njimi.
- **T** Opiši nastanek in razširjanje ter predstavi izvore in detektorje UV, vidne in IR svetlobe.

10. Energijski spekter sončne svetlobe.

- **T** Predstavi energijski spekter sončne svetlobe.
- **V** Predstavi Stefanov zakon.
- **V** Predstavi Wienov zakon.

11. Relativna barvna občutljivost očesa.

- **T** Kako je definirana relativna barvna občutljivost očesa? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **T** Na katero barvo je oko najbolj občutljivo in zakaj?
- **T** Ali je razlika, če opazujemo barve v mraku ali pri dnevni svetlobi?
-

12. Svetlobni tok, svetlobni izkoristek svetil, svetilnost in svetlost svetil, gostota svetlobnega toka in osvetljenost površin

S pomočjo učnega gradiva izpolni tabelo in odgovori na spodnja vprašanja.

Ime količine	Oznaka (simbol)	Enota (z besedo in kratica)
Energijski tok svetlobe		
Svetlobni tok		
Svetilnost		
Gostota svetlobnega toka		
Osvetljenost		

VRSTE VALOVANJ

- **M** Kakšna je razlika med energijskim tokom svetlobe in svetlobnim tokom?
- **T** Kako je definiran svetlobni tok? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote. **V** Kako je svetlobni tok odvisna od posameznih količin?
- **M** Obrazloži izraz »relativna barvna občutljivost očesa«.
- **T** Za katero barvo je oko najbolj občutljivo?
- **M** Kakšna je razlika v zaznavanju barv (valovnih dolžin), če opazujemo barve v mraku ali pri dnevni svetlobi?
- **M** Kaj pove svetlobni izkoristek?
- **T** Kako je definiran svetlobni izkoristek svetil? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote.
- **M** Kaj pove svetilnost?
- **T** Kako je definirana svetilnost svetil? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote. **V** Kako je svetilnost svetil odvisna od posameznih količin?
- **M** Kaj pove gostota svetlobnega toka?
- **T** Kako je definirana gostota svetlobnega toka? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote. **V** Kako je gostota svetlobnega toka odvisna od posameznih količin?
- **M** Kaj pove osvetljenost?
- **T** Kako je definirana osvetljenost površin? Pojasni nastopajoče količine in njihove enote. **V** Kako je osvetljenost površin odvisna od posameznih količin?
- **T** Kako se osvetljenost spreminja z oddaljenostjo od izvora svetlobe?
- **M** Kdaj bo osvetljenost največja in kdaj je manjša?
- **M** S pomočjo fizikalnih zakonitosti utemelji, zakaj se je ob 13 uri bolj nevarno izpostavljati soncu kot ob 17 uri ali ob 9 uri zjutraj?
- **M** Kako poskrbiš za dobro osvetljenost delovnega mesta?

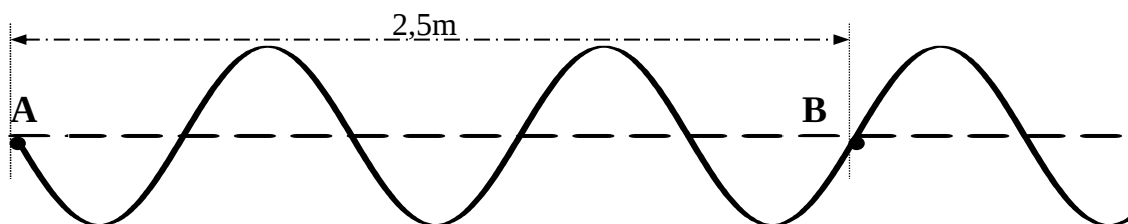
VRSTE VALOVANJ

NALOGE:

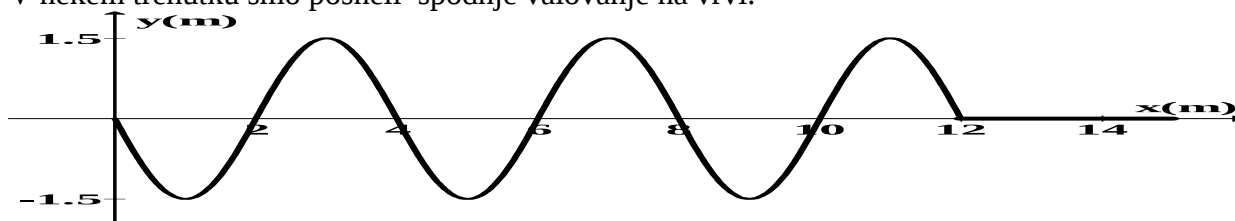
A) VALOVANJE NA VRVI IN VZMETI

Strukturirane naloge

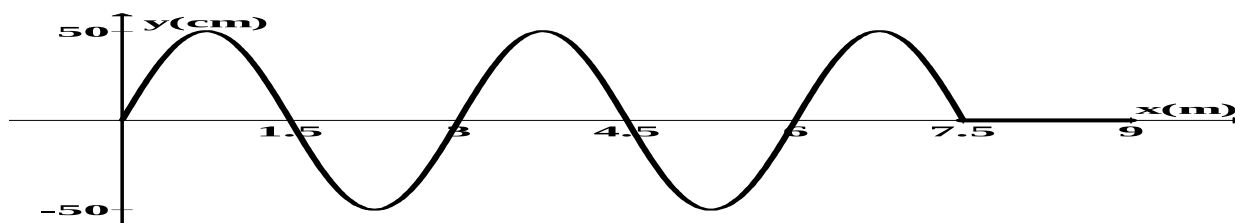
1. Od hiše do drevesa vodi 15 metrska vrv za obešanje perila in je napeta s silo 500N.
 - a) Kolikšna je hitrost motnje, ki jo povzročimo na vrvi, če je masa vrvi 750 g ?
 - b) Koliko časa potrebuje motnja, ki jo sprožimo ob hiši, za pot do drevesa in nazaj?
 - c) Kako bi morali spremeniti silo v vrvi, da bi se hitrost valovanja 2-krat zvečala ?
2. Luka ustvarja valovanje na dolgi vrvi tako, da začetek vrvi zaniha 35-krat v 20 sekundah. Razdalja med točkama A in B na vrvi meri 2,5m.



- a) Izračunaj frekvenco valov.
 - b) Izračunaj valovno dolžino valov.
 - c) Izračunaj hitrost razširjanja valovanja.
3. V nekem trenutku smo posneli spodnje valovanje na vrvi.



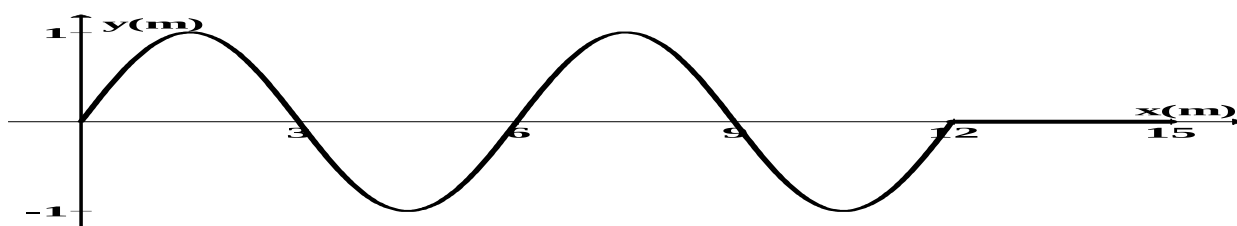
- a) Vemo, da je hitrost valovanja 10 m/s. Pred koliko časa je začetek vrv zanihal ?
 - b) S kolikšno frekvenco niha začetek vrvi ?
 - c) Na grafu označi in odčitaj valovno dolžino in amplitudo nihanja delov vrvi.
4. Na tla položimo dolgo vrv in en konec vrvi z roko zanihamo. Ko preteče 1,5 sekunde vrv fotografiramo in dobimo naslednjo sliko:



- a) Kolikšni sta amplituda in valovna dolžina valovanja?
- b) Izračunaj hitrost valovanja!
- c) Kolikšna je frekvenca nihanja?

VRSTE VALOVANJ

5. V nekem trenutku smo fotografirali valovanje na vrvi. Hitrost valovanja je 3,0m/s.



- Pred koliko časa smo začetek vrvi zanihali?
- Kolikšna je frekvenca nihanja izvora valovanja?
- V grafu označi in odčitaj valovno dolžino in amplitudo valov!

Izbirne naloge

1. Nekdo je zapisal zvezo med valovno dolžino in hitrostjo valovanja takole : $c = \lambda \cdot \frac{1}{x}$

Kaj je količina x v tej enačbi?

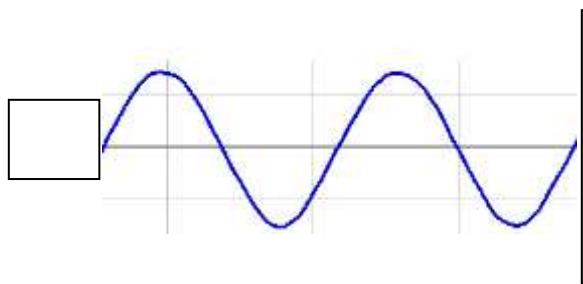
- | | |
|----------------------|---------------------------------------|
| A nihajni čas izvira | B obratna vrednost hitrosti valovanja |
| C amplituda | D število nihajev v sekundi |

2. Če je struna napeta s silo 20 N, je hitrost valovanja, ki se širi po njej, 30 m/s. Kolikšna je hitrost, če jo napnemo s silo 80 N?

- A 30 m/s B 60 m/s C 80 m/s D 120 m/s

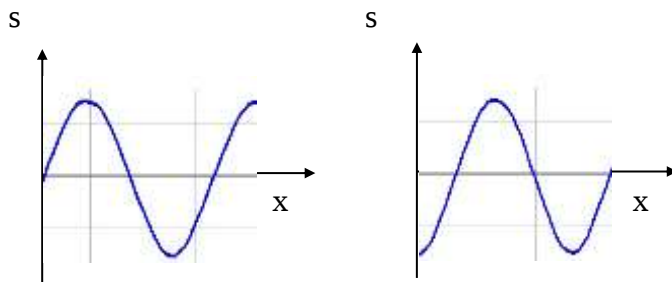
3. Slika kaže 100 cm dolgo vrv, po kateri se širi valovanje s hitrostjo 125 m/s. Kolikšna je frekvenca izvora valovanja ?

- A 25 Hz
B 0,25 kHz
C 2500 Hz
D 2,5 kHz



4. Slika kaže potujoče sinusno valovanje z valovno dolžino $\lambda=2,0\text{m}$ v določenem trenutku in 0,20s pozneje. Kolikšna je hitrost valovanja?

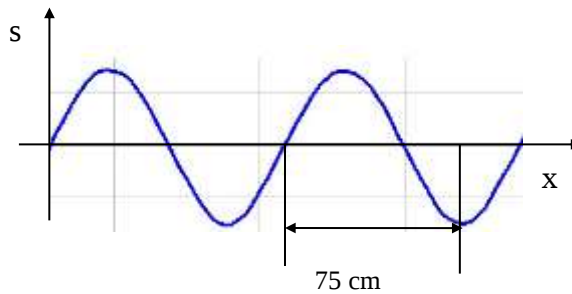
- A 1,3m/s
B 2,3m/s
C 2,5m/s
D 4,0m/s



VRSTE VALOVANJ

5. Slika kaže potujoče sinusno valovanje, ki se širi s hitrostjo 10 m/s. Kolikšna je frekvenca tega valovanja?

- A 10 Hz
- B 15 Hz
- C 20 Hz
- D 25 Hz



B) ZVOK

Strukturirane naloge

1. Neki zvok se v vodi širi s hitrostjo 1500 m/s. Valovna dolžina je 50 mm. Katere vrste zvok je to?
2. Jure povzroča zvok s tonskim generatorjem. Membrana v zvočniku zaniha 30000-krat v 2,0 min. Hitrost zvoka v zraku je 345 m/s.
 - a) Kolikšna je frekvenca zvoka, ki ga povzroča tonski generator?
 - b) Kolikšna je valovna dolžina zvočnega valovanja?

Izbirne naloge

1. Kolikšna je hitrost zvoka v zraku pri običajni temperaturi?
A 240 m/s B 340 m/s C 240000 m/s D 300000 m/s
2. Netopir oddaja ultrazvok s frekvenco 200 kHz, ki se širi s hitrostjo 340 m/s. Kolikšna je valovna dolžina?
A 6,8 cm B 1,7 cm C 6,8 mm D 1,7 mm

C) ELEKTROMAGNETNO VALOVANJE- izbirne naloge:

1. Oddajna frekvenca radijske postaje je 10 MHz. Kolikšna je valovna dolžina radijskih valov?
A 1,0 m B 3,0 m C 30 m D 100 m
2. Kolikšna je frekvenca mikrovalovnega oddajnika, če je valovna dolžina mikrovalov 3,0 cm ?
A $1,0 \cdot 10^{10}$ Hz B $9,0 \cdot 10^8$ Hz C $10 \cdot 10^{-10}$ Hz D $9,0 \cdot 10^{-10}$ Hz
3. Kolikšno velikostno stopnjo ima valovna dolžina mikrovalov ?
A nekaj cm B nekaj μ m C nekaj km D nekaj nm

VRSTE VALOVANJ

4. Kolikšno velikostno stopnjo ima valovna dolžina vidne svetlobe?

- A Nekaj desetink nanometra. B Nekaj desetink milimetra.
C Nekaj desetink mikrometra. D Nekaj desetink metra.

5. Kolikšna je približno frekvenca vidne svetlobe?

- A 10^6 Hz B 10^{10} Hz C 10^{14} Hz D 10^{18} Hz

6. V katero območje spada elektromagnetno valovanje s frekvenco 10^{10} Hz?

- A mikrovalove B radijske valove
C ultravijolično svetlobo D vidno svetlobo

7. V kateri del spektra spada svetloba z valovno dolžino 600nm?

- A infrardeči B vidni C ultravijolični. D rentgenski.

8. Kolikšna je frekvenca infrardeče svetlobe z valovno dolžino 800 nm ?

- A $2,4 \cdot 10^{14}$ Hz B $3,8 \cdot 10^{14}$ Hz C $3,8 \cdot 10^{-14}$ Hz D $2,4 \cdot 10^{-14}$ Hz

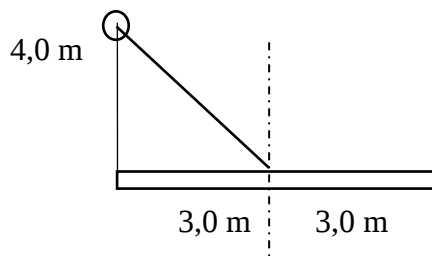
A) FOTOMETRIJA-strukturirane naloge:

1. Na sredini risalne mize potrebujemo osvetljenost 200 lx.

- a) Kolikšen svetlobni tok mora oddajati žarnica, če seva izotropno in visi na višini 0,5m nad sredino mize?
b) Kolikšna je svetilnost žarnice?

2. Nad robom 6,0 m širokega parkirišča je na višini 4,0 m svetilka s svetilnostjo 16000 cd.

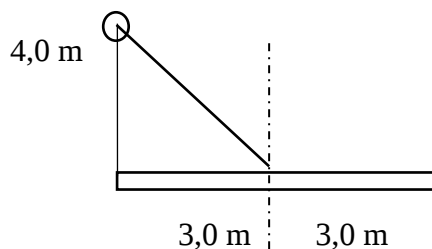
- a) Kolikšna je osvetljenost sredine parkirišča? Glej sliko!



- b) Kolikšen svetlobni tok oddaja žarnica?

3. Na sredini parkirišča potrebujemo osvetljenost 500 lx.

- a) Kolikšna mora biti svetilnost žarnice, ki je na višini 4,0 m nad robom 6,0 m širokega parkirišča?



- b) Kolikšen svetlobni tok oddaja žarnica?
c) Kolikšno električno moč troši žarnica, če je njen svetlobni izkoristek 100 lm/W?
d) Kolikšna je gostota svetlobnega toka na razdalji 2,0 m od svetilke?

VRSTE VALOVANJ

REŠITVE:

a) Valovanje na vrvi in vzmeti-strukturirane naloge:

1. a) $v = 100 \text{ m/s}$, b) $t = 0,30 \text{ s}$;
2. a) $v = 1,8 \text{ Hz}$, b) $\lambda = 1,0 \text{ m}$, c) $c = 1,8 \text{ m/s}$;
3. a) $t = 1,2 \text{ s}$, b) $v = 2,5 \text{ Hz}$, c) $s_0 = 1,5 \text{ m}$, $\lambda = 4,0 \text{ m}$;
4. a) $s_0 = 50 \text{ cm}$, $\lambda = 3,0 \text{ m}$, b) $c = 5,0 \text{ m/s}$, c) $v = 1,7 \text{ Hz}$;
5. a) $t = 4,0 \text{ s}$, b) $v = 0,50 \text{ Hz}$, c) $s_0 = 1,0 \text{ m}$, $\lambda = 6,0 \text{ m}$

b) Valovanje na vrvi in vzmeti- izbirne naloge:

1.A, 2.B, 3.B, 4.C, 5.A

c) Zvok-strukturirane naloge:

1. $v = 30 \text{ kHz}$ ultrazvok;
2. a) $v = 2,5 \cdot 10^2 \text{ Hz}$, b) $\lambda = 1,4 \text{ m}$

d) Zvok- izbirne naloge:

1.B, 2.D

e) Elektromagnetno valovanje- izbirne naloge:

1.C, 2.A, 3.A, 4.C, 5.C, 6.A, 7.B, 8.B

f) Fotometrija-strukturirane naloge:

1. a) $P_s = 628 \text{ lm}$, b) $I = 50 \text{ cd}$;
2. a) $E = 512 \text{ lx}$, b) $P_s = 201 \cdot 10^3 \text{ lm}$;
3. a) $I = 16 \cdot 10^3 \text{ cd}$, b) $P_s = 196 \cdot 10^3 \text{ lm}$, c) $P = 2 \text{ kW}$, d) $j = 3,9 \cdot 10^3 \text{ lx}$

VRSTE VALOVANJ

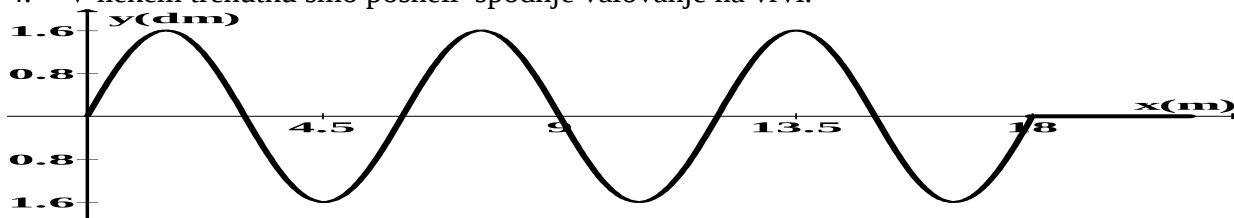
DODATNE NALOGE :

1. Od hiše do drevesa vodi 14 metrska vrv za obešanje perila in je napeta s silo 390 N.
- a) Kolikšna je hitrost motnje, ki jo povzročimo na vrvi, če je masa vrvi 530 g ? (**$c=101\text{ m/s}$**)
- b) Koliko časa potrebuje motnja, ki jo sprožimo ob hiši, za pot do drevesa in nazaj?
(**$\Delta t=0,28\text{ s}$**)

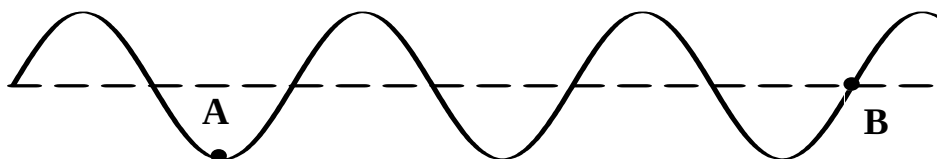
2. Od hiše do drevesa vodi 7,5 metrska vrv za obešanje perila. Motnja, ki jo ustvarimo pri hiši se vrne nazaj v 1,2 s.
- a) Kolikšna je hitrost motnje, ki jo povzročimo na vrvi ? (**$c = 12,5\text{ m/s}$**)
- b) S kolikšno silo je napeta vrv, če je njena masa 580 g? (**$F = 12,1\text{ N}$**)

3. Od hiše do drevesa vodi 12 metrska vrv za obešanje perila z maso 250 g.
- a) S kolikšno silo je napeta, če je hitrost motnje na njej 43 m/s? (**$F = 38,5\text{ N}$**)
- b) Koliko časa potrebuje motnja, ki jo sprožimo ob hiši, za pot do drevesa in nazaj?
(**$\Delta t=0,56\text{ s}$**)
- c) Kolikšna bi morala biti masa te vrvi, da bi bila hitrost 50 m/s? (**$m = 0,18\text{ kg}$**)

4. V nekem trenutku smo posneli spodnje valovanje na vrvi.



- a) Na grafu označi in odčitaj ter zapiši valovno dolžino in amplitudo nihanja delov vrvi.
- b) Vemo, da je hitrost valovanja 18 m/s. Pred koliko časa je začetek vrv zanihal ? (**$\Delta t=1\text{ s}$**)
- c) S kolikšno frekvenco niha začetek vrvi ? (**$\nu = 3\text{ Hz}$**)
5. Pri opazovanju morskih valov, ki pljuskajo ob pomol smo ugotovili, da ga v 16 s zadene 42 valov. Razdalja med točkama A in B je 2,8 m.



- a) V skici označi valovno dolžino in amplitudo valovanja!
- b) Kolikšna je frekvenca valovanja? (**$\nu = 2,6\text{ Hz}$**)
- c) Kolikšna je valovna dolžina valovanja? (**$\lambda = 1,24\text{ m}$**)
- d) Kolikšna je hitrost širjenja valovanja? (**$c = 3,24\text{ m/s}$**)

6. Zvočnik oddaja zvok enakomerno na vse strani. Na razdalji 6,7 m od njega je gostota zvočnega toka 85 mW/m^2 .
- a) Kolikšna je njegova zvočna moč? (**$P = 48\text{ W}$**)
- b) Kolikšna je na tej razdalji jakost zvoka? (**$J = 109\text{ dB}$**)

VRSTE VALOVANJ

7. Zvočnik z zvočno močjo 210 W oddaja zvok enakomerno na vse strani.
a) Na kolikšni razdalji od njega moramo najmanj stati, da si ne poškodujemo ušes? ($r_{\min} = 4,1 \text{ m}$)
8. Zvočnik z zvočno močjo 95 W oddaja zvok s frekvenco 850 Hz enakomerno na vse strani.
a) Na kolikšni razdalji od njega je gostota zvočnega toka $0,52 \text{ W/m}^2$? ($r = 3,8 \text{ m}$)
b) Kolikšna je na tej razdalji jakost zvoka? ($J = 117 \text{ dB}$)
c) Kolikšna je valovna dolžina tega zvoka? ($\lambda = 0,39 \text{ m}$)
9. Radijski valovi imajo frekvenco 95 MHz.
a) Kolikšna je valovna dolžina teh valov? ($\lambda = 3,16 \text{ m}$)
b) Kolikšna je dolžina ozemljene in kolikšna neozemljene dipolne antene, ki te valove oddaja? ($l_n = 6,3 \text{ m}$, $l_o = 12,6 \text{ m}$)
10. Ozemljena dipolna antena za radijske valove je dolga 50 m.
a) Kolikšna je valovna dolžina teh valov? ($\lambda = 200 \text{ m}$)
b) Kolikšna je frekvenca teh valov? ($\nu = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$)
11. Reflektor sveti na oder pod vpadnim kotom 45° s svetlobnim tokom 86000 lm. Presek svetlobnega snopa je $2,5 \text{ m}^2$.
a) Kolikšna je osvetljenost na tleh, kamor reflektor sveti sveti? ($E = 24600 \text{ lx}$)
b) Kolikšna je svetla lisa na tleh? ($S = 3,5 \text{ m}^2$)
12. Točkasto svetilo z energijskim tokom 120 W oddaja svetlobo z RBO 0,7593.
a) Kolikšna je svetilnost tega svetila? ($I_s = 4930 \text{ cd}$)
b) Kolikšna je osvetljenost mize pod svetilom, če je svetilo 1,8 m nad sredino mize? ($E = 1520 \text{ lx}$)
c) Miza je široka 4 m. Kolikšna je osvetljenost na robu? ($E = 456 \text{ lx}$)
13. Reflektor sveti na oder pod vpadnim kotom 54° s svetlobnim tokom 380000 lm. Presek svetlobnega snopa je $4,5 \text{ m}^2$.
a) Kolikšna je osvetljenost na tleh, kamor reflektor sveti sveti? ($E = 49600 \text{ lx}$)
14. Točkasto svetilo s svetilnostjo 120 cd, oddaja svetlobo z RBO 0,7593.
a) Kolikšen je svetlobni tok tega svetila? ($P_s = 1519 \text{ lm}$)
b) Kolikšen je energijski tok tega svetila? ($P = 2,9 \text{ W}$)
c) Kolikšna je osvetljenost mize pod svetilom, če je svetilo 1,8 m nad mizo? ($E = 37 \text{ lx}$)

VALOVNI POJAVI

a) ODBOJ VALOVANJA

- Do odboja valovanja pride zaradi omejenosti (končnih dimenzij) sredstva, po katerem se širi.
- Ko valovanje zadene ob mejo sredstva (oviro), se od nje odbije. Pri tem velja odbojni zakon.

b) LOM VALOVANJA

- Lom pomeni spremembo smeri razširjanja valovanja pri poševnem prehodu preko meje dveh sredstev, v katerih potuje različno hitro.
- Ko se valovanju zmanjša ali poveča hitrost (valovna dolžina) pri prehodu v drugo sredstvo, se lomi (odkloni od prvotne smeri), če vpadni kot ni enak nič.
- Pri lomu velja lomni zakon.

c) INTERFERENCA VALOVANJA

- Interferenca pomeni seštevanje valovanj. V istem sredstvu se lahko sočasno, neovirano širi več valovanj. Na mestu srečanja dveh valovanj se njuni učinki seštevajo, nato pa potujeta nespremenjeni naprej.
- Če se srečata valovanji z enako frekvenco in amplitudo, se lahko ojačita ali izničita, odvisno od tega, ali sta v opazovani točki v fazi ali v nasprotni fazi.
- Časovna nespremenljiva slika interference v prostoru nastane pri interferenci koherentnih (časovno usklajenih) valovanj.

d) UKLON VALOVANJA

- Pomeni razširjanje valovanja v prostor geometrijske sence ovire. Ko valovanje zadene ob delno oviro, se bolj ali manj širi tudi v prostor za oviro.
- Pojav je tem bolj izrazit, čim manjša je ovira v primerjavi z valovno dolžino tega valovanja.

e) UKLON IN INTERFERENCA VALOVANJA

- Če se valovanje uklanja na dveh ali več režah, ki so enake ali manjše od valovne dolžine valovanja, dobimo iz vsake reže uklonjeno polkrožno valovanje.
- Ko se uklonjena valovanja srečajo, se na nekaterih mestih ojačijo, druge pa izničijo, odvisno od tega, ali so v opazovani točki v fazi ali v nasprotni fazi.

f) DOPPLERJEV POJAV

- Pomeni spremembo frekvence valovanja, ki jo zaznava sprejemnik, ki nastane zaradi medsebojnega gibanja oddajnika in sprejemnika valovanja pri katerem se spreminja njuna medsebojna razdalja.
- Sprejemnik zazna valovanje z večjo valovno dolžino (manjšo frekvenco) pri medsebojnem oddaljevanju in manjšo valovno dolžino (večjo frekvenco) pri približevanju.
- Vrednost spremembe frekvence (valovne dolžine) je odvisna od hitrosti in od tega, če se giblje izvor valovanja glede na sprejemnik ali sprejemnik glede na izvor ali oba.

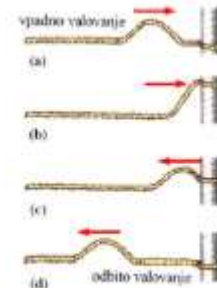
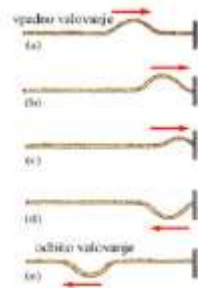
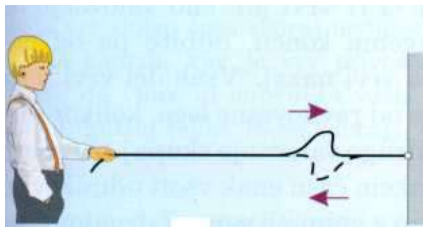
g) POLARIZACIJA VALOVANJA

- Če se pri transverzalnem valovanju smer nihanja značilne količine tega valovanja, v ravnini, ki je pravokotna na smer potovanja, neurejeno spreminja, je tako valovanje nepolarizirano.
- Polarizacija valovanja določi smer nihanja in nepolarizirano valovanje spremeni v polarizirano.

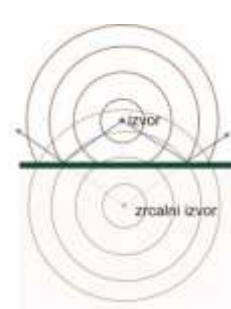
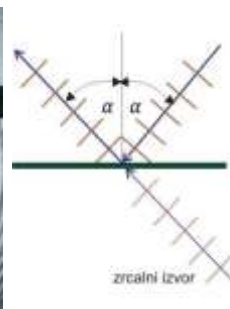
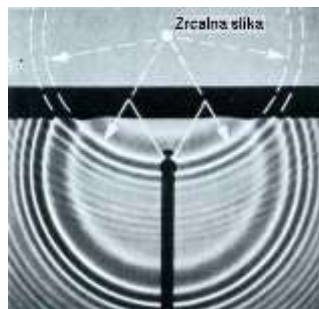
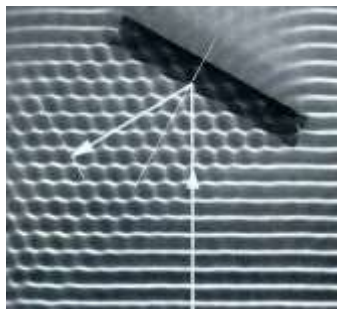
VALOVNI POJAVI

1. ODBOJ VALOVANJ

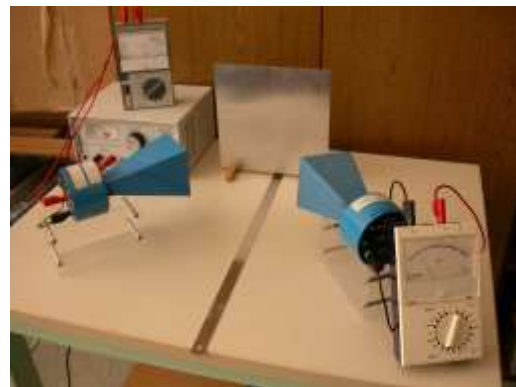
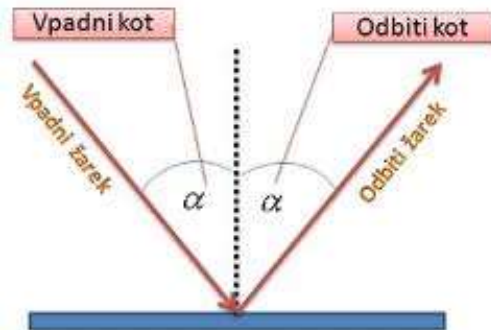
a) Odboj transversalnega valovanja na vrvi:



b) Odboj ravnega in krožnega valovanja na vodni gladini:



c) Odboj svetlobe in mikrovalov:



Kakšno pravilo velja za odboj valovanja?

2. LOM VALOVANJA

a) Kaj je vzrok, da se valovanja lomijo?

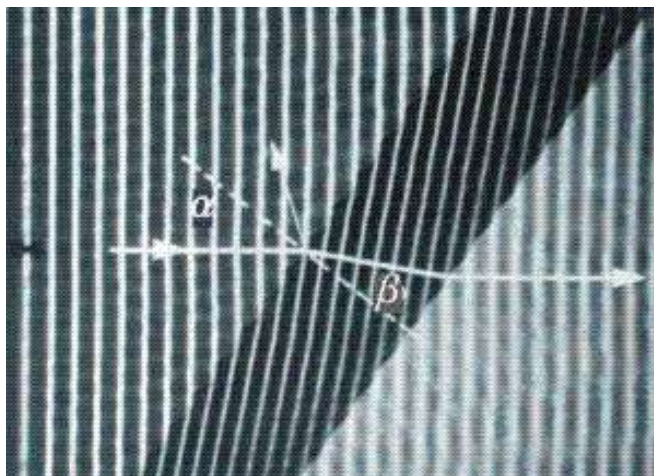
- Valovanja se lomijo, ker se spremeni hitrost valovanja.

b) Kako se valovanje lomi, če se hitrost valovanja zmanjša?

- Če se hitrost valovanja zmanjša, se valovanje lomi k vpadni pravokotnici.

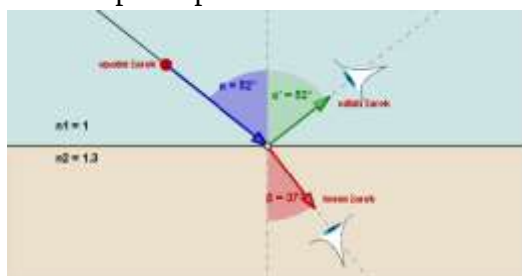
c) Kako se valovanje lomi, če se hitrost valovanja poveča?

- Če se hitrost valovanja poveča, se valovanje lomi od vpadne pravokotnice.

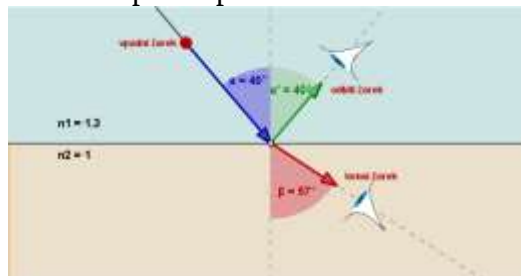


d) Kako rišemo in zapišemo lomni zakon?

Lom k vpadni pravokotnici:



Lom od vpadne pravokotnice:



- Lomni zakon: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

e) Kako je definiran lomni količnik snovi in kako zapišemo lomni zakon za svetlobo?

- Lomni količnik snovi pove, kolikokrat je hitrost svetlobe v snovi manjša kot v vakuumu.

- $n = \frac{c_0}{c_s}; c_0 = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

- Lomni zakon za svetlobo:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$



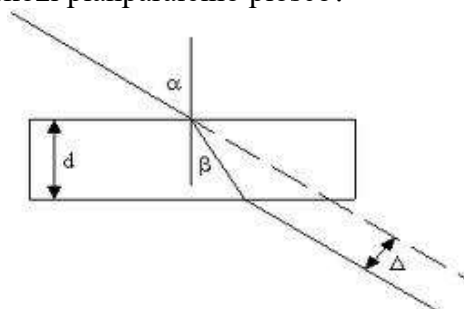
f) Koliko so lomni količniki različnih snovi?

- Zrak: $n = 1,00027$
- Voda: $n = 1,333$
- Kremenovo steklo: $n = 1,459$
- Diamant: $n = 2,417$



VALOVNI POJAVI

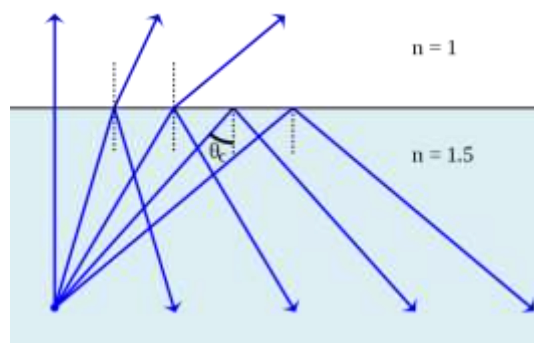
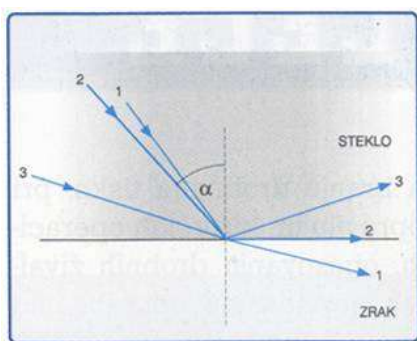
g) Kako se lomi svetlobe pri prehodu skozi planparalelno ploščo?



- Svetloba se pri prehodu skozi planparalelno ploščo dvakrat lomi (1. lom je k vpadni pravokotnici, 2. lom je od vpadne pravokotnice) in vzporedno premakne.
- Z merjenjem vpadnega in lomnega kota ter vzporednega premika žarka določimo lomni količnik snovi.

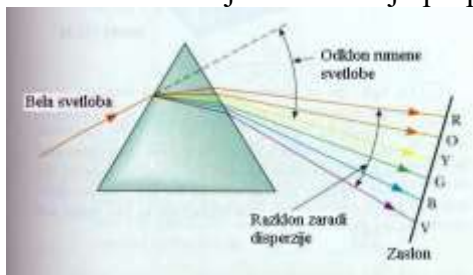
h) Kdaj nastopi popolni odboj svetlobe?

- Popolni odboj svetlobe lahko nastopi pri prehodu svetlobe iz optično gostejše snovi (n_1 - steklo) v optično redkejšo snov (n_2 - zrak).

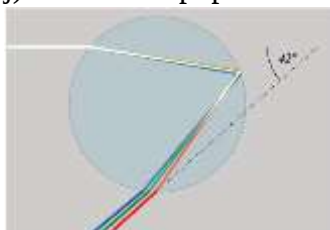


i) Zakaj nastopi odklon in razklon ali disperzija svetlobe pri prehodu skozi prizmo?

- Ker je lomni količnik snovi različen za različne barve svetlobe (različne valovne dolžine), se različne barve različno lomijo in odklonijo pri prehodu skozi prizmo.

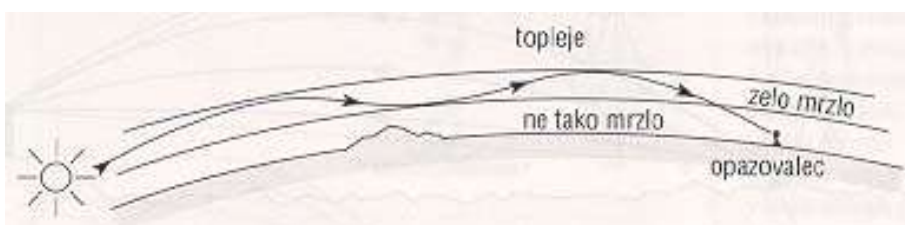
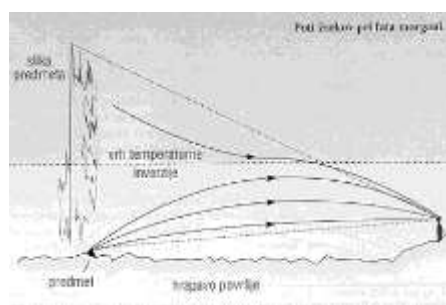
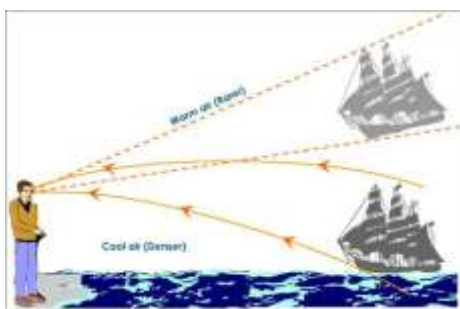


j) Razklon in popolni odboj svetlobe v naravi-mavrica:



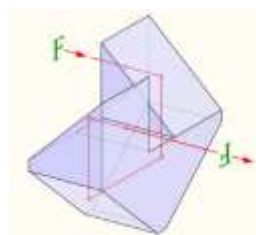
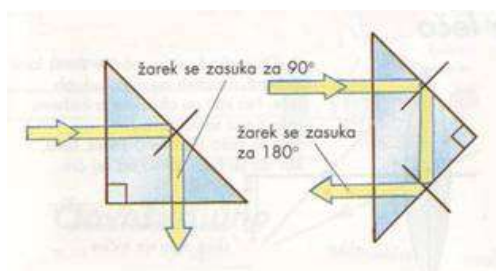
VALOVNI POJAVI

j) Popolni odboj – zgornje in spodnje zračno zrcaljenje (fatamorgana):



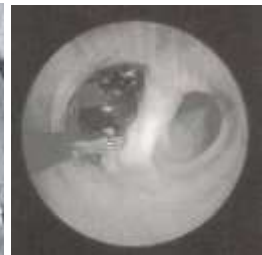
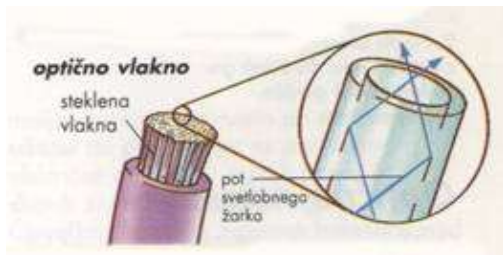
k) Kje in kako uporabljamo popolni odboj svetlobe v praksi?

➤ DALJNOGLED



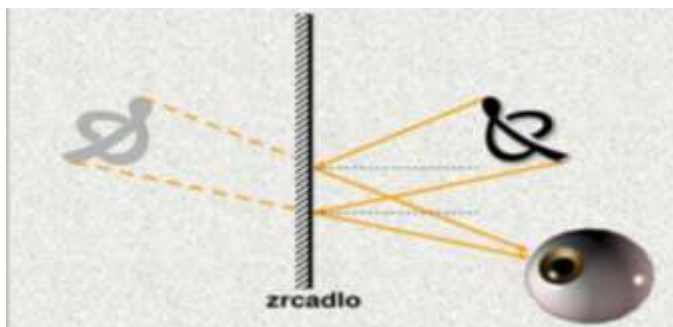
VALOVNI POJAVI

➤ OPTIČNI VODNIK (medicina–endoskopija, računalništvo-prenos podatkov)



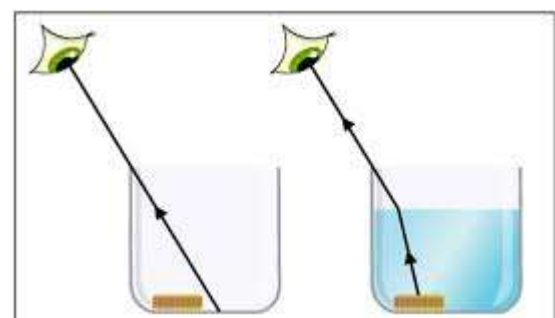
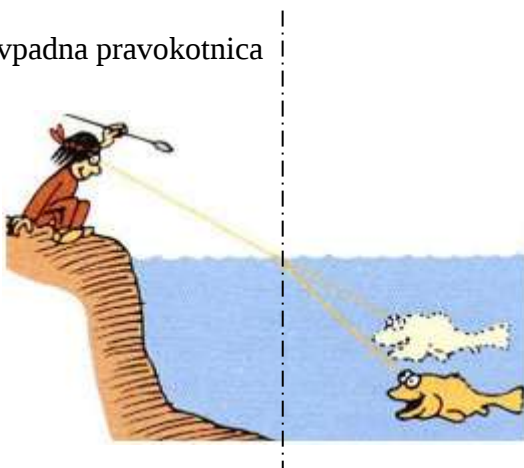
GEOMETRIJSKA OPTIKA

a) Preslikovanje z odbojem:



b) Preslikovanje z lomom:

vpadna pravokotnica



Kako ugotovimo navidezno globino ribe, jezera,....?

$$b \cdot \tan \alpha = a \cdot \tan \beta$$

α ... kot, pod katerim potuje svetloba v zraku;

β ... kot, pod katerim potuje svetloba v vodi;

a... globina predmeta (ribe, jezera,...)

b... globina slike

VALOVNI POJAVI

Ravno zrcalo:



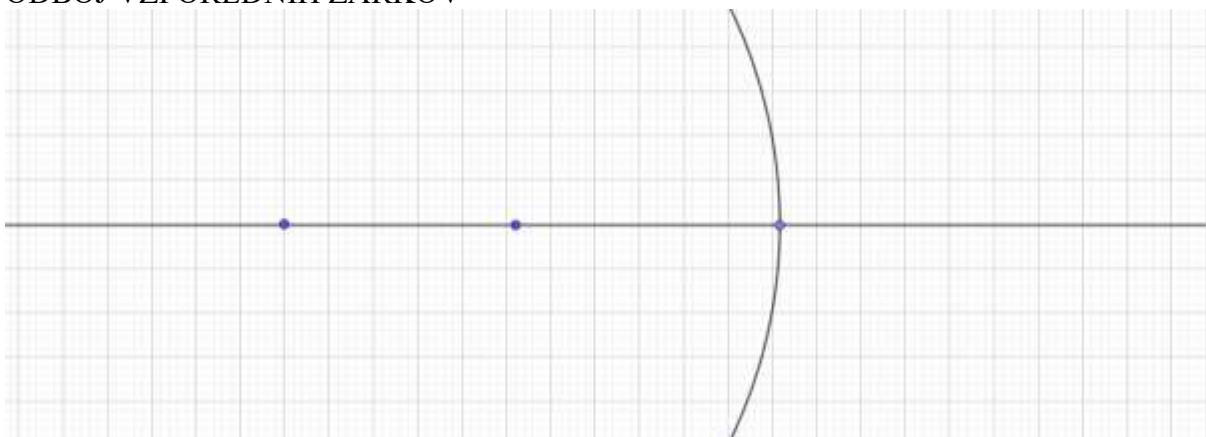
Enačba: $M = \frac{S}{P} = \frac{b}{a} = 1$

Ugotovitve:

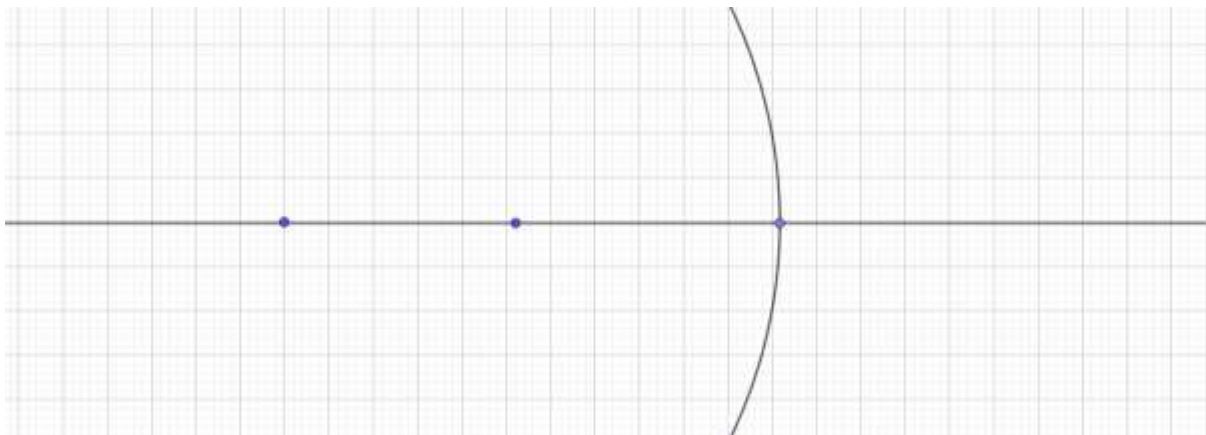
1. Kakšno sliko da ravno zrcalo? _____
2. Kje ga lahko uporabimo? _____

Konkavno zrcalo:

ODBOJ VZPOREDNIH ŽARKOV

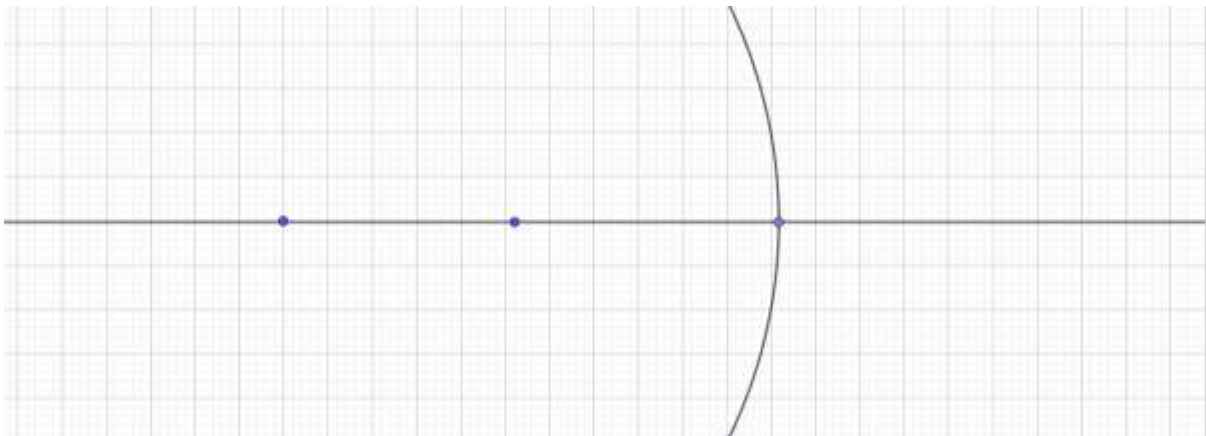


ODBOJ 4 ZNAČILNIH ŽARKOV



VALOVNI POJAVI

PRESLIKAVA PREDMETA V SLIKO Z ODBOJEM DVEH ZNAČILNIH ŽARKOV



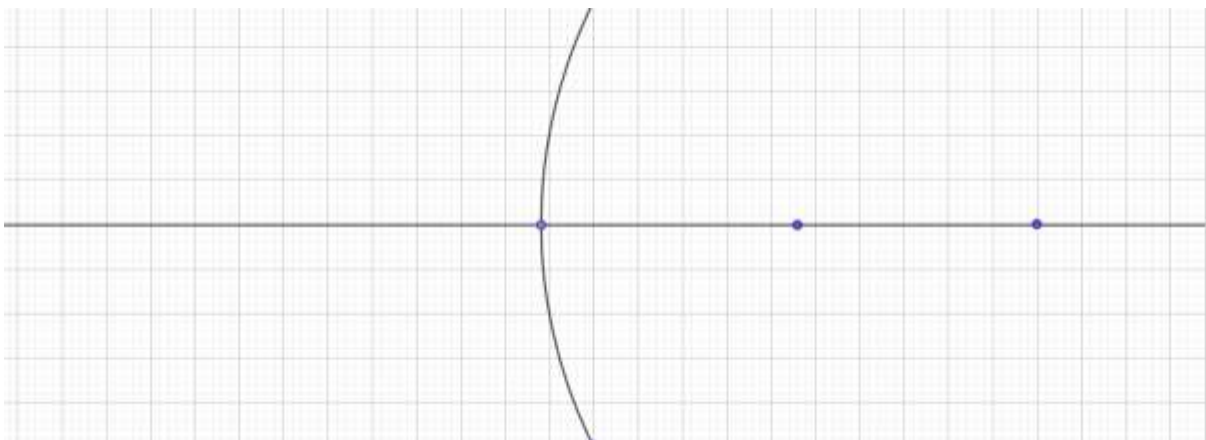
Enačbe: $f = \frac{r}{2}$ $\frac{1}{a} \pm \frac{1}{b} = \pm \frac{1}{f}$ $M = \frac{S}{P} = \frac{b}{a}$

Kakšne slike da konkavno zrcalo?
Kje ga lahko uporabimo?

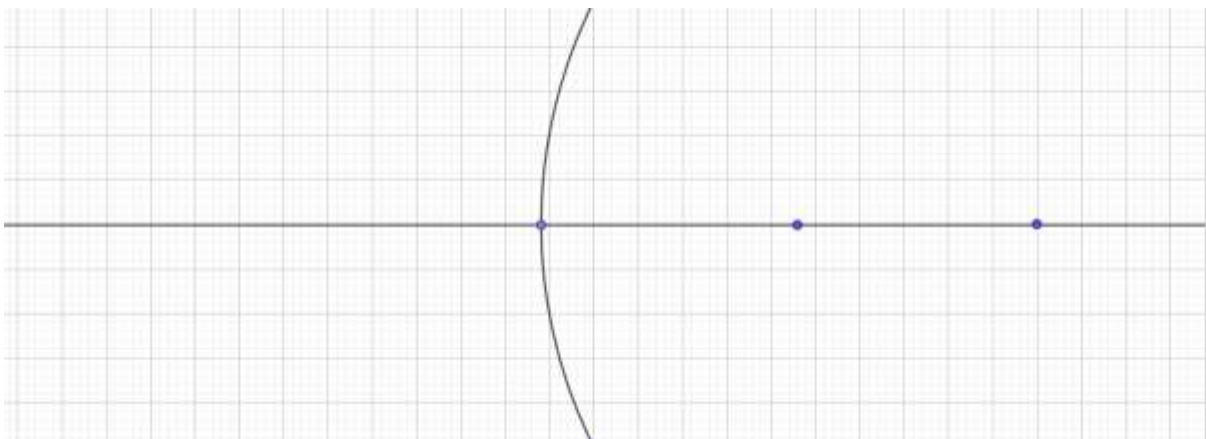


Konveksno zrcalo:

ODBOJ VZPOREDNIH ŽARKOV

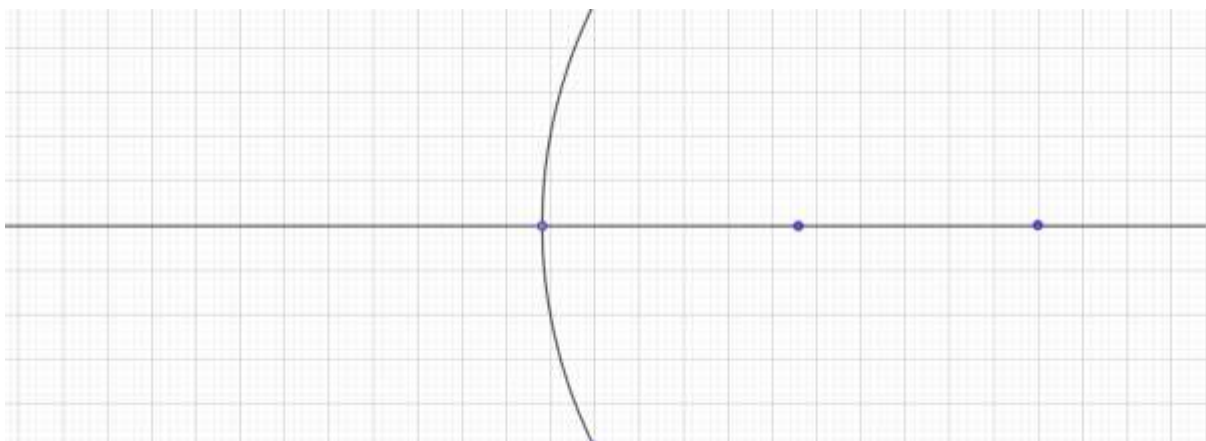


ODBOJ 4 ZNAČILNIH ŽARKOV



VALOVNI POJAVI

PRESLIKAVA PREDMETA V SLIKO Z ODBOJEM DVEH ZNAČILNIH ŽARKOV



$$\text{Enačbe: } f = \frac{r}{2} \quad \frac{1}{a} \pm \frac{1}{b} = \pm \frac{1}{f} \quad M = \frac{S}{P} = \frac{b}{a}$$

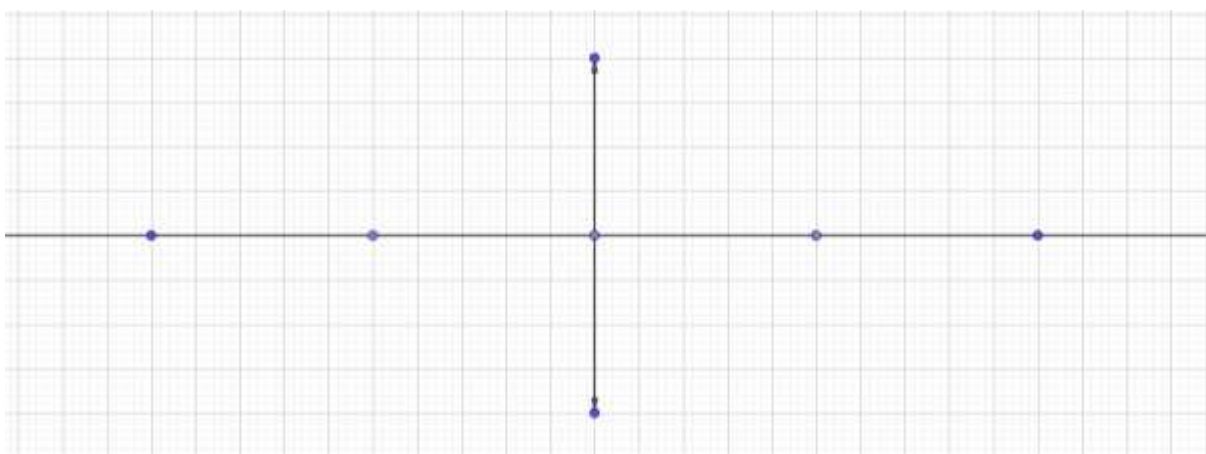
Kakšno sliko da konveksno zrcalo?

Kje ga lahko uporabimo?



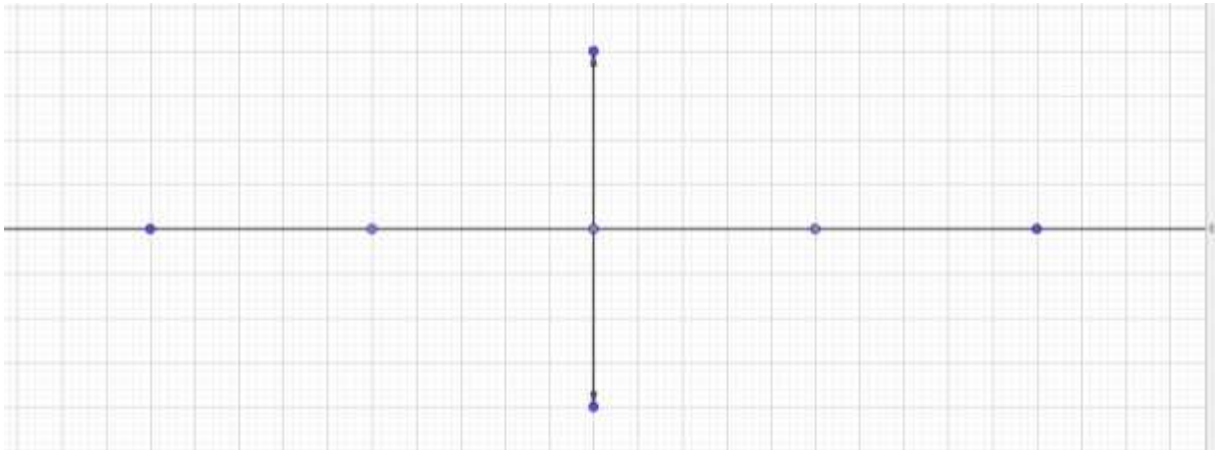
Konveksna leča:

LOM VZPOREDNIH ŽARKOV

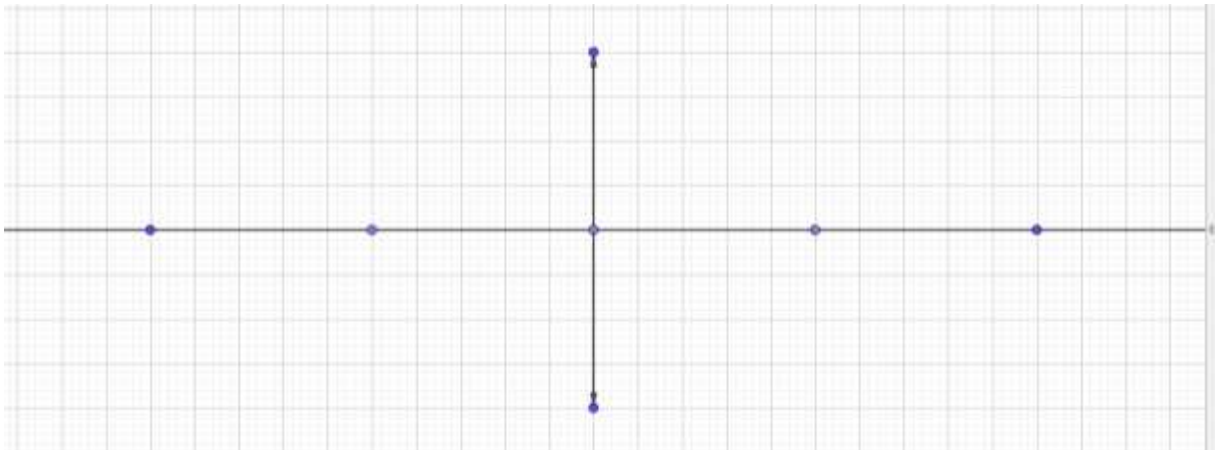


VALOVNI POJAVI

LOM 3 ZNAČILNIH ŽARKOV



PRESLIKAVA PREDMETA V SLIKO Z LOMOM DVEH ZNAČILNIH ŽARKOV



Enačbe konveksnih leč: $f = \frac{r}{2}$ $\frac{1}{a} \pm \frac{1}{b} = \pm \frac{1}{f}$ $M = \frac{S}{P} = \frac{b}{a}$

Kakšno sliko da konveksna leča in kje jo lahko uporabimo?

Kakšna leča je lupa in za kaj jo uporabljamo?

Katero okvaro očesa popravimo z zbiralnimi lečami?

LUPA- konveksna leča:

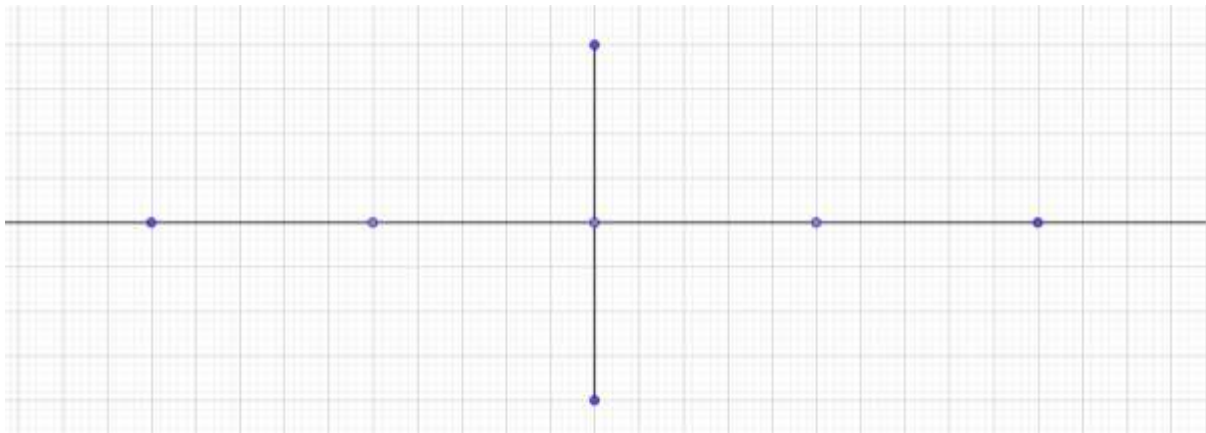
Enačbe lupe: $a \approx f_{LUPE}$ $b = x_0 = -25cm$ $M = \frac{S}{P} = \frac{b}{a} = \frac{x_0}{f_{LUPE}}$



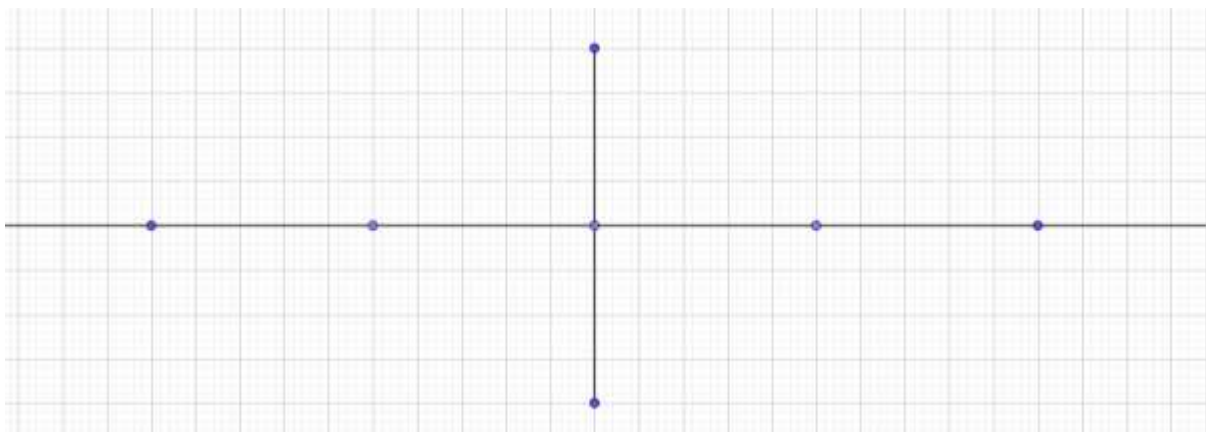
VALOVNI POJAVI

Konkavna leča:

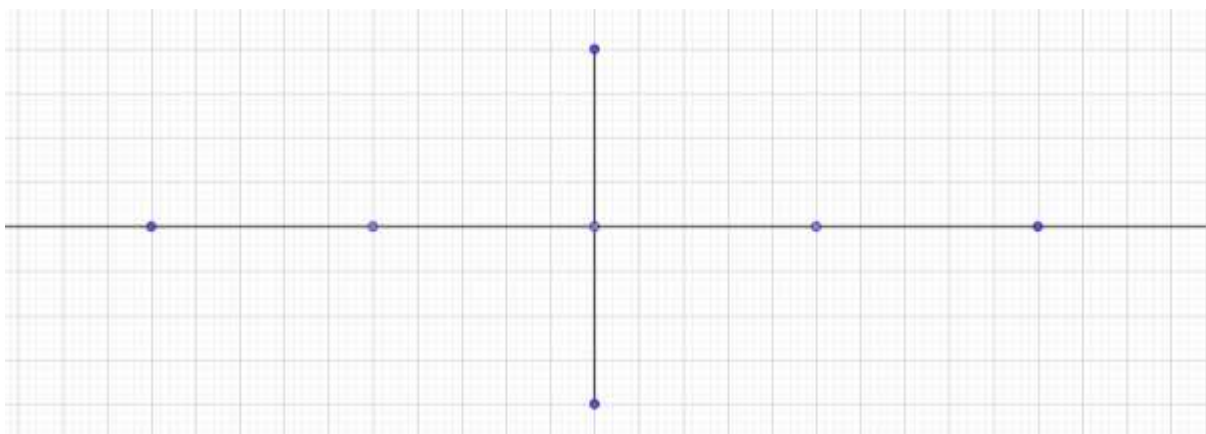
LOM VZPOREDNIH ŽARKOV



LOM 3 ZNAČILNIH ŽARKOV



PRESLIKAVA PREDMETA V SLIKO Z LOMOM DVEH ZNAČILNIH ŽARKOV



Enačbe: $f = \frac{r}{2}$ $\frac{1}{a} \pm \frac{1}{b} = \pm \frac{1}{f}$ $M = \frac{S}{P} = \frac{b}{a}$

Kakšno sliko da konkavna leča in kje jo lahko uporabimo?
Katero okvaro očesa popravimo z razpršilnimi lečami?

ZAZNAVANJE SVETLOBE – OKO:

Zgradba očesa:



Napake očesa:

a) Kratkovidnost:



Vzroki:

Posledica:

Očala in dioptrija

b) Daljnovidnost:



Vzroki:

Posledica:

Očala in dioptrija

3. INTERFERENCA

a) Stojече valovanje:

- Nastane pri sestavljanju dveh valovanj, ki se širita v nasprotnih smereh (vpadnega in odbitega). Pri sestavljanju nastanejo hrbti in vozli.
- Merjenje valovne dolžine pri stojčem valovanju: $\lambda = 2 \frac{x_{m-n}}{n-m}$



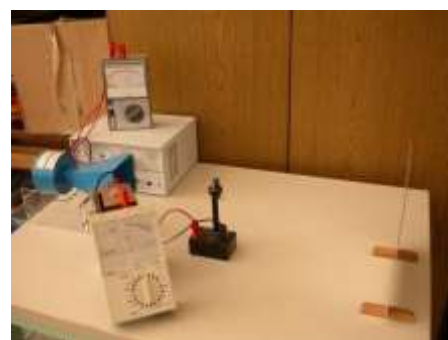
S stojčim valovanjem na vzmeti izmeri valovno dolžino in izračunaj hitrost valovanja:



n-m	x_{m-n} (m)	ν (Hz)	$\lambda = \frac{2x_{m-n}}{n-m}$ (m)	$c = \lambda\nu$ (m/s)
		100		
		100		
		100		

S stojčimi mikrovalovi izmeri valovno dolžino in izračunaj frekvenco oddajnika mikrovalov:

n-m	x_{m-n} (m)	$\lambda = \frac{2x_{m-n}}{n-m}$ (m)	c (m/s)	$\nu = \frac{c}{\lambda}$ (Hz)
			$3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	



VALOVNI POJAVI

b) Lastna nihanja strune, jezičkov, ploščic in zraka v piščalih:



Z lastnim nihanjem vpete strune izmeri valovno dolžino in izračunaj hitrost ter frekvenco resonančnega nihanja strune:

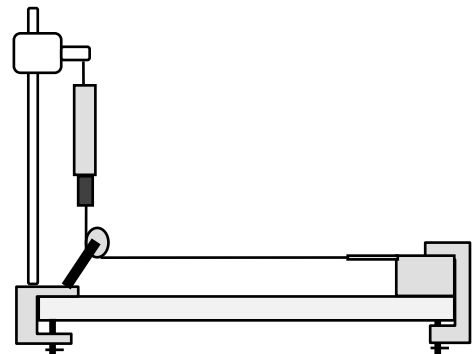
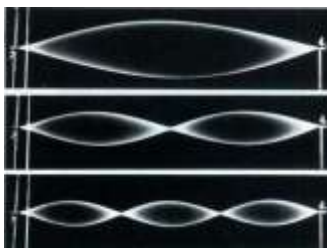


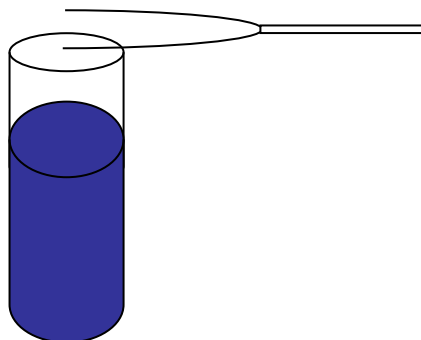
Tabela:

m (kg)	l (m)	n	F (N)	$c = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ (m/s)	l_{vpeta} (m)	$\lambda = \frac{2l_{\text{VPETA}}}{(n+1)}$ (m)	$\nu = \frac{c}{\lambda}$ (Hz)	$r = \frac{\nu - \nu_T}{\nu_T}$ (%)
		1						
		2						

VALOVNI POJAVI

Z lastnim nihanjem zraka v polodprti cevi izmeri valovno dolžino in izračunaj hitrost zvoka v zraku

- Kako visok zračni stolpec v menzuri ojači nihanje glasbenih vilic?
- Kako dolga je resonančna škatla, ki ojači nihanje glasbenih vilic?
- Izračunaj hitrost zvoka, za oba primera, če upoštevaš frekvenco glasbenih vilic:
 $\nu = 440 \text{ Hz}$



$l =$

$l =$

$\lambda =$

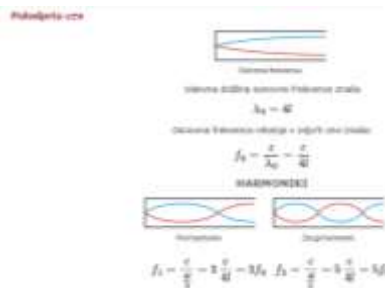
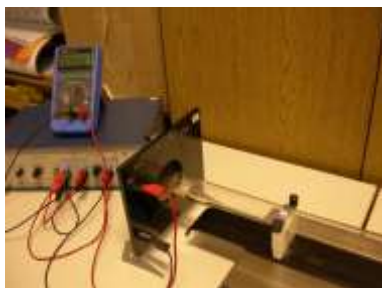
$\lambda =$

$c =$

$c =$

Izračunaj hitrost zvoka s pomočjo izmerjene valovne dolžine in frekvence lastnega nihanja zraka v polodprti piščali. Rezultat primerjaj z vrednostjo, ki jo dobiš z izmerjeno temperaturo zraka in enačbo za hitrost zvoka v zraku.

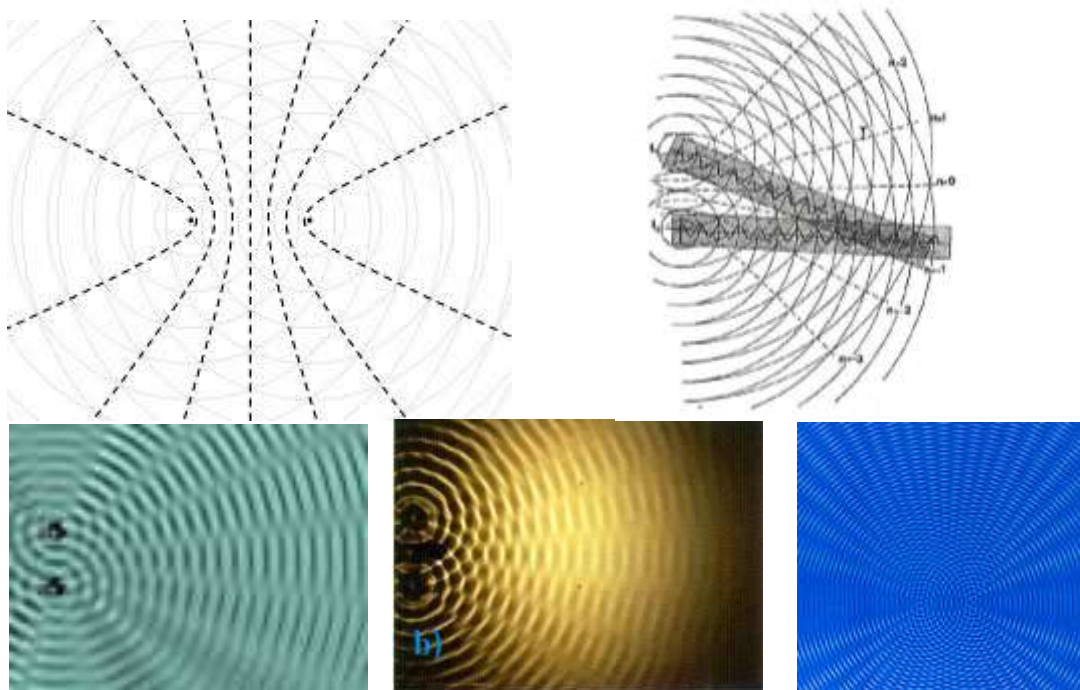
Kundtova cev za opazovanje lastnega nihanja zraka:



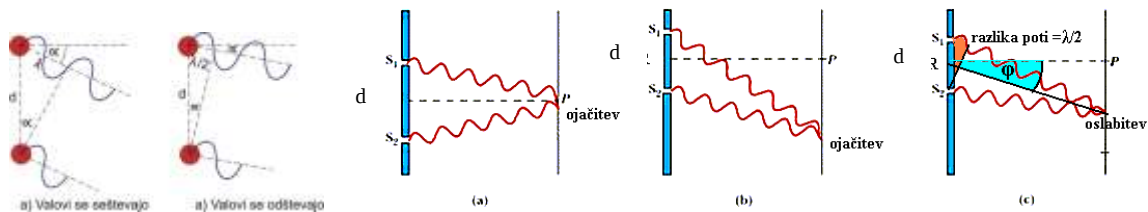
Podatki in meritev:	$c = c_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}} \text{ (m/s)}$	n	$\lambda_n = \frac{4l}{(2n+1)} \text{ (m)}$	$\nu_n \text{ (Hz)}$	$c = \lambda \nu \text{ (m/s)}$
$T_0 = 0^\circ \text{C}$		0			
$T =$		1			
$c_0 = 331 \text{ m/s}$		2			

4. INTERFERENCA IN UKLON VALOVANJA

A) Interferenca koherentnih valovanj na vodni gladini, zvoka, svetlobe, mikrovalov



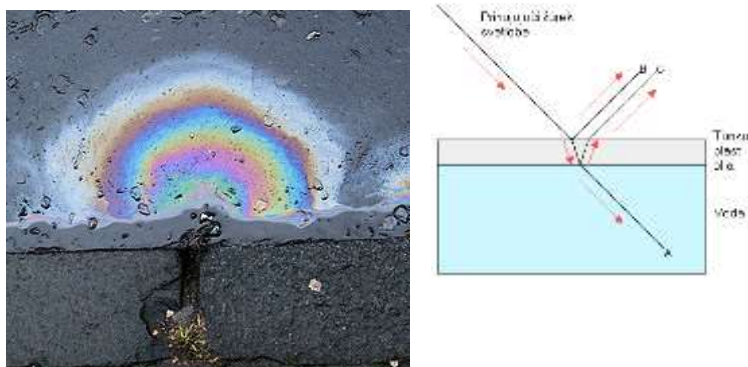
Slika:



Enačbe: OJAČITVE- $d \sin \alpha_N = \pm N \lambda$ OSLABITVE- $d \sin \alpha_N = \pm (2N + 1) \frac{\lambda}{2}$

Ugotovitve:

B) Interferenca svetlobe na tankih plasteh:



VALOVNI POJAVI

C) Uklon in interferenca valovanja (na vodni gladini, svetlobe, mikrovalov)

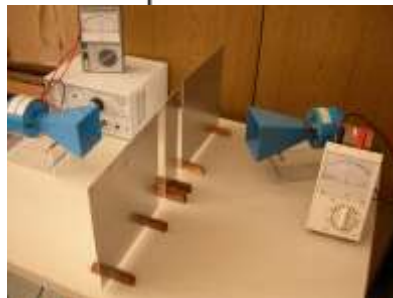
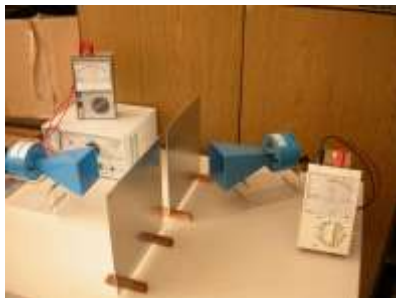
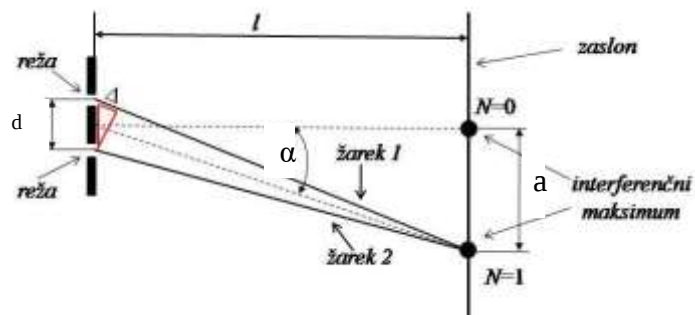
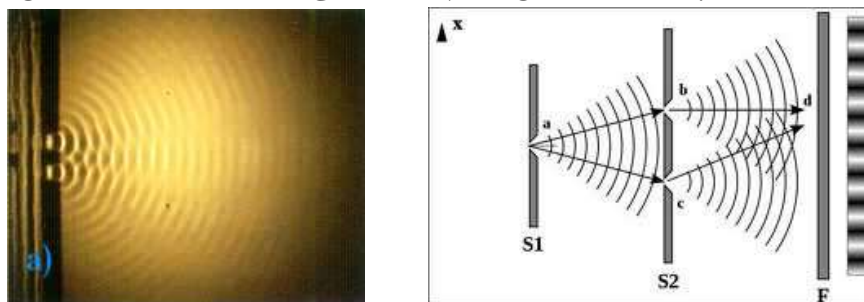
1. UKLON NA OVIRI:



2. UKLON NA ODPRTINI:



3. UKLON IN INTERFERENCA NA DVEH ODPRTINAH:



Enačbe: OJAČITVE- $d \sin \alpha_N = \pm N \lambda$ OSLABITVE- $d \sin \alpha_N = \pm (2N + 1) \frac{\lambda}{2}$

VALOVNI POJAVI

Merjenje valovne dolžine laserske svetlobe z uklonsko mrežico:



Pripomočki: Uklonski mrežici (100 rež/mm, 300 rež/mm), izvor laserske svetlobe (He-Ne laser), optična klop, merilni trak in ravnilo.

Navodilo:

Pri prehodu snopa svetlobe skozi uklonsko mrežico pride na nasprotni strani do interference. Če vpada snop pravokotno na uklonsko mrežico velja, da pride do ojačitve, če je

$$d \sin \alpha_N = N \lambda . \quad (1)$$

d je razdalja med dvema sosednjima režama, N red ojačitve in α_N smer N -te ojačitve. Interferenčno sliko prestrežemo z zaslonom na katerem ojačeni curki dajejo svetle pike. Iz razdalj teh pik a_N od centralne ojačitve ($N=0$) določimo kot, pod katerim je prišlo do izbrane ojačitve:

$$\operatorname{tg} \alpha = a / D \quad (2)$$

D je razdalja med uklonsko mrežico in zaslonom.

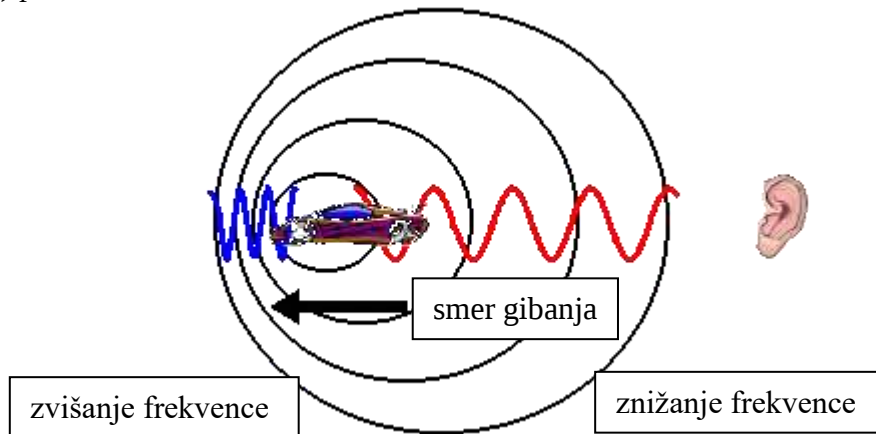
S pomočjo enačbe (2) izračunamo kot α , ga vstavimo v enačbo (1) in izračunamo valovno dolžino λ .

Tabela:

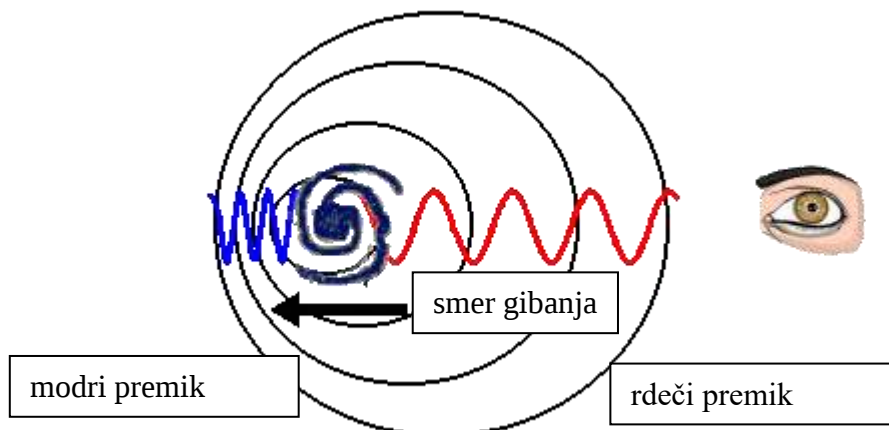
N	MERITVE			IZRAČUNI	
	D (cm)	d (nm)	a_N (cm)	α_N ($^{\circ}$)	λ (nm)

1. DOPPLERJEV POJAV

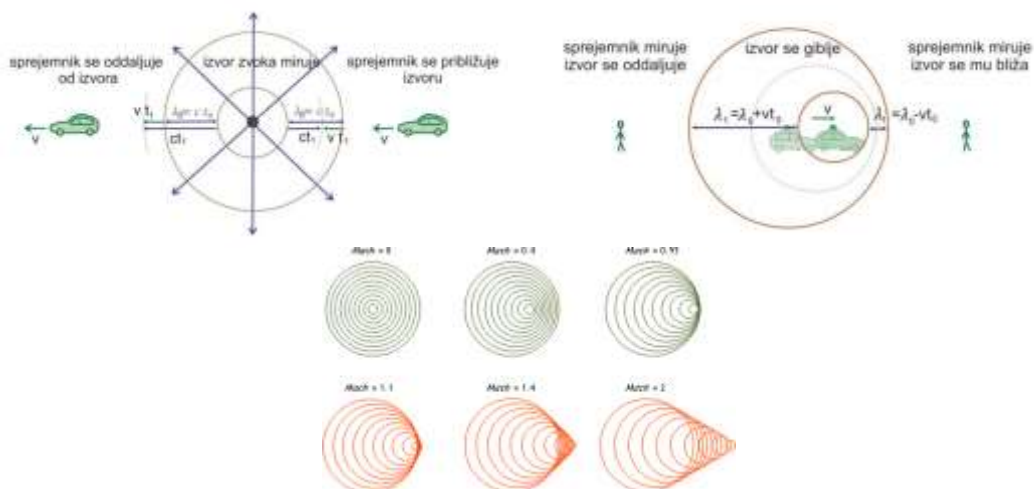
a) pri zvoku:



b) pri svetlobi:



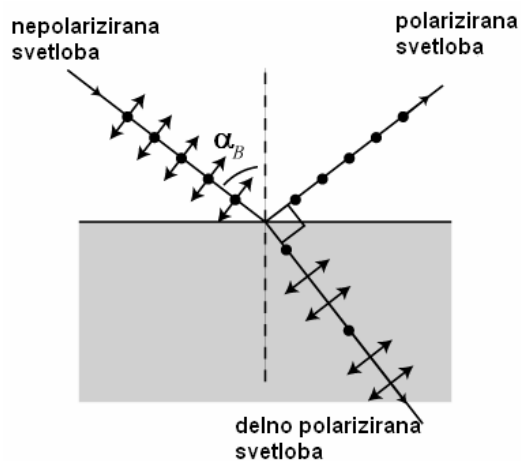
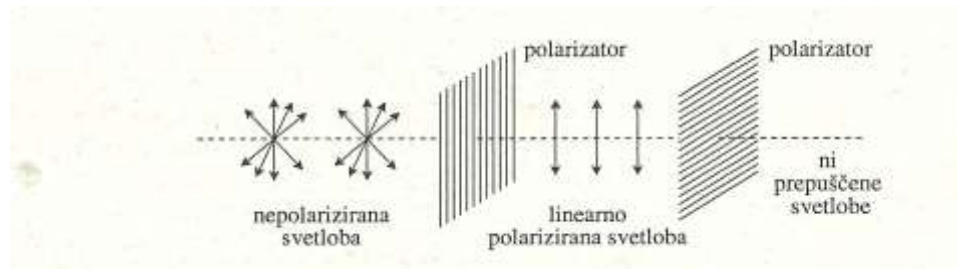
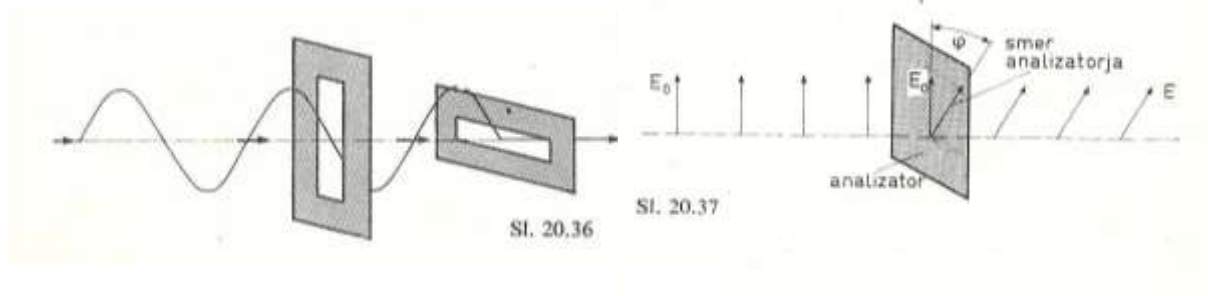
c) Gibanje sprejemnika in izvora valovanja ter Machovo število za različne hitrosti gibanja izvora valovanja:



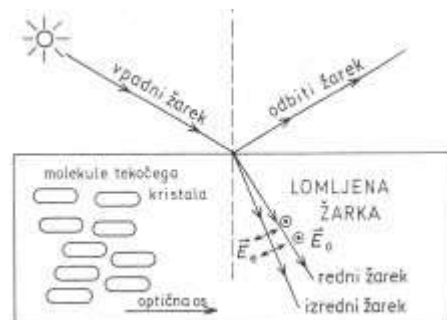
Uporaba Dopplerjevega efekta pri meritvah z ultrazvokom:

- merjenje hitrosti in pretoka krvi po žilah

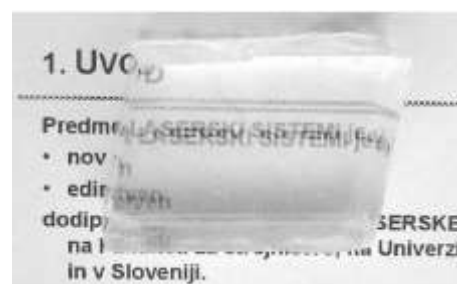
6. POLARIZACIJA VALOVANJA:



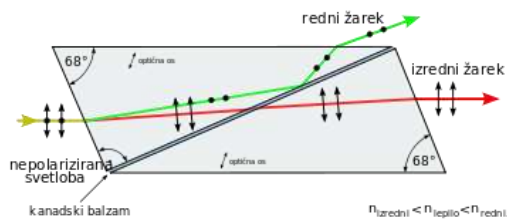
Polarizacija svetlobe z odbojem.



Anizotropen (dvolomen) kristal



Nicolova prizma



Nicolova prizma je optična prizma, ki spada med polarizacijske prizme. Uporablja se v optičnih napravah kot polarizator. S pomočjo Nikolove prizme dobimo žarek polarizirane svetlobe.

Imenuje se po škotskem fiziku in geologu Williamu Nicolu (1770 – 1851). Izumil jo je v letu 1828.

Zgradba in delovanje

Nicolova prizma je sestavljena iz dveh delov. Oba dela sta narejena iz kristala, ki sta odrezana pod kotom 68° in ponovno zlepljena s kanadskim balzamom, ki se pridobiva iz iglastega drevesa balzamovca (*Abies balsamea*). Žarek vstopa na enem koncu prizme. Zaradi dvolomnosti žarek razpade na dva žarka (redni in izredni). Eden izmed žarkov (običajno redni žarek) se popolno odbije ali pa izstopi na zgornjem delu prizme (lomni količnik ima 1,658). Drugi žarek (ima lomni količnik 1,486) se ne odbije in nadaljuje pot, ter prizmo zapusti. Ta žarek je izredni žarek in ga sestavlja linearno polarizirana svetloba. Kanadski balzam pa ima lomni količnik 1,54, kar je več kot izredni in manj kot redni žarek.

Uporaba

Nicolove prizme se uporabljajo v mikroskopiji in polarimetriji. Pogosto se v novejšem času v polarizatorjih uporabljajo polaroidne plošče in tudi **Glan-Thompsonova prizma** in **Glan-Foucaultova prizma**.

PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA:

VPRAŠANJA:

1. Predstavi odboj in lom valovanja.

- **M** Nariši in opiši odboj na vrvi s pritrjenim in prostim koncem?
- **M** Nariši in opiši odboj ravnega in krožnega valovanje na vodni gladini?
- **M** Zapiši enačbo za odbojni zakon in ga pojasni.
- **T** Kdaj nastopi lom valovanja in zakaj?
- **M** Nariši oba primera loma valovanja.
- **M** Zapiši enačbo za lomni zakon in ga pojasni. Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.

2. Predstavi odboj in lom svetlobe.

- **M** Nariši in opiši odboj svetlobe na ravnem zrcalu. Označi kote in zapiši odbojni zakon.
- **M** Kako je definiran lomni količnik snovi? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
- **M** Nariši in opiši lom svetlobe k in od vpadne pravokotnice.
- **M** Zapiši enačbo za lomni zakon svetlobe in ga pojasni. Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.
- **T** Z lomnim zakonom za svetlobo pojasni popolni odboj svetlobe.

3. Posebnosti pri lomu svetlobe.

- **T** Nariši in opiši prehod svetlobe skozi planparalelno ploščo.
- **M** Nariši in opiši prehod svetlobe skozi prizmo.
- **T** Pojasni razklon ali disperzijo svetlobe.
- **T** Nariši in opiši preslikovanje z odbojem svetlobe.
- **T** Nariši in opiši preslikovanje z lomom svetlobe.

4. Ravno zrcalo in preslikava.

- **M** Predstavi značilnosti ravnega zrcala. (Katere točke in razdalje so značilne zanj in kakšno sliko dobimo z njim?)
- **T** Nariši in opiši preslikavo z značilnimi žarki.
- **T** Katere enačbo preslikave veljajo za to zrcalo? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.

5. Konkavno zrcalo in preslikava.

- **M** Predstavi značilnosti konkavno zrcalo. (Katere točke in razdalje so značilne zanj in kakšne slike dobimo z njim?)
- **T** Nariši in opiši preslikavo z značilnimi žarki.
- **T** Katere enačbo preslikave veljajo za to zrcalo? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.

6. Konveksno zrcalo in preslikava.

- **M** Predstavi značilnosti konveksnega zrcala. (Katere točke in razdalje so značilne zanj in kakšno sliko dobimo z njim?)
- **T** Nariši in opiši preslikavo z značilnimi žarki.
- **T** Katere enačbo preslikave veljajo za to zrcalo? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.

7. Konveksna leča in preslikava.

- **M** Predstavi značilnosti konveksno lečo. (Katere točke in razdalje so značilne zanjo in kakšne slike dobimo z njo?)
- **T** Nariši in opiši preslikavo z značilnimi žarki.
- **T** Katere enačbo preslikave veljajo za to lečo? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.

8. Konkavna leča in preslikava.

- **M** Predstavi značilnosti konkavne leče. (Katere točke in razdalje so značilne zanjo in kakšno sliko dobimo z njo?)
- **T** Nariši in opiši preslikavo z značilnimi žarki.
- **T** Katere enačbo preslikave veljajo za to lečo? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.

9. Predstavi lupo in oko.

- **T** Kakšna leča je lupa? Nariši in opiši preslikavo z lupo. Kolikšna je povečava lupe?
- **T** Katere napake očesa poznamo? Kako posamezno napako popravimo?
- **V** Kaj je dioptrija očal in kolikšna je za posamezne napake očesa?

10. Interferenca valovanja.

- **M** Kaj je interferenca valovanja? Nariši in opiši interferenco valovanj dveh koherentnih izvorov.
- **T** Zapiši pogoja za ojačitev in oslabitev valovanja in jih pojasni.
- **V** Kako izračunamo število vseh ojačitev in oslabitev valovanja.

11. Stojече valovanje.

- **M** Pojasni nastanek in lastnosti stojčega valovanja ter pojma hrbet in vozle.
- **T** Nariši in opiši lastno nihanje strun in zraka v piščalih.
- **V** Zapiši enačbe frekvenc lastnega nihanja strun in zraka v piščalih? Predstavi nastopajoče količine in njihove enote.

12. Uklon valovanja.

- **M** Nariši in opiši uklon valovanja.
- **T** Kaj vidimo na zaslonu pri uklonu enobarvne in bele svetlobe?
- **T** Kako izračunamo valovno dolžino uklonjenega valovanja?

13. Dopplerjev pojav.

- **M** Pojasni Dopplerjev pojav.
- **M** Kako slišimo Dopplerjev pojav pri zvoku in ga vidimo pri svetlobi?
- **V** Kaj je Machovo število in kaj nam pove? Nariši primere.

14. Polarizacija.

- **T** Kdaj je valovanje nepolarizirano in kdaj polarizirano?
- **T** Katere vrste valovanj lahko in katere ne moremo polarizirati in zakaj?
- **V** Predstavi polarizacijo valovanja na vrvi, mikrovalov in svetlobe.

NALOGE:

A) LOM SVETLOBE - strukturirane naloge

1. Svetloba vpada iz zraka na tekočino pod kotom 40° in se v tekočini lomi pod kotom 24° .
 - a) Nariši prehod žarka iz zraka v tekočino in označi kote.
 - b) Kolikšen je lomni količnik tekočine? REŠITEV: $n = 1,58$
 - c) Pod kakšnim kotom se žarek lomi, če vpada pod kotom 80° ? REŠITEV: $\beta = 39^\circ$
2. Svetlobni žarek pada pod kotom 60° na površino tekočine. Lomni žarek se odkloni od prvotne smeri za 15° proti navpičnici
 - a) Nariši prehod žarka iz zraka v tekočino in označi kote.
 - b) Kolikšen je lomni količnik tekočine? REŠITEV: $n = 1,22$
 - c) Kolikšna je hitrost svetlobe v tekočini? REŠITEV: $c = 2,4 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
3. Pilot helikopterja posveti s snopom svetlobe pod kotom 55° proti potapljaču. Lomni količnik vode je 1,35.
 - a) Nariši prehod snopa svetlobe iz zraka v vodo in označi kote.
 - b) Pod kolikšnim kotom vidi svetlobo potapljač? REŠITEV: $\beta = 37^\circ$
4. Podmornica oddaja svetlobo pod kotom 30° proti gladini. Lomni količnik vode je 1,35.
 - a) Nariši snop svetlobe na prehodu iz vode v zrak in označi kote.
 - b) Pod kolikšnim kotom vidijo svetlobo na ladji? REŠITEV: $\beta = 42^\circ$
 - c) Do katerega valovnega pojava lahko pride pri tem prehodu svetlobe in pod kakšnim kotom?
5. Svetlobni curek se na meji steklo-kapljevina popolnoma odbije, če je vpadni kot večji kot 55° . Lomni količnik stekla je 1,53.
 - a) Nariši možne prehode svetlobnega curka iz stekla v kapljevino!
 - b) Kolikšen je lomni količnik kapljevine? REŠITEV: $n = 1,25$
6. Pilot helikopterja posveti pod kotom 52° z vzporednim snopom svetlobe širine 25 cm proti potapljaču, ki plava 8,0 m pod gladino. Lomni količnik vode je 1,35.
 - a) Nariši prehod svetlobnega snopa, ki ga oddaja pilot, iz zraka v vodo!
 - b) Pod kolikšnim kotom vidi svetlobo potapljač? REŠITEV: $\beta = 36^\circ$
 - c) S kolikšno hitrostjo se širi svetloba v vodi? REŠITEV: $c = 2,2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

B) GEOMETRIJSKA OPTIKA - strukturirane naloge

a) Konkavna- zbiralna zrcala

1. Svečo postavimo pred konkavno zrcalo na razdaljo 20 cm. Slika sveče nastane na isti strani na razdalji 48 cm.
 - a) Nariši potek žarkov pri preslikovanju sveče.
 - b) Kolikšna je goriščna razdalja zrcala? REŠITEV: $f = 14 \text{ cm}$
 - c) Kolikšen je krivinski radij zrcala? REŠITEV: $R = 28 \text{ cm}$

VALOVNI POJAVI

2. Gledaš se v konkavnem zrcalu s krivinskim radijem 120 cm na razdalji 15 cm od temena zrcala.
 - a) Nariši potek žarkov pri preslikovanju svoje slike.
 - b) Kje nastane tvoja slika in kakšna je? REŠITEV: $b = -20$ cm (navidezna, pokončna, povečana)
3. Predmet višine 6,0 cm postavimo na oddaljenost 120 cm pred teme konkavnega zrcala polmera 40 cm.
 - a) Nariši potek žarkov pri preslikovanju predmeta!
 - b) Kje nastane slika predmeta? REŠITEV: $b = 24$ cm
 - c) Kako velika je slika? REŠITEV: $S = 1,2$ cm

b) Konveksna-razpršilna zrcala

1. Predmet postavimo 40 cm pred teme konveksnega zrcala. Slika nastane 20 cm od temena.
 - a) Kakšna je slika? Nariši potek žarkov pri preslikovanju .
 - b) Kolikšna je goriščna razdalja tega zrcala? REŠITEV: $f = -40$ cm
 - c) Kolikšen je polmer zrcala? REŠITEV: $R = 80$ cm
2. 4,5 cm visoko rožo postavimo na razdaljo 15 cm pred konveksno zrcalo. Krivinski radij zrcala je 10 cm.
 - a) Kje in kakšna slika nastane? REŠITEV: $b = -3,8$ cm, $S = 1,1$ cm
 - b) Nariši potek žarkov pri preslikovanju rože!
 - c) Nariši potek žarkov pri preslikovanju.

c) Konveksne- zbiralne leče

1. Goriščna razdalja bikonveksne leče je 40 cm. Predmet je visok 3,0 cm in stoji 60 cm pred lečo.
 - a) Konstruiraj nastanek slike! Kakšna je ta slika ?
 - b) Izračunaj kje in kako velika slika nastane! REŠITEV: $b = 120$ cm, $S = 6,0$ cm
2. Predmet visok 2,0 cm postavimo 40 cm pred lečo. Dobimo 10 cm visoko, navidezno in pokončno sliko predmeta.
 - a) Kje nastane slika predmeta? REŠITEV: $b = -2,0 \cdot 10^2$ cm
 - b) Kolikšna je goriščna razdalja leče? REŠITEV: $f = 50$ cm
 - c) Nariši preslikavo!
3. Predmet postavimo tako, da nam zbiralna leča z goriščno razdaljo 40 cm da 4-krat pomanjšano realno sliko, ki je velika 2,0 cm.
 - a) Kako velik je predmet? REŠITEV: $P = 8,0$ cm
 - b) Kako daleč od leče sta predmet in slika? REŠITEV: $b = 50$ cm, $a = 200$ cm
 - c) Nariši preslikavo.

d) Konkavne- razpršilne leče

1. Goriščna razdalja konkavne leče je 25 cm. Predmet je visok 5 cm in stoji 75 cm pred lečo.
 - a) Konstruiraj nastanek slike! Kakšna je ta slika?
 - b) Izračunaj kje in kako velika slika nastane ! REŠITEV: $b = -19$ cm, $S = -1,3$ cm
2. Z razpršilno lečo dobimo 2-krat pomanjšano navidezno sliko predmeta, ki je visok 5,8cm.
Predmet postavimo 30 cm pred lečo.
 - a) Kje je slika in kako velika? REŠITEV: $S = 2,9$ cm, REŠITEV: $b = -15$ cm
 - b) Kolikšna je goriščna razdalja leče? REŠITEV: $f = -30$ cm
 - c) Nariši preslikavo.

C) Geometrijska optika - izbirne naloge

1. Svečo postavimo pred ravno zrcalo. Katera ugotovitev je pravilna?

A Slika je realna in obrnjena.	B Slika je realna in pokončna.
C Slika je navidezna in obrnjena.	D Slika je navidezna in pokončna.
2. Predmet je med goriščem in temenom konkavnega zrcala. Kakšna je njegova slika?

A navidezna in povečana	B navidezna in pomanjšana
C realna in povečana	D realna in pomanjšana
3. Tanka zbiralna leča ima goriščno razdaljo 6,0 cm. Predmet stoji 12 cm pred lečo. Katera trditev o sliki predmeta je pravilna?

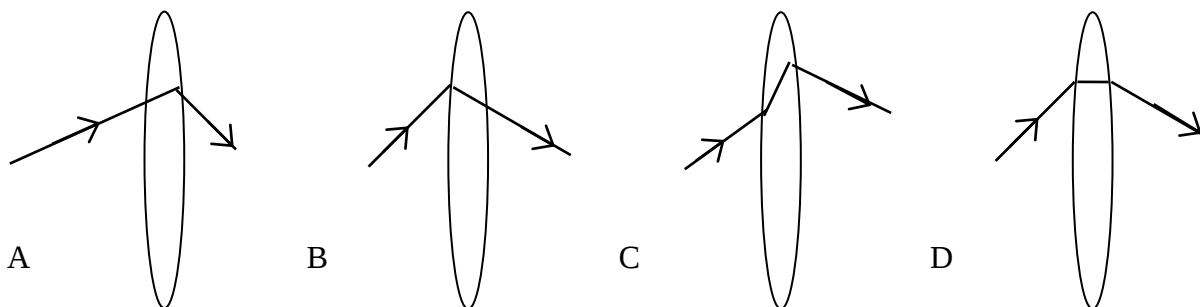
A Slika je pokončna, povečana in realna.
B Slika je pokončna, pomanjšana in navidezna.
C Slika je obrnjena, enako velika in navidezna.
D Slika je obrnjena, enako velika in realna.
4. Tanka razpršilna leča ima goriščno razdaljo 6,0 cm. Predmet stoji 12 cm pred lečo. Katera trditev o sliki predmeta je pravilna?

A Slika je pokončna, povečana in realna.
B Slika je pokončna, pomanjšana in navidezna.
C Slika je obrnjena, enako velika kot predmet in navidezna.
D Slika je obrnjena, enako velika kot predmet in realna.
5. Razdalja med predmetom in zaslonom je 1,0m. Predmet preslikamo z lečo na zaslon tako, da je slika enako velika kot predmet. Leča je:

A zbiralna z goriščno razdaljo 0,50 m	B razpršilna z goriščno razdaljo 0,50 m
C zbiralna z goriščno razdaljo 0,25 m	D razpršilna z goriščno razdaljo 0,25 m

VALOVNI POJAVI

6. Katera od spodnjih slik kaže pravilni prehod svetlobe skozi zbiralno lečo?



7. Zbiralni leči imata goriščni razdalji 10 cm in 5 cm. Kolikšna je razdalja med lečama, če snop vzporednih žarkov preslikata v snop vzporednih žarkov.

- A 5 cm B 10 cm C 15 cm D 20 cm

8. Petindvajset cm pred oko damo razpršilno lečo. Kako vidimo zelo oddaljene predmete?

- A bliže B enako oddaljene C neostre D povečano

D) Stojee valovanje – strukturirane naloge

1. Na 60 cm struni vzbuja lastna nihanja. Tretja višjeharmonična frekvenca je 800 Hz.

a) Nariši nihanje strune pri tej frekvenci!

b) Kolikšna je osnovna frekvenca te strune? REŠITEV: $\nu_0 = 200$ Hz

c) Kolikšni sta valovni dolžini pri osnovnem nihanju in pri tretjem višjeharmoničnem ?
REŠITEV: $\lambda_0 = 120$ cm ; $\lambda_3 = 30$ cm

d) Kolikšna je hitrost širjenja valovanja na tej struni? REŠITEV: $c = 240$ m/s

2. Polodprta piščal je dolga 25 cm.

a) Kolikšna je njena osnovna frekvenca? REŠITEV: $\nu_0 = 340$ Hz

b) Kolikšna je njena druga višjeharmonična frekvenca? REŠITEV: $\nu_2 = 1700$ Hz

c) Koliko bo morala biti dolga odprta piščal, da bi imela enako osnovno frekvenco ?
REŠITEV: $l = 50$ cm

3. Orgle sestavljajo polodprte piščali. Kolikšna je frekvenca najnižjega tona, ki ga orgle lahko oddajajo, če je najdaljša cev dolga 4,8 m? (17,7 Hz)

4. Sluhovod človeškega ušesa je dolg približno 2,7 cm. Kolikšna je osnovna lastna frekvenca nihanja zraka v vzdolžni smeri sluhovoda, če le-tega obravnavamo kot napol odprto piščal? (3,1 kHz)

5. Ocenite frekvence najnižjih tonov, ki jih lahko oddaja 2,5 m dolg afriški boben tam-tam. (68, 134, 204 Hz)

6. Kako dolg mora biti alpski rog, da oddaja ton s frekvenco 34 Hz? (2,5m)

7. Približno kolikšna je dolžina na obeh koncih zaprte piščali, če se prav višjeharmonična frekvenca in osnovna frekvenca razlikujeta za 350 Hz? (48 cm)

VALOVNI POJAVI

8. Zrak v polodprti piščali niha z osnovno frekvenco 500 Hz. Za koliko Hz in kako se ta spremeni, če piščal povsem odpremo? (500 Hz)
9. Odprta piščal zapiska, ker v njej nastane stoječe valovanje. Kako dolga je piščal, če se oglasi z osnovno frekvenco 200 Hz? Koliko je četrta višje harmonska frekvenca?

E) Stoječe valovanje –izbirne naloge

1. Violinist uglašuje svoj instrument. Dve struni sta razglašeni: prva daje prenizek, druga pa previsok ton. Kaj bo naredil violinist pri uglaševanju?
 - A Prvo bo bolj napel, drugo pa bo popustil.
 - B Prvo bo popustil, drugo bo bolj napel.
 - C Obe struni bo popustil.
 - D Obe struni bo bolj napel.
2. Po vrvi potuje valovanje z valovno dolžino 28 cm in se na prostem koncu odbije. Pri tem nastane stoječe valovanje. Za koliko cm je od konca vrvi oddaljen najbližji vozle?
 - A 7 cm
 - B 14 cm
 - C 28 cm
 - D 35 cm

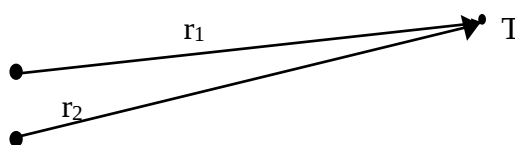
F) Interferenca in uklon valovanja – strukturirane naloge

1. Pri interferenci mikrovalov smo zaznali drugi pas ojačitev pod kotom 30° glede na simetralo.
 - a) Kolikšna je razdalja med izvoroma, če je valovna dolžina 1,5 cm?REŠITEV: $d = 6,0$ cm

G) Interferenca in uklon valovanja –izbirne naloge

1. V točko T prihaja valovanje iz dveh izvorov, ki nihata sočasno. V točki T opazimo **prvo ojačitev**, če velja:

- A $r_2 - r_1 = \lambda/2$
- B $r_2 - r_1 = \lambda$
- C $r_2 - r_1 = 3\lambda/2$
- D $r_2 - r_1 = 2\lambda$



2. Valovanje iz dveh rež ustvari na oddaljenem zaslonu interferenčne proge. Kolikšna je razlika v oddaljenosti obeh rež do točke, kjer je **druga oslabitev**?
 - A $0,5 \lambda$
 - B $1,0 \lambda$
 - C $1,5 \lambda$
 - D $2,0 \lambda$
3. Dva izvira nihata s frekvenco 10 Hz in ustvarjata na vodni gladini interferenčne pasove. Frekvenco povečamo na 20 Hz. Katera trditev je pravilna?
 - A Pasovi ojačitev se razmaknejo.
 - B Pasovi ojačitev se stisnejo.
 - C Pasovi ojačitev se ne spremenijo.
 - D Pasovi ojačitev se na eni strani stisnejo, na drugi pa razmaknejo.

VALOVNI POJAVI

4. Izvora valovanja na vodnem površju sta oddaljena za 18 cm. Nihata sočasno in oddajata valovanje z valovno dolžino 6,0 cm. Koliko je vseh **ojačitvenih pasov**?
- A 3 B 6 C 7 D 10
5. Ravno valovanje se širi skozi ozko odprtino. Pri tem se valovna dolžina:
- A zelo poveča B malo poveča C ne spremeni D malo zmanjša
6. Pri poskusu z interferenco enobarvne zelene svetlobe na dveh ozkih, vzporednih režah, se pojavijo interferenčni maksimumi, ki so preblizu drug drugemu, da bi jih lahko brez truda opazovali. Kaj lahko storimo, da se bo razdalja med maksimumi povečala?
- A Zmanjšamo razdaljo med režama in zaslonom.
B Povečamo razdaljo med režama in zaslonom.
C Povečamo razdaljo med režama.
D Zamenjamo zeleno svetlobo s takim, ki daje enobarvno modro svetlobo.
7. Uklonsko mrežico uporabimo pri merjenju valovne dolžine enobarvne svetlobe. Poznamo razdaljo med sosednjima režama mrežice. Kaj moramo še meriti?
- A širino mrežice
B razdaljo od zaslona do mrežice in njeno širino
C kot, pri katerem dobimo ojačeni curek svetlobe
D razdaljo med ojačenimi curki svetlobe na zaslonu
8. Kateri pojav dokazuje, da so mikrovalovi v resnici valovanje?
- A Mikrovalovi se odbijajo od kovinske stene.
B Brez težav prodrejo skozi ploščo iz stiropora.
C Širijo se skozi prazen prostor.
D Na ovirah se uklanjajo

REŠITVE:

C) Geometrijska optika - izbirne naloge

1.D, 2.A 3.D, 4.B, 5.C, 6.D, 7.C, 8.A

E) Stojече valovanje –izbirne naloge

1. A, 2. A

G) Interferenca in uklon valovanja –izbirne naloge

1.B, 2.C, 3.B, 4.C, 5.C, 6.B, 7.C, 8.D

VALOVNI POJAVI

DODATNE NALOGE

1. Struna kitare je dolga 75cm in niha s sedmo višjeharmonsko frekvenco 1450 Hz.
 - a) Kolikšna je osnovna lastna frekvenca? ($\nu_0 = 181 \text{ Hz}$)
 - b) Izračunaj valovno dolžino pri tem nihanju in osnovno valovno dolžino! ($\lambda_0 = 1,5 \text{ m}$, $\lambda_7 = 0,19 \text{ m}$)
 - c) Kolikšna je hitrost valovanja na tej struni? ($c = 272 \text{ m/s}$)

2. Polodprta piščal ima osnovno lastno frekvenco 180 Hz.
 - a) Kolikšna je dolžina te piščali in njena osnovna valovna dolžina? ($l = 0,46 \text{ m}$, $\lambda_0 = 1,84 \text{ m}$)
 - b) Izračunaj valovno dolžino in frekvenco za tretje višjeharmonsko nihanje! ($\lambda_3 = 0,26 \text{ m}$, $\nu_3 = 1260 \text{ Hz}$)
 - c) Nariši eno pod drugo sliko osnovnega in tretjega višjeharmonskega nihanja v tej piščali!

3. Polodprta piščal je dolga 45 cm.
 - a) Kolikšna je osnovna lastna frekvenca in osnovna valovna dolžina te piščali? ($\lambda_0 = 1,8 \text{ m}$, $\nu_0 = 183 \text{ Hz}$)
 - b) Izračunaj valovno dolžino in frekvenco za peto višjeharmonsko nihanje? ($\lambda_5 = 0,16 \text{ m}$, $\nu_5 = 2017 \text{ Hz}$)
 - c) Nariši eno pod drugo sliko osnovnega in petega višjeharmonskega nihanja v tej piščali!

4. Žarek vpada iz neke snovi z lomnim količnikom 1,35 pod kotom 43° v zrak.
 - a) S kolikšno hitrostjo se v tej snovi širi svetloba? ($c_s = 2,2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)
 - b) Pod kolikšnim kotom se širi svetloba v zraku? ($\beta = 67^\circ$)
 - c) Kolikšen je mejni kot popolnega odboja pri tem prehodu? ($\alpha_t = 48^\circ$)

5. Žarek, ki vpada iz zraka na mejo neke snovi pod kotom 58° , se v tej snovi odkloni za 22° k vpadni pravokotnici.
 - a) Kolikšen je lomni količnik te snovi? ($n_2 = 1,44$)
 - b) S kolikšno hitrostjo se v tej snovi širi svetloba? ($c_s = 2,1 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)
 - c) Pod kolikšnim kotom se v tej snovi širi svetloba, če vpada vanjo pod kotom 45° ? ($\beta = 36^\circ$)

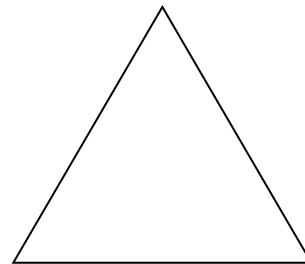
6. Enobarvna svetloba pada pravokotno na uklonsko mrežico, ki ima 300 rež/mm. Četrta ojačitev nastane pod kotom 62° .
 - a) Kolikšna valovna dolžina te svetlobe? ($\lambda = 7,36 \cdot 10^{-7} \text{ m}$)
 - b) Koliko je vseh ojačitev na zaslonu? ($n = 9$)
 - c) Z isto svetlobo posvetimo na drugo uklonsko mrežico in šesta oslabitev nastane pri kotu 79° . Kolikšna je razdalja med sosednjima režama te mrežice? ($d = 4,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$)

7. Enobarvna svetloba pada pravokotno na uklonsko mrežico, ki ima 280 rež na mm.
 - a) Kolikšna je razdalja med sosednjima režama mrežice? ($d = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}$)
 - b) Kolikšna je valovna dolžina svetlobe, če nastane peta ojačitev pod kotom 72° ? ($\lambda = 6,8 \cdot 10^{-7} \text{ m}$)

VALOVNI POJAVI

- c) Koliko je vseh ojačitev na zaslonu? (**$n = 11$**)
d) Na isto uklonsko mrežico posvetimo z drugo barvo in peta oslabitev nastane pri kotu 68° .
Kolikšna je valovna dolžina te svetlobe? (**$\lambda = 7,36 \cdot 10^{-7} \text{ m}$**)

8. Na optično prizmo, ki ima pri vrhu kot 57° (lomeči kot) iz stekla z lomnim količnikom 1,583 posvetimo pod kotom 42° .
a) Nariši prehod žarka skozi prizmo in označi kote!
b) Izračunaj oba kota v prizmi! (**$\beta_1 = 25^\circ$, $\beta_2 = 32^\circ$**)



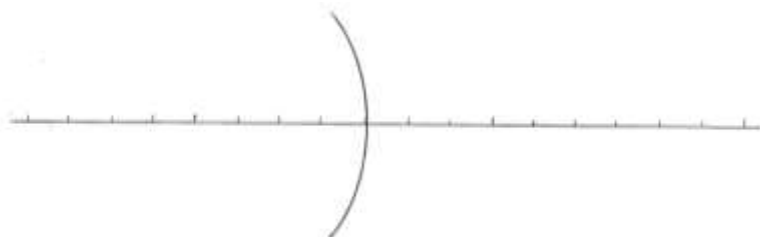
9. Enobarvna svetloba z valovno dolžino 720 nm pada pravokotno na uklonsko mrežico. Šesta ojačitev nastane pod kotom 85° ?
a) Kolikšna je razdalja med sosednjima režama mrežice? (**$d = 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}$**)
b) Pod kolikšnim nastane četrta oslabitev? (**$\theta_4 = 35,9^\circ$**)

10. Imamo konveksno zrcalo s krivinskim radijem 70 cm. Predmet velik 28 cm stoji 30 cm od temena.



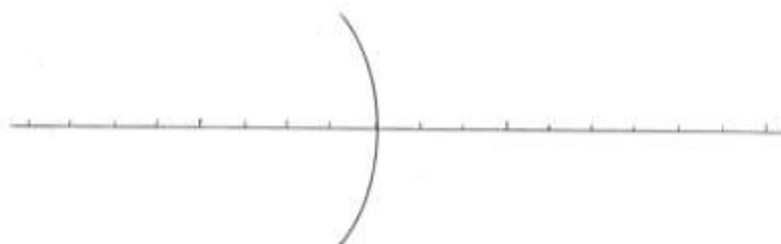
- a) V zgornji skici nariši preslikavo tega predmeta!
b) Izračunaj kje nastane slika in koliko je velika! (**$b = -16,2 \text{ cm}$, $s = -15 \text{ cm}$**)

11. Imamo konkavno zrcalo s krivinskim radijem 70 cm. Predmet velik 28 cm stoji 60 cm od temena.



- a) V zgornji skici nariši preslikavo tega predmeta!
b) Izračunaj kje nastane slika in koliko je velika! (**$b = -84 \text{ cm}$, $s = -39,2 \text{ cm}$**)

12. Imamo konkavno zrcalo s krivinskim radijem 70 cm. Predmet velik 28 cm stoji 20 cm od temena.



VALOVNI POJAVI

a) V zgornji skici nariši preslikavo tega predmeta!

b) Izračunaj kje nastane slika in koliko je velika! (**$b = -46,7 \text{ cm}$, $s = -65,8 \text{ cm}$**)

13. Imamo konkavno lečo z goriščno razdaljo 60 cm. Predmet velik 25 cm stoji 40 cm od temena.



a) V zgornji skici nariši preslikavo tega predmeta!

b) Izračunaj kje nastane slika in koliko je velika! (**$b = -24 \text{ cm}$, $s = -15 \text{ cm}$**)

14. Imamo konveksno lečo z goriščno razdaljo 60 cm. Predmet velik 25 cm stoji 40 cm od temena.



a) V zgornji skici nariši preslikavo tega predmeta!

b) Izračunaj kje nastane slika in koliko je velika! (**$b = -120 \text{ cm}$, $s = -75 \text{ cm}$**)

15. Imamo konveksno lečo z goriščno razdaljo 40 cm. Predmet velik 18 cm stoji 70 cm od temena.



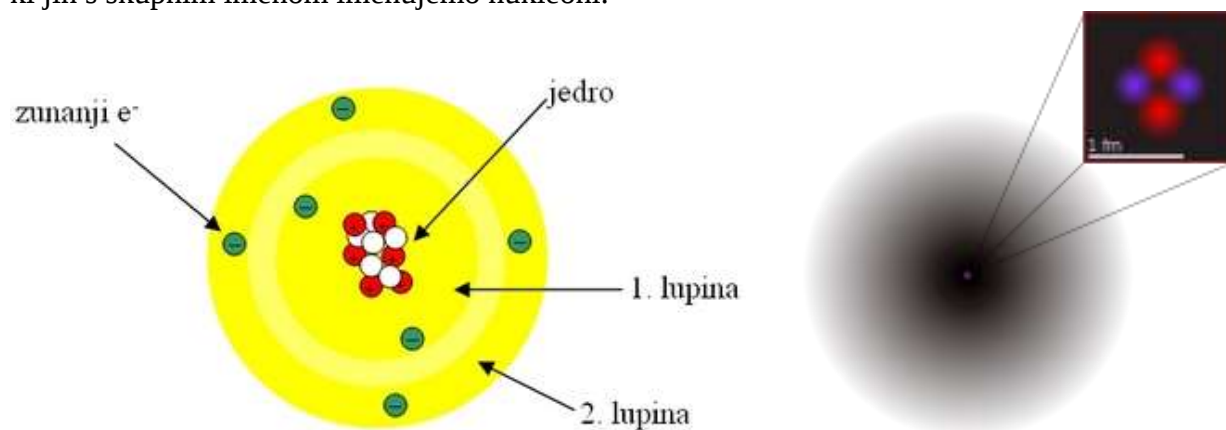
a) V zgornji skici nariši preslikavo tega predmeta!

b) Izračunaj kje nastane slika in koliko je velika! (**$b = 93,3 \text{ cm}$, $s = 24 \text{ cm}$**)

ATOMIKA

Zgradba atoma in atomskega jedra:

Atom je najmanjši del snovi, ki ga kemijsko ne moremo več razstaviti. Atom je sestavljen iz atomskega jedra in elektronske ovojnice. Atomsko jedro sestavljajo protoni in nevtroni, ki jih s skupnim imenom imenujemo nukleoni.



Velikost atoma in atomskega jedra:

Atom ima premer v območju: $d = (10^{-10} - 10^{-9}) \text{ m} \sim 0,1 \text{ nm}$.

Atomsko jedro ima premer v območju: $d = (10^{-15} \text{ in } 10^{-14}) \text{ m} \sim 1 \text{ fm}$.

Atom je 100000-krat večji od atomskega jedra.

Polmer jedra atoma: $r_j = \sqrt[3]{A} \cdot r_0$ $r_0 = 1,3 \text{ fm} \dots$ polmer vodikovega jedra (protona)

Masa atoma in atomskega jedra:

Za računanje mase atoma in atomskega jedra potrebujemo vrstno (Z) in relativno atomsko maso (A_r) danega elementa A_rX , ki ju dobimo v periodnem sistemu.

V jedru je zbrana skoraj vsa masa atoma, saj je elektron več kot 1800-krat lažji od protona oziroma nevtrona.

Masa jedra: $m_j \sim m_a = A_r \cdot u$; $u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Masa protona: $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,007276467 \text{ u}$

Masa nevtrona: $m_n = 1,6929 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,008664916 \text{ u}$

Masa elektrona: $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0,000054858 \text{ u}$

Mol je množina snovi, ki vsebuje toliko atomov, elektronov, nukleonov, molekul ali ionov, kot znaša Avogadrova konstanta N_A . Avogadrova konstanta N_A je definirana kot število atomov v 12 g ogljikovega izotopa ${}^{12}\text{C}$: $N_A = 6,023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Molska masa M je masa mola snovi; to je množine snovi, ki vsebuje en mol delcev (atomov, ionov, molekul, elektronov...). Enota je gram na mol (g mol^{-1}).

Atomska enota mase u je enaka 1/12 mase ogljikovega izotopa ${}^{12}\text{C}$; $u = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

Izobari nekega elementa so atomi, ki imajo v jedru enako število nukleonov, razlikujejo pa se po številu protonov.

Izotopi nekega elementa so atomi, ki imajo v jedru enako število protonov, razlikujejo pa se po številu nevtronov. Izotopi imajo enako vrstno število (Z) in različno masno število (A). Vodikovi izotopi so: ${}^1_1\text{H} = {}^1_1\text{p}$ (samo proton), devterij ${}^2_1\text{H} = {}^2_1\text{d}$ (proton in nevtron) in tritij ${}^3_1\text{H} = {}^3_1\text{t}$ (proton in dva nevtrona).

Relativna atomska masa (A_r) je število, s katerim moramo pomnožiti osnovno enoto mase ($u = 1,66 \times 10^{-27}$ kg), da dobimo maso atoma. Vrstno število Z je naravno število, medtem ko relativna atomska masa A_r ni. Razlogov za to je več.

1. Masi protona in nevtrona nista celoštevilčna večkratnika atomske enote mase u .
2. Pri tvorbi atomskega jedra se sprosti energija. Skladno z znamenito Einsteinovo enačbo $W = mc^2$ se del mase spremeni v energijo (c - svetlobna hitrost: $c = 3 \times 10^8$ m s $^{-1}$). To je tako imenovani masni defekt.
3. Neka količina elementa vsebuje več izotopov. Njegova relativna atomska masa je srednja vrednost atomskih mas različnih izotopov uravnoveženih z njihovim masnim deležem v naravi.

Naboj atoma in atomskega jedra:

Ker je atom električno nevtralen ($e_a = 0$), je število elektronov enako številu protonov v jedru - to je vrstnemu številu Z .

Elektron ima negativni električni naboj. Njegova vrednost je enak osnovnemu naboju:

$$e_e = -e_0 = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As.}$$

Proton ima pozitivni električni naboj. Njegova vrednost je enak osnovnemu naboju:

$$e_p = +e_0 = +1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As.}$$

Nevtroni so električno nevtralni: $e_n = 0$

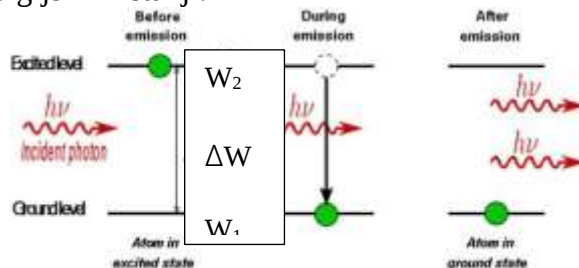
Naboj jedra je enak naboju protonov v jedru: $e_j = +Z \cdot e_0$.

Naboj elektronske ovojnice je enak naboju elektronov v ovojnici: $e_{eo} = -Z \cdot e_0$.

Izmenjava energije med svetlobo in snovjo:

Elektron, ki prejme energijo enako razliki energij med energijskimi stanji, preskoči v vzbujeno stanje. Elektron lahko prejme energijo z absorpcijo fotona.

Pri vračanju v osnovno energijsko stanje elektron izseva foton, katerega energija ustreza razliki energij med energijskimi stanji:



$$W_f = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \Delta W = W_2 - W_1$$

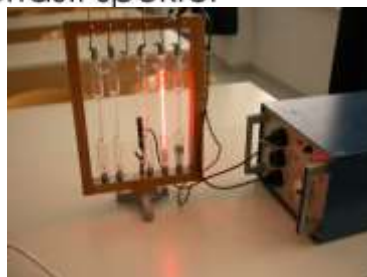
Vzbujeni atomi zato sevajo. Enoatomni plini sevajo črtast (emisijski) spekter, medtem ko večatomne molekule oz. snovi iz večatomnih molekul sevajo zvezni spekter.



zvezni spekter



črtasti spekter



Atomi, na katere svetimo z belo svetlobo, iz nje "poberejo" valovne dolžine, katerih energija ustreza energiji elektronskih prehodov. Tako nastane absorpcijski spekter, v katerem so temne lise na mestih, kjer so v emisijskem črte.



absorpcijski spekter

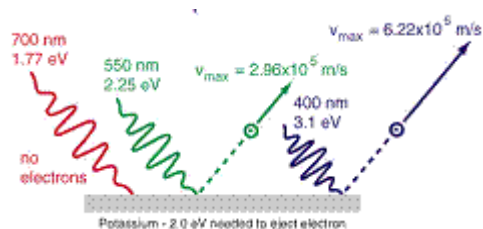
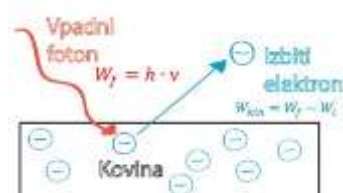
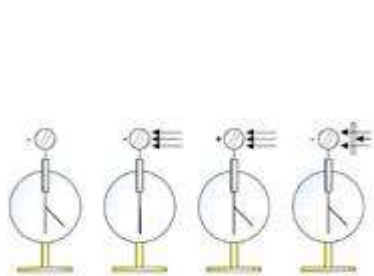


emisijski spekter

V primeru, da elektron prejme energijo, ki je večja od energije osnovnega stanja, zapusti atom in atom se ionizira.

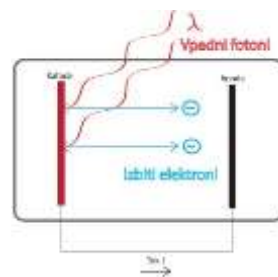
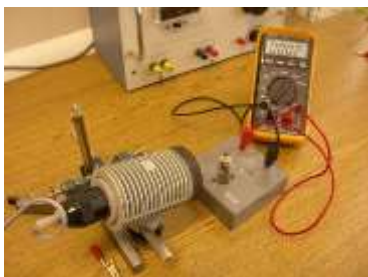
Fotoefekt, foton, fotocelica

Fotoefekt na cinkovi plošči:



$$W_f = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda} ; W_{ke} = W_f - W_i$$

Fotocelica brez vira napetosti (mrtvi tok):



Fotocelica z virom napetosti v prevodni smeri:



Fotocelica z virom napetosti v zaporni smeri:



Merjenje energije vpadle svetlobe s fotocelico:

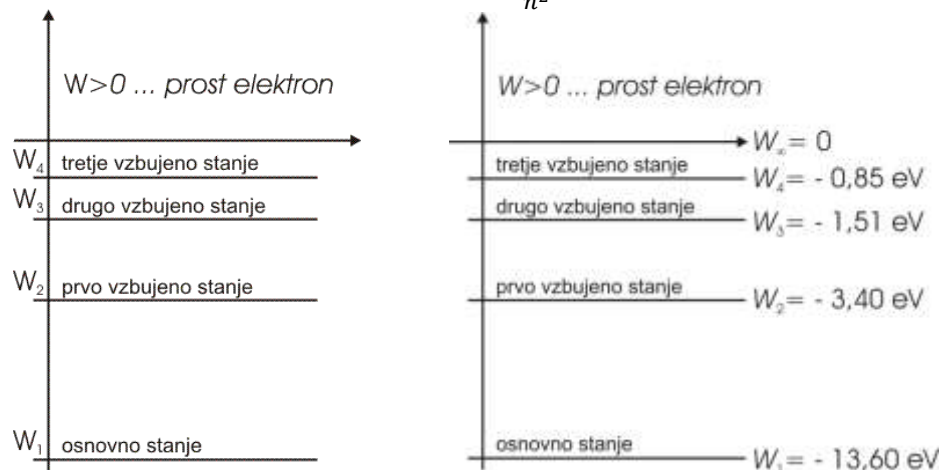


Energijska stanja atoma

Kolikšna je energija posameznega energijskega stanja, je odvisno od vrste atoma. Vodikov atom, ki ima samo en elektron, ima preprosto razporeditev energij.

Energija osnovnega energijskega stanja vodikovega atoma je: $W_1 = -13,60 \text{ eV}$

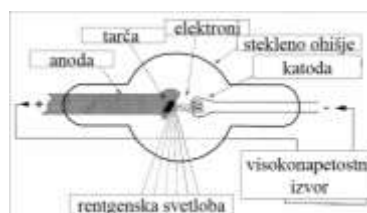
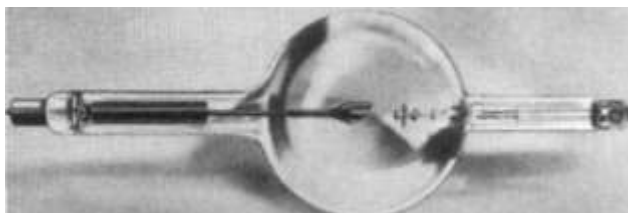
Energija n-tega energijskega stanja je: $W_n = -\frac{W_1}{n^2}$; $n = 1, 2, 3, \dots$



Rentgenski žarki

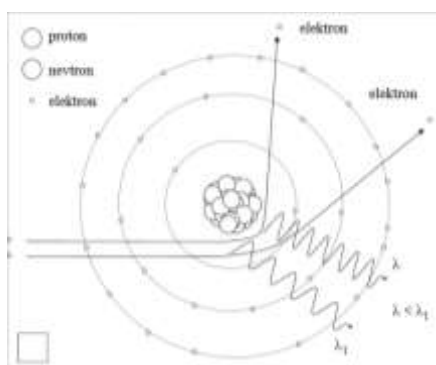
Wilhelm Konrad Röntgen 1901 prejme Nobelovo nagrado, prvo na področju fizike, za odkritje žarkov x, ki jih kasneje poimenujejo po odkritelju rentgenski žarki.

Rentgenska cev je evakuirana steklena cev, v kateri sta nameščeni katoda in anoda:

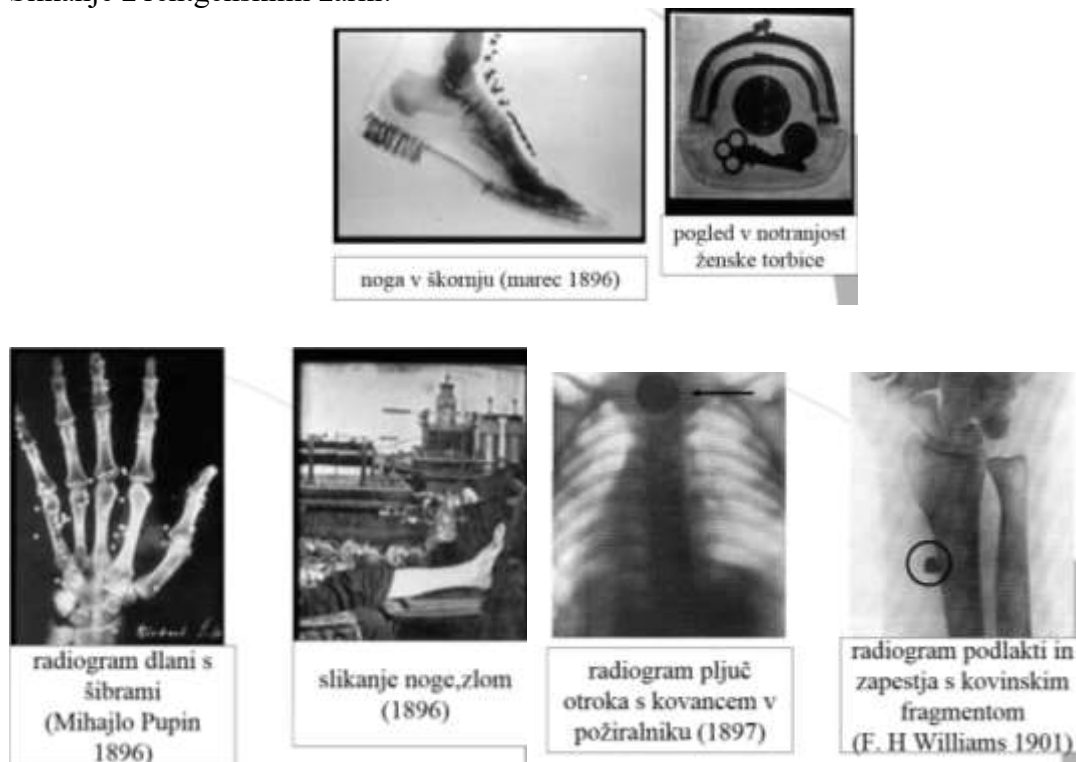


Zavorno sevanje:

$$h \cdot \nu_{\max} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{\min}} = e \cdot U_{\max}$$



Slikanje z rentgenskimi žarki:



PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA:

VPRAŠANJA:

1. Zgradba in notranja energija atoma

- **M** Kakšna je zgradba atoma in kakšni so njegovi gradniki?
- **M** Kako sta z gradbo atoma povezana masno in vrstno število, kaj je izotop?
- **M** V kakšnem velikostnem razmerju sta si atom in njegovo jedro?
- **T** Kakšna je notranja energija atoma?
- **T** Predstavi energijsko lestvico vodikovega atoma.
- **T** Na kakšne načine lahko spremenimo energijo atoma?

2. Foton in fotoefekt.

- **M** Kaj je foton? Kako izračunamo energijo fotona dane svetlobe? Predstavi nastopajoče količine in enote. O česa je odvisna energija fotona?
- **M** Kaj je fotoefekt?
- **M** Opiši fotoefekt na cinkovi ploščici in v fotocelici.
- **T** Predstavi fotocelico in njene vezave?
- **T** Kakšna je povezava med kinetično energijo izbitih elektronov in vpadno svetlobo pri fotoefektu v fotocelici? **V** Nariši graf odvisnosti $W_K(v)$?

3. Izmenjava energije med svetlobo in snovjo.

- **T** Pojasni nastanek črtastih emisijskih in absorpcijskih spektrov v plinih.
- **T** Pojasni delovanje rentgenske cevi, spekter rentgenski žarkov. Kako izračunamo minimalno valovno dolžino rentgenskih žarkov za dano cev?

NALOGE:

A) FOTOEFEKT, FOTONI- strukturirane naloge

1. V atomskem svetu uporabljamo enoto za energijo, ki je bistveno manjša od J. Katero?
2. Energiji 1 eV ustreza valovna dolžina 1240 nm. Katera vrsta svetlobe je to?
3. Razvrstite po energiji fotona od **najmanjše do največje** vrednosti naslednja EM valovanja: vidna svetloba, infrardeča svetloba, radijsko valovanje, rentgenski žarki.
4. Energija fotona je 1 eV. Koliko fotonov ima skupno energijo 1 J?
5. Svetloba z gostoto toka 100 W/m^2 vpada pravokotno na 5 m^2 veliko površino. Kolikšna je skupna energija svetlobe, ki pade na to površino v 1 uri?
6. 10^{25} fotonov ima skupno energijo 100 J. Kolikšna je energija enega fotona (v J in eV)?
7. Najmanj kolikšna mora biti energija fotonov, da povzročijo fotoefekt pri vpadu na kovino z izstopnim delom 3 eV? Ali poteče fotoefekt, če je energija fotonov večja od izstopnega dela? Ali poteče fotoefekt, če je energija fotonov manjša od izstopnega dela?
8. Fotoni z energijo 5 eV vpadajo na kovino z izstopnim delom 2 eV. Kolikšna je kinetična energija izbitih elektronov?
9. Pri fotoefektu je kinetična energija izbitih elektronov enaka 4 eV, izstopno delo je 3 eV. Kolikšna je energija vpadnih fotonov?
10. Fotoni z energijo 20 eV vpadajo na kovino in izbijajo elektrone s kinetično energijo 15 eV. Kolikšno je izstopno delo?
11. Kinetična energija elektronov je 5 eV. Kolikšna zaporna napetost jih ustavi?
12. Valovna dolžina svetlobe je 500 nm.
 - a) Izračunaj frekvenco svetlobe s to valovno dolžino! REŠITEV : $\nu = 0,60 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$
 - b) Kolikšna je energija fotonov te svetlobe? REŠITEV : $W_f = 2,5 \text{ eV}$
13. Plin seva svetlobo valovne dolžine 656 nm.
 - a) Kolikšna je energija izsevanih fotonov ? REŠITEV : $W_f = 1,9 \text{ eV}$
 - b) Kolikšna je frekvenca te svetlobe ? REŠITEV : $\nu = 0,46 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$
14. Fotoni določenega elektromagnetnega valovanja imajo energijo 0,50 eV.
 - a) Kolikšna je valovna dolžina teh valov? REŠITEV : $\lambda = 2,48 \text{ }\mu\text{m}$
 - b) Kolikšna je frekvenca teh valov? REŠITEV : $\nu = 0,12 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$
 - c) V katerem delu spektra so ti valovi?

B) FOTOEFEKT, FOTONI - izbirne naloge

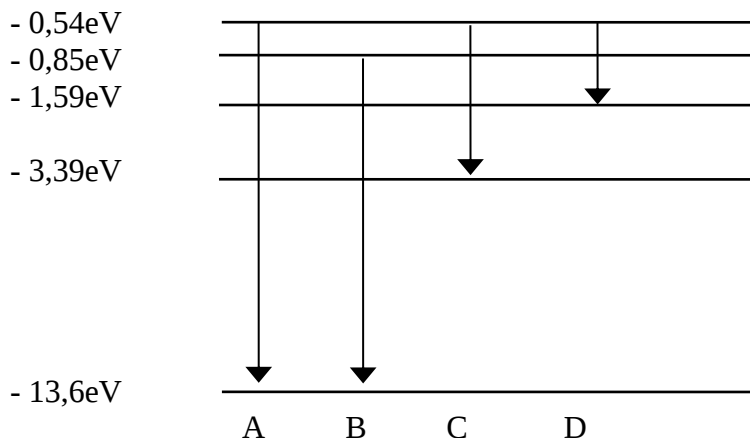
1. Kaj je foton in s kolikšno hitrostjo potuje?
 - A paket svetlobne energije, ki potuje s hitrostjo $3,0 \cdot 10^8$ m/s
 - B paket svetlobne energije, ki potuje s hitrostjo $1,8 \cdot 10^8$ m/s
 - C paket svetlobne energije, ki potuje s hitrostjo $1,0 \cdot 10^8$ m/s
 - D paket svetlobne energije, ki potuje s hitrostjo 340 m/s
2. Pri fotoefektu gre za pojav, ki ga najbolje opišemo tako:
 - A Z elektroni izbijamo iz kovine druge elektrone.
 - B Zrnca v fotografski emulziji so temperaturno občutljiva.
 - C Elektroni pri trku z jedri v snovi sevajo fotone.
 - D Fotoni izbijajo iz kovine elektrone.
3. Na fotocelico usmerimo curek enobarvne svetlobe. Največjo kinetično energijo elektronov pri fotoefektu v fotocelici ugotovimo tako, da:
 - A merimo napetost med fotokatodo in anodo, ko je tok elektronov največji,
 - B merimo napetost med fotokatodo in anodo, ko tok elektronov pade na nič,
 - C merimo radij kroga, ki ga opišejo elektroni v magnetnem polju zemlje,
 - D merimo toplotni tok iz elektrode, ki jo zadenejo elektroni.
4. Kolikšna je energija fotona modre svetlobe z valovno dolžino 450nm?
 - A 2,76 eV
 - B 4,50 eV
 - C 680 eV
 - D 850 eV
5. Kolikšna je energija fotona, če je valovna dolžina svetlobe 620nm?
 - A 0,8 eV
 - B 1,2 eV
 - C 1,6 eV
 - D 2,0 eV
6. Od česa je pri fotoefektu odvisna največja hitrost izbitih elektronov?
 - A od časa osvetlitve
 - B od hitrosti svetlobe
 - C od števila fotonov
 - D od valovne dolžine svetlobe
7. Pri fotoefektu imajo izbiti elektroni kinetično energijo, ki ne presega:
 - A energije fotonov.
 - B kinetične energije vpadnih elektronov.
 - C energije, ki je enaka izstopnemu delu.
 - D razlike med energijo izstopnega dela in vezalne energije.
8. Svetloba izbija iz kovine elektrone. Pri nespremenjeni frekvenci vpadle svetlobe zmanjšamo osvetljenost kovine. Katera od spodnjih trditev je pravilna?
 - A Število izbitih elektronov se zmanjša.
 - B Kinetična energija izbitih elektronov se zmanjša.
 - C Kinetična energija in število izbitih elektronov se zmanjša.
 - D Pri zelo majhni osvetljenosti kovine ni izbitih elektronov.

C) ENERGIJSKA STANJA ATOMA IN SPEKTRI - izbirne naloge

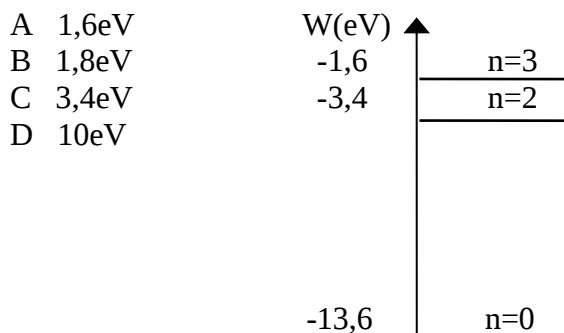
1. S svetlobo posvetimo skozi plin. Razlika med dvema energijskima stanjema atoma je $2,48\text{eV}$. Kolikšna je valovna dolžina svetlobe, ki jo pri prehodu med tema stanjema atomi absorbirajo?

A 200 nm B 300 nm C 400 nm D 500 nm

2. Na skici so prikazani energijski prehodi vodikovega atoma. Pri katerem prehodu nastane svetloba z valovno dolžino 434nm ?



3. Slika kaže energijske nivoje vodikovega atoma. Kolikšna je lahko energija fotonov, ki jih seva atom v vzbujenem stanju z glavnim kvantnim številom $n=3$?



B) REŠITVE:

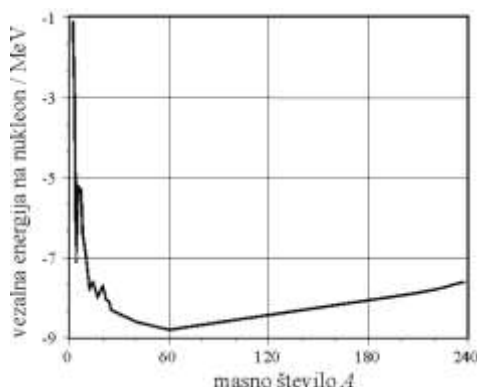
1. A, 2. D, 3. B, 4. A, 5. D, 6. D, 7. D, 8. A

C) REŠITVE:

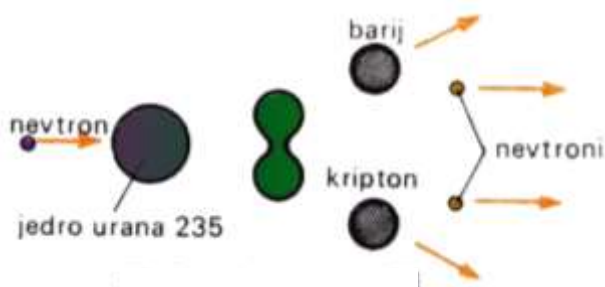
1. D, 2. C, 3. B

Vezalna energija in jedrske reakcije (razpad-fisija, zlivanje-fuzija, radioaktivnost)

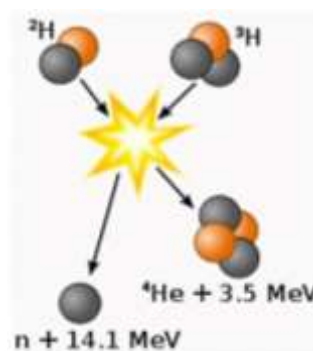
Vezalno energijo definiramo kot energijo na nukleon, ki se sprosti pri nastanku atomskega jedra. Vezalna energija se povečuje vse do vrstnega števila $Z = 60$ (to je do niklja), kasneje pa začne pojemati.



Vezalno silo med nukleoni (nevtroni in protoni v jedru) zagotavlja močna **jedrska sila**, ki deluje med vsemi nukleoni, vendar je njen doseg zelo kratek. Med protoni, ki imajo enak pozitiven električni naboj, deluje odbojna **elektrostatična sila**, ki bi lahko brez vmes vrinjenih nevtronov povzročila, da bi jedro razpadlo. Jedrska sila je tako močnejša od odbojnih sil in zato drži jedro skupaj, da ne razpade zlahka, zato so jedra atomov večinoma stabilna. Jedra z masnim številom A okoli 60 so najbolj stabilna. Jedra z velikim številom delcev (nad $Z = 60$, ko je že več kot 83 protonov), lahko spontano razpadejo. V teh primerih vpliv odbojne električne sile začne prevladovati in težja jedra postajajo vse bolj nestabilna. Jedro lahko razpade na manjša jedra, če se vanj vrinejo dodatni nevtroni. To je tudi razlog za jedrski razpad nekaterih izotopov težkih elementov (npr. urana, plutonija, radija). Manjša jedra pa se lahko zlijejo v večja. Pri tem nastanejo atomi drugih elementov. Ker se je spremenilo jedro atoma, pravimo, da poteče **jedrska reakcija**. Jedrske reakcije so lahko spontane ali pa umetno spodbujene. Spontane jedrske reakcije potekajo, pri radioaktivnem razpadu elementov (razpad atoma urana na atom torij in atom helij) ali pri zlivanju atomov, ki poteka v zvezdah (dva atoma vodika se zlijeta v atom helija). Pri jedrskih reakcijah se sprosti veliko energije v obliki radioaktivnega sevanja. Sevanje je lahko v obliki delcev (jedra atomov helija ali elektroni) ali energije (gama žarki).



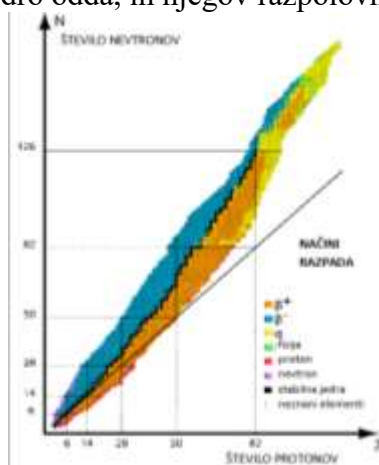
Jedrski razpad-fisija:



Zlivanje jeter-fuzija

Radioaktivnost

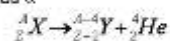
Radioaktivnost je pojav, da jedra nestabilnih atomov (radionuklidov) prehajajo v stabilno stanje in pri tem oddajajo energijo v obliki ionizirajočega sevanja. Za vsak radionuklid sta značilna vrsta sevanja, ki ga jedro odda, in njegov razpolovni čas.



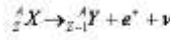
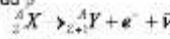
Radioaktivnost je lahko **naravnega** ali **umetnega** izvora. Poznamo tri vrste radioaktivnega razpada: α , β in γ .



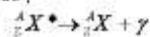
□ Razpad α



□ Razpad β^-



□ Razpad γ



Pri **razpadu α** nastanejo delci α - helijeva jedra ${}_2^4He$, ki so sestavljena iz dveh nevtronov in dveh protonov. Ker nimajo elektronov, je njihov naboj $+2e_0$.

Razpad α

pred

Začetno jedro

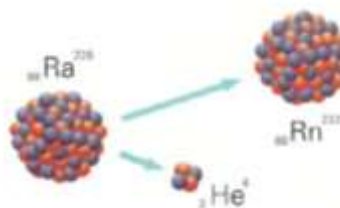
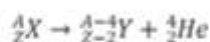
potem

Nastalo jedro

- Jedro razpade v produkt, ki sta končno jedro in delec **alfa**.
- Energija razpada Q gre v kinetično energijo. (= negativna vezavna energija)
 - Lažji delec odnese večino energije.
 - Zakaj? Ohranitev gibalne količine!

$${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}D + {}_2^4He$$

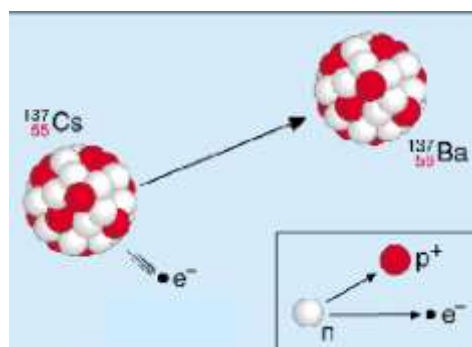
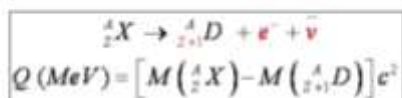
$$Q = [M({}_Z^AX) - M({}_{Z-2}^{A-4}D) - M({}_2^4He)]c^2$$



Pri **razpadu β^-** izstreli atomsko jedro elektron ${}_1^0e$. Pri tem se je nevtron v jedru spremenil v proton.

Razpad β^- (sevanje e^-)

- Začetna jedro razpade na končno jedro in **elektron** in **anti-nevtrino**.
 - Anti-nevtrino je delec, ki pojasni razmazanost kinetične energije elektrona.
- Če ima atom (Z) večjo maso kot končni produkt ($Z+1$), potem je možen razpad β^- decay.
- Prosti nevtron *lahko* razpade v proton.
 - $t_{1/2} = 10.8 \text{ min}$, $Q = 939.57 - (938.28 + 0.511) = 0.78 \text{ MeV}$



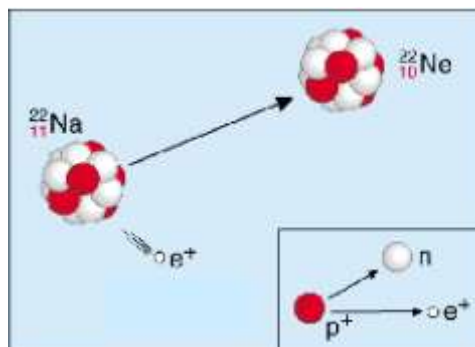
Pri **razpadu β^+** izstreli atomsko jedro pozitron 0_1e . Pri tem se je proton v jedru spremenil v nevtron.

Razpad β^+ (sevanje e^+)

- Jedro razpade v končno jedro, pozitron in nevtrino.
- Prosti proton ne razpade v nevtron preko sevanja pozitronov.
- Prosti nevtron pa lahko razpade v proton.
- Vezani protoni v atomskem jedru pa lahko sevajo pozitrone zaradi učinka jedrskih sil. Edini naravni sevalec pozitronov je ${}^{40}_{19}\text{K}$.

$${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}D + e^+ + \nu$$

$$Q(\text{MeV}) = [M({}^A_ZX) - M({}^A_{Z-1}D) - 2m_e]c^2$$

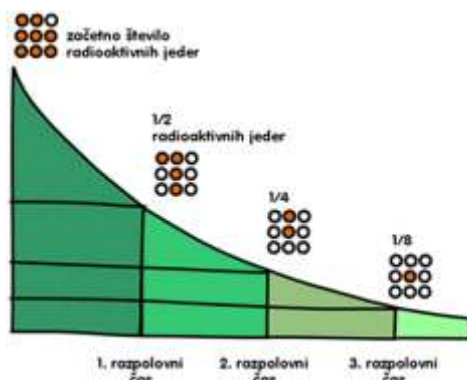
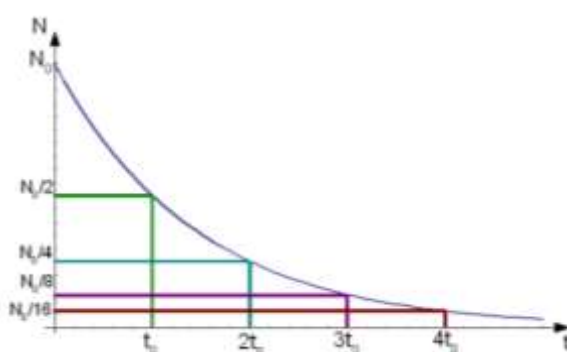


Pri **razpadu γ** atomsko jedro izseva žarke γ - elektromagnetno valovanje z majhno valovno dolžino ($\lambda \sim 10^{-12} \text{ m} = 1 \text{ pm}$) in preide v nižje energijsko stanje.

Razpolovni čas in aktivnost

Radioaktivna jedra so različno dolgo v nestabilnem stanju. Čas, v katerem razpade polovica začetnih jeter, imenujemo razpolovni čas. Razpolovni časi obsegajo zelo široko območje, od manj kot tisočinke sekunde pa do sto milijard let. Hitrost razpada pa meri razpadna konstanta λ .

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_0}} \quad ; \quad t_0 = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

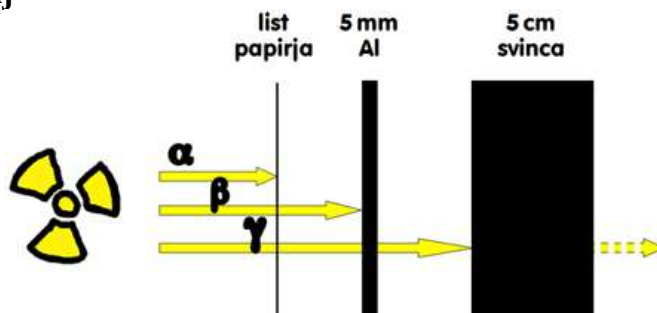


Število razpadov radioaktivnih jeter v časovni enoti je merilo za aktivnost vira.

$$A = -\frac{dN}{dt} = N_0 \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda t} = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

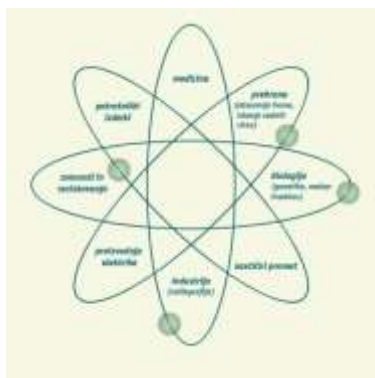
Enota za aktivnost je Becquerel (Bq), ki pomeni en razpad v sekundi. Aktivnost 50 Bq pomeni, da razpade 50 radioaktivnih jeter v sekundi.

Propustnost sevanj



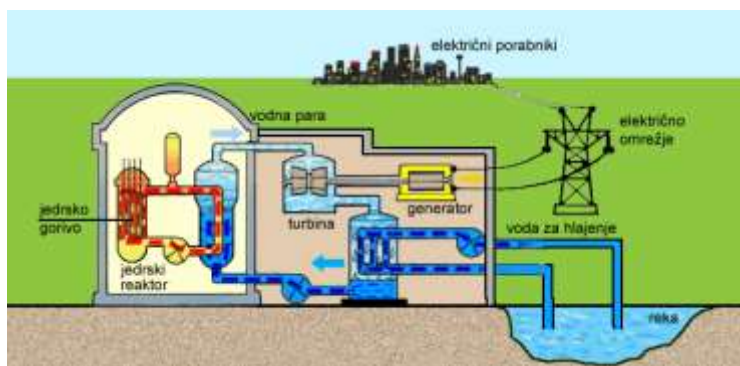
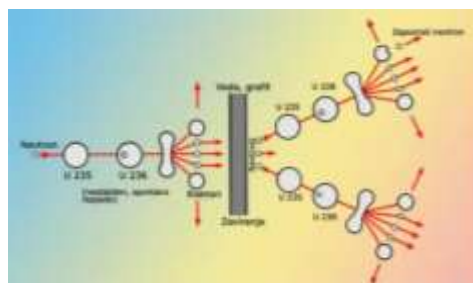
Uporaba radioaktivnosti

Radioaktivni materiali se uporabljajo v različne namene.



Jedrski reaktor:

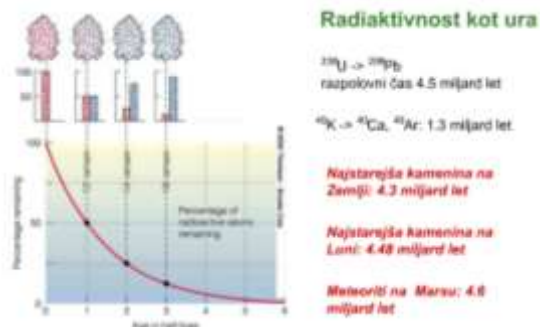
Najbolj značilen primer so jedrska goriva, kjer poteka verižna reakcija.



Industrija:

Izotopi, ki sevajo žarke γ se uporabljajo v γ -defektoskopiji. To je metoda za odkrivanje napak (defektov) v kovinskih materialih.

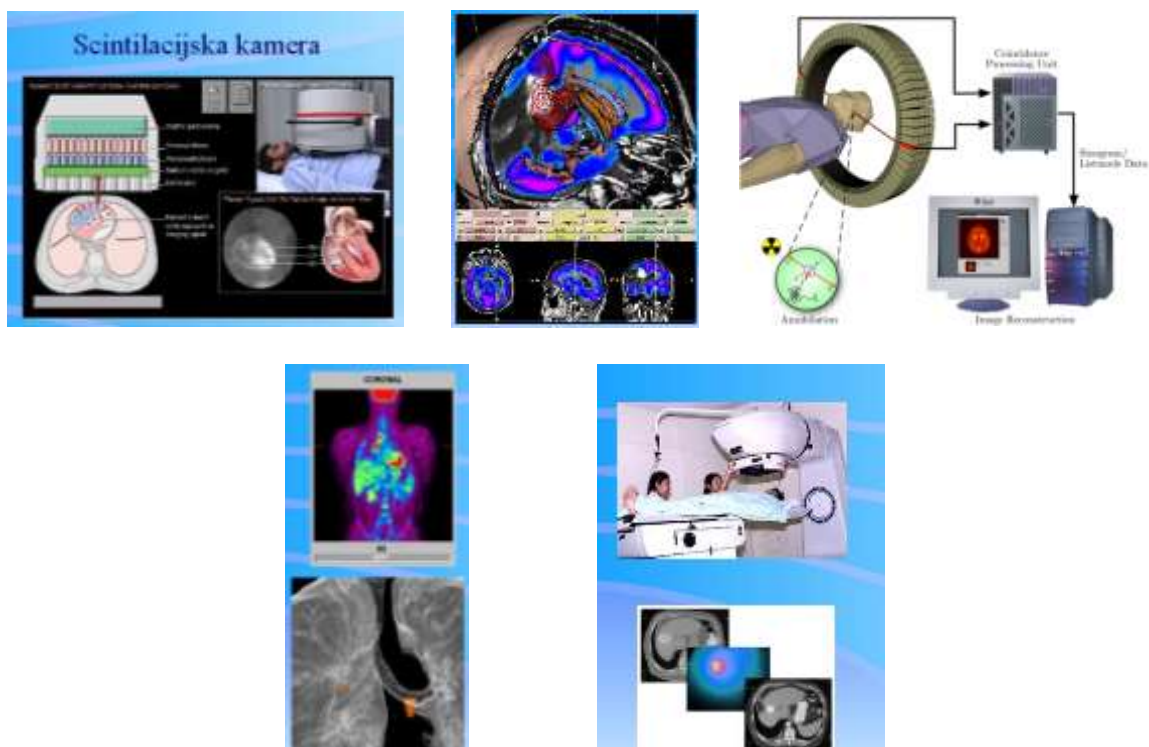
Starost kamnin se lahko določi na osnovi radioaktivnosti.



Medicina:

Nuklearna medicinska diagnostika uporablja za odkrivanje bolezni radioaktivne snovi v zelo majhnih odmerkih. Radioaktivna snov je kemično vezana na zdravilno snov - takšna zdravila imenujemo radiofarmaki. Radiofarmaki se po injiciranju nabirajo v različnih telesnih organih ali bolnih tkivih sorazmerno z delovanjem izbranih organov. Pri nuklearno-medicinskih preiskavah zaznavajo radioaktivno sevanje s posebnimi vrstami detektorjev - gama kamerami, SPECT ali PET sistemi in tako proučujejo nepravilnosti v delovanju organov ali bolnih tkiv v telesu.

Pozitronska emisijska tomografija (kratica **PET**) je vrsta nuklearno - medicinskega slikanja, ki ustvari tridimenzionalno sliko funkcijskih procesov v telesu. Postopek slikanja poteka tako, da preiskovancem vbrizgajo v krvni obtok radioaktivno snov, imenovano označevalec, ki se veže na ustrezne tarče v telesu.



Radioaktivnost v okolju

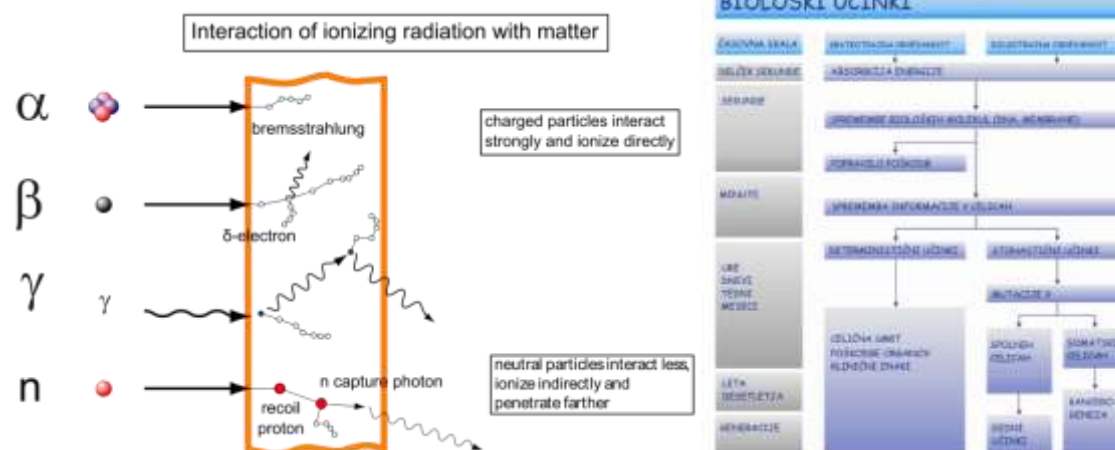


Radioaktivnost je prisotna vsepovsod v okolju. V svetu, ki nas obdaja, je torej velika večina snovi radioaktivnih, vključno trdni zemeljski materiali (kamnine, zemlja), sladka in morska voda ter plini in delci v ozračju. Posledično so radioaktivne tudi rastline, živali in človek.

Človekovo telo vsebuje od naravnih radionuklidov zlasti dolgoživi kalijev izotop ^{40}K , delno pa tudi radij ^{226}Ra , ogljik ^{14}C in tritij ^3H .

- Vsebnost kalija ^{40}K znaša okrog 50 Bq na kg telesne mase (80 kg težak človek je vir sevanja z aktivnostjo ^{40}K približno 4000 Bq).
- Zaradi radioaktivne kontaminacije Zemlje, ki jo je povzročil človek v zadnjih šestih desetletjih, vsebuje človekovo telo tudi dolgoživa radionuklida cezija (^{137}Cs) in stroncij ^{90}Sr , ter tudi povišane ravni tritija (^3H) in ogljika (^{14}C).

Vpliv sevanja na snov:



PONAVLJANJE IN UTRJEVANJE ZNANJA:

VPRAŠANJA:

1. Zgradba in velikost atomskega jedra.

- **M** Navedi velikostno stopnjo jedra in povej, iz česa je zgrajeno.
- **M** Definiraj masno število in vrstno število ter pojasni, kaj sta nukleon in izotop.
- **M** Pojasni masni defekt.
- **T** Pojasni vezalno energijo in specifično vezalno energijo jedra. Kakšna je razvrstitev atomskih jeter v preglednico N(Z)?

2. Jedrske reakcije in reakcijska energija.

- **T** Predstavi vrste jedrskih reakcij.
- **T** Kako zapišemo dano jedrsko reakcijo?
- **T** Kako izračunamo reakcijsko energijo in kakšna je glede na vrsto reakcije?
- **T** Katere zakonitosti veljajo pri jedrskih reakcijah?
- **T** Kateri pogoji morajo biti izpolnjeni, da določena jedrska reakcija lahko poteka?

3. Radioaktivnost.

- **M** Kaj je radioaktivnost?
- **M** Ob periodnem sistemu napovej, kaj nastane pri razpadih alfa, beta in gama.
- **T** Predstavi časovni potek radioaktivnega razpada.
- **T** Kako je definirana aktivnost vzorca.
- **T** Predstavi detektorje sevanja.

4. Jedrska energija in reaktor.

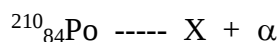
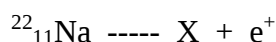
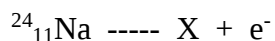
- M Opiši jedrsko cepitev.
- M Opiši delovanje jedrskega reaktorja.

NALOGE:

a) ATOMSKO JEDRO - strukturirane naloge

1. Atomska masa izotopa $^{16}_8\text{O}$ je 15,99491u. Masa vodikovega atoma je 1,00783u, masa nevtrona 1,00867u in masa elektrona 0,00055u.
 - a) Koliko protonov je v jedru atoma $^{16}_8\text{O}$? REŠITEV : $Z = 8$
 - b) Izrazi celotni naboj jedra v As! REŠITEV : $e = 1,3 \cdot 10^{-18} \text{ As}$
 - c) Koliko nevtronov je v jedru atoma $^{16}_8\text{O}$? REŠITEV : $N = 8$
2. Atomska masa izotopa $^{59}_{27}\text{Co}$ je 58,9519u. Masa vodikovega atoma je 1,00783u, masa nevtrona pa 1,00867u in masa elektrona 0,00055u.
 - a) Koliko nevtronov je v jedru atoma $^{59}_{27}\text{Co}$? REŠITEV : $N = 32$
 - b) Izrazi celotni naboj jedra v As! REŠITEV : $e = 4,3 \cdot 10^{-18} \text{ As}$
 - c) Koliko elektronov je v atomu $^{59}_{27}\text{Co}$? REŠITEV : $Z = 27$
3. Atom natrija $^{23}_{11}\text{Na}$ ima maso 22,98977u. Masa vodikovega atoma je 1,00783u, masa nevtrona pa 1,00867u.
 - a) Koliko nevtronov je v jedru atoma $^{23}_{11}\text{Na}$? REŠITEV : $N = 12$
 - b) Izrazi celotni naboj jedra v As! REŠITEV : $e = 1,8 \cdot 10^{-18} \text{ As}$
 - c) Koliko elektronov je v atomu $^{23}_{11}\text{Na}$? REŠITEV : $Z = 11$
4. Jedrsko reakcijo podaja izraz $^A_Z\text{X} (t, n) ^9_4\text{Be}$. Masa atoma ^A_ZX je $m_X = 7,01601\text{u}$, masa tritija ($t = ^3_1\text{H}$) je $m_H = 3,01605\text{u}$, masa berilijevega atoma ^9_4Be pa je $m_{\text{Be}} = 9,01218\text{u}$. Masa nevtrona pa 1,00867u.
 - a) Kateri je neznani atom ^A_ZX ?
 - b) Zapiši jedrsko reakcijo podrobneje.
5. Jedrsko reakcijo podaja izraz $^A_Z\text{X} (\alpha, n) ^{63}_{30}\text{Zn}$. Masa atoma ^A_ZX je $m_X = 59,93079\text{u}$, masa $m_{\text{He}} = 4,00260\text{u}$, masa cinkovega atoma $^{63}_{30}\text{Zn}$ pa je $m_{\text{Zn}} = 62,93321\text{u}$. Masa nevtrona pa 1,00867u.
 - a) Kateri je neznani atom ^A_ZX ?
 - b) Zapiši jedrsko reakcijo podrobneje.
6. Jedrsko reakcijo podaja izraz $^A_Z\text{X} (\alpha, n) ^{11}_5\text{B}$. Masa atoma ^A_ZX je $m_X = 7,01600\text{u}$, masa $m_{\text{He}} = 4,00260\text{u}$, masa borovega atoma $^{11}_5\text{B}$ pa je $m_B = 11,00931\text{u}$. Masa nevtrona pa 1,00867u.
 - a) Kateri je neznani atom ^A_ZX ?
 - b) Zapiši jedrsko reakcijo podrobneje.
7. Jedrsko reakcijo podaja izraz $^A_Z\text{X} (d, \alpha) ^{14}_7\text{N}$. Masa atoma ^A_ZX je $m_X = 15,99492\text{u}$, masa devterona ($d = ^2_1\text{H}$) je $m_H = 2,01410\text{u}$, masa $m_{\text{He}} = 4,00260\text{u}$, masa dušikovega atoma $^{14}_7\text{N}$ pa je $m_N = 14,00307\text{u}$.
 - a) Kateri je neznani atom ^A_ZX ?
 - b) Zapiši jedrsko reakcijo podrobneje.

8. Radioaktivni razpad podaja izraz:



b) Poimenuj radioaktivne razpade!

c) Kateri elementi nastanejo pri radioaktivnih razpadih?

9. Izotop berilija ^7_4Be je radioaktiven in razpada v litij ^7_3Li . Mase atomov berilija in litija so: $m_{\text{Be}} = 7,01693\text{u}$, $m_{\text{Li}} = 7,01600\text{u}$.

a) Za kateri razpad gre?

b) Zapiši radioaktivni razpad!

10. Uran $^{238}_{92}\text{U}$ ima naslednji rod razpadov:

1-krat razpad α , 2-krat razpad β , 5-krat razpad α , 1-krat razpad β , 1-krat razpad α , 2-krat razpad β , 1-krat razpad α .

a) Kaj pomeni število 238 pri uranovem jedru?

b) Kaj dobiš, ko uranovo jedro najprej doživi alfa razpad? Zapiši razpad!

c) Zapiši razpada beta, ki sledita!

d) Katero jedro nastane po 8. razpadu?

e) Katero jedro nastane po 10. razpadu?

f) Katero jedro nastane na koncu vseh razpadov?

g) Po katerih razpadih pridemo do radona ^{222}Rn ?

h) Po katerih razpadih pridemo do svinca ^{206}Pb ?

11. Torijevo jedro $^{234}_{90}\text{Th}$ ima naslednji rod razpadov:

2-krat razpad β , 5-krat razpad α , 2-krat razpad β , 1-krat razpad α , 2-krat razpad β , 1-krat razpad α .

a) Katero jedro nastane po 7. razpadu?

b) Katero jedro nastane po 10. razpadu?

c) Katero jedro nastane na koncu vseh razpadov?

b) ATOMSKO JEDRO - izbirne naloge

1. Kolikšen je red velikosti premera atoma?

A $0,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ B $0,3 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ C $0,3 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ D $0,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

2. Kolikokrat je premer jedra manjši od premera atoma?

A 10-krat B 10^3 -krat C 10^4 -krat D 10^7 -krat

3. Izraz "masni defekt" pomeni:

A napako v kristalni zgradbi snovi B napako pri merjenju mase jedra
C primanjkljaj mase na koncu reakcije D snov v obliki plazme

4. Kdaj lahko uporabimo enačbo $W = mc^2$
- A Pri vseh jedrskih reakcijah. B Samo pri jedrski cepitvi.
C Samo pri cepitvi urana. D Samo pri razpadu α , β , γ
5. Kaj se ohranja pri vsaki jedrski reakciji?
- A število protonov B število nevtronov
C vsota mas protonov in mas nevtronov D vsota števila protonov in nevtronov
6. Kolikšen je električni naboj jedra atoma, ki ima vrstno število Z in masno število A ?
- A $(A + Z) \cdot e_0$ B $(A - Z) \cdot e_0$ C $A \cdot e_0$ D $Z \cdot e_0$
7. Koliko nevtronov ima izotop fosforja $^{31}_{15}\text{P}$?
- A 15 B 16 C 31 D 46
8. Katero jedro je končni produkt jedrske reakcije :
- $$^4_2\text{He} + ^9_4\text{Be} \longrightarrow ^1_0\text{n} + \dots$$
- A $^{12}_5\text{B}$ B $^{12}_6\text{C}$ C $^{14}_6\text{C}$ D $^{12}_7\text{N}$
9. Kateri delec še nastane pri reakciji $^3_1\text{H} + ^2_1\text{H} \longrightarrow ^4_2\text{He} + \dots$
- A proton B nevtron C delec α D delec β
10. Kateri delec X nastane pri reakciji $^4_2\text{He} + ^{14}_7\text{N} \longrightarrow ^{17}_8\text{O} + X$
- A nevtron B proton C nevtrino D elektron
11. Če obstreljujemo izotop aluminija $^{27}_{13}\text{Al}$ z delci α , nastane ob nevtronu še izotop fosforja. Kateri?
- A $^{28}_{15}\text{P}$ B $^{29}_{15}\text{P}$ C $^{30}_{15}\text{P}$ D $^{31}_{15}\text{P}$
12. Tritij ^3_1H razpade z razpadom β^- . Kaj nastane pri tem razpadu?
- A ^3_2He B ^3_2He C devterij ^2_1H D nevtron
13. Kateri izotop nastane pri radioaktivnem razpadu α bizmutovega izotopa $^{214}_{83}\text{Bi}$?
- A $^{210}_{79}\text{Au}$ B $^{210}_{81}\text{Tl}$ C $^{210}_{83}\text{Bi}$ D $^{218}_{85}\text{At}$
14. Izotop $^{14}_6\text{C}$ je beta β^- radioaktiven. Katera enačba predstavlja ta razpad?
- A $^{14}_6\text{C} \longrightarrow ^{14}_7\text{N} + \text{n}$
B $^{14}_6\text{C} \longrightarrow ^{14}_7\text{N} + \text{p}$
C $^{14}_6\text{C} \longrightarrow ^{14}_7\text{N} + \text{e}^+ + \nu$
D $^{14}_6\text{C} \longrightarrow ^{14}_7\text{N} + \text{e}^- + \bar{\nu}$

15. Pri radioaktivnem razpadu beta plus β^+ se v jedru:

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| A število protonov poveča za 1 | B število nevtronov poveča za 1 |
| C število nukleonov poveča za 1 | D masno število se poveča za 1 |

16. Pri razpadu γ se:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| A spremeni število protonov Z | B spremeni število nevtronov N |
| C spremeni število nukleonov A | D ne spremenijo števila A, Z in N |

17. Kaj je pomembno za potek verižne reakcije pri uranu?

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| A Nastanek delcev α . | B Nastanek delcev β . |
| C Nastanek protonov. | D Nastanek nevtronov. |

18. Radioaktivno jedro izseva delec gama. Zato se zmanjša:

- | | |
|-----------------|------------------|
| A masno število | B vrstno število |
| C naboj jedra | D energija jedra |

REŠITVE :

1.C, 2.C, 3.C, 4.A, 5.D, 6.D, 7.B, 8.B, 9.B, 10.B, 11.C,
12.A, 13.B, 14.D, 15.B, 16.D, 17.D, 18.D