

Iztok Arčon

VPRAŠANJA IN NALOGE

za preverjanje znanja

IZ FIZIKE



Založba Politehnike Nova Gorica

2004

VPRAŠANJA IN NALOGE ZA PREVERJANJE ZNANJA IZ FIZIKE

Doc. dr. Iztok Arčon

Strokovna recenzenta: prof. dr. Danilo Zavrtanik in prof. dr. Alojz Kodre

Jezikovne korekture: Helena Škrlep

Izdala in založila: Politehnika Nova Gorica

Nova Gorica, april 2004

Naklada: 400 izv.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

53(075.8)(076.1)

ARČON, Iztok
Vprašanja in naloge za preverjanje znanja iz fizike/
Iztok Arčon. - Nova Gorica : Politehnika, 2004

ISBN 961-6311-18-2

129221888

Copyright © 2004 Založba Politehnike Nova Gorica. All rights reserved.
Razmnoževanje in fotokopiranje dela v celoti ali po delih brez predhodnega dovoljenja Založbe Politehnike Nova Gorica je prepovedano.

PREDGOVOR

Zbirka vprašanj in nalog obravnava snov iz klasične visokošolske fizike, dopolnjene z osnovami moderne fizike, kakršno predvideva študijski program za predmet *fizika* po univerzitetnem študijskem programu *Okolje*, ki se izvaja v okviru *Šole za znanosti o okolju* na *Politehniko Nova Gorica* v obsegu 90 ur predavanj in 60 ur vaj. Torej je ta zbirka namenjena predvsem študentom, ki obiskujejo predavanja oziroma se pripravljajo na ustni izpit iz tega predmeta. Vendar pa so vprašanja in naloge po vsebini razdeljene tako, da jih lahko selektivno uporabljajo tudi slušatelji pri sorodnih predmetih, ki obravnavajo snov iz visokošolske fizike po katerem drugem univerzitetnem ali visokem strokovnem programu.

Vprašanja in naloge naj bi pomagale študentom pri pripravi na teoretični del izpita iz fizike. Obravnavana snov je razdeljena v dvaintrideset poglavij. Vključena so poglavja iz mehanike, termodinamike, elektrike in magnetizma, optike, osnov kvantne mehanike, atomske in jedrske fizike. Vsako poglavje vsebuje zbirko teoretičnih vprašanj in zbirko nalog za preverjanje znanja.

Teoretična vprašanja so zastavljena tako, da študenta vodijo po korakih skozi celotno gradivo, ki naj bi ga v izbranem poglavju usvojil, ter usmerjajo njegovo pozornost na ključne pojme in zakonitosti s tega področja.

Naloge za preverjanje znanja so po obliki naloge izbirnega tipa. K vsakemu vprašanju je danih več odgovorov, od katerih je vsaj eden pravilen, pogosto pa je možnih več pravih odgovorov. Po vsebini naj bi te naloge preverjale predvsem razumevanje teoretičnega dela snovi, ki ga obravnava posamezno poglavje, tako da pri reševanju ne zahtevajo večjih računskih spretnosti. Praviloma je mogoče odgovor nanje najti s kratkim razmislekom ali kvečjemu z manjšim pomožnim računom. Vse naloge so opremljene z rešitvami, ki so zbrane na koncu vsakega poglavja.

Velik del nalog ne zahteva številskega rezultata, ampak ponuja opisne odgovore na zastavljeno vprašanje. V takih primerih si lahko študentje pridobijo celovitejšo podobo o obravnavanem problemu ne le prek pravih, ampak tudi napačnih odgovorov, saj so med njimi nanizane take napačne razlage, ki se zdijo študentom pravilne. To velja zlasti za pojave, ki jih poznamo iz vsakdanjega življenja in o katerih si lahko ustvarimo zmotno predstavo oziroma razlago, ne da bi zares preverili njeno veljavnost z upoštevanjem fizikalnih zakonitosti.

Želja je, da bi študentje to zbirko uporabljali kot pomoč pri sprotne študiju ter da bi jih vprašanja in naloge spodbujale k dejavnemu sodelovanju pri predavanjih iz fizike, predvsem pa, da bi jih navajale k samostojnemu razmišljanju o fizikalnih pojavih. Ne nazadnje je namen zbirke tudi, da lahko študentje sami preverjajo svoje znanje in razumevanje obravnavane snovi, preden se prijavijo k izpitu.

Za pripombe in popravke se zahvaljujem prof. dr. Danilu Zavrtaniku in prof. dr. Alojzu Kodretu. Pregledala sta rokopis in me opozorila na napake, ki so se prikradle v besedilo, pa tudi na nekaj nerodno oblikovanih vprašanj, ki bi lahko zmedla ali zavedla reševalca. Pri priravi te zbirke so mi bili v oporo moji najbližji: Branka, Miha in Žiga. Zahvaljujem sem jim za spodbude in potrpežljivost in tudi za ideje za nekaj nalog.

Na koncu zbirke je nanizanih nekaj splošnih učbenikov za fiziko v slovenskem in v angleškem jeziku, ki vsebinsko zajemajo celotno obravnavano snov. Seznam nikakor ni popoln, saj je poleg omenjenega mogoče danes v Sloveniji in po svetu dobiti še številne druge učbenike, ki delno ali v celoti vključujejo snov visokošolske in moderne fizike na različnih stopnjah zahtevnosti. Čedalje več študijskega gradiva je mogoče najti tudi na svetovnem spletu. Pri tem bi rad opozoril na spletni portal za fiziko, ki sem ga pripravil na naslovu <http://www.p-ng.si/~arcon/fizikawww> za študente Politehnike Nova Gorica. Tam je zbrano študijsko gradivo, ki ga je mogoče uporabljati v kombinaciji s to zbirko vprašanj in nalog pri pripravi na izpit iz fizike. Po obliki poskuša gradivo na spletu čim bolj izkoristiti multimedijske možnosti, ki jih daje elektronski medij, po vsebini pa ponuja povzetke s predavanj, ilustrirane s prosojnicami in animacijami, dopolnjujejo pa ga tudi računske naloge, interaktivni testi, študentske seminarske naloge, zanimivosti in povezave na druge spletne strani s sorodno vsebino.

Nova Gorica, marec 2004

Iztok Arčon

KAZALO

MERJENJA.....	7
KINEMATIKA.....	11
SILE.....	19
DELO IN ENERGIJA.....	25
POTENCIALNA ENERGIJA.....	31
GIBALNA KOLIČINA.....	37
VRTENJE TOGEGA TELESA OKOLI NEPREMIČNE OSI.....	43
VRTILNA KOLIČINA.....	49
RAVNOVESJE IN ELASTOMEHANIKA.....	55
NIHANJE.....	59
GRAVITACIJA.....	65
MEHANIKA TEKOČIN.....	71
VALOVANJE.....	79
TEMPERATURA.....	89
TOPLOTA.....	95
PRVI ZAKON TERMODINAMIKE.....	103
DRUGI ZAKON TERMODINAMIKE.....	109
ELEKTROSTATIKA.....	115
GAUSSOV ZAKON ZA ELEKTRIČNO POLJE.....	123
ELEKTRIČNA POTENCIALNA ENERGIJA IN ELEKTRIČNI POTENCIAL.....	129
KONDENZATOR.....	135
ELEKTRIČNI TOK.....	141
ELEKTRIČNA VEZJA.....	147
MAGNETNO POLJE.....	155
INDUKCIJA.....	165
MAXWELLOVE ENAČBE IN ELEKTROMAGNETNO VALOVANJE.....	173
VALOVNE LASTNOSTI SVETLOBE.....	183
GEOMETRIJSKA OPTIKA.....	191
OSNOVE KVANTNE MEHANIKE.....	199
ATOMSKA FIZIKA.....	207
MOLEKULE IN TRDNA SNOV.....	215
JEDRSKA FIZIKA.....	223
LITERATURA.....	229

MERJENJA

Vprašanja

1. Katere so osnovne enote v mednarodnem sistemu enot?
2. Kako je definiran standard za meter, sekundo in kilogram?
3. Pojasni razliko med naključno in sistematično napako pri meritvah.
4. Pri več zaporednih meritvah neke fizikalne količine (na primer časa padanja kroglice z dane višine) ne dobimo vedno popolnoma enakih rezultatov. Kako izračunamo povprečno vrednost meritve (povprečni čas padanja v omenjenem primeru) iz dobljenih izmerkov in kako ocenimo napako meritve?
5. Kako ocenimo napako vsote ali razlike dveh fizikalnih količin, če poznamo njuni napaki? Kako pa ravnamo pri oceni napake produkta oziroma kvocienta fizikalnih količin?
6. Pojasni postopek za oceno napake rezultata pri računanju z neko fizikalno količino x za poljubno funkcijsko zvezo $y=f(x)$, če poznamo napako za količino $x = \bar{x} \pm \Delta x$.
7. Kako ocenjujemo napako funkcije dveh spremenljivk $f(x, y)$, če poznamo napaki obeh fizikalnih količin: $x = \bar{x} \pm \Delta x$ in $y = \bar{y} \pm \Delta y$?

Preverjanje znanja

1. Na koliko mest je smiselno zapisati rezultat meritve dolžine, če je absolutna napaka meritve $\pm 0,07$ m:
A: 12,6538 m
B: 12,653 m
C: 12,65 m
D: 12,6 m
E: 12 m
2. Izberi najprimernejši zapis dolžine L , ki je bila izmerjena z relativno natančnostjo $\pm 0,3$ %:
A: $L = 11,31954$ m
B: $L = 11,3195$ m
C: $L = 11,320$ m
D: $L = 11,32$ m
E: $L = 11,3$ m
3. Študent stehta svojega psa tako, da ga prime v naročje in stopi na tehtnico. Pri tem ugotovi, da je njuna skupna masa 86,5 kg. Nato odloži psa in stehta še sebe. Tehtnica pokaže 77,0 kg. Iz razlike obeh mas ugotovi težo psa. S kolikšno relativno natančnostjo je na ta način stehtal psa, če je relativna natančnost tehtnice 1 %:
A: 0,1 %
B: 1 %
C: 10 %
D: 20 %
E: 50 %
4. Izberi najprimernejši zapis rezultata za primer merjenja volumna kocke ($V = a^3$), če je bila stranica a izmerjena z relativno natančnostjo $\pm 0,3$ %:
A: $V = 27524,83$ m³
B: $V = 27524$ m³
C: $V = 27500$ m³
D: $V = 28000$ m³

5. Deset študentov neodvisno izmeri volumen steklenice, tako da jo do vrha napolni z vodo in vodo iz steklenice prelije v merilni valj. Pri meritvi so se trudili, da bi bili čim bolj natančni. Pazili so, da se jim pri prelivanju ne bi polilo nič vode, pa tudi, da bi steklenico izpraznili do zadnje kapljice. Njihovi izmerki so bili naslednji: 768 ml, 773 ml, 772 ml, 767 ml, 773 ml, 775 ml, 769 ml, 771 ml, 769 ml, 772 ml. Na koncu so svoje izmerke primerjali in iz vseh izmerkov izračunali povprečno vrednost volumna (770,9 ml) ter ocenili napako meritve. Kateri od spodnjih zapisov rezultata je najustreznejši:

A: $770,9 \pm 5$ ml

B: 771 ± 5 ml

C: 771 ± 3 ml

D: $770,9 \pm 3$ ml

E: 770 ± 3 ml

6. Jakost curka I enobarvne rentgenske svetlobe eksponentno pojema na poti (x) po snovi, $I = I_0 e^{-\frac{x}{d}}$. Če poznamo karakteristično debelino d za snov, lahko z merjenjem transmisije rentgenske svetlobe skozi plast snovi ocenimo debelino te plasti: $x = d \ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$. Kako natančno je izmerjena debelina plasti x , če je relativna natančnost pri merjenju jakosti vpadnega I_0 in prepuščenega curka I skozi plast 10 %, karakteristična debelina $d = 3 \mu\text{m}$?

A: $1 \mu\text{m}$

B: $0,6 \mu\text{m}$

C: $0,3 \mu\text{m}$

D: $0,1 \mu\text{m}$

REŠITVE

Preverjanje znanja: Merjenja

1. C
2. D
3. D
4. C
5. C
6. B

KINEMATIKA

Vprašanja

1. Kako sta definirani povprečna in trenutna hitrost pri gibanju v eni dimenziji?
2. Kako lahko določimo povprečno in kako trenutno hitrost na grafu, ki prikazuje pot v odvisnosti od časa $x(t)$?
3. Definiraj povprečni in trenutni pospešek pri gibanju v eni dimenziji. Kako ju določimo iz grafa $v(t)$?
4. Kako se spreminjata hitrost in pot s časom pri gibanju s konstantnim pospeškom v eni dimenziji? Nariši grafe $a(t)$, $v(t)$ in $x(t)$.
5. Izpelji izraz, ki pove, kako se spreminja hitrost v odvisnosti od poti $v(x)$ pri gibanju v eni dimenziji s konstantnim pospeškom.
6. Kako opišemo gibanje v prostoru (tridimenzionalni vektorski zapis)? Zapiši definicijo trenutne hitrosti in pospeška pri tridimenzionalnem gibanju.
7. Kako se spreminjata hitrost in pot s časom pri gibanju s konstantnim pospeškom v treh dimenzijah?
8. Pojasni opis gibanja pri poševnem metu (dvodimenzionalni vektorski zapis). Kako izberemo koordinatni sistem za opis takega gibanja? Kako se s časom spreminjata komponenti hitrosti in lege delca pri poševnem metu?
9. Izpelji izraz za maksimalno višino in doseg pri poševnem metu na vodoravni podlagi pri dani začetni hitrosti.
10. Kako opišemo gibanje točkastega delca pri kroženju okoli nepremične osi? Definiraj polarni koordinatni sistem. Kako merimo zasuk φ ?
11. Zapiši definicije za povprečno in trenutno kotno hitrost ω in kotni pospešek α pri vrtenju okoli nepremične osi. Kako je definirana smer vektorjev $\vec{\omega}$ in $\vec{\alpha}$?
12. Kako se spreminjata kotna hitrost in zasuk s časom pri kroženju okoli nepremične osi s konstantnim kotnim pospeškom? Nariši grafe $\alpha(t)$, $\omega(t)$ in $\varphi(t)$.
13. Zapiši zvezo med zasukom φ in lokom s , ki ga opiše delec, krožeč na radiju r od osi. Kakšna je v tem primeru zveza med kotno in tangencialno hitrostjo ter zveza med kotnim in tangencialnim pospeškom delca?
14. Kakšno gibanje je enakomerno kroženje? Pojasni centripetalni pospešek pri enakomernem kroženju (velikost in smer).
15. Kako opišeta gibanje istega telesa dva opazovalca, ki se gibljeta drug glede na drugega s konstantno relativno hitrostjo? Vzemimo, da poznamo gibanje delca v koordinatnem sistemu S in ga opišemo z $\vec{r}(t)$, $\vec{v}(t)$ in $\vec{a}(t)$. Pojasni Galilejevo transformacijo za opis lege, hitrosti in pospeška v koordinatnem sistemu S' , ki se giblje s konstantno hitrostjo $\vec{u}(t)$ glede na koordinatni sistem S .

Preverjanje znanja

1. Lokomotiva odpelje s postaje v Novi Gorici na postajo v Solkan in se brez postanka vrne na začetno postajo v Novo Gorico. Dolžina proge med postajama je 3 km. Celotna vožnja je trajala 10 minut. Katere od spodnjih trditev so pravilne?
 - A:** Povprečna hitrost lokomotive je bila 36 km/h.
 - B:** Povprečna hitrost lokomotive je bila 0 km/h.
 - C:** Povprečna velikost hitrosti lokomotive je bila 36 km/h.
 - D:** Povprečna velikost hitrosti lokomotive je bila 0 km/h.
 - E:** Povprečne hitrosti in povprečne velikosti hitrosti ne moremo izračunati, ker ne poznamo pospeška lokomotive.
2. V polnilnici mineralne vode transportirajo prazne steklenice po tekočem traku, ki potuje s hitrostjo 6 m/s. Če se trak sunkovito zaustavi ali požene, se steklenice prevrnejo. S poskušanjem so ugotovili, da je največji dovoljeni pospešek (oziroma pojemek), pri katerem se steklenice še ne prevrnejo, 2 m/s^2 . Kolikšen je najkrajši čas zaustavljanja traku?
 - A:** 12 s
 - B:** 6 s
 - C:** 3 s
 - D:** 1 s
 - E:** 0,5 s
3. Voznik poskuša oceniti pospeške svojega športnega avtomobila. Na ravnem odseku ceste, ob katerem stojijo svetlobni količki v razmiku 50 m, pohodi pedal za plin, tako da se avtomobil giblje s konstantnim pospeškom. Ko gre mimo prvega količka, je hitrost vozila 72 km/h (= 20 m/s), pri tretjem količku (100 m naprej) pa doseže hitrost 144 km/h (= 40 m/s). Pospešek avtomobila je:
 - A:** 1 m/s^2
 - B:** 2 m/s^2
 - C:** 6 m/s^2
 - D:** 10 m/s^2

4. Za doseganje hitrostnih rekordov konstruirajo različne prototipe avtomobilov z raketnimi motorji. Katere od spodaj navedenih trditev so pravilne, če hitrost takega avtomobila takoj po startu narašča s kvadratom časa ($v = kt^2$, pri čemer je k konstanta)?
- A:** Pospešek avtomobila takoj po startu je konstanten ($a = k$).
 - B:** Pospešek avtomobila po startu linearno narašča s časom ($a = 2kt$).
 - C:** Pospešek avtomobila po startu narašča s tretjo potenco časa ($a = kt^3/3$).
 - D:** Pot, ki jo po startu prevozi avtomobil, se večja s tretjo potenco časa ($s = kt^3/3$).
 - E:** Pot, ki jo po startu prevozi avtomobil, se večja s kvadratom časa ($s = kt^2$).
 - F:** Povprečna hitrost avtomobila v prvih treh sekundah je enaka polovici dosežene hitrosti po prvih treh sekundah.
5. Pri avtomobilu, ki je peljal s hitrostjo 50 km/h, je bila najkrajša pot, na kateri se je lahko pri zaviranju ustavil, dolga 16 m. Kolikšna bi bila ta zavorna pot, če bi avtomobil peljal z dvakrat večjo hitrostjo?
- A:** Manjša.
 - B:** Enaka.
 - C:** Dvakrat večja.
 - D:** Štirikrat večja.
6. Žogo vržemo navpično navzgor. Kolikšen je pospešek žoge, ko ta doseže najvišjo točko?
- A:** $9,8 \text{ m/s}^2$ navzgor.
 - B:** $9,8 \text{ m/s}^2$ navzdol.
 - C:** Se nenadoma spremeni z $9,8 \text{ m/s}^2$ navzgor na $9,8 \text{ m/s}^2$ navzdol.
 - D:** Nič.
 - E:** Pospeška ne moremo izračunati, če ne poznamo začetne hitrosti žoge.
7. Katera od naslednjih izjav je pravilna za predmet, ki ga iz mirovanja spustimo, da prosto pada?
- A:** Povprečna hitrost v prvi sekundi padanja je 4,9 m/s.
 - B:** Vsako sekundo predmet pade 9,8 m.
 - C:** Predmet pade 9,8 m v prvi sekundi.
 - D:** Hitrost predmeta se vsako sekundo poveča za 9,8 m/s.
 - E:** Pospešek telesa je sorazmeren masi telesa.

8. Z roba strehe neke stavbe, ki je visoka 20 m, vržemo navpično navzgor žogico s hitrostjo 10 m/s. Nato vržemo drugo žogico navpično navzdol z enako veliko začetno hitrostjo. Primerjaj hitrosti obeh žogic, tik preden padeta na tla. (Zanemari zračni upor.)
- A:** Hitrost prve žoge je večja kakor hitrost druge.
 - B:** Hitrosti obeh žogic tik pred tlemi sta enaki.
 - C:** Hitrost druge je večja kakor hitrost prve žoge.
 - D:** Hitrosti žogic ne moremo primerjati, ker ne padeta na tla istočasno.
9. Žongler vrže drugo za drugo dve žogici v zrak, da priletita do enake višine. Vrže ju v takem časovnem presledku, da prva že pada navzdol in je na pol poti od najvišje točke navzdol, ko sreča drugo, ki je na pol poti navzgor. Katera od spodnjih trditev je pravilna v trenutku, ko se žogici srečata?
- A:** Njuni hitrosti in pospeška so enaki po velikosti in po smeri.
 - B:** Njuni hitrosti in pospeška so enaki po velikosti in nasprotni po smeri.
 - C:** Njuni hitrosti sta enaki, pospeška pa nasprotno enaka.
 - D:** Njuna pospeška sta enaka, hitrosti pa enaki po velikosti in nasprotni po smeri.
 - E:** Njuna pospeška sta enaka, hitrosti pa različni po velikosti.
 - F:** Njuna pospeška in hitrosti so po velikosti različni.
10. Položaj vozička, ki se giblje po ravnih tirnicah (vzdolž osi x), je izražen z $x = 3t^2 - t^3 + 1$, pri čemer je x oddaljenost vozička od izhodišča v metrih, t pa čas v sekundah (dimenzije posameznih koeficientov niso izpisane zaradi preglednosti). Kolikšna je maksimalna oddaljenost vozička od izhodišča v pozitivni smeri?
- A:** 0 m
 - B:** 1 m
 - C:** 3 m
 - D:** 5 m
 - E:** 10 m
11. Enako kakor v prejšnji nalogi je položaj vozička, ki se giblje po ravnih tirnicah (vzdolž osi x), izražen z $x = 3t^2 - t^3 + 1$, pri čemer je x oddaljenost vozička od izhodišča v metrih, t pa čas v sekundah (dimenzije posameznih koeficientov niso izpisane zaradi preglednosti). Koliko je voziček oddaljen od izhodišča, ko doseže maksimalno hitrost v pozitivni smeri?
- A:** 1 m
 - B:** 2 m
 - C:** 3 m
 - D:** 4 m
 - E:** 5 m

12. Kotna hitrost delca ω , ki kroži okoli nepremične osi, je izražena z $\omega = 8t - 2t^3$, pri čemer je ω izražen v s^{-1} , čas t pa v sekundah (dimenzije koeficientov niso izpisane zaradi preglednosti). Kolikšen je kotni pospešek delca α , ko doseže maksimalni zasuk φ v pozitivni smeri ($t > 0$)?
- A: $0 s^{-2}$
 - B: $2 s^{-2}$
 - C: $8 s^{-2}$
 - D: $-16 s^{-2}$
 - E: $-46 s^{-2}$
13. Dve enaki kladi (A in B) mirujeta na vrhu klanca. Najprej spustiš klado A , da začne drseti po klanecu navzdol. Malo za tem potisneš za njo še klado B s tako začetno hitrostjo, tako da sredi klanca ujame in nato prehiti klado A . Obe kladi se gibljeta brez trenja. Katera od spodnjih trditev je pravilna v trenutku, ko klada B dohiti klado A ?
- A: Klada B je enako oddaljena od vrha klanca in ima enako hitrost kakor klada A .
 - B: Klada B ima enako hitrost in enak pospešek kakor klada A .
 - C: Klada B je enako oddaljena od vrha klanca in ima enak pospešek kakor klada A .
 - D: Klada B je enako oddaljena od vrha klanca ter ima enako hitrost in enak pospešek kakor klada A .
14. Otroci sedijo na vrtiljaku, ki se vrti s stalno kotno hitrostjo. Sedeži so pritrjeni na različnih razdaljah od osi vrtenja. Katere od spodnjih trditev so pravilne?
- A: Vsi otroci opravijo en obhod v enakem času ne glede na to, koliko so oddaljeni od osi vrtenja.
 - B: Otroci, ki sedijo bližje osi, se gibljejo z večjo tangencialno hitrostjo kakor tisti, ki so bolj oddaljeni od osi.
 - C: Otroci, ki se gibljejo z dvakrat večjo tangencialno hitrostjo, občutijo štirikrat večji radialni pospešek.
 - D: Radialni pospešek narašča s kvadratom oddaljenosti od osi vrtenja.
 - E: Tangencialni pospešek je večji pri tistih otrocih, ki sedijo na večji razdalji od osi.

15. Katere od spodnjih trditev so pravilne pri opisu delca, ki kroži okoli nepremične osi?
- A:** Kotna hitrost in kotni pospešek nista vektorja, ampak skalarja.
 - B:** Kotna hitrost in kotni pospeška sta vektorja, ki ležita v ravnini kroženja.
 - C:** Kotna hitrost in kotni pospeška sta vektorja, ki kažeta v smeri osi vrtenja, pravokotno na ravnino kroženja.
 - D:** Vektor obodne hitrosti leži v ravnini kroženja.
 - E:** Pri krožečem delcu, ki se zaustavlja, kažeta vektor kotne hitrosti in kotnega pospeška v isti smeri.
 - F:** Vektor tangentnega pospeška je vedno pravokoten na vektor radialnega pospeška.
16. Pri snemanju nekega slovenskega (nizkoprorračunskega) filma bi radi posneli kader, pri katerem glavni junak filma poskuša pobegniti s terase na vrhu trinadstropne hiše, tako da skoči na bližnji senik. Senik je oddaljen od hiše 5 m in je za 3 m nižji od hiše. Ali naj kaskader izvede ta skok, če oceni, da se lahko pri skoku odrine v vodoravni smeri največ s hitrostjo 5 m/s?
- A:** Lahko skoči, zagotovo bo pristal na seniku.
 - B:** Nikar naj ne poskuša skočiti, ker bo pri skoku prekratek in bo padel mimo senika na tla.
 - C:** Mogoče mu bo skok uspel, vendar naj zahteva večji honorar.
 - D:** Najprej naj preveri svojo zavarovalno polico, če se na vsak način hoče odločiti za skok.
17. Dva dečka streljata žogico v tarčo. Pri tem uporabljata puško na vzmet, ki izstrelji žogico s hitrostjo 10 m/s. Tarča visi na 2 m oddaljeni steni in je obešena na isti višini, na kateri držita puško. Kam morata usmeriti cev puške, da zadeneta v tarčo?
- A:** Naravnost v središče tarče.
 - B:** Nad tarčo.
 - C:** Pod tarčo.
18. Ko se dečka iz prejšnje naloge naveličata streljati v tarčo, si naredita igro bolj zanimivo tako, da poskušata s puško zadeti kamen, ki ga spuščata z višine dveh metrov, dva metra stran od puške. Kam morata usmeriti cev puške, če prvi deček izstrelji kroglico iz puške istočasno, ko drugi spusti kamen iz roke, da začne prosto padati?
- A:** Naravnost v kamen, ki ga drugi fant drži v roki.
 - B:** Nad kamen, ki ga drugi fant drži v roki.
 - C:** Pod kamen, ki ga drugi fant drži v roki.
 - D:** Vseeno kam, saj tako ali tako ne moreta zadeti kamna, medtem ko pada proti tlom.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Kinematika

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

SILE

Vprašanja

1. Kaj lahko povzročajo sile, ko delujejo na telo?
2. Navedi nekaj primerov za kontaktne sile in nekaj za sile, ki delujejo na daljavo?
3. Pojasni prvi Newtonov zakon.
4. Kateri opazovalni sistemi so inercialni?
5. Navedi nekaj primerov neinercialnih opazovalnih sistemov.
6. Kaj nam pove inercialna masa telesa? Kako jo lahko neposredno merimo?
7. Zapiši drugi Newtonov zakon.
8. Pojasni razliko med maso in težo telesa.
9. Pojasni tretji Newtonov zakon. Navedi primer para sil akcije in reakcije.
10. Pojasni pojem systemske sile, ko uporabimo drugi Newtonov zakon v neinercialnem (pospešenem) opazovalnem sistemu.
11. Kolikšna sila je potrebna, da telo enakomerno kroži? V kateri smeri mora delovati ta sila? Ali lahko ta sila spremeni velikost obodne hitrosti pri kroženju?
12. Skiciraj sile pri enakomerno pospešenem kroženju: celotno silo razstavi na centripetalno in tangencialno komponento. Katera komponenta sile povzroča kotni pospešek?
13. Od česa je odvisna sila trenja pri drsenju telesa po podlagi? V kateri smeri deluje?
14. Pojasni vzrok za silo trenja na mikroskopski skali. Zakaj se trenje zmanjša, če drsne površine namažemo z oljem ali podobnim mazivom?
15. Pojasni razlike in podobnosti med silo trenja in silo lepenja. Skiciraj graf sile lepenja oziroma trenja v odvisnosti od zunanje sile, s katero vlečemo telo po vodoravni podlagi.

Preverjanje znanja

1. Katere od spodnjih trditev so lahko pravilne za telesa, ki se gibljejo premo enakomerno?
 - A:** Na telo deluje konstantna sila v smeri gibanja.
 - B:** Na telo ne deluje nobena sila.
 - C:** Na telo deluje samo sila teže.
 - D:** Vsota vseh sil, ki delujejo na telo, je enaka nič.

2. Katera od spodaj navedenih količin NI vektor?
 - A:** Sila.
 - B:** Masa.
 - C:** Pospešek.
 - D:** Premik.
 - E:** Teža.

3. Za katere od spodaj navedenih opazovanih sistemov lahko zagotovo rečemo, da so inercialni?
 - A:** Opazovalni sistem, ki se giblje s konstantnim pospeškom.
 - B:** Nepospešeni opazovalni sistem.
 - C:** Opazovalni sistem, ki miruje glede na opazovalca.
 - D:** Opazovalni sistem, ki se giblje skupaj z opazovanim telesom.
 - E:** Opazovalni sistem, ki miruje glede na tla (zemeljsko površino).
 - F:** Opazovalni sistem, ki se giblje s konstantno hitrostjo glede na poljubni inercialni opazovalni sistem.
 - G:** Opazovalni sistem, ki miruje glede na nepospešeno telo, na katero je vsota vseh sil enaka nič.

4. Pospešek telesa vedno kaže v smeri:
 - A:** trenutne hitrosti telesa;
 - B:** premika telesa;
 - C:** sile teže;
 - D:** rezultante sil, ki delujejo na telo.

5. Baron Münchhausen je v eni svojih slavnih dogodivščin opisal, kako je s konjem poskusil preskočiti močvirje, pa je bil prekratek in je padel nedaleč od brega do vratu v močvirje. In verjetno bi tam žalostno utonil, da se ni s svojo močno roko za lase potegnil iz blata, pa tudi konja, katerega je čvrsto držal med kolena, mu je uspelo izvleči. Kaj menite, zakaj je baron bolj znan pod imenom Lažnivi Kljukec? Zakaj mu opisano dejanje ne bi moglo uspeli?
- A:** Baron ni bil dovolj močan, da bi dvignil sebe in konja. Sila roke je bila manjša od njegove in konjeve teže.
- B:** Sila roke je bila v tem primeru notranja sila, ki ne more premakniti težišča telesa.
- C:** Sila roke je bila manjša od sile upora blata, v katerem je obtičal.
- D:** Sila roke, s katero je vlekel lase, je bila nasprotno enaka sili las na roko.
- E:** Baron je bil resnicoljuben mož in so ga spravili na slab glas obrekljivi jeziki.
6. Avtobus pelje s konstantno hitrostjo. Šofer nenadoma pohodi zavoro in sunkovito zavre. Zakaj pri tem vrže potnike s sedežev naprej proti prednji šipi?
- A:** Zaradi inercije: vsaka masa se upira spremembi svojega gibanja.
- B:** Zaradi sunka, s katerim deluje naslonjalo sedeža na potnike pri nenadnem zaviranju.
- C:** Zaradi sile teže.
- D:** Potniki poskočijo, ker se ob nenadnem zaviranju ustrašijo.
7. V kakšni zvezi sta masa in teža telesa? Izberi pravilne trditve.
- A:** Med maso in težo telesa ni razlike, sta enaki fizikalni količini, izraženi z različnima enotama.
- B:** Vsako telo ima maso, teža pa je odvisna od položaja glede na druga telesa v okolici.
- C:** V breztežnostnem prostoru ne potrebujemo sile za premikanje teles.
- D:** Telesa imajo težo samo v bližini zemeljske površine.
- E:** Teža je sila, masa pa ne.
8. Dve telesi z različnima masama (gosji puh in svinčeno kroglico) damo v stekleno posodo, izčrpamo zrak in ju hkrati spustimo z iste višine, da prosto padata v vakuumu. Opazimo, da na tla padeta hkrati. Zakaj?
- A:** Gravitacijska sila je enaka za obe telesi.
- B:** Obe telesi padata z enakim pospeškom.
- C:** Inercialna masa je enaka težnostni masi.
- D:** V vakuumu ne deluje na telo nobena sila.

9. Smučarski skakalec se spusti po naletu skakalnice. Naklon naleta je največji na vrhu, od koder se spusti, na odskočni mizi pa se izravna skoraj v vodoravno smer. Ali se sila trenja med smučmi in snegom spreminja po poti navzdol, če je kakovost snega enaka vzdolž cele smučine?
- A:** Sila trenja je enaka na celotnem spustu.
 - B:** Sila trenja je najmanjša na vrhu naleta, od koder se smučar spusti.
 - C:** Sila trenja je najmanjša na odskočni mizi na koncu naleta.
 - D:** Na odseku pred odskočno mizo, kjer se naklon naleta zmanjšuje, je sila trenja odvisna od hitrosti skakalca.
10. Če telo enakomerno kroži, pomeni, da:
- A:** na telo ne deluje nobena sila oziroma da je vsota vseh sil, ki delujejo na telo, enaka nič;
 - B:** na telo deluje konstantna sila;
 - C:** na telo deluje sila v smeri proti središču kroženja;
 - D:** na telo deluje sila tangencialno na tir kroženja.
11. Kroglico, pripeto na vrvici, vrtimo v vodoravnih krogih s konstantno kotno hitrostjo. Kam odleti kroglica, ko vrstico nenadoma spustimo iz rok?
- A:** Stran od nas v radialni smeri.
 - B:** Proti nam v radialni smeri.
 - C:** Tangencialno na krožnico.
 - D:** Pod kotom 45° glede na radialno smer.
 - E:** Odvisno od hitrosti vrtenja.
 - F:** V spirali navzven.
12. Zaviralna pot avtomobila, ki pelje z veliko hitrostjo, je lahko precej dolga. Kako bi jo lahko skrajšali?
- A:** Uporabljali bi lahko širše pnevmatike, s čimer bi bila stična površina gume z asfaltom večja, tako pa bi bila večja sila trenja.
 - B:** Na avtomobil bi dodali zadnje krilce kakor pri vozilih formule ena, da bi dinamični vzgon dodatno pritiskal avtomobil ob cestišče in tako povečal silo trenja.
 - C:** Med zaviranjem bi avtomobil med zadnjimi kolesi pritisnil ob tla gladko kovinsko ploščo, da bi se drgnila po asfaltu in tako dodatno zavirala.
 - D:** Uporabili bi bolj kakovostne gume, z večjim koeficientom trenja na stiku med gumo in asfaltom.
 - E:** Peljali bi počasneje.

13. Če avtomobil prehitro pripelje v ovinek, bo zdrsnil s ceste. Zakaj se to zgodi? (Privzemi, da ima ovinek obliko krožnega izseka in da je cestišče vodoravno.)
- A:** Centrifugalna sila potiska avtomobil v radialni smeri navzven.
 - B:** Radialna komponenta sile trenja je premajhna, da bi lahko priskrbela potrebni radialni pospešek.
 - C:** Avtomobil potisne s ceste sila podlage.
 - D:** Voznik je premalo pospešil hitrost v smeri vožnje.
14. S poskušanjem ugotovimo, kolikšna je maksimalna hitrost avtomobila (v), s katero lahko zvozi ovinek s krivinskim radijem R , ne da bi zdrsnil. Kolikšna je maksimalna hitrost istega avtomobila, da ne zdrsne v bolj ostrem ovinku s pol manjšim krivinskim radijem ($R/2$), če je cestišče enako?
- A:** Enaka v .
 - B:** $2v$
 - C:** $v/2$
 - D:** $v/\sqrt{2}$
 - E:** $v/4$
15. Astronavt, ki vodi raketoplan Space Shuttle, sporoči na Zemljo, da so se utirili v predvideno krožno orbito okoli Zemlje. Instrumenti kažejo, da je hitrost raketoplana konstantna, ravno tako je konstantna višina, na kateri krožijo. Hkrati obvesti druge astronavte na raketoplanu, da je manever končan in si lahko odpnejo varnostne pasove ter da se lahko prosto gibljejo v breztežnostnem stanju. Katere od spodnjih trditev so tedaj pravilne?
- A:** Rezultanta vseh sil na astronavte in raketoplan je enaka nič.
 - B:** Vektor hitrosti raketoplana se po smeri ne spreminja.
 - C:** Pospešek raketoplana je različen od nič.
 - D:** Raketoplan bo padel nazaj na Zemljo, ko mu bo zmanjkalo goriva.
 - E:** Težni pospešek na raketoplanu je enak nič.
 - F:** Raketoplan kroži zaradi privlačne gravitacijske sile Zemlje.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Sile

1. B, D
2. B
3. B, F, G
4. D
5. B, D
6. A
7. B, E
8. B, C
9. B, D
10. C
11. C
12. B, D, E
13. B
14. D
15. C, F

DELO IN ENERGIJA

Vprašanja

1. Kako je definirano delo, ki ga opravi konstantna sila \vec{F} na telo, na ravni poti \vec{s} ? Kakšna količina je delo: skalar ali vektor? Kakšna je enota za delo?
2. Kolikšno je delo sile \vec{F} , ki deluje v smeri premika \vec{s} , in kolikšno tedaj, ko je kot φ med vektorjema \vec{F} in \vec{s} različen od nič?
3. Kako izračunamo delo sile, če v izbranem koordinatnem sistemu poznamo vse tri komponente sile (F_x, F_y, F_z) in premika (x, y, z) ?
4. Kako lahko razberemo delo sile pri premikih vzdolž osi x iz grafa $F_x(x)$?
5. Kako izračunamo delo spremenljive sile? Pojasni na enodimenzionalnem primeru, ko sila deluje v smeri premika.
6. Izračunaj delo sile vzmeti, ko vzmet raztegnemo iz ravnovesne lege za odmik x_1 , in za primer, ko vzmet stisnemo za razdaljo x_2 iz ravnovesne lege. Kolikšno je delo sile vzmeti pri raztezanju oziroma stiskanju vzmeti od poljubnega odmika x_z do x_k ? Nariši graf sile vzmeti v odvisnosti od odmika x iz ravnovesne lege $F_v(x)$ in na njem označi površino, ki ustreza delu sile vzmeti.
7. Zapiši delo spremenljive sile v splošnem (tridimenzionalnem) primeru, ko sila ni vzporedna s premikom.
8. Kako je definirana kinetična energija telesa z maso m , ki se giblje s hitrostjo \vec{v} ? Kakšna je enota za kinetično energijo?
9. Kakšna je zveza med delom rezultante sil, ki delujejo na telo, in kinetično energijo telesa? Zapiši izrek o kinetični energiji telesa.
10. Na najenostavnejšem primeru, ko na telo z maso m deluje konstantna sila \vec{F} v smeri premika \vec{s} , pokaži, da izrek o kinetični energiji telesa sledi neposredno iz drugega Newtonovega zakona.
11. Zapiši izrek o ohranitvi kinetične energije. Pri katerih pogojih se kinetična energija telesa ohranja?
12. Kaj je moč? V kakšnih enotah jo merimo? Kako je definirana povprečna moč v danem časovnem intervalu?
13. Kako je definirana trenutna moč? Kako izračunamo trenutno moč, če poznamo hitrost telesa \vec{v} v danem trenutku in silo \vec{F} , ki v deluje nanj?

Preverjanje znanja

1. Katera od spodaj navedenih količin je vektor?
A: Sila.
B: Premik.
C: Delo.
D: Moč.
E: Hitrost.
F: Kinetična energija.
2. Študent drži v roki knjigo z maso 1 kg na višini 1,5 m nad tlemi. Koliko dela opravi sila njegove roke, če knjigo drži pri miru 5 minut?
A: 0 J
B: 15 J
C: 150 J
D: 300 J
3. Kamen vrtimo na vrvi v vodoravni ravnini s konstantno kotno hitrostjo. Kolikšno je delo sile vrvice, na katero je pripet kamen?
A: Odvisno od hitrosti kroženja.
B: Nič.
C: Enako kinetični energiji kamna.
D: Negativno.
4. Avtomobil z maso 1 t pelje s hitrostjo 36 km/h (10 m/s) po vodoravni cesti. Koliko dela moramo vložiti, če želimo povečati njegovo hitrost na 72 km/h (20 m/s)?
A: 100 kJ
B: 150 kJ
C: 200 kJ
D: 300 kJ
E: 400 kJ
5. Kolikšno je delo teže, ko z roko dvignemo breme z maso 10 kg s tal na višino 1 m nad tlemi?
A: 0 J
B: 10 J
C: 100 J
D: -100 J
E: -10 J

6. Težko breme naložimo na prikolico tovornjaka tako, da ga potisnemo po položnem klancu, namesto da bi ga dvignili naravnost s tal navpično navzgor. Primerjaj silo, s katero moramo vleči breme po klancu navzgor, in delo, ki ga opravimo pri tem, s silo in delom pri neposrednem dviganju bremena.
- A:** Na klancu je vlečna sila manjša, delo pa enako kakor pri navpičnem dviganju.
 - B:** Na klancu je vlečna sila enaka, delo pa je manjše kakor pri navpičnem dviganju.
 - C:** Na klancu je vlečna sila enaka, delo pa je večje kakor pri navpičnem dviganju.
 - D:** Na klancu sta vlečna sila in delo manjša kakor pri navpičnem dviganju.
7. Žogo vržemo v zrak in jo, ko pade nazaj, ujamemo na isti višini, s katere smo jo vrgli. Kolikšno je delo sile teže in kolikšno delo sile upora na krožni poti, ki jo opravi žoga pri metu.
- A:** Delo sile teže je pozitivno, delo sile upora pa negativno.
 - B:** Delo sile teže je nič, delo sile upora pa negativno.
 - C:** Delo sile teže je nič, delo sile upora pa pozitivno.
 - D:** Delo obeh sil je negativno.
 - E:** Celotno delo obeh sil je enako nič.
8. Na Luni ima teža telesa le eno šestino teže, ki jo ima telo na Zemlji. Kolikšno je razmerje kinetičnih energij telesa na zemlji in na Luni, če se v obeh primerih giblje s hitrostjo v ?
- A:** 1 : 6
 - B:** 6 : 1
 - C:** 36 : 1
 - D:** 1 : 36
 - E:** 1 : 1
9. Pri raztegovanju vzmeti za 1 cm iz ravnovesne lege opravimo delo 100 J. Koliko dela moramo vložiti za dvakrat večji raztezek iz ravnovesne lege?
- A:** 100 J
 - B:** 200 J
 - C:** 400 J
 - D:** 800 J

10. Žerjav dvigne paleto strešnikov s tal na streho 10 m visoke hiše v 10 s. Če bi enako paleto dvignil na isto višino v 5 s, bi pri tem:
- A:** opravil dvakrat večje delo in potreboval dvakrat večjo moč motorja;
 - B:** opravil dvakrat manjše delo in potreboval dvakrat manjšo moč motorja;
 - C:** opravil enako delo in potreboval dvakrat manjšo moč motorja;
 - D:** opravil enako delo in potreboval dvakrat večjo moč motorja;
 - E:** opravil dvakrat večje delo in potreboval enako moč motorja;
 - F:** opravil dvakrat manjše delo in potreboval enako moč motorja.
11. Testni voznik ugotovi, da lahko njegov avtomobil, ki ga poganja motor z močjo 20 kW, pelje največ 70 km/h pri vožnji po vodoravni cesti. Glavna ovira, da ne more peljati hitreje, je zračni upor. Sila upora narašča s kvadratom hitrosti. Za kolikšen faktor bi moral povečati moč motorja, če bi želel doseči dvakrat večjo maksimalno hitrost?
- A:** Za faktor dva.
 - B:** Za faktor štiri.
 - C:** Za faktor osem.
 - D:** Za faktor šestnajst.
12. Avtomobil z maso 1 t je peljal po vodoravni cesti s konstantno hitrostjo 108 km/h (30 m/s). Moč motorja je pri taki vožnji znašala 40 kW. Kolikšno moč mora dovajati motor, če želimo peljati s tem avtomobilom z enako hitrostjo navzgor po klancu z naklonom 10 %?
- A:** 40 kW
 - B:** 50 kW
 - C:** 70 kW
 - D:** 100 kW

REŠITVE

Preverjanje znanja: Delo in energija

1. A, B, E
2. A
3. B
4. B
5. D
6. A
7. B
8. E
9. C
10. D
11. C
12. C

POTENCIALNA ENERGIJA

Vprašanja

1. Izračunaj delo sile teže, ko dvignemo telo z maso m z višine y_1 na višino y_2 . Ali je to delo odvisno od poti, po kateri prenesemo telo iz začetne v končno lego? (Privzemi, da je težni pospešek \bar{g} v bližini zemeljske površine konstanten.)
2. Definiraj težnostno potencialno energijo. Kako je povezana z delom sile teže?
3. Katere sile so konservativne? Navedi nekaj primerov konservativnih sil. Navedi vsaj en primer nekonservativne sile.
4. Kolikšno je delo konservativne sile na telesu, ko je opravilo pot po zaključeni zanki?
5. Za kakšne sile lahko definiramo potencialno energijo? Ali lahko definiramo potencialno energijo za silo trenja? Kako je potencialna energija povezana z delom sile?
6. Kako je definirana prožnostna energija vzmeti? Kako je povezana z delom sile vzmeti?
7. Zapiši zakon o ohranitvi celotne mehanske (kinetične in potencialne) energije sistema. Kdaj velja?
8. Zapiši zakon o ohranitvi mehanske energije za prosto padajoče telo z maso m .
9. Klada z maso m leži na vodoravni podlagi in je prek vodoravne vzmeti pripeta na steno. Zapiši zakon o ohranitvi mehanske energije za ta sistem klade in vzmeti, ko se klada giblje v vodoravni smeri brez trenja. Katere energije pa moramo upoštevati, če je klada obešena na vzmeti v vertikalni smeri?
10. Kaj se dogaja s celotno mehansko energijo sistema, če na sistem delujejo nekonservativne sile (na primer sila upora ali sila trenja)?

Preverjanje znanja

1. Katera od spodnjih trditev velja samo za konservativne sile?
 - A:** Delo, ki ga sila opravi na telesu, je odvisno le od začetne in končne lege telesa, ne pa od poti, po kateri pride telo iz začetne v končno točko.
 - B:** Delo sile, ki deluje na telo, je vedno pozitivno, neodvisno od tega, po kateri poti se telo giblje.
 - C:** Delo sile na telesu, ki se iz izbrane začetne lege po poljubni zaključeni poti vrne v začetno lego, je enako nič.
 - D:** Delo, ki ga sila opravi na telesu, je vedno enako nič, neodvisno od tega, po kateri poti se telo giblje.
 - E:** Delo, ki ga sila opravi na telesu, je enako spremembi kinetične energije telesa.

2. Katere od spodaj navedenih sil so nekonservativne?
 - A:** Sila teže.
 - B:** Sila trenja.
 - C:** Sila prožne vzmeti.
 - D:** Sila zračnega upora.

3. Potencialno energijo telesa lahko vpeljemo samo, če na telo delujejo:
 - A:** konstantne sile;
 - B:** sile, ki so sorazmerne z odmikom telesa iz ravnovesne lege;
 - C:** konservativne sile;
 - D:** nekonservativne sile.

4. V katerih primerih se ohranja celotna mehanska energija telesa (vsota kinetične in potencialnih energij)?
 - A:** Če se telo giblje po zaključeni zanki.
 - B:** Če na telo ne deluje nobena nekonservativna sila.
 - C:** Če je vsota vseh zunanjih sil, ki delujejo na telo, enaka nič.
 - D:** Če je rezultanta vseh sil, ki delujejo na telo, pravokotna na smer premika telesa.
 - E:** Vedno.

5. Tri enake žoge vržemo z vrha strehe z enako veliko začetno hitrostjo. Vržemo pa jih pod različnimi koti: prvo poševno navzgor, drugo v vodoravni smeri in tretjo poševno navzdol. Katera od treh žogic ima največjo hitrost, tik preden pade na tla? (Zanemari zračni upor.)
- A:** Prva, ki smo jo vrgli poševno navzgor.
 - B:** Druga, ki smo jo vrgli v vodoravni smeri.
 - C:** Tretja, ki smo jo vrgli poševno navzdol.
 - D:** Vse tri žoge imajo enako hitrost tik nad tlemi.
6. Kroglica, obešena na vzmeti, prosto niha v navpični smeri okoli ravnovesne lege. Če zanemarimo zračni upor, pri takem gibanju velja:
- A:** Vsota kinetične energije ter gravitacijske in prožnostne potencialne energije je enaka delu sile vzmeti in sile teže pri vsakem nihaju.
 - B:** Vsota kinetične energije ter gravitacijske in prožnostne potencialne energije je konstantna.
 - C:** Delo sile teže je enako delu prožnostne sile vzmeti pri vsakem nihaju.
 - D:** Prožnostna potencialna energija kroglice je enaka negativnemu delu sile vzmeti.
 - E:** Delo sile teže je enako pozitivni spremembi težnostne potencialne energije.
7. Ob bazenu sta z iste višine speljana dva tobogana: eden naravnost navzdol v vodo, drugi pa po razgibani krožni poti. Vzemimo, da sta dovolj gladka, tako da lahko zanemarimo trenje pri spuščanju po njima. (V praksi to navadno ne drži, saj se nespretni kopalci lahko s kopalkami skoraj prilepijo na tobogan, tako da se morajo na manj strmih delih še potiskati, da pridejo do konca.) Primerjaj hitrosti, ki ju kopalci dosežejo na dnu obeh toboganov, tik preden čofnejo v vodo.
- A:** Končna hitrost je na obeh toboganih enaka.
 - B:** Končna hitrost je večja na ravnem toboganu.
 - C:** Končna hitrost je večja na zavitem toboganu.

8. V zabavišču mladeniči preskušajo svojo moč ob pripravi, pri kateri je treba s težkim kladivom zamahniti po vzvodu. Sunek se po vzmeti prenese na utež, da odskoči v navpični smeri. Hitrejši ko je zamah kladiva, više odskoči utež. Pri prvem poskusu jo je nekomu uspelo spraviti do višine h , ko je kladivo zavihnel s hitrostjo v . S kolikšno hitrostjo bi moral zamahniti s kladivom, da bi utež odskočila dvakrat više?

A: Enaka v .

B: $2v$

C: $v/2$

D: $v/\sqrt{2}$

E: $v\sqrt{2}$

F: $4v$

G: $v/4$

REŠITVE

Preverjanje znanja: Potencialna energija

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

GIBALNA KOLIČINA

Vprašanja

1. Kako je definirana gibalna količina telesa? Ali je gibalna količina vektor ali skalar?
2. Zapiši drugi Newtonov zakon za telo z maso m , na katero deluje sila \vec{F} , in sicer z gibalno količino telesa.
3. Pokaži, da se ob trku dveh teles, ki sta izolirani od okolice, ohranja njuna celotna gibalna količina. (Upoštevaj tretji Newtonov zakon o akciji in reakciji za sili, s katerima delujeta telesi druga na drugo med trkom: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$.)
4. Kako je definiran sunek sile? Ali je to vektorska ali skalarna količina?
5. Kako sta povezana sunek sile, ki deluje na telo, in gibalna količina telesa?
6. Ali se pri neprožnih trkih ohranja poleg celotne gibalne količine tudi kinetična energija sistema? Kaj pa pri popolnoma prožnih trkih?
7. Zapiši zakon o ohranitvi celotne gibalne količine sistema pri popolnoma neprožnem trku dveh kroglic z različnima masama (m_1 in m_2), ki se pred trkom gibljeta z različnima hitrostma (\vec{v}_1 in \vec{v}_2), po trku pa ostaneta zlepljeni.
8. Zapiši zakona o ohranitvi celotne gibalne količine in kinetične energije sistema pri popolnoma prožnem trku dveh kroglic z različnima masama (m_1 in m_2), ki se pred trkom gibljeta z različnima hitrostma (\vec{v}_1 in \vec{v}_2).
9. Obravnavaj popolnoma prožni trk, pri katerem se kroglica z maso m_1 čelno zaleti v mirujočo kroglico z maso m_2 . Kako se gibljeta kroglici po trku? Posebej pojasni primer, ko imata kroglici enako maso, in oba limitna primera, ko je masa prve kroglice mnogo manjša od mase druge, in obratno, ko je masa druge mnogo manjša od prve.
10. Zapiši celotno gibalno količino sistema več delcev, če poznaš njihove mase in hitrosti.
11. Definiraj težišče (središče mas) sistema več delcev in izrazi celotno gibalno količino sistema s hitrostjo težišča.
12. Zapiši drugi Newtonov zakon za sistem delcev, na katerega deluje več zunanjih sil. Izrazi ga na dva načina: s pospeškom težišča sistema in s celotno gibalno količino sistema. Ali sile med posameznimi deli sistema vplivajo na gibanje težišča sistema?
13. Kdaj velja zakon o ohranitvi celotne gibalne količine sistema več delcev? Kako se giblje težišče sistema, ko se celotna gibalna količina ohranja?

Preverjanje znanja

1. Dve telesi z različnima masama (m_1, m_2) imata enako gibalno količino. Razmerje med njunima hitrostma ($v_1 : v_2$) je:
A: 1 : 1
B: $m_1 : m_2$
C: $m_2 : m_1$
D: $\sqrt{m_1/m_2}$
E: $\sqrt{m_2/m_1}$
2. Pri neprožnem trku dveh teles se ohranja:
A: gibalna količina vsakega telesa posebej;
B: skupna gibalna količina obeh teles;
C: kinetična energija vsakega telesa posebej;
D: skupna kinetična energija obeh teles;
E: hitrost vsakega telesa.
3. Pri popolnoma prožnem trku dveh teles se ohranja:
A: gibalna količina vsakega telesa posebej;
B: skupna gibalna količina obeh teles;
C: kinetična energija vsakega telesa posebej;
D: skupna kinetična energija obeh teles;
E: hitrost vsakega telesa.
4. Avtomobil pelje po vodoravni cesti s konstantno hitrostjo. Pri katerem od spodaj navedenih trkov utrpita vozilo in voznik največji sunek?
A: Če se avtomobil zaleti v steno in po trku obmiruje.
B: Če se avtomobil zaleti v steno in po trku odbije od stene nazaj s četrtino vpadne hitrosti, kakršno je imel na začetku.
C: Če se avtomobil zaleti v drugo, lažje vozilo, ki miruje na cesti, in se po trku giblje naprej v isti smeri s polovično hitrostjo od tiste, ki jo je imel na začetku.
D: Če se avtomobil čelno zaleti v nasprotno vozeče vozilo, ki pelje z enako hitrostjo, tako da po trku oba avtomobila obmirujeta.
E: Če se avtomobil čelno zaleti v nasprotno vozeči tovornjak, tako da ga ta po trku potisne nazaj s polovično hitrostjo od tiste, ki jo je imel na začetku.

5. Vagon se giblje po vodoravnih tračnicah s konstantno hitrostjo v . Med vožnjo spusti žerjav nanj v navpični smeri zabojnik, ki ima enako maso kakor vagon. S kolikšno hitrostjo se giblje vagon z naloženim zabojnikom?
- A: v
 - B: $2v$
 - C: $v/2$
 - D: $4v$
 - E: $v/4$
6. Težišče homogene kvadratne plošče, ki ima v zgornjem desnem vogalu zvrtno luknjo, je:
- A: v središču plošče;
 - B: premaknjeno iz središča proti vogalu z luknjo;
 - C: premaknjeno iz središča proti spodnjemu desnemu vogalu;
 - D: premaknjeno iz središča proti spodnjemu levemu vogalu;
 - E: premaknjeno iz središča proti sredini spodnjega roba;
 - F: premaknjeno iz središča proti sredini gornjega roba.
7. V katerih od spodaj navedenih primerov se težišče skupine delcev giblje s konstantno hitrostjo?
- A: Na posamezne delce v skupini ne deluje nobena sila.
 - B: Vsota vseh zunanjih sil, ki delujejo na posamezne delce, je enaka nič.
 - C: Vsota sil, ki delujejo med posameznimi delci, je enaka nič.
 - D: Delci so simetrično razporejeni okoli težišča.
 - E: Delci so med sabo togo povezani.
 - F: Med delci ni nobenega trenja.
8. Fant želi potisniti zaboj, ki je trikrat težji od njega, z velike ledene plošče. Zaboj miruje na ledu, fant pridrsa k njemu, se zaustavi, ga prime z obema rokama in močno odrine od sebe proti robu ledene plošče. Katere od spodnjih trditev so pravilne po odzivu?
- A: Zaboj drsi proti robu, fant pa miruje na istem mestu, od koder je zaboj potisnil.
 - B: Zaboj miruje, fant pa drsi v nasprotni smeri odziva, stran od zaboja.
 - C: Zaboj se giblje v smeri odziva, fant pa v nasprotni in s trikrat večjo hitrostjo.
 - D: Zaboj se giblje v smeri odziva, fant pa v nasprotni in s trikrat manjšo hitrostjo.
 - E: Skupno težišče fanta in zaboja miruje.

9. Čoln miruje na jezeru v bližini brega. S prednjim koncem je obrnjen proti bregu. Čolnar, ki stoji na zadnjem delu čolna, bi rad izstopil, vendar je razdalja med prednjim delom čolna in bregom malo prevelika. Ker nima pri roki nobenega vesla, se odloči, da bo poskusil potisniti čoln bliže bregu, tako da bo z njegovega zadnjega dela skočil proti prednjemu. Pri tem računa, da bo pri doskoku z nogami potisnil čoln naprej. Ali mu bo uspelo? Kaj se zgodi po skoku?
- A:** Čoln še naprej miruje na vodi na enaki razdalji od brega kakor prej.
- B:** Čoln zdrsne proti bregu.
- C:** Čoln se premakne stran od brega.
- D:** Težišče čolna in čolnarja ostane na istem mestu kakor pred skokom.
10. Oče drži sina v naročju in se skupaj z njim požene s skakalnice v bazen. Od skakalnice se odrine v vodoravni smeri. Med letom potisne sina stran od sebe poševno navzgor. Kaj velja za gibanje njunega težišča potem, ko letita ločeno?
- A:** Težišče obeh se giblje v vodoravni smeri.
- B:** Težišče obeh se giblje v navpični smeri.
- C:** Njuno težišče se giblje po isti paraboli, kakor da bi se še vedno držala skupaj.
- D:** Njuno težišče se giblje po paraboli, vendar je premaknjena navzgor glede na parabolo, po kateri se je gibalo, ko sta se še držala skupaj.
- E:** Njuno težišče se giblje po nižji paraboli glede na tisto, ko sta se še držala skupaj.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Gibalna količina

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

VRTENJE TOGEGA TELESA OKOLI NEPREMIČNE OSI

Vprašanja

1. Zapiši rotacijsko kinetično energijo točkastega telesa z maso m , ki kroži na razdalji r od nepremične osi s kotno hitrostjo ω .
2. Zapiši rotacijsko kinetično energijo razsežnega togega telesa, ki je sestavljeno iz točkastih teles z maso m_i , na razdaljah r_i od osi, če se telo vrti s kotno hitrostjo ω . Definiraj vztrajnostni moment tega telesa glede na izbrano os vrtenja in izrazi njegovo kinetično energijo z vztrajnostnim momentom.
3. Kako izračunamo vztrajnostni moment poljubnega togega telesa za izbrano os vrtenja?
4. Izračunaj vztrajnostni moment tankega obroča z radijem R in maso M glede na os, ki je pravokotna na ravnino obroča in ga prebada skozi središče.
5. Zapiši Steinerjev izrek za vztrajnostni moment telesa glede na nepremično os, ki je vzporedna osi skozi težišče telesa.
6. Kako je definiran navor sile glede na izbrano os? V katero smer kaže vektor navora? Pojasni pravilo desne roke oziroma desnega vijaka pri določanju smeri vektorja navora.
7. Zapiši drugi Newtonov zakon za zasuke togega telesa okoli nepremične osi. Pojasni smer vektorjev navora in kotnega pospeška.
8. Kolikšno je delo navora pri zasuku togega telesa okoli nepremične osi od kota φ_1 do φ_2 . Kolikšno je to delo, če je navor konstanten?
9. Kako izračunamo trenutno moč, če poznamo navor \vec{M} , ki deluje na telo, in kotno hitrost telesa $\vec{\omega}$ v danem trenutku?
10. Zapiši izrek o kinetični energiji pri kroženju togega telesa okoli nepremične osi.
11. Pojasni zakon o ohranitvi rotacijske kinetične energije. Kdaj velja?
12. Opiši kotaljenje kolesa brez spodrsavanja. Kakšna je zveza med hitrostjo težišča kolesa in kotno hitrostjo, s katero se kolo vrti okoli težišča med kotaljenjem?
13. Zapiši kinetično energijo kolesa pri kotaljenju kot vsoto translacijske in rotacijske kinetične energije.

Preverjanje znanja

1. Katera od spodaj navedenih količin je vektor?
 - A: Navor.
 - B: Vztrajnostni moment.
 - C: Kotna hitrost.
 - D: Kotni pospešek.
 - E: Rotacijska kinetična energija.
 - F: Delo navora.
 - G: Vrtilna količina.
 - H: Sunek navora.
2. Dve kroglici sta pritrjeni na okrogli plošči, ki kroži s konstantno kotno hitrostjo okoli osi skozi sredino plošče. Prva kroglica z maso m je pripeta na zunanjem robu plošče na razdalji R od osi vrtenja, druga, z dvakrat večjo maso ($2m$), pa na dvakrat krajši razdalji od osi ($R/2$). Kakšno je razmerje med rotacijsko kinetično energijo prve kroglice proti drugi kroglici?
 - A: 1 : 1
 - B: 1 : 2
 - C: 2 : 1
 - D: 1 : 4
 - E: 4 : 1
3. Katero od navedenih teles ima največji vztrajnostni moment okoli glavne geometrijske osi, če imajo vsa telesa enako maso in enak zunanji radij?
 - A: Tanek obroč.
 - B: Voteli valj z debelo steno.
 - C: Disk.
 - D: Krogla.
4. Tanek obroč z maso m in radijem R vrtimo na vrvici dolžine L . Vrvica je privezana na rob obroča. Ravnina obroča je hkrati ravnina vrtenja. Kolikšen je vztrajnostni moment obroča glede na os vrtenja?
 - A: mR^2
 - B: mL^2
 - C: $m(R+L)^2$
 - D: $m(R-L)^2$
 - E: $m(2R+L)^2$
 - F: $mR^2 + m(R+L)^2$
 - G: Odvisen je od tega, s kolikšno kotno hitrostjo vrtimo obroč.

5. Z rokami poskušamo zavrteti veliko in težko železno kolo. V katerem od spodaj navedenih primerov delujemo nanj z največjim navorom glede na os skozi sredino kolesa, če v vseh primerih uporabimo enako veliko silo?
- A:** Kolo primemo blizu osi in potiskamo v tangencialni smeri.
 - B:** Kolo primemo na zunanjem robu in potiskamo pod kotom 45° glede na radij.
 - C:** Kolo primemo na zunanjem robu in potiskamo pravokotno na radij.
 - D:** Kolo primemo na zunanjem robu in povlečemo v radialni smeri.
6. Z roko sučemo volan avtomobila v desno. V katero smer kaže navor, s katerim roka deluje na volan?
- A:** Tangencialno na obroč volana.
 - B:** Radialno proti sredini volana.
 - C:** Radialno stran od volana.
 - D:** Navzgor, v smeri osi vrtenja volana, pravokotno na ravnino volanskega obroča.
 - E:** Navzdol, v smeri osi vrtenja volana, pravokotno na ravnino volanskega obroča.
 - F:** V trenutni smeri sile, s katero vrtimo volan.
7. V katero smer kaže kotni pospešek telesa, ki kroži okoli nepremične osi?
- A:** V smeri rezultante zunanjih sil, ki delujejo na telo.
 - B:** V smeri rezultante zunanjih navorov, ki delujejo na telo.
 - C:** Tangencialno na krožnico.
 - D:** V smeri osi kroženja.
 - E:** V radialni smeri.
8. Dva železna diska se prosto vrtita okoli svoje glavne osi. Zaradi trenja v osi se začneta postopoma ustavljati. Masi obeh diskov sta enaki, vendar ima prvi dvakrat večji premer kakor drugi, ki je zato ustrezno debelejši. Kateri disk se bo prej ustavil, če se na začetku oba vrtita z enako kotno hitrostjo in je navor sile trenja v osi obeh diskov enak?
- A:** Prej se ustavi prvi, ki ima večji premer.
 - B:** Prej se ustavi drugi, ki ima manjši premer.
 - C:** Oba diska se ustavita hkrati.

9. Motor vrtil veliko kolo z radijem 1 m in maso 100 kg, ki je zbrana na obodu, s konstantnim navorom 10 Nm. Koliko dela opravi, ko ga zasučemo za kot 180° ?
- A:** 0 J
B: 10 J
C: 1000 J
D: 1800 J
E: 10π J
F: 20π J
10. Na škripec v obliki valja z maso m in radijem R je navita lahka vrvi. Na prostem koncu vrvi visi utež maso M . Utež spustimo, da začne padati in pri tem prek vrvi vrteti škripec. S kolikšnim pospeškom pada utež?
- A:** Pada s konstantno hitrostjo, brez pospeška.
B: Pada s težnim pospeškom g .
C: Pada s pospeškom, manjšim od težnega pospeška g .
D: Pada s pospeškom, večjim od težnega pospeška g .
E: Pospešek je odvisen od razmerja mas valja in uteži.
F: Pospešek je odvisen od polmera valja.
11. Pri torzijski vzmeti je navor vzmeti sorazmeren s kotom zasuka ($M = -D\varphi$). Ko vzmet napnemo iz ravnovesne lege za kot φ , opravimo delo A . Koliko dela opravimo, če vzmet napnemo za dvakrat večji kot (2φ) iz ravnovesne lege?
- A:** A
B: $2A$
C: $A/2$
D: $4A$
E: $A/4$
12. Na vrhu pokončnega lahkega droga dolžine L pritrdimo utež z maso M . Ker je to precej nestabilen položaj, se drog z utežjo kmalu zvrne iz navpične lege. Med padanjem spodnji rob droga ne zdrsne, tako da ostane na istem mestu. Katera od spodnjih trditev je pravilna, tik preden treščita drog in utež na tla?
- A:** Kotna hitrost droga in uteži je večja, če je drog daljši.
B: Kotna hitrost droga in uteži je premosorazmerna z maso uteži.
C: Kotna hitrost droga in uteži je odvisna od težnega pospeška.
D: Kvadrat kotne hitrosti droga in uteži je obratno sorazmeren z dolžino droga.
E: Med zvrčanjem velja zakon o ohranitvi celotne mehanske energije za utež in drog.
F: Delo navora sile teže med padanjem je enako spremembi celotne mehanske energije sistema (rotacijske kinetične in potencialne).

13. Obroč z maso M in radijem R se kotili brez spodrsavanja s konstantno hitrostjo po vodoravni podlagi. Kakšno je razmerje med njegovo translacijsko in rotacijsko kinetično energijo?
- A: 1 : 1
 - B: 2 : 1
 - C: 1 : 2
 - D: Odvisno od mase obroča.
 - E: Odvisno od radija obroča.
14. Po klancu navzdol spustimo kroglo z radijem R in maso M . V katerem primeru ima krogla na dnu klanca večjo hitrost?
- A: Če se po klancu kotili brez spodrsavanja (kotalno trenje je zanemarljivo).
 - B: Če po klancu drsi brez kotaljenja (trenje je zanemarljivo).
 - C: Če med kotaljenjem tudi spodrsava.
 - D: Hitrost je enaka, neodvisno od načina gibanja krogle.
15. Pri dirkah formule ena je odločilen dober start. S čim lahko poskrbijo, da bo dirkalnik dosegel ob startu večji pospešek?
- A: Povečajo moč motorja.
 - B: Povečajo navor motorja.
 - C: Pred dirko natočijo v dirkalnik manj goriva, da je lažji.
 - D: S štartno elektroniko nadzorujejo (omejijo) maksimalni navor motorja, da kolesa ne spodrsavajo.
 - E: Pri ogrevalnem krogu štartajo z maksimalnim navorom motorja, da kolesa spodrsavajo in pustijo sled gum na asfaltu, da je po ogrevalnem krogu na štartnem mestu oprijem gum boljši.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Vrtenje togega telesa okoli nepremične osi

1. A, C, D, G, H
2. C
3. A
4. F
5. C
6. E
7. B, D
8. B
9. E
10. C, E
11. D
12. C, D, E
13. A
14. B
15. C, D, E

VRTILNA KOLIČINA

Vprašanja

1. Zapiši definicijo vrtilne količine za točkasto telo, ki kroži okoli nepremične osi. Kako je povezana z gibalno količino telesa? V katero smer kaže vektor vrtilne količine pri kroženju telesa okoli nepremične osi?
2. Zapiši vrtilno količino sistema točkastih teles glede na nepremično os, če poznaš mase teles, njihove trenutne hitrosti in razdalje od osi.
3. Kako je definirana vrtilna količina togega telesa pri vrtenju okoli nepremične osi?
4. Izrazi drugi Newtonov zakon za zasuke togega telesa okoli nepremične osi z vrtilno količino. Definiraj sunek navora.
5. Pojasni zakon o ohranitvi vrtilne količine pri vrtenju togega telesa okoli nepremične osi. Kdaj velja?
6. Definiraj vrtilno količino točkastega telesa glede na izbrano nepremično os pri poljubnem gibanju (ki ni nujno kroženje).
7. Pojasni zakon o ohranitvi vrtilne količine točkastega telesa glede na izbrano os pri poljubnem gibanju.
8. Razstavi splošno gibanje togega telesa na gibanje težišča telesa in kroženje telesa okoli težišča? Ali lahko ti dve gibanji obravnavamo ločeno?

Preverjanje znanja

1. Kolo je vpeto na nosilec tako, da se lahko prosto vrtilno okoli svoje glavne osi. Kaj se zgodi, če na kolo deluje konstanten navor v smeri osi vrtenja?
 - A:** Linearno se povečuje kotna hitrost kolesa.
 - B:** Linearno se povečuje kotni pospešek kolesa.
 - C:** Linearno se večja vrtilna količina kolesa.
 - D:** Linearno se večja radialni pospešek na obodu kolesa.
 - E:** Linearno se večja tangencialni pospešek na obodu kolesa.
 - F:** Nič se ne zgodi, ker navor kaže v napačni smeri in ne more vplivati na vrtenje kolesa.
2. Velik disk se vrtilno s konstantno kotno hitrostjo okoli nepremične navpične osi. Nanj med vrtenjem v navpični smeri spustimo utež, tako da pade na ploščo diska blizu zunanjega roba in se nanjo prilepi. Kaj se zgodi, ko utež pade na disk?
 - A:** Disk se vrtilno še naprej z enako kotno hitrostjo.
 - B:** Disk z utežjo se vrtilno z manjšo kotno hitrostjo.
 - C:** Kotna hitrost diska se poveča, ko utež pade na disk.
 - D:** Disk se ustavi.
3. Deček se vozi na vrtiljaku (okrogli plošči), ki se prosto vrtilno s konstantno kotno hitrostjo. Na začetku stoji ob zunanjem robu plošče. Kaj se zgodi, ko se premakne proti osi vrtenja?
 - A:** Vrtiljak se vrtilno še naprej z enako kotno hitrostjo.
 - B:** Vrtiljak se začne vrteti počasneje.
 - C:** Vrtiljak se začne vrteti hitreje.
 - D:** Vrtiljak se ustavi.
4. Pri skokih v vodo z desetmetrskega stolpa izvede skakalec najprej pirueto v iztegnjenem položaju, nato pa dvojni salto naprej v skrčenem položaju ter se tik pred vodno gladino ponovno zravna in prileti v vodo na glavo v navpični smeri. Katera od spodnjih izjav je pravilna pri opisu njegovega skoka?
 - A:** Težišče skakalca potuje po paraboli, neodvisno od tega, katere like izvaja med letom.
 - B:** Vrtilna količina skakalca med skokom je odvisna samo od njegovega odriva od skakalnice.
 - C:** Vrtilna količina skakalca se med letom spreminja glede na lik, ki ga izvaja.
 - D:** Kotna hitrost, s katero se skakalec suče okoli svojega težišča med letom, je odvisna od položaja njegovega telesa (ali je skrčen, iztegnjen ...).
 - E:** Če se skakalec skrči, se mu pri tem ne spremeni vztrajnostni moment telesa.
 - F:** Skakalec lahko med letom poveča svojo vrtilno količino tako, da se skrči.

5. V majhni vesoljski kapsuli, ki kroži okoli Zemlje, naredi astronaut v breztežnem stanju salto naprej. Ali se to pozna na gibanju kapsule?
- A:** Kapsula rahlo spremeni trajektorijo leta po vesoljčevem saltu.
 - B:** Kapsula se po astronautovem saltu rahlo vrti v nasprotni smeri salta.
 - C:** Kapsula se po astronautovem saltu rahlo vrti v isti smeri salta.
 - D:** Kapsula je po astronautovem saltu malo zasukana, v nasprotni smeri salta.
 - E:** Kapsula je po astronautovem saltu malo zasukana iz prvotne smeri, v smeri salta.
 - F:** Salto ne vpliva na položaj in vrtenje kapsule.
6. Vrtavko zavrtimo na njeni konici. Nato jo med vrtenjem rahlo sunemo iz navpične lege, da začne precedirati okoli navpične osi. Zakaj se vrtavka, ki precedira okoli navpične osi, ne zvrne?
- A:** Na vrtavko ne deluje nobena sila, če zanemarimo trenje in zračni upor.
 - B:** Na vrtavko ne deluje noben navor.
 - C:** Na vrtavko deluje navor sile teže, ki je premajhen, da bi jo zvrnil.
 - D:** Na vrtavko deluje navor sile teže, ki kaže v vodoravni smeri in ne more spremeniti vertikalne komponente vrtilne količine.
 - E:** Ko se vrtavka vrti, se ji poveča vztrajnostna masa, tako da je sila teže premajhna, da bi vrtavko prevrnila.
7. Ploščica je pripeta na vrvici in kroži na vodoravni mizi brez trenja. Vrvica, na katero je pripeta, je speljana skozi drobno luknjo v sredini mize. Kaj se zgodi, če vrvico počasi vlečemo skozi to luknjo, pri čemer vlečemo proti luknji tudi kroglico, tako da kroži na zmerom manjšem radiju.
- A:** Vrtilna količina ploščice se manjša.
 - B:** Vrtilna količina ploščice se večja.
 - C:** Vrtilna količina ploščice se ohranja.
 - D:** Rotacijska kinetična energija ploščice se manjša.
 - E:** Rotacijska kinetična energija ploščice ostaja enaka.
 - F:** Rotacijska kinetična energija ploščice se večja.
 - G:** Kotna hitrost ploščice ostane enaka.
8. Kamen spustimo, da prosto pade z mosta v vodo. (Pri tem se ne vrti okoli svoje osi.) Kaj lahko povemo o vrtilni količini kamna glede na os na robu mostu?
- A:** Vrtilna količina kamna glede na os na robu mostu je enaka nič.
 - B:** Vrtilna količina se večja, ko kamen pada.
 - C:** Vrtilna količina je konstantna med padanjem kamna.
 - D:** Vrtilne količine ne moremo definirati pri prostem padu.

9. Po ledeni ploskvi na hokejskem igrišču drsi plošček z maso 300 g. Giblje se brez trenja s konstantno hitrostjo 10 m/s vzdolž igrišča v smeri pravokotno glede na sredinsko črto na igrišču. Ko prečka sredinsko črto, je od sredine igrišče oddaljen 4 m. Kolikšna je vrtilna količina ploščka glede na os v sredini igrišča?

A: $0 \text{ kgm}^2\text{s}^{-1}$

B: $3 \text{ kgm}^2\text{s}^{-1}$

C: $12 \text{ kgm}^2\text{s}^{-1}$

D: $40 \text{ kgm}^2\text{s}^{-1}$

REŠITVE

Preverjanje znanja: Vrtilna količina

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

RAVNOVESJE IN ELASTOMEHANIKA

Vprašanja

1. Kateri pogoji morajo biti izpolnjeni, da telo miruje? Ali zadostuje, da je vsota vseh sil, ki delujejo na telo, enaka nič?
2. Zapiši pogoj za ravnovesje v primeru, ko ležijo vse sile, ki delujejo na telo, v isti ravnini.
3. Kolikšen je navor dveh nasprotnih, enako velikih sil, ki ne ležita na isti premici, ampak sta vzporedno premaknjeni za razdaljo d ? Ali je navor take dvojice sil odvisen od izbire osi vrtenja?
4. V katerem primeru je telo v ravnovesju, če nanj delujejo tri nekolinearne sile?
5. Če je vsota vseh sil, ki delujejo na telo, enaka nič in vsota vseh navorov glede na neko izbrano os vrtenja enaka nič, ali je to telo v ravnovesju tudi glede na katero koli drugo os? Dokaži.
6. Opiši, kaj se dogaja s kovinsko žico, ko jo natezno obremenjujemo. Skiciraj in pojasni graf, ki prikaže odvisnost relativnega raztezka žice v odvisnosti od natezne napetosti.
7. Zapiši Hookov zakon za raztezke telesa pri obremenitvi na nateg ali stisk. Kako je definiran elastični modul?
8. Pojasni strižne deformacije telesa, ko nanj delujejo strižne sile. Definiraj strižni modul.
9. Definiraj stisljivostni modul pri vsestranskem stiskanju telesa. Kako je definirana stisljivost snovi?

Preverjanje znanja

1. Kaj je zadosten pogoj, da je togo telo v statičnem ravnovesju?
 - A:** Sile se morajo paroma izničiti.
 - B:** Vsota vseh sil, ki delujejo na telo, mora biti enaka nič.
 - C:** Vsota vseh navorov, ki delujejo na telo, mora biti enaka nič.
 - D:** Vsota vseh sil in vseh navorov, ki delujejo na telo, mora biti enaka nič.

2. Most stoji na dveh podpornikih. Težišče praznega mostu je na sredini med njima. Čez most zapelje tovornjak. Katere trditve so pravilne, če most ostane v statičnem ravnovesju, ko je tovornjak na njem?
 - A:** Vsota sil v obeh podpornikih je nasprotno enaka teži mostu in tovornjaka, neodvisno od tega, na katerem delu mostu je tovornjak.
 - B:** Sili v obeh podpornikih sta enaki, neodvisno od tega, na katerem delu mostu je tovornjak.
 - C:** Ko je tovornjak točno nad desnim podpornikom, je sila v levem podporniku večja kakor takrat, ko je most prazen.
 - D:** Sila na posamezni podpornik linearno narašča z razdaljo tovornjaka od podpornika.
 - E:** Največja sila, ki jo mora podpornik prenesti, ko tovornjak pelje čez most, je enaka vsoti teže tovornjaka in pol teže mostu.

3. Dvojica sil, ki deluje na togo telo, lahko povzroča:
 - A:** pospešek težišča telesa;
 - B:** kotni pospešek telesa okoli težišča;
 - C:** spremembo oblike telesa;
 - D:** nič, ker ostane telo v ravnovesju.

4. Togo telo, na katero deluje več sil hkrati, je v ravnovesju. Tedaj velja:
 - A:** Vse sile delujejo na isto točko telesa.
 - B:** Vsota vseh komponent sil v poljubni smeri je enaka nič.
 - C:** Vse sile delujejo v smeri težišča telesa.
 - D:** Vsota vseh navorov glede na katero koli os je enaka nič.
 - E:** Navori glede na izbrano os se paroma izničijo.

5. Vrvohodci običajno držijo roke iztegnjene v vodoravnem položaju, ko lovijo ravnotežje na vrvi. Ko je Houdini prečkal Niagarske slapove na napeti vrvi visoko nad vodo, je v rokah držal 6 m dolg drog. Kako mu je drog pomagal loviti ravnotežje?
- A:** Drog mu je povečal vztrajnostni moment telesa, tako da je ob bočnih sunkih vetra nad slapovi doživel manjši kotni pospešek in imel več časa za reakcijo.
 - B:** Droga se je držal, da ni padel.
 - C:** Ravnotežje je lovil tako, da je po potrebi zasukal drog iz vodoravne lege v navpični smeri (dvignil eno stran in spustil drugo ali obratno). To mu je koristilo zlasti pri bočnem vetru.
 - D:** Pri bočnem vetru je lovil ravnotežje tako, da je drog v vodoravni legi premikal v smer, od koder je pihal veter.
6. Dve bakreni žici sta obešeni na strop. Prva je dvakrat daljša od druge in ima dvakrat večji premer. Na obe žici obesimo enako utež. Kolikšno je razmerje raztezkov prve žice proti drugi, če se obe žici elastično deformirata?
- A:** 1 : 1
 - B:** 2 : 1
 - C:** 1 : 2
 - D:** 1 : 4
 - E:** 4 : 1
7. Primerjaj silo in delo, ki sta potrebna, da pretrgamo kos žice, glede na to, ali je ta kos dolg ali kratek.
- A:** V obeh primerih je potrebna enaka sila in enako delo.
 - B:** Pri daljšem kosu potrebujemo enako silo, vendar moramo vložiti več dela kakor pri krajšem.
 - C:** Pri daljšem kosu potrebujemo večjo silo in moramo vložiti več dela kakor pri krajšem.
 - D:** Pri krajšem kosu potrebujemo večjo silo in moramo vložiti več dela kakor pri daljšem.
 - E:** Pri krajšem kosu potrebujemo enako silo in moramo vložiti več dela kakor pri daljšem.
8. Z ladje, ki pluje prek Atlantika, vržejo v vodo na obeh koncih odprto bakreno cev. Cev, ki jo hitro zalije voda, potone. Kaj se zgodi z njo, ko potone na dno oceana 5600 m globoko, kjer je tlak $5,6 \times 10^7$ Pa? Stisljivost bakra je $7,14 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{N}$.
- A:** Cev se splošči zaradi velikega tlaka.
 - B:** Volumen bakra se zmanjša za 0,04 %.
 - C:** Dolžina cevi se rahlo podaljša, ker se debelina stene cevi zmanjša.
 - D:** Notranji premer cevi se zmanjša za 0,04 %.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Ravnovesje in elastomehanika

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

NIHANJE

Vprašanja

1. Kako matematično opišemo sinusno (harmonično) nihanje? Pojasni naslednje fizikalne količine pri opisu nihanja: amplituda, frekvenca, krožna frekvenca, nihajni čas, faza, fazni premik. Kako jih lahko razberemo iz grafa, ki prikazuje časovni potek odmika nihala iz ravnovesne lege $x(t)$?
2. Nariši grafe za časovni potek odmika nihala iz ravnovesne lege $x(t)$, hitrosti nihala $v(t)$ in pospeška nihala $a(t)$ pri sinusnem nihanju. Pojasni fazne premike med njimi.
3. Kolikšni sta amplitudi hitrosti in pospeška pri nihalu, ki niha z amplitudo x_0 in nihajnim časom T ?
4. Kakšna je zveza med odkikom iz ravnovesne lege in pospeškom nihala pri harmoničnem nihanju?
5. Opiši nihanje nihala na vijačni vzmeti, ki niha v vodoravni smeri. Zapiši enačbo gibanja in izračunaj lastno frekvenco vzmetnega nihala, če je na vzmeti s koeficientom k pripeta klada z maso m .
6. Zapiši celotno energijo vzmetnega nihala, ki niha brez dušenja. Kakšna je časovna odvisnost kinetične in prožnostne energije tega nihala? Kolikšna je njuna vsota? Pokaži, da se celotna energija nedušenega nihala ne spreminja s časom.
7. Zapiši enačbo gibanja in izračunaj lastno frekvenco za:
 - nitno nihalo (majhna kroglica, obešena na vrvici dolžine L),
 - torzijsko nihalo (disk z vztrajnostnim momentom J , obešen na jekleni vrvi s torzijskim koeficientom D)
 - fizično nihalo (togo telo z maso M , obešeno na vodoravni osi, ki je za razdaljo d odmaknjena od težišča telesa; vztrajnostni moment telesa okoli dane osi je J).
8. Kako pojema amplituda pri dušenem harmoničnem nihalu, če je koeficient dušenja β ? Skiciraj graf, ki prikazuje časovni potek dušenega nihanja. Kako pojema energija dušenega nihala?
9. Kako matematično opišemo dušeno sinusno nihanje? Ali je lastna frekvenca dušenega nihala enaka kakor pri enakem nedušenem nihalu?
10. Opiši odziv nihala z lastno frekvenco ω_0 pri vsiljenem nihanju z vsiljevano frekvenco ω . Pojasni resonančno krivuljo. Kako na odziv nihala pri vsiljenem nihanju vpliva dušenje?

Preverjanje znanja

1. Katere od spodnjih trditev so pravilne za nedušeno sinusno nihanje?
 - A:** Frekvenca nihanja je odvisna od amplitude.
 - B:** Nihajni čas je obratno sorazmeren frekvenci nihanja.
 - C:** Nihalo opravi en nihaj, ko pride od ene skrajne lege do druge, na nasprotni strani ravnovesne točke.
 - D:** Nihalo periodično niha okoli ravnovesne točke.
2. Za gibanje sinusnega nihala je značilno:
 - A:** Hitrost nihala je največja v ravnovesni legi.
 - B:** Hitrost nihala je odvisna od amplitude nihanja.
 - C:** Pospešek nihala je največji v ravnovesni legi.
 - D:** Pospešek nihala je konstanten.
3. Ko sinusno nihalo doseže maksimalni odmik iz ravnovesne lege, je:
 - A:** hitrost nihala največja;
 - B:** pospešek nihala največji;
 - C:** kinetična energija nihala največja;
 - D:** potencialna energija nihala največja;
 - E:** gibalna količina nihala največja.
4. Dve vzmetni nihali ne moreta nihati v fazi, če imata različni:
 - A:** amplitudi;
 - B:** lastni frekvenci;
 - C:** masi;
 - D:** konstanti vzmeti;
 - E:** začetni legi.
5. Nihalo niha harmonično (sinusno). Sila, ki ga poganja, je:
 - A:** konstantna po velikosti in smeri;
 - B:** sorazmerna z odmikom nihala iz ravnovesne lege;
 - C:** obratno sorazmerna z odmikom nihala;
 - D:** vedno usmerjena proti ravnovesni legi nihala;
 - E:** usmerjena v smeri odmika nihala iz ravnovesne lege;
 - F:** poljubna.

6. Pri vzmetnem nihalu (klada pripeta na vzmeti), ki niha v vodoravni legi brez trenja in brez upora, se med nihanjem ne spreminja:
- A: kinetična energija klade;
 - B: prožnostna energija vzmeti;
 - C: vsota kinetične in prožnostne energije;
 - D: gibalna količina klade;
 - E: pospešek klade;
 - F: frekvenca nihanja;
 - G: amplituda nihanja.
7. Če pri nitnem nihalu (drobna kroglica, obešena na nitki dolžine L), ki niha z nihajnim časom T , podaljšamo dolžino nitke za faktor dva, bo nihajni čas:
- A: ostal enak T
 - B: $2T$
 - C: $T/2$
 - D: $T\sqrt{2}$
 - E: $T/\sqrt{2}$
8. Kaj se zgodi z vzmetnim nihalom (klada, obešena na vzmeti), ki niha v navpični smeri, če povečamo maso klade za faktor dva?
- A: Lastna frekvenca nihala se ne spremeni.
 - B: Lastna frekvenca nihala se poveča za faktor dva.
 - C: Lastna frekvenca nihala se zmanjša za faktor dva.
 - D: Lastna frekvenca nihala se poveča za faktor $\sqrt{2}$.
 - E: Lastna frekvenca nihala se zmanjša za faktor $\sqrt{2}$.
9. Kroglica je obešena na vzmet in sinusno niha okoli ravnovesne lege v navpični smeri z nihajnim časom T . Če vzmet prerežemo na pol in nanjo obesimo isto kroglico, bo nihala z nihajnim časom:
- A: $T/2$
 - B: $2T$
 - C: T
 - D: $T\sqrt{2}$
 - E: $T/\sqrt{2}$

10. Na dva gumijasta valja, ki sta postavljena na isti višini in razmaknjena za 0,5 m, položimo leseno palico dolžine 1 m. Vrtita se v nasprotnih smereh, tako da levi valj potiska palico v desno, desni pa v levo. Kaj se bo zgodilo s palico, če jo postavimo na valja tako, da je njeno težišče med njima, vendar ne točno na sredini, ampak bliže desnemu?
- A:** Palico bo sila trenja na desnem valju potiskala v levo, dokler desni rob palice ne bo zdrsnil čez valj. Takrat bo palica zdrsnila tudi z levega valja.
 - B:** Palico bo sila trenja na levem valju potiskala v desno, dokler ne bo levi rob palice zdrsnil čez valj. Takrat bo palica zdrsnila tudi z desnega valja.
 - C:** Palica bo nihala levo–desno med valjema: najprej bo palico potisnil v levo desni valj, nato pa levi valj nazaj v desno.
 - D:** Palica bo nihala levo–desno med valjema: najprej bo palico potisnil v desno levi valj, nato pa desni valj nazaj v levo.
 - E:** Palica bo mirovala, ker sta sili trenja med palico in valjem na obeh valjih po velikosti enaki, vendar nasprotni po smeri.
11. Pri dušenem nihanju pojema amplituda nihala eksponentno. Če se amplituda nihala zmanjša na polovico začetne vrednosti (A_0) v eni uri, kolikšna bo njegova amplituda po treh urah?
- A:** $A_0/3$
 - B:** $A_0/4$
 - C:** $A_0/6$
 - D:** $A_0/8$
 - E:** $A_0/9$
 - F:** $A_0/27$
12. Pri dušenem nihanju pojema amplituda nihala eksponentno. V kolikšnem času se zmanjša energija nihala na polovico, če se amplituda nihala zmanjša na polovico začetne vrednosti (A_0) v eni uri?
- A:** V četrtr ure.
 - B:** V pol ure.
 - C:** V eni uri.
 - D:** V dveh urah.
 - E:** V štirih urah.

13. Kateri pogoji morajo biti izpolnjeni, če želimo, da se nihalu resonančno poveča amplituda nihanja, ko ga poganjamo z zunanjo silo?
- A:** Frekvenca vzbujanja mora biti enaka lastni frekvenci nihala.
 - B:** Amplituda vzbujanja mora biti enaka amplitudi nihala.
 - C:** Zunanja sila mora nihati v fazi z nihalom, ki ga vzbuja.
 - D:** Dušenje mora biti majhno (energijske izgube nihala v posameznem ciklu morajo biti majhne v primerjavi s celotno energijo nihala).

REŠITVE

Preverjanje znanja: Nihanje

1. B, D
2. A, B
3. B, D
4. B
5. B, D
6. C, F, G
7. D
8. E
9. C
10. C
11. D
12. B
13. A, D

GRAVITACIJA

Vprašanja

- Pojasni Newtonov gravitacijski zakon:
 - Kolikšna je gravitacijska sila, ki deluje med točkastima delcema z masama m_1 in m_2 , ki sta odmaknjena drug od drugega za razdaljo r ?
 - Kje prijmlje in v kateri smeri deluje gravitacijska sila prvega delca na drugega? Kaj pa gravitacijska sila drugega delca na prvega?
 - Ali lahko postane gravitacijska sila med masnima delcema enaka nič, če povečujemo razdaljo med njima?
 - Ali je gravitacijska sila, s katero delujeta dva delca drug na drugega, odvisna od snovi, ki leži med njima? Ali lahko gravitacijsko silo med delcema zasenčimo, tako da en delec ne občuti gravitacijskega privlaka drugega delca?
- Kako izračunamo gravitacijsko silo krogle z maso M na točkasti delec z maso m , ki leži zunaj krogle na razdalji r od njenega središča?
- Pojasni težni pospešek \bar{g} z gravitacijskim zakonom.
- Kako se spreminja težni pospešek \bar{g} glede na razdaljo od zemeljske površine?
- Kako je definirano gravitacijsko polje? Nariši silnice gravitacijskega polja v neposredni bližini zemeljske površine in na večjih razdaljah okrog zemeljske krogle. Kako lahko otipamo oziroma izmerimo gravitacijsko polje v izbrani točki prostora?
- Kako je definirana gravitacijska potencialna energija dveh točkastih delcev z masama m_1 in m_2 , ki sta odmaknjena drug od drugega za razdaljo r ? Kako definiramo ničlo gravitacijske potencialne energije?
- Zapiši potencialno energijo sistema treh točkastih delcev z masami m_1 , m_2 in m_3 , če poznaš njihove medsebojne razdalje r_{12} , r_{13} in r_{23} .
- Pojasni zakon o ohranitvi energije za satelit, ki se giblje v Zemljini orbiti, če nanj ne deluje nobena druga sila razen gravitacijske.

Preverjanje znanja

1. Masa Marsa je približno desetina Zemljine mase, njegov premer pa približno polovico manjši od Zemljinega. Kolikšna bo teža astronauta na Marsu, če na Zemlji tehta 800 N?
 - A:** 800 N
 - B:** 80 N
 - C:** 160 N
 - D:** 320 N
 - E:** 2000 N
 - F:** 3200 N

2. Tri kroglice so postavljene v ravni vrsti in urejene po velikosti. Kroglica na levi je od srednje oddaljena 3 m in ima trikrat večjo maso od srednje, tista na desni pa je od srednje oddaljena 1 m in ima dvakrat manjšo maso od srednje. V katero smer kaže rezultanta celotne gravitacijske sile obeh stranskih krogel na srednjo kroglo?
 - A:** Proti levi (večji) kroglici.
 - B:** Proti desni (manjši) kroglici.
 - C:** Pravokotno na smer zveznice, ki povezuje tri kroglice.
 - D:** Pod kotom 45 stopinj glede na smer zveznice, ki povezuje tri kroglice, proti manjši kroglici.
 - E:** Pod kotom 45 stopinj glede na smer zveznice, ki povezuje tri kroglice, proti večji kroglici.
 - F:** Rezultanta je nič.

3. Kaj se zgodi z gravitacijsko silo, s katero Sonce privlači Zemljo v trenutku, ko se Venera na svoji poti okoli Sonca postavi točno na zveznico med Zemljo in Sonce?
 - A:** Gravitacijski privlak Sonca je enak nič v času, ko Venera zakriva Zemljo.
 - B:** Gravitacijski privlak Sonca se zmanjša za faktor, ki je enak v razmerju mas Sonce/Venera.
 - C:** Gravitacijski privlak Sonca se poveča za faktor, ki je enak razmerju mas Sonce/Venera.
 - D:** Gravitacijski privlak Sonca ostane enak.

4. Težni pospešek g na Zemlji:
 - A:** je univerzalna fizikalna konstanta;
 - B:** je odvisen od mase Zemlje;
 - C:** je odvisen od mase telesa, ki prosto pada proti Zemljini površini;
 - D:** je odvisen od radija Zemlje;
 - E:** se spreminja z nadmorsko višino.

5. Henry Cavendish je leta 1798 pri svojem znamenitem eksperimentu "stehtal" Zemljo. Kaj je takrat pravzaprav izmeril?
- A:** Težni pospešek g na Zemljini površini.
 - B:** Polmer Zemlje.
 - C:** Povprečno gostoto našega planeta.
 - D:** Oddaljenost Zemlje od Sonca.
 - E:** Univerzalno gravitacijsko konstanto G .
6. Geolog bi rad določil lego velike podzemne jame, ne da bi moral vrtati v tla. Ali bi si lahko pomagal z natančnim gravimetrom (merilnikom težnega pospeška)? Ali bi gravimeter pokazal kakšno razliko v težnem pospešku Zemlje, če je pod površino podzemna jama ali če jame ni?
- A:** Težni pospešek na površini Zemlje je manjši, če je pod površino podzemna jama.
 - B:** Težni pospešek na Zemljini površini je obakrat enak, ker je odvisen le od celotne mase Zemlje, in je tak, kakor da bi bila vsa masa zbrana v središču Zemlje.
 - C:** Težni pospešek na površini Zemlje je večji, če je pod površino podzemna jama.
 - D:** Podzemna jama nima mase, zato ne more spremeniti težnega pospeška.
7. Raketa kroži okoli Zemlje na višini, ki je enaka radiju Zemlje. Kolikšen je težni pospešek na raketi v primerjavi s težnim pospeškom g na površini Zemlje?
- A:** Nič, astronauti so v breztežnostnem stanju.
 - B:** $g/4$
 - C:** $g/2$
 - D:** g
 - E:** $2g$
 - F:** $4g$

8. Velika vesoljska postaja je izdelana v obliki krogelne lupine in se vrti okoli svoje osi s konstantno kotno hitrostjo. Masa postaje je enakomerno razporejena po vsej lupini. Na zunanji, pa tudi na notranji strani krogelne lupine je prazen prostor (vakuum). Kolikšna je gravitacijska sila postaje na astronauta, in v kateri smeri deluje, ko ta zleze v notranjo votlino postaje in pregleduje steno postaje?
- A:** Gravitacijska sila je nič, astronaut v notranjosti krogelne lupine je v breztežnem prostoru.
 - B:** Gravitacijska sila na astronauta je sorazmerna z maso postaje in deluje proti steni, ob kateri se giblje.
 - C:** Gravitacijska sila na astronauta je sorazmerna z maso postaje in obratno sorazmerna s kvadratom povprečnega radija postaje ter deluje v radialni smeri navzven glede na središče krogelne lupine.
 - D:** Gravitacijska sila na astronauta je sorazmerna s kotno hitrostjo, s katero se postaja vrti, in deluje v radialni smeri navzven glede na središče krogelne lupine.
9. Umetni satelit leti okoli Zemlje po razpotegnjeni eliptični orbiti. Katere od spodaj navedenih trditev so pravilne?
- A:** Kinetična energija satelita je ves čas konstantna.
 - B:** Gravitacijska potencialna energija je najmanjša, ko je satelit najbolj oddaljen od zemlje.
 - C:** Celotna mehanska energija satelita (kinetična in gravitacijska potencialna) je konstantna na celotni trajektoriji.
 - D:** Ko se satelit oddaljuje od Zemlje, opravi gravitacijska sila negativno delo.
 - E:** Potentialna energija satelita je obratno sorazmerna z razdaljo od Zemlje.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Gravitacija

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

MEHANIKA TEKOČIN

Vprašanja

1. Kako je definiran hidrostatični tlak? Ali je tlak skalarna ali vektorska količina?
2. Pojasni, kako se hidrostatični tlak spreminja z globino tekočine. Ali je hidrostatični tlak v tekočini odvisen od oblike posode, v kateri je tekočina?
3. Pojasni Pascalovo načelo: kaj se zgodi s tlakom v tekočini, ki je zaprta v posodi, če od zunaj dodatno pritisnemo na majhen gibljiv pokrov posode in tako neposredno pod pokrovom povečamo tlak v tekočini?
4. Kako deluje hidravlična stiskalnica?
5. Kako lahko merimo tlak z U-cevko, napolnjeno s tekočino?
6. Kako deluje živosrebrni manometer za merjenje zračnega tlaka (na enem koncu zaprta cevka, ki je z odprtim koncem potopljena v živo srebro)?
7. Pojasni silo vzgona (velikost, smer in prijemališče). Kdaj telo v tekočini plava oziroma kdaj v tekočini lebdi?
8. Pojasni razliko med laminarnim in turbulentnim tokom tekočine. Kaj so tokovnice?
9. Definiraj masni in volumnski pretok tekočine.
10. Kaj pove kontinuitetna enačba pri obravnavi pretakanja tekočine po cevi s spremenljivim presekom?
11. Zapiši in pojasni Bernoulijevo enačbo. Kdaj velja?
12. Kako je definirana viskoznost tekočine? Pojasni linearni zakon upora.
13. Pojasni kvadratni zakon upora.

Preverjanje znanja

1. Katere od navedenih količin so vektorji:
 - A:** tlak;
 - B:** gostota;
 - C:** sila vzgona;
 - D:** tokovnica;
 - E:** volumski pretok;
 - F:** viskoznost.

2. Tekočina je zaprta v posodi z gibljivim pokrovom. Kaj se zgodi, če pritisnemo s silo F na pokrov?
 - A:** Povečal se bo tlak v tekočini tik pod pokrovom, drugje po posodi pa bo nespremenjen.
 - B:** Povečal se bo tlak v tekočini, najbolj tik pod pokrovom in najmanj na dnu posode.
 - C:** Povečal se bo tlak v tekočini, po vsej posodi enako, neodvisno od velikosti ali oblike posode.
 - D:** Povečala se bo gostota tekočine, tlak pa bo ostal enak.
 - E:** Zmanjša se volumen tekočine, tlak in gostota tekočine pa ostaneta nespremenjena.

3. Potapljač dela v globini 20 m pod vodo v steklenem zvonu, ki je spodaj odprt in napolnjen z zrakom. Kolikšen je tlak zraka v zvonu?
 - A:** $0,2 \times 10^5$ Pa
 - B:** 1×10^5 Pa
 - C:** $1,2 \times 10^5$ Pa
 - D:** 2×10^5 Pa
 - E:** 3×10^5 Pa
 - F:** Trikrat večji od zunanjega zračnega tlaka.

4. Lastnik jadrnice želi popraviti manjšo okvaro na gredlju, zato si natakne masko, se potopi pod plovilo in poskuša priviti manjkajoče vijake. Da mu ne bi bilo treba stalno po zrak na površino, se odloči, da bo za dihanje uporabil dolgo plastično cev kot "dihalko". Ali bi lahko vdihnil zrak po taki cevi, ko je 1 m pod vodno gladino? Približno kolikšna sila pritiska na njegov prsni koš, ko poskuša vdihniti zunanji zrak iz globine 1 m pod vodo? (Površina njegovega prsnega koša je približno $0,1 \text{ m}^2$.)
- A:** Lahko prosto vdihne, sila na prsni koš je zanemarljivo majhna.
- B:** Lahko vdihne, vendar vdih ovira upor vode pri širjenju prsnega koša in majhen pretok zraka po dolgi cevi.
- C:** Vdih je otežen zaradi hidrostatičnega tlaka vode, ki pritiska na potapljača, vendar sila ni večja od 100 N.
- D:** Zelo težko vdihne oziroma ne more vdihniti, ker je sila zaradi razlike med hidrostatičnim tlakom v vodi okoli potapljača in tlakom zraka v cevi prevelika (okoli 1000 N).
- E:** Bolje, da ne poskuša vdihniti, ker mu zaradi razlike tlakov v krvi in zraka v pljučih lahko kri vdre skozi kapilare v pljuča.
5. Kletar pretaka vino iz večjega v manjši sod po plastični cevi (natege). En konec cevi vtakne do dna velikega, drugi konec pa do dna manjšega soda (potem ko poskrbi, da začne vino po cevi iztekati iz velikega soda). Dno manjšega soda leži više od dna velikega. Na začetku je večji sod poln, manjši pa prazen. Kdaj bo vino nehalo teči po cevi iz velikega v manjši sod?
- A:** Ko se veliki sod popolnoma izprazni.
- B:** Ko se gladina vina v velikem sodu zniža do višine, na kateri je dno malega soda.
- C:** Ko se gladina vina v velikem sodu zniža do višine, na kateri je drugi konec cevi v malem sodu.
- D:** Ko sta gladini vina v obeh sodih na isti višini.
6. Sila vzgona na telo, ki plava v tekočini, je odvisna od:
- A:** gostote telesa;
- B:** gostote tekočine;
- C:** oblike telesa;
- D:** mase telesa;
- E:** volumna telesa;
- F:** volumna izpodrinjene tekočine;
- G:** volumna tekočine;
- H:** teže izpodrinjene tekočine.

7. Kje je prijemališče sile vzgona na leseno klado, ki plava na vodni gladini, tako da je tretjina gleda iz vode?
- A:** V težišču klade.
B: V težišču izpodrinjene vode.
C: Na spodnjem robu klade.
D: Na nivoju vodne gladine.
8. Otroški balon, napolnjen s helijem, leti po zraku zaradi sile vzgona in ga je treba držati na vrvi, da ne odplava v višino. Kolikšna je sila vzgona na ta balon, če je napolnjen z zrakom namesto s helijem?
- A:** Sila vzgona na balon je v obeh primerih enaka, neodvisno od tega, s čim je napolnjen.
B: Če je balon napolnjen z zrakom, je sila vzgona nanj manjša, zato balon ne leti.
C: Sila vzgona je manjša, ko je balon napolnjen s helijem, ker je helij redkejši od zraka.
9. V kozarcu vode plavajo ledene kocke. Kaj se zgodi z gladino vode v kozarcu, ko se ves led stali?
- A:** Gladina ostane na isti višini.
B: Gladina se dvigne.
C: Gladina se zniža.
10. Če je hitrostni profil tekočine po cevi stacionaren, pomeni, da:
- A:** je hitrost vode enaka povsod po cevi;
B: je hitrost vode enaka vzdolž posamezne tokovnice;
C: se hitrost vode v vsaki točki cevi s časom ne spreminja;
D: se tlak vzdolž tokovnic ne spreminja;
E: je gostota tekočine enaka povsod po cevi;
F: v cevi ni turbulenc.
11. Po cevi se pretaka nestisljiva tekočina. Kakšno je razmerje povprečnih hitrosti tekočine v dveh zaporednih odsekih cevi, katerih preseka sta S_1 in S_2 ?
- A:** 1 : 1
B: $S_1 : S_2$
C: $S_2 : S_1$
D: $\sqrt{S_1} : \sqrt{S_2}$
E: $\sqrt{S_2} : \sqrt{S_1}$

12. Pri katerih od spodaj navedenih pogojev velja Bernoulijeva enačba za tok tekočine po cevi?
- A:** Tekočina mora biti nestisljiva.
 - B:** Gostota tekočine mora biti majhna.
 - C:** Tok tekočine mora biti laminaren.
 - D:** Tokovnice morajo biti vodoravne.
 - E:** Hitrost tekočine po cevi mora biti povsod enaka.
 - F:** Viskoznost tekočine mora biti zanemarljiva.
 - G:** Presek cevi se ne sme spreminjati.
 - H:** Tlak na začetku in koncu cevi mora biti enak.
13. Dirkalniki formule ena imajo na zadnjem delu avtomobila pritrjeno vodoravno krilce v obliki narobe obrnjenega letalskega krila. Kakšna je glavna funkcija tega krilca med vožnjo?
- A:** Povečuje silo, s katero dirkalnik pritiska na cesto, tako pa povečuje trenje med kolesi in asfaltom.
 - B:** Zmanjšuje silo, s katero pritiska dirkalnik na cesto, da lahko doseže večjo hitrost.
 - C:** Izboljšuje oprijem dirkalnika s cestiščem, kar je pomembno zlasti v ovinkih.
 - D:** Uravnava smer dirkalnika pri velikih hitrostih.
 - E:** Zmanjšuje zračni upor dirkalnika.
14. Venturijeve cev je ravna in ima povsod enak presek, razen v srednjem delu, kjer je zožana. Cevka U, v kateri je voda, je z enim krakom priključena na široki del Venturijeve cevi, z drugim pa na ozkega. Na kateri višini je gladina vode v obeh krakih cevke U, če skozi Venturijevo cev pihamo zrak?
- A:** V obeh krakih cevke U je gladina na isti višini.
 - B:** Gladina je višja v kraku, ki je priključen na širši del cevi.
 - C:** Gladina je višja v kraku, ki je priključen na ožji del cevi.
 - D:** Višina gladin v obeh krakih je odvisna od tega, v kateri smeri pihamo zrak po Venturijevi cevi.
15. Dve enako veliki kroglici z različnima masama (ena svinčena, druga aluminijasta) hkrati spustimo z višine 10 m, da prosto padata po zraku proti tlam. Katera kroglica pade na tla prej?
- A:** Obe padeta istočasno, ker je težni pospešek neodvisen od mase telesa.
 - B:** Svinčena (težja) kroglica pade prej.
 - C:** Aluminijasta (lažja) kroglica pade prej.
 - D:** Obe padeta istočasno, ker je sila upora zraka med padanjem na obe kroglici enaka.

16. Kroglico z maso m spustimo v posodo z oljem. Na začetku pada pospešeno, vendar zaradi viskoznosti olja kmalu doseže maksimalno hitrost in se proti dnu posode giblje s konstantno hitrostjo v . S kolikšno hitrostjo bi se gibala po olju enako velika kroglica z dvakrat večjo maso?

A: $v/4$

B: $v/2$

C: v

D: $2v$

E: $4v$

17. Akrobatski padalci izvajajo med skokom razne like, preden odprejo padalo. Hitrost padanja uravnavajo tako, da spreminjajo čelno površino telesa in tako zračni upor. Za kolikšen faktor bi se povečala maksimalna hitrost padanja padalca zaradi zmanjšanja čelne površine, če bi letel navpično navzdol z glavo naprej in rokami ob telesu, v primerjavi z maksimalno hitrostjo, ki jo doseže, ko pada v vodoravnem položaju z razširjenimi rokami? Upoštevaj, da je v prvem primeru povprečna čelna površina padalca približno za faktor 9 manjša kakor v drugem.

A: 3

B: 6

C: 9

D: 27

REŠITVE

Preverjanje znanja: Mehanika tekočin

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

VALOVANJE

Vprašanja

1. Katere vrste valovanj poznamo: opiši transversalno in longitudinalno valovanje. Po čem se ločita? Kaj imata skupnega?
2. Kako matematično opišemo val poljubne oblike $f(x)$, ki potuje v desno po napeti struni s hitrostjo v , in kako enak val, ki potuje v levo, če se pri potovanju oblika vala ne spreminja?
3. Kaj pove načelo superpozicije valov? Opiši superpozicijo dveh valov na struni, ki potujeta drug proti drugemu. Skiciraj oba vala v treh različnih časih: preden se srečata; v trenutku, ko se srečata; po srečanju.
4. Kaj je interferenca valov? Opiši konstruktivno in destruktivno interferenco dveh valov na struni.
5. Opiši uklon valovanja na vodni gladini, ko valovanje na poti naleti na oviro (ozko režo ali oster rob predmeta). Kako se valovanje širi za oviro?
6. Od česa je odvisna hitrost transversalnega valovanja na napeti struni? Zapiši izraz za hitrost valovanja.
7. Opiši odboj vala na vpetem in na prostem koncu strune.
8. Kaj se zgodi z valovanjem na meji, kjer je lahka struna pripeta na debelejšo? Kaj pa, če valovanje pride na mejo iz nasprotni strani?
9. Skiciraj sinusni val z valovno dolžino λ , ki potuje po struni v desno, v času $t = 0$ in nekem poznejšem trenutku ($0 < t < T$), kjer je T časovna perioda nihanja posameznih delov strune.
10. Zapiši izraz, ki opisuje transversalni sinusni val z valovno dolžino λ in amplitudo A , ki potuje po napeti struni v desno s hitrostjo v . Kako sta definirana kotna frekvenca ω in valovni vektor k ?
11. Kakšna je zveza med frekvenco in valovno dolžino sinusnega valovanja?
12. Pojasni prenos energije z valovanjem. Zapiši izraz za moč, ki jo prenaša po struni sinusno valovanje.
13. Kakšne vrste valovanje je zvok? S katerimi fizikalnimi količinami lahko opišemo zvočno valovanje v zraku? Od česa je odvisna hitrost zvoka v snovi?
14. Katere vrste zvoka ločimo glede na njegovo frekvenco? Katere frekvence lahko zazna človeško uho?
15. Kako sta definirani intenziteta in glasnost zvoka?
16. Kako pojema jakost zvoka z razdaljo od sferičnega zvočnika, ki oddaja v okolico sferični zvočni val?
17. Pojasni Dopplerjev pojav za primer, ko se giblje izvor zvoka, in za primer, ko se giblje sprejemnik. Za oba primera zapiši, kakšno frekvenco sliši sprejemnik, če je frekvenca mirujočega oddajnika ν .

18. Pojasni Machovo valovno čelo, ko je hitrost izvora večja od hitrosti valovanja (na primer letalo, ki leti z nadzvočno hitrostjo, ali ladja, ki pluje s hitrostjo, večjo od hitrosti valov na vodni gladini).
19. Kakšno je valovanje na struni, če po njej potujeta dva sinusna vala z enako amplitudo in frekvenco, eden v desno in drugi v levo? Zapiši izraz, ki opiše superpozicijo obeh valov.
20. Zapiši pogoj za nastanek stoječega valovanja na struni z dolžino L , ki je vpeta na obeh koncih. Zapiši osnovno lastno frekvenco nihanja strune in višje harmonične frekvence.
21. Zapiši pogoj za nastanek stoječega valovanja v piščali z dolžino L , ki je na eni strani odprta, na drugi pa zaprta. Zapiši lastne frekvence take piščali.

Preverjanje znanja

1. Kaj je značilno za mehansko valovanje?
 - A:** Potovanje snovi po praznem prostoru.
 - B:** Potovanje manjšega dela snovi po preostali snovi, ki prenaša valovanje.
 - C:** Potovanje motnje po snovi, ki prenaša valovanje.
 - D:** Potovanje energije po snovi, ki prenaša valovanje.
 - E:** Po snovi se prenaša gibalna količina.
 - F:** Potovanje svetlobe po snovi.

2. Kaj je zvok?
 - A:** Transverzalno valovanje, pri katerem nihajo delci zraka v pravokotni smeri na smer širjenja zvoka.
 - B:** Longitudinalno valovanje, pri katerem po snovi potujejo zgoščine in razredčine.
 - C:** Longitudinalno valovanje, pri katerem se delci snovi gibljejo tako, da povzročajo valovanje tlaka v smeri širjenja zvoka.
 - D:** Valovanje, ki se lahko širi tudi po praznem prostoru.

3. Po napeti gumijasti vrvi potujeta dva vala drug proti drugemu. Nastala sta na nasprotnih koncih vrvi kot posledica kratkega sunka prečno na vrv. Na obeh koncih sta bila sunka enaka, le da je bil tisti na levem koncu usmerjen navzdol, na desnem pa navzgor. Vala sta po obliki enaka, a levi je obrnjen navzdol, desni navzgor. Kaj se zgodi, ko se na sredini strune srečata?
 - A:** Vala se odbijeta, ko se zaletita, in se po trku gibljeta v nasprotni smeri vsaksebi.
 - B:** Ko vala trčita, se del vala odbije, del pa nemoteno potuje naprej v prvotni smeri.
 - C:** Vala interferirata. Interferenca je destruktivna. Vala se izničita, ko se srečata. Po tem valovanja na struni ni več.
 - D:** Vala interferirata. Interferenca je destruktivna. Vala se izničita, vendar samo za kratek čas, ko sta na istem mestu, nato potujeta po struni naprej, kakor da se ne bi srečala.
 - E:** Vala interferirata. Interferenca je konstruktivna. Po trku vala potujeta v prvotni smeri.

4. Po struni potuje transversalni val zvonaste oblike, ki je obrnjen navzgor. Kaj se zgodi, ko pripotuje do konca strune, ki je trdno vpeta v steno?
- A:** Val se zaleti v steno in se izniči.
 - B:** Val se od stene odbije in enako obrnjen potuje po struni v nasprotni smeri.
 - C:** Val se od stene odbije in narobe obrnjen potuje po struni v nasprotni smeri.
 - D:** Val se včasih odbije, včasih pa ne, odvisno od debeline in napetosti strune.
5. Po struni potuje transversalni val zvonaste oblike, ki je obrnjen navzgor. Kaj se zgodi, ko pripotuje do konca strune, ki je privezana na gladek navpičen drog, tako da se lahko prosto giblje v navpični smeri?
- A:** Val zaniha konec strune v navpični smeri in se izniči.
 - B:** Val zaniha konec strune v navpični smeri, se pri tem odbije in enako obrnjen potuje po struni v nasprotni smeri.
 - C:** Val zaniha konec strune v navpični smeri, se pri tem odbije in narobe obrnjen potuje po struni v nasprotni smeri.
 - D:** Včasih se odbije, včasih pa ne, odvisno od debeline in napetosti strune.
 - E:** Vedno se odbije, vendar je orientacija vala po odboju odvisna od hitrosti valovanja.
6. Pristaniški delavec poskuša spraviti na ladjo debelo ladijsko vrv, tako da na njen konec pritrdi tanko jekleno vrv, ki jo lahko vrže s pomola na krov. Tam jo ujame mornar in jo začne vleči. Med vlečenjem sta obe vrvi napeti, tako da lahko mornar v prečni smeri zatrese tanko vrv in po njej pošlje transversalni val navzdol. Kaj se zgodi, ko val pride do mesta, kjer sta speti tanka in debela vrv?
- A:** Val potuje nemoteno naprej po debeli vrvi.
 - B:** Val se na spoju v celoti odbije in potuje po tanki vrvi nazaj proti mornarju, obrnjen narobe.
 - C:** Del vala se na spoju odbije nazaj po tanki vrvi, del pa potuje naprej po debeli. Oba vala sta obrnjena enako kakor prvotni val.
 - D:** Del vala se na spoju odbije nazaj po tanki vrvi, del pa potuje naprej po debeli. Odbiti val je obrnjen obratno, prepuščen pa enako kakor prvotni val.
 - E:** Del vala se na spoju odbije nazaj po tanki vrvi, del pa potuje naprej po debeli. Odbiti val je obrnjen obratno od vpadnega vala, kadar je hitrost vpadnega vala večja od hitrosti prepuščenega.

7. Scenarij za hollywoodski film: zaradi močnega potresa na morskem dnu se sredi Atlantskega oceana ustvari velik potresni val (tsunami), visok več deset metrov. Bliža se vzhodni ameriški obali in grozi, da bo zalil in porušil številna obalna naselja, z New Yorkom vred. Neki vojaški svetovalec predlaga, da bi potresni val ustavili z močno jedrsko eksplozijo v morju (nekje med obalo in potresnim valom), ki bi ustvarila nasprotni val. Ko bi se vala srečala, bi se med sabo izničila. Ali bi tak scenarij deloval?
- A:** Deloval bi samo, če bi jim z jedrsko eksplozijo uspelo narediti enak, vendar nasprotno obrnjen val od potresnega.
- B:** Ne bi deloval, ker bi vala po srečanju potovala naprej vsak v svoji prvotni smeri, kakor da se ne bi srečala.
- C:** Ne bi deloval, ker bi se vala seštela v dvakrat večji val, ta pa bi naredil še več škode.
- D:** Deloval bi za zaščito ameriške obale. Vendar pa bi se vala ob trku odbila in naredila škodo na kakšni drugi obali (recimo brazilski ali kanadski).
8. Kateri od spodaj navedenih izrazov opisujejo sinusno valovanje, ki potuje v desno?
- A:** $y = y_0 \sin(\omega t)$
- B:** $y = y_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}(x - vt)\right)$
- C:** $y = y_0 \sin(kx + \omega t - \theta)$
- D:** $y = y_0 \sin(kx - \omega t + \theta)$
- E:** $y = y_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$
- F:** $y = y_0 \sin\left(2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right)$
9. Na vodni gladini vzbujamo valovanje, tako da z roko periodično potapljam žogo in jo spustimo, da se spet dvigne iz vode. To počnemo s frekvenco 2 s^{-1} . Hitrost valovanja na vodni gladini je 1 m/s . Kolikšna je valovna dolžina valovanja, ki se širi v koncentričnih krogih stran od žoge?
- A:** 0,2 m
- B:** 0,5 m
- C:** 1 m
- D:** 2 m
- E:** Ni dovolj podatkov za napoved valovne dolžine.

10. Transverzalni sinusni val na struni opiše izraz $y = y_0 \sin\left(2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right)$, pri čemer je amplituda (y_0) 10 cm, valovna dolžina (λ) 4 m, časovna perioda (T) pa 12 s. V nekem trenutku je odmik izbrane točke A na struni +10 cm. Kolikšen je takrat odmik strune v točki B, ki je od točke A oddaljena +2 m, in kolikšen je odmik v točki B čez 3 s?
- A:** -5 cm, +5 cm
B: -10 cm, +10 cm
C: 0 cm, 0 cm
D: +10 cm, 0 cm
E: -10 cm, +5 cm
F: -10 cm, 0 cm
G: 0 cm, +10 cm
11. Jeklena struna z dolžino L in presekom S je z enim koncem vpeta v strop, na drugem koncu pa je nanjo obešena utež z maso M . Maso strune zanemarimo. Pri takih pogojih je hitrost širjenja valovanja po struni enaka v . Če bi želeli povečati hitrost širjenja transverzalnega valovanja po struni za faktor dva, bi morali:
- A:** obesiti na enako struno utež z dvakrat večjo maso;
B: obesiti na enako struno utež s štirikrat večjo maso;
C: struno skrajšati na polovico in nanjo obesiti enako utež;
D: izbrati jekleno struno z dvakrat manjšim presekom in nanjo obesiti enako utež;
E: izbrati jekleno struno z dvakrat manjšim presekom in nanjo obesiti utež z dvakrat večjo maso.
12. Kateri od spodaj navedenih izrazov opisujejo stoječe sinusno valovanje na struni?
- A:** $y = y_0 \sin(kx + \omega t + \theta) + y_0 \sin(kx + \omega t - \theta)$
B: $y = y_0 \sin(kx) \cos(\omega t)$
C: $y = y_0 \sin(kx - \omega t) + y_0 \sin(kx + \omega t)$
D: $y = y_0 \sin(kx) + y_0 \cos(\omega t)$

13. Na struni dolžine L , ki je vpeta na obeh koncih, se vzpostavi stoječe valovanje. Opazimo, da so na struni štirje vozli (vključno z obema na koncih strune), v katerih struna miruje. Kolikšna je frekvenca nihanja, če je hitrost valovanja na struni enaka c ?

A: $v = \frac{c}{L}$

B: $v = \frac{c}{2L}$

C: $v = \frac{2c}{L}$

D: $v = \frac{3c}{L}$

E: $v = \frac{3c}{2L}$

F: $v = \frac{4c}{L}$

14. Ustnična piščalka dolžine L , ki je na enem koncu odprta, na drugem pa zaprta, ima osnovno lastno frekvenco ν_0 . Katere višje harmonične frekvence lahko nastanejo v taki piščali poleg osnovne, ko vanjo pihamo na odprtem koncu?

A: $n \nu_0$ ($n = 2, 3, 4, 5, 6, 7 \dots$)

B: $n \nu_0$ ($n = 3, 5, 7 \dots$)

C: $n \nu_0$ ($n = 2, 4, 6 \dots$)

D: $\frac{n}{2} \nu_0$ ($n = 3, 5, 7 \dots$)

15. Sirena na policijskem avtomobilu, ki pelje s hitrostjo v_1 , oddaja zvok s frekvenco ν . Kolikšno frekvenco sliši voznik v nasproti vozečem avtu, ki pelje s hitrostjo v_2 ?

A: Enako, kakor jo oddaja sirena.

B: Večjo, kakor jo oddaja sirena.

C: Manjšo, kakor jo oddaja sirena.

D: Odvisno od velikosti hitrosti obeh nasproti vozečih avtomobilov.

16. Za nadzor hitrosti vozil v prometu pogosto uporabljajo mikrovalovne radarje, ki za merjenje hitrosti avtomobilov izkoriščajo Dopplerjev pojav pri odboju elektromagnetnih valov (mikrovalov). Ali bi lahko hitrost avtomobilov merili enako natančno tudi z zvočnim radarjem, ki bi namesto elektromagnetnih valov oddajal zvočne ali ultrazvočne valove in meril Dopplerjev premik na odbitem valu?
- A:** Meritve bi bile enako natančne, saj Dopplerjev pojav ni odvisen od hitrosti valovanja.
 - B:** Meritve bi bile enako natančne, saj je hitrost zvoka univerzalna konstanta, neodvisna od lastnosti medija (npr. zraka), po katerem potuje.
 - C:** Meritve bi bile manj natančne, med drugim tudi zato, ker je Dopplerjev premik pri zvoku odvisen od vremenskih razmer med meritvijo (hitrosti vetra, temperature zraka).
 - D:** Meritve bi bile enako natančne, kljub temu da je hitrost zvoka odvisna od vremenskih razmer, saj se pri Dopplerjevem pojavu, ki nastane pri odboju na gibajočem se vozilu, spremenjena hitrost valovanja ne pozna.
17. Na razdalji 1 m od točkastega izvira je jakost zvoka 1 W/m^2 . Kolikšna je jakost na razdalji 10 m od izvira?
- A:** 10 W/m^2
 - B:** 1 W/m^2
 - C:** $0,5 \text{ W/m}^2$
 - D:** $0,1 \text{ W/m}^2$
 - E:** $0,01 \text{ W/m}^2$
18. Za koliko moramo zmanjšati jakost zvoka, da se glasnost zmanjša za 30 dB (s 60 dB na 30 dB)?
- A:** Za faktor 2.
 - B:** Za faktor 3.
 - C:** Za faktor 30.
 - D:** Za faktor 100.
 - E:** Za faktor 1000.
19. Za koliko se zmanjša glasnost, če se od točkastega izvira zvoka oddaljimo na desetkrat večjo razdaljo?
- A:** Za faktor 10.
 - B:** Za faktor 100.
 - C:** -1 dB
 - D:** -10 dB
 - E:** -20 dB
 - F:** -100 dB
 - G:** Poznati bi morali moč izvora.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Valovanje

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

TEMPERATURA

Vprašanja

1. Kaj pomeni, da sta dve telesi v toplotnem stiku? Kdaj pa sta v termičnem ravnovesju?
2. Pojasni ničti zakon termodinamike. Kako je definirana temperatura s tem zakonom?
3. Naštej nekaj fizikalnih pojavov, ki jih lahko izkoristimo za merjenje temperature.
4. Kako je definirana Celzijeva temperaturna skala?
5. Opiši plinski termometer, ki deluje pri stalnem volumnu. Kakšna je zveza med tlakom in temperaturo pri stalnem volumnu?
6. Kako je definirana absolutna temperatura? Ali je mogoče doseči absolutno ničlo (0K)?
7. Kakšna je zveza med Kelvinovo in Celzijevo temperaturno skalo? S katero umeritveno točko je definirana Kelvinova temperaturna skala?
8. Kako opišemo termično raztezanje snovi? Kako sta definirana linearni in volumski koeficient temperaturnega raztezka? Kakšna je zveza med njima?
9. Opiši anomalijo pri termičnem raztezanju vode.
10. S katerimi termodinamičnimi količinami opišemo termodinamično stanje idealnega plina? Pri katerem pogoju se realni plin obnaša kot idealni plin?
11. Kaj pomeni, da je plin v termodinamičnem ravnovesju?
12. Kaj je značilno za izotermno, izobarno in za izohorno termodinamično spremembo pri idealnem plinu?
13. Pojasni Boylov zakon: kakšna je zveza med tlakom in volumnom idealnega plina pri izotermni spremembi?
14. Pojasni Gay-Lussacov zakon: kakšna je zveza med volumnom in temperaturo idealnega plina pri izobarni spremembi?
15. Pojasni plinsko enačbo za idealni plin. Kakšna je zveza med univerzalno plinsko konstanto in Boltzmanovo konstanto?

Preverjanje znanja

1. Naj bo telo C v termičnem ravnovesju s telesoma A in B . Kaj v takem primeru pove ničti zakon termodinamike?
 - A:** Telo A je v termičnem stiku s telesom B .
 - B:** Telo A je v termičnem ravnovesju s telesom B .
 - C:** Telo C bo vedno ostalo v termodinamičnem ravnovesju s telesoma A in B .
 - D:** Notranji energiji teles A in B sta enaki.
 - E:** Temperaturi teles A in B sta enaki.

2. Kako je določena ničla v Kelvinovi temperaturni skali (absolutna ničla)?
 - A:** Po dogovoru je to temperatura, ki ustreza $-273,15$ stopinje Celzija.
 - B:** Določena je s plinskim termometrom s konstantnim volumnom kot temperatura, pri kateri bi tlak idealnega plina v termometru padel na nič, če se plin ne bi prej utekočinil oziroma zamrznil v trdno agregatno stanje.
 - C:** Določena je z živosrebrnim termometrom kot temperatura, pri kateri bi se stolpec živega srebra najbolj skrčil.
 - D:** To je najnižja temperatura, ki so jo dosegli pri katerem koli eksperimentu doslej.
 - E:** To je temperatura, pri kateri se utekočini helij.
 - F:** Za absolutno ničlo je izbrana temperatura praznega medzvednega prostora.

3. Jekleno podložko z notranjim radijem 1 cm in zunanjim 1,5 cm bi radi nataknili na gred, ki ima premer malenkost večji od premera luknje v podložki. Ali bi segrevanje podložke pomagalo, da bi jo lahko spravili na gred?
 - A:** Ne bi pomagalo, ker se podložka med segrevanjem razteza v vse smeri in bi se luknja v podložki zmanjšala.
 - B:** Ne bi pomagalo, ker se podložka med segrevanjem razteza navzven in bi premer luknje v podložki ostal enak.
 - C:** Ne bi pomagalo, ker bi se zaradi linearnega temperaturnega raztezka podložka med segrevanjem rahlo deformirala v elipso.
 - D:** Bi pomagalo, ker se med segrevanjem poveča zunanji in notranji premer podložke.

4. Jeklen merilni trak je umerjen pri temperaturi $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Če ga uporabljamo za meritve dolžin na vroč poletni dan, ko je temperatura zraka $38\text{ }^{\circ}\text{C}$, bi izmerjene dolžine bile:
- A:** premajhne, ker se merilni trak podaljša;
 - B:** prevelike, ker se merilni trak podaljša;
 - C:** prevelike, ker se podaljšajo predmeti, ki jih merimo.
5. Z jeklenim merilnim trakom, ki je umerjen pri temperaturi $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, merimo dolžino jeklene palice v hladilnici, v kateri je temperatura $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Merilni trak in palica sta narejena iz enakega jekla (z enakim linearnim koeficientom temperaturnega raztezka). Kaj velja za tako dobljeno izmerjeno vrednost dolžine palice?
- A:** Izmerjena vrednost je točna, ker se merilni trak in palica enako skrčita pri nižji temperaturi.
 - B:** Izmerjena vrednost je prevelika, ker se merilni trak pri nižji temperaturi skrči in merska skala na njem ne ustreza več standardu za merjenje dolžine.
 - C:** S tem merilnim trakom ne moremo izmeriti, za koliko se je palica skrčila pri nižji temperaturi. Pri vsaki temperaturi, bi merilni trak pokazal enako dolžino palice, ker bi se skrčil oziroma razširil za enak relativni raztezek kakor palica.
 - D:** Izmerjena vrednost, ki jo odčitamo na tem merilnem traku, ustreza dolžni palice pri $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
6. Za termično raztezanje vode je značilna anomalija v območju temperatur od $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, kjer je volumski koeficient temperaturnega raztezka negativen. Posledica tega je:
- A:** Voda ima največjo gostoto pri $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - B:** Voda ima največji volumen pri $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 - C:** Voda se v tem temperaturnem intervalu krči, ko jo segrevamo.
 - D:** Voda se v tem temperaturnem intervalu širi, ko jo segrevamo.
 - E:** Pri ohlajanju vode proti $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ bo voda začela zmrzovati na gornjem delu posode.
7. V jeklenki je zaprt plin. Pri temperaturi $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ je tlak plina enak zunanjemu zračnemu tlaku. Oceni, na kolikšno temperaturo bi morali segreti jeklenko s plinom, da bi tlak v njej narasel za faktor dva.
- A:** $\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - B:** $\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - C:** $\sim 240\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - D:** $\sim 320\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - E:** $\sim 600\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - F:** $\sim 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$

8. Gospodinje zapirajo kozarce z marmelado tako, da odprt kozarec z marmelado segrejejo na $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, ga pokrijejo z lahkim pokrovom, ki dobro tesni, in pustijo, da se kozarec ohladi na sobno temperaturo ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Kolikšna sila je potrebna, če želimo dvigniti pokrov ohlajenega kozarca? Površina pokrova je 1 dm^2 .

A: Zanemarljivo majhna.

B: 100 N

C: 200 N

D: 800 N

E: 2000 N

REŠITVE

Preverjanje znanja: Temperatura

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

TOPLOTA

Vprašanja

1. Kaj pomeni, da je sistem v termodinamičnem ravnovesju?
2. Kaj je notranja energija in kaj toplota? Kakšna je razlika med njima?
3. Pojasni razliko med toploto in temperaturo.
4. Kako lahko spremenimo notranjo energijo sistema?
5. Kako je definiran predznak toplote glede na izbrani sistem? Pojasni predznak toplote za izbrani sistem glede na temperaturo sistema in okolice.
6. Katerim termodinamičnim spremembam sistema rečemo, da so adiabatne? V katerih primerih lahko dobro opišemo termodinamično spremembo stanja realnega sistema z adiabatno spremembo?
7. Kaj se dogaja s sistemom, ko mu dovajamo toploto (če v sistemu ni faznega prehoda)? Kako je definirana toplotna kapaciteta sistema?
8. Kako je definirana specifična toplotna kapaciteta snovi?
9. Ali se med faznim prehodom temperatura sistema spreminja, ko sistemu dovajamo ali odvajamo toploto? Kaj je latentna toplota? Kako je definirana specifična latentna toplota snovi?
10. Skiciraj graf odvisnosti temperature od dovedene toplote za sistem, ki na začetku vsebuje led pri $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, potem pa ga segrevamo, dokler se v celoti ne spremeni v paro s temperaturo $200\text{ }^{\circ}\text{C}$.
11. Pojasni zakon o ohranitvi energije za termično izoliran sistem. Uporabi primer, ko imamo na začetku v kalorimetru vodo z maso m_v pri sobni temperaturi in vanjo potopimo bakren blok mase m_{Cu} . Kako lahko določiš zmesno temperaturo, ko se v celotnem sistemu vzpostavi termodinamično ravnovesje?
12. Na kakšne načine se lahko toplota prenaša med sistemom in okolico?
13. Pojasni prevajanje toplote po snovi. Od česa je odvisen toplotni tok skozi steno, ki ločuje sistem pri temperaturi T_s od okolice s temperaturo T_o ? Kako je definirana toplotna prevodnost snovi?
14. Kako je definirana toplotna upornost snovi? Kako izračunamo toplotno upornost sestavljene izolacijske stene, če poznamo toplotno upornost posameznih plasti?
15. Pojasni prenos toplote s konvekcijo (naravno in vsiljeno).
16. Pojasni prenos toplote s sevanjem. Zapiši Stefanov zakon. Kako je definiran albedo?
17. Zapiši efektivni toplotni tok med sistemom pri temperaturi T_s in okolico s temperaturo T_o , če toplota lahko prehaja samo s sevanjem.

Preverjanje znanja

1. Kaj je toplota?
 - A:** Celotna energija sistema.
 - B:** Energija, ki prehaja iz sistema na okolico ali obratno.
 - C:** Celotna energija sistema in njegove okolice.
 - D:** Vsota celotne energije sistema in dela, ki ga sistem opravi na okolici.
 - E:** Temperatura sistema.
 - F:** Termodinamsko stanje sistema.

2. Sistem je v termičnem stiku z okolico. Če je temperatura sistema višja od temperature okolice, velja:
 - A:** Toplota prehaja iz okolice na sistem ($Q < 0$).
 - B:** Toplota prehaja iz okolice na sistem ($Q > 0$).
 - C:** Toplota prehaja iz sistema na okolico ($Q > 0$).
 - D:** Toplota prehaja iz sistema na okolico ($Q < 0$).

3. Specifična toplotna kapaciteta snovi pove:
 - A:** koliko energije vsebuje kilogram snovi;
 - B:** koliko energije moramo dovesti na kilogram snovi, da se ta segreje za $1\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - C:** koliko energije moramo odvesti na kilogram snovi, da se ta shladi za 1 K ;
 - D:** kako hitro se spreminja temperatura snovi, ko jo segrevamo.

4. Oceni, za koliko se segreje voda, ki pade v slapu z višine 100 m . Privzemi, da se na dnu slapa ustavi in da se nič toplote ne odda v okolico. Specifična toplotna kapaciteta vode je 4186 J/kgK .
 - A:** $\sim 0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - B:** $\sim 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - C:** $\sim 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - D:** $\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - E:** $\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$

5. Na ovitku za maslo piše, da ima 100 g masla energijsko vrednost 3039 kJ (739 kcal). Oceni, koliko masla bi po energijski vrednosti zadostovalo za planinca, da bi premagal višinsko razliko 2000 m (na primer pri vzponu na Triglav iz doline Vrat), če je celotna masa planinca in prtljage, ki jo nosi s sabo, 100 kg. Pri tem seveda ne upoštevamo energije, ki jo pri vzponu potrebuje za vzdrževanje preostalih telesnih funkcij (na primer telesne temperature) in drugih aktivnosti, ki niso neposredno povezane z vzpenjanjem.
- A:** ~10 g
B: ~70 g
C: ~700 g
D: ~1 kg
6. Odrasla oseba porabi na dan približno 2000 kcal (1 kcal = 4186 J). Oceni, kolikšna je povprečna moč, ki jo taka oseba porabi.
- A:** ~0.02 W
B: ~10 W
C: ~100 W
D: ~1000 W
E: ~2000 W
F: ~6000 W
7. Kolesar pelje v klanec z 10-odstotnim naklonom s konstantno hitrostjo 4 m/s (približno 15 km/h). Kolikšno moč porabi za poganjanje kolesa, če je celotna masa kolesarja, kolesa in prtljage 90 kg? (Trenje in zračni upor zanemari.)
- A:** 90 W
B: 360 W
C: 900 W
D: 3.6 kW
8. Kaj se dogaja, ko segrevamo vodo, v kateri je led pri 0 °C, in zmes stalno mešamo?
- A:** Temperatura vode linearno narašča z dovedeno toploto.
B: Temperatura ledu linearno narašča z dovedeno toploto.
C: Led se tali, njegova temperatura ostaja nespremenjena.
D: Temperature vode se ne spreminja, dokler se ves led ne stali.
E: Temperatura vode začne naraščati sorazmerno z dovedeno toploto, ko se ves led stali.

9. Pri kuhanju na močnem ognju se hrana normalno kuha, dokler je kaj vode v loncu, ko voda povre, pa se hitro zažge. Zakaj?
- A:** Ker voda ne gori.
- B:** Ker je temperatura v loncu konstantna (100 °C), dokler je v njem kaj vode.
- C:** Ker ima voda veliko specifično toploto, prepreči prehitro gretje hrane.
- D:** Ker voda med izparevanjem odvaja toploto.
10. James Bond je v filmu “Umri kdaj drugič”, ki se dogaja pretežno na ledu, z žepnim laserjem izrezal okroglo luknjo s premerom približno 30 cm v 25 cm debelo ledeno ploščo. Premer laserskega žarka, s katerim je talil led (in tako debelina reza), je bil približno 2 mm. Oцени, najmanj koliko energije je morala vsebovati baterija žepnega laserja. (Latentna talilna toplota ledu je 333 kJ/kg, njegova gostota pa 0,917 kg/dm³.) Za primerjavo: 3,6-voltna litijeva baterija mobilnega telefona ima kapaciteto značilno okoli 650 mAh, kar ustreza 8,5 kJ energije.
- A:** 1 kJ
- B:** 20 kJ
- C:** 300 kJ
- D:** 800 kJ
- E:** James Bond se pri svojih operacijah ne ozira na energijski zakon in druge podrobnosti.
11. Med množico idej za učinkovito hujšanje (po možnosti brez truda) se je pojavil tudi naslednji predlog: oseba, ki želi hujšati, mora pojesti čim več ledu. Metoda sicer ni priporočljiva zaradi zdravstvenih razlogov, saj ima lahko dokaj neugodne stranske učinke na grlo in želodec, kljub temu pa oceni, koliko kalorij porabi telo za taljenje 1 kg pojedene ledu in gretje te vode v želodcu. (Latentna talilna toplota ledu je 333 kJ/kg, specifična toplota vode je 4186 J/kgK, 1 kcal = 4186 J.)
- A:** 37 kcal
- B:** 80 kcal
- C:** 117 kcal
- D:** 1170 kcal
12. V prostoru s stalno temperaturo imamo pri dotiku občutek, da so kovinski predmeti bolj hladni kakor leseni ali predmeti iz stiropora. Zakaj?
- A:** Ravnovesna temperatura lesa ali stiropora v prostoru je višja kakor pri kovini.
- B:** Kovina prevaja toploto bolje od lesa ali stiropora.
- C:** Les in stiropor vsebujeta več toplote kakor kovina.
- D:** Specifična toplotna kapaciteta kovine je manjša od specifične toplotne kapacitete lesa ali stiropora.
- E:** Kovina seva negativno energijo, les in stiropor pa človeku prijazno pozitivno energijo.

13. Oceni, koliko toplote izgublja planinec skozi obleko na časovno enoto, če se vzpenja v hribe pri zunanji temperaturi $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Upoštevaj, da je površina odraslega planinca približno 2 m^2 in da je oblečen v kombinezon z debelino 2 cm in toplotno prevodnostjo $0,03\text{ W/mK}$.
- A:** 3 W
 - B:** 150 W
 - C:** 600 W
 - D:** 540 kJ/h
 - E:** 3100 kcal/dan
14. Lastnik garaže ugotavlja, da so toplotne izgube skozi 16 cm debele betonske stene prevelike (toplotna prevodnost betona je $0,8\text{ W/mK}$). Z najmanj koliko plastmi izolirnih plošč mora obložiti stene, da se bodo toplotne izgube prepolovile pri isti temperaturni razliki med notranjostjo in okolico garaže? Za izolirne plošče proizvajalec navaja toplotno upornost $0,1\text{ m}^2\text{K/W}$.
- A:** Ena plast izolirnih plošč zadošča.
 - B:** Potrebni sta dve plasti izolirnih plošč.
 - C:** Potrebne so štiri plasti izolirnih plošč.
 - D:** Ne moremo ugotoviti, koliko plasti plošč potrebujemo, ker ni navedena debelina izolirnih plošč.
 - E:** Ne moremo ugotoviti, koliko plasti plošč potrebujemo, ker ni navedena površina sten garaže.
15. Ponoči se tla in zrak shladijo. Zakaj se to zgodi? Na kakšen način Zemlja izgublja toploto?
- A:** S toplotnim prevajanjem.
 - B:** S konvekcijo.
 - C:** S sevanjem.
 - D:** Z nobenim od gornjih načinov.
16. Učinek tople grede je posledica:
- A:** ozonske luknje;
 - B:** povečane absorpcije infrardeče svetlobe v atmosferi;
 - C:** povečane absorpcije vidne in UV-svetlobe v atmosferi;
 - D:** povečane sončne dejavnosti;
 - E:** zmanjšane sevanja Zemlje;
 - F:** povečane odbojnosti gornjih plasti atmosfere za sončno svetlobo.

17. V vakuumski posodi, v kateri je ultravisoki vakuum, sta obešeni (na tanki nitki, ki praktično ne prevaja toplote) dve kroglici – ena srebrna, druga aluminijasta. Aluminijasta kroglica ima temperaturo $+127\text{ }^{\circ}\text{C}$, srebrna pa $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kolikšno je razmerje toplotnih tokov, ki ju oddajata (aluminijasta : srebrna), če imata obe enak albedo?

- A:** 0 : 0 – obe kroglici sta toplotno izolirani v vakuumu, zato ne oddajata nobenega toplotnega toka.
- B:** 1 : 1 – obe kroglici oddajata enak toplotni tok.
- C:** 2 : 1 – aluminijasta kroglica oddaja dvakrat večji toplotni tok kakor srebrna.
- D:** 8 : 1 – aluminijasta kroglica oddaja osemkrat večji toplotni tok kakor srebrna.
- E:** 16 : 1 – aluminijasta kroglica oddaja šestnajstkrat večji toplotni tok kakor srebrna.
- F:** Aluminijasta kroglica oddaja večji toplotni tok kakor srebrna, vendar ni dovolj podatkov, da bi izračunali razmerje toplotnih tokov iz obeh kroglic.
- G:** Srebrna oddaja večji toplotni tok, ker je srebro boljši toplotni prevodnik od aluminija.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Toplota

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

PRVI ZAKON TERMODINAMIKE

Vprašanja

1. Kako je definirano delo pri termodinamičnih procesih? Pojasni na primeru plina, ki je zaprt v valjasti posodi z gibljivim pokrovom. Kako je izbran predznak za delo, ki ga opravi sistem na okolici?
2. Kolikšno je delo pri izohorni spremembi?
3. Kako lahko razberemo delo plina iz diagrama, ki prikazuje odvisnost tlaka od volumna (diagram pV)?
4. Skiciraj diagram pV za idealni plin, ki se razpenja:
 - pri stalni temperaturi,
 - pri stalnem tlaku.

Za oba primera zapiši izraz za delo, če se volumen plina spremeni od V_1 do V_2 .
5. Ali je delo pri ciklični spremembi enako nič? Pokaži zgled na diagramu pV .
6. Zapiši in pojasni prvi zakon termodinamike.
7. Ali je notranja energija sistema termodinamična spremenljivka? Kaj pa toplota in delo, ali sta termodinamični količini? Pojasni na primeru cikličnega procesa.
8. Kolikšna je sprememba notranje energije sistema pri adiabatnih spremembah, pri katerih je sistem popolnoma izoliran od okolice?
9. Kolikšna je sprememba notranje energije pri izohorni spremembi?
10. Kolikšna je sprememba notranje energije plina pri prostem razpenjanju plina v prazni del posode (Hirnov poskus)?
11. Kako je sprememba notranje energije pri idealnem plinu povezana s temperaturo plina? Pojasni s Hirnovim poskusom.
12. Pojasni razliko med specifičnima toplotama pri stalnem volumnu c_V in pri stalnem tlaku c_p . Kakšna je zveza med njima pri idealnem plinu?
13. Kakšna je zveza med tlakom in volumnom pri reverzibilni adiabatni spremembi, to je, ko idealni plin prehaja skozi sama ravnovesna stanja in pri tem ne izmenjuje toplote z okolico?
14. Zapiši spremembo notranje energije idealnega plina, toploto, ki jo izmenja z okolico, in delo pri naslednjih termodinamičnih spremembah:
 - izohorna sprememba,
 - izobarna sprememba,
 - izotermna sprememba,
 - adiabatna sprememba,
 - ciklična sprememba.

Preverjanje znanja

1. Katere od spodaj navedenih količin so termodinamične spremenljivke:

A: temperatura (T)

B: tlak (p)

C: volumen (V)

D: toplota (Q)

E: delo (A)

F: notranja energija (W_n)

G: entropija (S)

H: specifična toplotna kapaciteta (c)

I: kinetična energija (W_k)

2. Katera od navedenih količin je vedno enaka nič po ciklični spremembi?

A: ΔW_n

B: Q

C: A

D: $Q - A$

E: ΔT

F: Δp

G: ΔV

3. Pri adiabatni spremembi velja:

A: $Q = 0$

B: $A = 0$

C: $\Delta W_n = A$

D: $Q = A$

E: $\Delta T = 0$

F: $\Delta p = 0$

G: $\Delta V = 0$

4. Kakšna je zveza med tlakom, temperaturo in volumnom idealnega plina pri adiabatni spremembi?
- A: $pV = \text{konst.}$
 - B: $\frac{pV}{T} = \text{konst.}$
 - C: $\frac{V}{T} = \text{konst.}$
 - D: $pV^\kappa = \text{konst.}$
 - E: $TV^{\kappa-1} = \text{konst.}$
 - F: $\frac{V^{\kappa-1}}{T} = \text{konst.}$
5. Pri Hirnovem poskusu se idealni plin, ki je na začetku zaprt v enem delu toplotno izolirane posode, prosto razpne v preostali del posode, kjer je bil prej vakuum. Katera od spodaj navedenih trditev je pravilna za idealni plin pri taki spremembi?
- A: $\Delta T = 0$
 - B: $\Delta p = 0$
 - C: $\Delta V = 0$
 - D: $Q = 0$
 - E: $A = 0$
 - F: $\Delta W_n = 0$
6. Kakšna je zveza med specifičnima toplotama pri stalnem tlaku c_p in stalnem volumnu c_V za idealni plin? (R je univerzalna plinska konstanta, M je molska masa plina.)
- A: $c_p - c_V = R/M$
 - B: $c_V - c_p = R/M$
 - C: $c_p - c_V = 0$
 - D: $\frac{c_p}{c_V} = R$
 - E: $\frac{c_V}{c_p} = R$

7. Idealni plin z maso m , ki je zaprt v posodi z gibljivim pokrovom, segrejemo pri stalnem tlaku p , tako da se mu poveča volumen za ΔV . Kolikšna je sprememba notranje energije plina, če se mu pri tem temperatura zviša za ΔT ?
- A:** $\Delta W_n = mc_p \Delta T$
B: $\Delta W_n = mc_v \Delta T$
C: $\Delta W_n = mc_p \Delta T - p \Delta V$
D: $\Delta W_n = 0$
8. Katera od spodnjih trditev je pravilna pri izotermnem razpenjanju idealnega plina?
- A:** $\Delta W_n = 0$
B: $\Delta W_n = A$
C: $\Delta T = 0$
D: $Q = 0$
E: $A = Q$
F: $A = 0$
G: $\Delta p = 0$
9. Idealni plin, ki je zaprt v jeklenki, segrejemo za ΔT , pri čemer tlak plina naraste za Δp . Pri tem lahko zanemarimo spremembo volumna jeklenke. Katera od spodnjih trditev je pravilna za plin v jeklenki pri takem segrevanju?
- A:** $A = Q$
B: $\Delta W_n = Q$
C: $A = V \Delta p$
D: $A = 0$
E: $Q = mc_p \Delta T$

REŠITVE

Preverjanje znanja: Prvi zakon termodinamike

1. A, B, C, F, G
2. A, D, E, F, G
3. A, C
4. B, D, E
5. A, D, E, F
6. A
7. B, C
8. A, C, E
9. B, D

DRUGI ZAKON TERMODINAMIKE

Vprašanja

1. Pojasni razliko med reverzibilnimi in ireverzibilnimi procesi. Naštej nekaj primerov ireverzibilnih procesov oziroma pojavov.
2. Shematsko prikaži delovanje toplotnega stroja. Kaj nam pove prvi zakon termodinamike: kakšna je zveza med delom, ki ga opravlja toplotni stroj, in toploto, ki jo izmenjuje z okolico?
3. Kako je definiran izkoristek toplotnega stroja?
4. Pojasni drugi zakon termodinamike na primeru toplotnega stroja. Ali obstaja idealni toplotni stroj, ki ima izkoristek 100 %?
5. Ali lahko spreminjamo termično energijo v mehansko delo pri izotermnem procesu?
6. Pojasni razliko med delom in toploto z drugim zakonom termodinamike. Ali lahko spreminjamo toploto v mehansko delo enako učinkovito, kakor lahko spreminjamo mehansko delo v termično energijo?
7. Shematsko prikaži delovanje toplotne črpalke (hladilnika). Kako je definiran izkoristek toplotne črpalke?
8. Pojasni drugi zakon termodinamike na primeru toplotne črpalke. Ali bi bilo mogoče konstruirati idealno toplotno črpalke, ki bi prenašala toploto iz predmeta z nižjo temperaturo na predmet z višjo temperaturo brez vloženega dela?
9. Opiši delovanje Carnotovega toplotnega stroja. Nariši diagram pV za vse štiri termodinamične procese, ki jih opravi delovni plin v enem ciklu.
10. Kakšen je izkoristek Carnotovega stroja? Ali ima lahko kateri koli realen stroj večji izkoristek od Carnotovega?
11. Kako je definirana sprememba entropije sistema pri reverzibilnih spremembah?
12. Kako izračunamo spremembo entropije sistema za ireverzibilne spremembe?
13. Ali je sprememba entropije odvisna od poti, po kateri sistem preide iz začetnega v končno ravnovesno stanje? Kolikšna je sprememba entropije pri cikličnih procesih?
14. S katero lastnostjo sistema je povezana entropija?
15. Pojasni drugi zakon termodinamike z entropijo. Kaj velja za skupno spremembo entropije sistema in okolice pri katerem koli procesu?
16. Pokaži, da so vse tri oblike drugega zakona termodinamike, navedene spodaj, med sabo enakovredne. (Namig: pri idealnem toplotnem stroju in idealnem hladilniku bi bila sprememba entropije sistema in okolice manjša od nič.)
 - Idealni toplotni stroj ne obstaja.
 - Idealni hladilnik ne obstaja.
 - Sprememba entropije sistema in okolice je pri katerem koli procesu večja ali kvečjemu enaka nič.

Preverjanje znanja

1. Kako je definiran izkoristek toplotnega stroja?
 - A:** Razlika med dovedeno in odvedeno toploto v enem ciklu stroja.
 - B:** Razlika med delom in dovedeno toploto v enem ciklu stroja.
 - C:** Razmerje med delom in odvedeno toploto v enem ciklu stroja.
 - D:** Razmerje med delom in dovedeno toploto v enem ciklu stroja.
 - E:** Razmerje med dovedeno in odvedeno toploto v enem ciklu stroja.
 - F:** Razmerje med delom in spremembo notranje energije v enem ciklu stroja.

2. Kaj pove prvi zakon termodinamike o toplotnem stroju?
 - A:** Izkoristek toplotnega stroja je vedno manjši od ena.
 - B:** Izkoristek toplotnega stroja ne more biti večji od ena.
 - C:** V enem ciklu stroja je delo enako razliki med prejeto in oddano toploto.
 - D:** Toplotni stroj ne more vse toplote, ki jo prejme od okolice, spremeniti v delo.
 - E:** Sprememba entropije v enem ciklu stroja je enaka nič.

3. Kaj pove drugi zakon termodinamike o toplotnem stroju?
 - A:** V enem ciklu stroja je delo enako razliki med prejeto in oddano toploto.
 - B:** Toplotni stroj ne more vse toplote, ki jo prejme od okolice, spremeniti v delo.
 - C:** Sprememba notranje energije v enem ciklu toplotnega stroja je enaka nič.
 - D:** Izkoristek toplotnega stroja je vedno manjši od ena.

4. Kaj pove drugi zakon termodinamike o toplotnih črpalkah in hladilnih strojih?
 - A:** Vloženo delo je enako razliki med toploto, ki jo hladilni stroj odda okolici z višjo temperaturo, in toploto, ki jo izčrpa iz sistema z nižjo temperaturo.
 - B:** Hladilni stroj, ki bi brez vložene delo črpal toploto iz sistema z nižjo temperaturo in jo oddajal okolici z višjo temperaturo, ne obstaja.
 - C:** Izkoristek hladilnega stroja je vedno manjši od ena.
 - D:** Toplota ne prehaja sama od sebe s telesa z nižjo temperaturo na telo z višjo temperaturo.

5. Katere od spodnjih trditev, povezane s Carnotovim strojem, so pravilne?
- A:** Carnotov stroj vgrajujejo le v najdražje modele Mercedesovih avtomobilov.
 - B:** Delovni cikel Carnotovega stroja sestavljajo štirje koraki, od tega dva adiabatna in dva izobarna procesa.
 - C:** Noben toplotni stroj, ki deluje med toplotnima rezervoarjema z danima temperaturama, ne more imeti boljšega izkoristka od Carnotovega stroja.
 - D:** Izkoristek Carnotovega stroja ni odvisen od tega, pri kateri temperaturi ga hladimo, ampak zgolj od temperature, pri kateri mu dovajamo toploto.
6. Kolikšen je izkoristek Carnotovega stroja, če toploto prejema iz toplotnega rezervoarja pri temperaturi 230 °C in jo oddaja pri temperaturi 30 °C?
- A:** 13 %
 - B:** 40 %
 - C:** 60 %
 - D:** 87 %
 - E:** 100 %
7. Pri reverzibilni adiabatni spremembi se entropija sistema:
- A:** poveča;
 - B:** ne spremeni;
 - C:** zmanjša;
 - D:** spremeni, vendar je sprememba odvisna od temperature sistema.
8. Kolikšna je sprememba entropije delovnega plina v enem ciklu pri Carnotovem toplotnem stroju, ki pri vsakem ciklu prejme 200 J toplote iz toplotnega rezervoarja s temperaturo 500 °K in odda 120 J toplote toplotnemu rezervoarju s temperaturo 300 °K?
- A:** -0,4 J/K
 - B:** -0,8 J/K
 - C:** 0 J/K
 - D:** 0,4 J/K
 - E:** 0,8 J/K

9. Kolikšna je sprememba entropije 5 kg vode pri 0 °C, ko se pri ohlajanju spremeni v led? Latentna talilna toplota ledu je 333 kJ/kg.
- A: -6100 J/K
 - B: -1220 J/K
 - C: 0 J/K
 - D: 1220 J/K
 - E: 6100 J/K
 - F: Ni definirana.
10. Kolikšna je sprememba entropije pri prostem razpenjanju plina v toplotno izolirani posodi (Hirnov poskus)? Pri tem poskusu je plin zaprt v enem delu posode, nakar ga spustimo, da se razširi tudi v drugi del posode, kjer je bil prej vakuum.
- A: Entropija se ne spremeni, ker ostane temperatura plina po razpenjanju enaka.
 - B: Entropija se ne spremeni, ker je posoda toplotno izolirana in plin ne more izmenjati toplote z okolico niti ne opravi nobenega dela pri prostem razpenjanju.
 - C: Entropija se poveča, ker naraste nered v posodi.
 - D: Entropija se zmanjša, ker plin na koncu zaseda večji volumen kakor na začetku.
11. Kaj pove drugi zakon termodinamike o entropiji?
- A: Pri ireverzibilnih procesih se entropija sistema ne more zmanjšati.
 - B: Pri nobenem realnem termodinamičnem procesu v naravi se entropija sistema ne more zmanjšati.
 - C: Pri vsakem termodinamičnem procesu se entropija sistema in okolice poveča ali kvečjemu ostane enaka.
 - D: Pri reverzibilnih procesih se entropija sistema in okolice ne spremeni.
12. Kateri od spodaj navednih sistemov ima najmanjšo entropijo?
- A: 1 kg vodne pare pri 150 °C.
 - B: 1 kg vode pri 20 °C.
 - C: 1 kg ledu pri 0 °C.
 - D: 1 kg ledu pri -10 °C.

13. Kaj se zgodi s celotno entropijo sobe in njene okolice, ko sobo pospravimo?
- A:** Se ne spremeni.
 - B:** Se poveča.
 - C:** Se zmanjša.
 - D:** Sprememba je odvisna od načina, kako pospravljamo.
14. V sistemu, ki je izoliran od okolice, velja, da se pri vsaki spremembi ohranja:
- A:** celotna energija sistema;
 - B:** entropija sistema;
 - C:** gibalna količina sistema;
 - D:** vrtilna količina sistema;
 - E:** masa sistema;
 - F:** volumen sistema;
 - G:** temperatura.

REŠITVE

Preverjanje znanja

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

ELEKTROSTATIKA

Vprašanja

1. Koliko vrst električnih nabojev obstaja v naravi in kako jih lahko ločimo? Kakšna je enota za električni naboj?
2. Ali je električni naboj mogoče uničiti ali ustvariti iz nič?
3. Ali jo mogoče električni naboj deliti na poljubno majhne dele? Kaj pomeni, da je naboj kvantiziran?
4. Pojasni Coulombov zakon. Od česa je odvisna sila med točkastima nabojema? Kako je usmerjena? Skiciraj silo prvega naboja na drugega in silo drugega na prvega, če sta naboja enakega predznaka; enako za primer, ko sta nasprotnega predznaka.
5. Primerjaj Coulombov zakon z Newtonovim gravitacijskim zakonom. Kaj imata skupnega? V čem se bistveno razlikujeta?
6. Kako je definirano električno polje?
7. Nariši vektor električnega polja v prostoru okoli pozitivnega točkastega naboja v nekaj točkah, ki so od naboja različno oddaljene. Zapiši izraz za velikost električnega polja, ki ga povzroča točkasti naboj.
8. Nariši silnice električnega polja okoli pozitivnega in okoli negativnega točkastega naboja. Kaj je značilno za električne silnice? Kako so povezane z električnim poljem? Od kod izvirajo in kam poniknejo? Ali se silnice lahko sekajo?
9. Kaj se zgodi s prosto gibljivim nabojem, če ga postavimo v električno polje? Pojasni za pozitivni in za negativni naboj.
10. Kako izračunamo električno polje skupine točkastih nabojev in kako električno polje, ki ga povzroča zvezno porazdeljen naboj po poljubni površini ali delu prostora?
11. Kaj je električni dipol? Skiciraj električno polje v okolici električnega dipola.
12. Kako je definiran električni dipolni moment? Kako je usmerjen?
13. Kaj se zgodi, če postavimo prosto vrtljiv električni dipol v homogeno električno polje? V katero smer se bo zasukal?
14. Kolikšen je navor na električni dipol v homogenem električnem polju? Zapiši v vektorski obliki.

Preverjanje znanja

1. Kako lahko ugotovimo, da sta v naravi dve vrsti električnih nabojev in ne le ena?
 - A:** Ločimo ju pod mikroskopom po velikosti.
 - B:** Ločimo ju po barvi.
 - C:** Ločimo ju prek električne sile, ki deluje med njimi: enaki naboji se odbijajo, različni pa privlačijo.
 - D:** Ločimo ju po predznaku: eni so pozitivni, drugi negativni.
 - E:** Ločimo ju po masi.

2. Coulombov zakon pove:
 - A:** Enota za naboj je 1 coulomb.
 - B:** Naboja ni mogoče uničiti niti ustvariti iz nič.
 - C:** Sila med točkastima nabojema pada obratno sorazmerno s kvadratom razdalje med njima.
 - D:** Sila na točkasti naboj je sorazmerna z njegovo maso.
 - E:** Sila na točkasti naboj v magnetnem polju je sorazmerna s hitrostjo naboja.
 - F:** Sila med točkastima nabojema je sorazmerna naboju prvega in drugega naboja.
 - G:** Naboja ni mogoče razdeliti na poljubno majhne dele. V naravi obstaja osnovni naboj. Vsak naboj je večkratnik osnovnega naboja.
 - H:** Enako predznačena naboja se odbijata, nasprotna pa privlačita.

3. Coulombova konstanta $k_e \left(= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)$ ima enoto:
 - A:** NC^2/m^2
 - B:** Nm^2/C^2
 - C:** As/Vm
 - D:** $\text{Nm}^2/\text{A}^2\text{s}^2$
 - E:** NC/m^2
 - F:** Nm/C^2

4. Kaj imata skupnega Coulombov zakon in Newtonov gravitacijski zakon?
- A:** Nič nimata skupnega, saj prvi obravnava elektrostatično, drugi pa gravitacijsko silo.
 - B:** Oba zakona se v matematični obliki zapišeta na enak način.
 - C:** Pri obeh zakonih je izvir sile isti.
 - D:** Za oba zakona je značilno, da sila pada s kvadratom razdalje med točkastima delcema.
 - E:** V obeh primerih je sila vedno privlačna.
 - F:** V obeh primerih je sila usmerjena vzdolž zveznice med točkastima delcema.
5. Dve enako veliki neprevodni kroglici sta nabiti z nasprotnima nabojema ($+e$ in $-4e$). Kroglici sta razmaknjeni za razdaljo d . Na zveznico med njima postavimo tretjo neprevodno kroglico, ki je nabita pozitivno. Kje na zveznici med kroglicama mora biti postavljena ta tretja kroglica, da bo elektrostatična sila drugih dveh kroglic nanjo ravno enaka nič?
- A:** Na polovici zveznice ($d/2$).
 - B:** V razdalji $d/4$ od negativno nabite kroglice.
 - C:** V razdalji $d/3$ od negativno nabite kroglice.
 - D:** V razdalji $2d/3$ od negativno nabite kroglice.
 - E:** V razdalji $3d/4$ od negativno nabite kroglice.
 - F:** Nikjer na zveznici med kroglicama ni elektrostatična sila na tretjo kroglico enaka nič.
6. Podobno kakor v prejšnji nalogi imamo dve enako veliki neprevodni kroglici z nabojema enakega predznaka: prva z nabojem $+e$ in druga s štirikrat večjim nabojem $+4e$. Kroglici sta razmaknjeni za razdaljo d . Na zveznico med njima postavimo tretjo neprevodno kroglico, ki je nabita pozitivno. Kje na zveznici med kroglicama mora biti postavljena ta tretja kroglica, da bo elektrostatična sila drugih dveh kroglic nanjo ravno enaka nič?
- A:** Na polovici zveznice ($d/2$).
 - B:** V razdalji $d/4$ od prve kroglice (z nabojem e).
 - C:** V razdalji $d/3$ od prve kroglice (z nabojem e).
 - D:** V razdalji $d/4$ od druge kroglice (z nabojem $4e$).
 - E:** V razdalji $d/3$ od druge kroglice (z nabojem $4e$).
 - F:** Nikjer na zveznici med kroglicama ni elektrostatična sila na tretjo kroglico enaka nič.

7. Kako je definirano električno polje?
- A:** Z električnimi silnicami.
 - B:** S silo, ki deluje na pozitivni testni naboj v izbrani točki v prostoru.
 - C:** Z velikostjo testnega naboja, ki ga postavimo v izbrano točko v prostoru.
 - D:** S Coulombovim zakonom.
8. Kaj je električno polje?
- A:** Množica električnih silnic.
 - B:** Črte, ki povezujejo pozitivne in negativne naboje.
 - C:** Vektorsko polje, pri katerem vsaki točki prostora pripada vektor, ki pove, kolikšna je velikost in smer jakosti električnega polja v tisti točki.
 - D:** Področje prostora v neposredni okolici električnih nabojev.
 - E:** Vektorska fizikalna količina, ki za vsako točko prostora pove, kolikšna električna sila deluje na električni naboj in kam je usmerjena, če naboj postavimo v tisto točko.
 - F:** Vektorska količina, s katero računamo električno silo na naboj v poljubni točki prostora, ki pa v prostoru zares ne obstaja, če naboja ni tam.
9. Kaj je izvor električnega polja?
- A:** Električne silnice.
 - B:** Električni naboj.
 - C:** Električni tok.
 - D:** Osnovni delci z maso.
 - E:** Silnice električnega polja vedno tvorijo zaključene zanke, zato polje nima neposrednega izvora.
10. Električne silnice so:
- A:** drugo ime za električno polje;
 - B:** vektorji v smeri električnega polja;
 - C:** trajektorije testnega naboja;
 - D:** črte, ki kažejo v isto smer kakor vektor električnega polja v vsaki točki prostora;
 - E:** črte, ki povezujejo točkaste naboje.
11. Kakšno je električno polje v dveh različnih točkah, ki ležita na isti električni silnici?
- A:** V obeh točkah je električno polje enako po velikosti.
 - B:** V obeh točkah je električno polje enako po smeri.
 - C:** V obeh točkah je vektor električnega polja tangencialen na silnico.

12. Na skici, ki prikazuje električne silnice, opazimo, da se v eni točki dve silnici sekata. Kaj lahko sklepamo iz tega?
- A:** Obstajata vsaj dva električna naboja, iz katerih to električno polje izvira.
 - B:** V točki, kjer se silnici sekata, kaže električno polje v dve smeri.
 - C:** V točki, kjer se silnici sekata, ležita drug ob drugem dva nasprotno predznačena naboja.
 - D:** Avtor skice je napačno narisal potek električnih silnic.
13. Če je velikost električnega polja, ki ga ustvari nabita kroglica na razdalji 2 m, enako E , kolikšno je električno polje v razdalji 1 m?
- A:** E
 - B:** $E/2$
 - C:** $E/4$
 - D:** $2E$
 - E:** $4E$
14. Kolikšno je električno polje v središču enakomerno nabitega neprevodnega obroča?
- A:** Sorazmerno celotnemu naboju na obroču.
 - B:** Obratno sorazmerno s kvadratom polmera obroča.
 - C:** Pravokotno na ravnino obroča.
 - D:** Enako nič.
15. Pozitiven naboj je enakomerno razporejen po polkrogu (po polovici tankega neprevodnega obroča). V katero smer kaže električno polje v središču polkroga?
- A:** Pravokotno na ravnino polkroga.
 - B:** V ravnini polkroga, v smeri proti levemu koncu polkroga.
 - C:** V ravnini polkroga, v smeri proti desnemu koncu polkroga.
 - D:** V ravnini polkroga, v smeri simetrale polkroga, stran od naboja.
 - E:** V ravnini polkroga, v smeri simetrale polkroga, proti naboju.
 - F:** Električno polje v središču polkroga je enako nič.

16. Kaj se zgodi, če postavimo prosto gibljivo kroglico z maso m in negativnim nabojem ($-e$) na gladko vodoravno ploskev, če je tam električno polje, ki kaže v vodoravni smeri?
- A:** Kroglica bo mirovala.
 - B:** Kroglica se bo gibala premo enakomerno.
 - C:** Kroglica se bo gibala pospešeno v smeri električnega polja.
 - D:** Kroglica se bo gibala pospešeno v nasprotni smeri električnega polja.
 - E:** Pospešek kroglice je odvisen od razmerja med nabojem in maso kroglice.
 - F:** V izbrani točki je hitrost kroglice sorazmerna z velikostjo električnega polja v tisti točki.
17. Prosto gibljiv električni dipol postavimo v homogeno električno polje pravokotno na smer električnega polja. Kaj se zgodi?
- A:** Električni dipol se giblje pospešeno v smeri električnega polja.
 - B:** Električni dipol se giblje pospešeno v nasprotni smeri električnega polja.
 - C:** Električni dipol se zasuče v smeri električnega polja.
 - D:** Električni dipol se zasuče v nasprotni smeri električnega polja.
 - E:** Električni dipol miruje.
18. Električni dipol postavimo v homogeno električno polje. Navor električnega polja na dipol je:
- A:** pravokoten na ravnino električnega polja in dipola;
 - B:** vzporeden z električnim poljem;
 - C:** vzporeden z dipolom;
 - D:** neodvisen od kota med električnim poljem in dipolom;
 - E:** vedno enak nič;
 - F:** enak nič, če je dipol vzporeden z električnim poljem;
 - G:** enak nič le, če dipol kaže v isto smer kakor električno polje.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Elektrostatika

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

GAUSSOV ZAKON ZA ELEKTRIČNO POLJE

Vprašanja

1. Kako je definiran električni pretok? Ali je električni pretok skalarna ali vektorska količina? Pojasni najprej električni pretok skozi ravno ploskev, če je električno polje homogeno in pravokotno nanjo. Kaj pa, če električno polje ni pravokotno na ploskev? Kako je definiran vektor ploskve (velikost in smer)? Kako je električni pretok odvisen od kota med vektorjem električnega polja in vektorjem ploskve, ki jo silnice električnega polja prebadajo?
2. Kakšna je enota za električni pretok?
3. Zapiši električni pretok skozi ploskev v homogenem polju z vektorskimi količinami.
4. Kako izračunamo električni pretok skozi neravno ploskev v nehomogenem električnem polju? Definiraj električni pretok skozi majhen (infinitesimalni) element ploskve. Skiciraj primere takih elementov na neravni ploskvi v električnem polju, skozi katere je električni pretok pozitiven, negativen ali enak nič. Za vsak tak element označi vektor ploskve, vektor električnega polja in kot med njima.
5. Kaj nam pove električni pretok skozi zaprto ploskev? Pojasni z električnimi silnicami, ki vstopajo v zaprto ploskev oziroma izstopajo iz nje.
6. Pokaži, da je električni pretok skozi površino kocke v homogenem električnem polju enak nič. Kocko orientiraj tako, da bodo električne silnice pravokotne na čelno in zadnjo ploskev (vzporedne z drugimi štirimi ploskvami).
7. Zapiši in pojasni Gaussov zakon. S čim je sorazmeren efektivni električni pretok skozi poljubno zaprto ploskev (Gaussovo ploskev)?
8. Ali sta Gaussov in Coulombov zakon ekvivalentna? Pokaži to na zgledu točkastega naboja. Kakšna oblika Gaussove ploskve je najprimernejša pri tem računu?
9. Pri kakšnih porazdelitvah naboja je Gaussov zakon bolj primeren za računanje električnega polja kakor Coulombov zakon? Navedi nekaj zgledov.
10. Z Gaussovim zakonom izračunaj električno polje v notranjosti in okolici homogeno nabite neprevodne krogle. Nariši graf, ki prikazuje, kako se velikost električnega polja spreminja z oddaljenostjo od središča krogle.
11. Kolikšno je električno polje v notranjosti enakomerno nabite neprevodne krogelne lupine? Kaj pa v okolici?
12. Z Gaussovim zakonom izračunaj električno polje v bližini velike, enakomerno nabite neprevodne ploskve.
13. Z Gaussovim zakonom pojasni, kakšno je električno polje znotraj in na površini nabitega prevodnika, ki je v elektrostatičnem ravnovesju. Kje je presežni naboj, če je prevodnik izoliran od okolice?
14. Kolikšna je velikost električnega polja tik nad površino nabitega prevodnika?

Preverjanje znanja

1. Ploskev v obliki pravokotnika s stranicama a in b postavimo v homogeno električno polje. Kako je definiran vektor te ploskve \vec{S} ?
 - A:** Po velikosti je enak daljši stranici ploskve in je z njo vzporeden.
 - B:** Po velikosti je enak površini ploskve in leži v ravnini ploskve.
 - C:** Po velikosti je enak površini ploskve, po smeri pa pravokoten na ploskev.
 - D:** Po velikosti je enak površini ploskve, po smeri pa vzporeden z električnim poljem.
 - E:** Po velikosti je enak obsegu ploskve, po smeri pa vzporeden z električnim poljem.
2. Ploskev v obliki pravokotnika s stranicami dolžine 2 m in 3 m leži v homogenem električnem polju 10 N/C. Zasukana je tako, da so silnice električnega polja vzporedne s stranico a . Kolikšen je električni pretok skozi to ploskev?
 - A:** 0 Nm²/C
 - B:** 20 Nm²/C
 - C:** 30 Nm²/C
 - D:** 60 Nm²/C
3. Gaussov zakon, ki ga zapišemo v matematični obliki kot $\oiint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{e}{\epsilon_0}$, pove:
 - A:** Električno polje zunaj zaprte ploskve je sorazmerno s celotnim nabojem znotraj te ploskve.
 - B:** Električno polje na površini zaprte ploskve je sorazmerno z efektivnim nabojem (razliko med pozitivnim in negativnim nabojem) znotraj ploskve.
 - C:** Električni pretok skozi katero koli zaključeno ploskev je sorazmeren z efektivnim nabojem znotraj ploskve.
 - D:** Električni pretok skozi katero koli zaključeno ploskev je sorazmeren z efektivnim nabojem na tej ploskvi.
 - E:** Električni pretok skozi katero koli zaključeno ploskev je sorazmeren z efektivnim nabojem v okolici te ploskve.
 - F:** Električni pretok skozi katero koli ploskev je sorazmeren z efektivnim nabojem v njeni okolici.
4. Znotraj Gaussove ploskve v obliki krogle leži električni dipol. Kolikšen je električni pretok skozi to ploskev?
 - A:** $\phi_e > 0$
 - B:** $\phi_m = 0$
 - C:** $\phi_m < 0$

5. V kartonasto škatlo v obliki kvadra zapremo tri nabite kroglice z naboji 10 nC, 5 nC in -25 nC. Kolikšen je električni pretok skozi stene škatle ($\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ C²/Nm²)?
- A:** $-4,5 \times 10^3$ Nm²/C
B: $4,5 \times 10^3$ Nm²/C
C: $-1,1 \times 10^3$ Nm²/C
D: $1,1 \times 10^3$ Nm²/C
E: 0 Nm²/C
6. Stekleno kroglo postavimo tik ob nabito kovinsko ploščo. Naboj na kovinski plošči je 10 μ C. Kolikšen je električni pretok skozi stene steklene krogle ($\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ C²/Nm²)?
- A:** Sorazmeren s številom električnih silnic, ki vstopajo v kroglo.
B: Odvisen od razdalje med kroglo in ploščo.
C: $-1,1 \times 10^6$ Nm²/C
D: 0 Nm²/C
E: $1,1 \times 10^6$ Nm²/C
7. S katero od spodaj navedenih ploskev si lahko pomagamo pri računanju velikosti električnega polja v okolici točkastega naboja z uporabo Gaussovega zakona?
- A:** Površina kocke, ki je centrirana okoli naboja.
B: Površina valja, ki objame naboj.
C: Površina krogle, ki je centrirana okoli naboja.
D: Površina poljubne krogle, ki objame naboj.
E: Površina polkrogle s središčem v točki, kjer leži naboj.
F: Ravna ploskev tik ob naboju.
8. S katero od spodaj navedenih ploskev si lahko pomagamo pri računanju velikosti električnega polja v bližini enakomerno nabite dolge ravne žice z uporabo Gaussovega zakona?
- A:** Površina kocke, ki jo postavimo v bližino žice.
B: Površina kvadra, pri čemer je kvader postavljen tako, da žica prebada njegovi osnovni ploskvi skozi središče.
C: Površina valj, pri čemer je valj postavljen tako, da ga žica prebada skozi središče pravokotno na glavno os.
D: Površina valja, katerega glavna os sovpada z lego žice.
E: Površina krogle, ki jo žica prebada skozi središče.
F: Plašč valja, ki objame nabito žico.
G: Ravna ploskev tik ob žici.

9. Kako se razporedi naboj na nabitem prevodniku, ki ima v notranjosti votlino (na primer po zaprti bakreni krogelni lupini)?
- A:** Razporedi se po celotnem volumnu prevodnika.
 - B:** Razporedi se po zunanji površini prevodnika.
 - C:** Razporedi se po notranji površini prevodnika.
 - D:** Razporedi se po zunanji in notranji površini prevodnika.
 - E:** Razporedi se po celotni površini in po notranjosti prevodnika.
 - F:** Porazdelitev je odvisna od količine naboja na prevodniku.
10. Kakšno je električno polje pri nabitem prevodniku, ki ima v notranjosti votlino?
- A:** Znotraj votline je električno polje enako nič.
 - B:** Znotraj votline je električno polje različno od nič in pravokotno na notranjo površino prevodnika.
 - C:** Znotraj prevodnika je električno polje enako nič.
 - D:** Znotraj prevodnika je električno polje različno od nič in pravokotno na površino prevodnika.
 - E:** Zunaj prevodnika je električno polje enako nič.
 - F:** Zunaj prevodnika je električno polje različno od nič in tik nad površino pravokotno na površino prevodnika.
 - G:** Zunaj prevodnika je električno polje različno od nič in vzporedno s površino prevodnika.
11. Dve veliki ravni plošči, prva prevodna (bakrena), druga neprevodna (plastična), sta enakomerno nabiti s pozitivnim nabojem. Primerjaj električno polje v neposredni bližini prevodne in neprevodne plošče (E_p in E_n), če je površinska gostota naboja pri obeh enaka.
- A:** $E_p = E_n$
 - B:** $E_p = 2E_n$
 - C:** $E_p = 4E_n$
 - D:** $E_p = E_n/2$
 - E:** $E_p = E_n/4$
12. V votlo bakreno kroglo spustimo nabito kovinsko kroglico z nabojem (+e) skozi drobno luknjico v steni krogle. Kroglica, ki je obešena na neprevodni nitki, se dotakne notranje stene bakrene krogle. Kolikšen je naboj na kroglici, ko jo potegnemo iz bakrene krogle?
- A:** +e
 - B:** 0
 - C:** -e
 - D:** Naboj na kroglici je pozitiven, količina naboja je odvisna od razmerja med površino kroglice in velike bakrene krogle.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Gaussov zakon za električno polje

1. C
2. A
3. C
4. B
5. C
6. D
7. C
8. D
9. B
10. A, C, F
11. B
12. B

ELEKTRIČNA POTENCIALNA ENERGIJA IN ELEKTRIČNI POTENCIAL

Vprašanja

1. Kako izračunamo delo električne sile na točkasti naboj, ki se premakne po električnem polju? Ali je to delo odvisno od poti, po kateri delec pride iz začetne v končno točko?
2. Kako je definirana sprememba električne potencialne energije za točkasti naboj, ki se premakne v električnem polju iz začetne lege A v končno lego B ?
3. Kako navadno izberemo ničlo električne potencialne energije? Kako je v takem primeru definirana električna potencialna energija točkastega naboja v izbrani točki prostora?
4. Kako je definiran električni potencial? Kako je povezan z električno potencialno energijo? V čem se razlikuje od nje? Kaj je enota za električni potencial, kako je definirana?
5. Kako izračunamo potencialno razliko med točkama v električnem polju? Ali je potencial vektorska ali skalarna količina?
6. Zapiši električni potencial izbrane točke v električnem polju glede na ničlo v neskončnosti.
7. Kaj so ekvipotencialne ploskve?
8. Nariši primere ekvipotencialnih ploskev za homogeno električno polje in za električno polje okoli točkastega naboja. Kako so orientirane glede na smer električnega polja oziroma glede na električne silnice? Kako jih lahko konstruiramo, če poznamo silnice električnega polja?
9. Zapiši električni potencial točkastega naboja v odvisnosti od razdalje od naboja $U(r)$. Skiciraj graf električnega potenciala $U(r)$ za pozitiven in za negativen točkasti naboj.
10. Kako izračunamo električni potencial skupine točkastih nabojev v izbrani točki prostora?
11. Opiši postopek za računanje potenciala zvezno porazdeljenega naboja za izbrano točko v prostoru.
12. Zapiši potencialno energijo para točkastih nabojev, ki ležita na razdalji r drug od drugega.
13. Kako izračunamo potencialno energijo skupine točkastih nabojev?
14. Kaj je značilno za potencial v notranjosti in na površini nabitega prevodnika?
15. Za pozitivno nabito prevodno kroglo z radijem R nariši graf velikosti električnega polja $E(r)$ in električnega potenciala $U(r)$ v odvisnosti od razdalje r od središča krogle. Pojasni, kaj se zgodi z obema količinama, ko prečkamo rob krogle (pri razdalji $r = R$).

Preverjanje znanja

1. Kroglica z negativnim nabojem ($-e$) leži v homogenem električnem polju. Ko jo premaknemo v smeri električnega polja \vec{E} vzporedno z električnimi silnicami velja:
 - A:** Delo, ki ga opravi električno polje na kroglici, je pozitivno, električna potencialna energija kroglice se poveča.
 - B:** Delo, ki ga opravi električno polje na kroglici, je negativno, električna potencialna energija kroglice se poveča.
 - C:** Delo, ki ga opravi električno polje na kroglici, je pozitivno, električna potencialna energija kroglice se zmanjša.
 - D:** Delo, ki ga opravi električno polje na kroglici, je negativno, električna potencialna energija kroglice se zmanjša.
 - E:** Električno polje na kroglici ne opravi nobenega dela, električna potencialna energija kroglice se ne spremeni.
2. Ko sta dve kroglici z enakim nabojem e postavljeni 1 m narazen, je njuna električna potencialna energija enaka W_e . Kolikšna bi morala biti naboja na obeh kroglicah, ko ju razmaknemo na razdaljo 2 m, da bi imeli enako električno potencialno energijo?
 - A:** e na obeh kroglicah.
 - B:** $2e$ na obeh kroglicah.
 - C:** $2e$ na eni in e na drugi kroglici.
 - D:** $4e$ na eni in e na drugi kroglici.
 - E:** $4e$ na obeh kroglicah.
3. En elektron volt (1 eV) je:
 - A:** elektrostatična sila, ki deluje na elektron v električnem polju 1 V/m;
 - B:** sila, ki je potrebna, da premaknemo elektron 1 m v smeri električnega polja 1 V/m;
 - C:** energija, ki jo prejme delec z osnovnim nabojem e_0 (npr. proton), ko prepotuje potencialno razliko 1 V;
 - D:** energija, potrebna za to, da premaknemo en elektron 1 m v poljubni smeri v homogenem električnem polju 1 V/m;
 - E:** energija, ki jo prejme naboj 1C, ko prepotuje potencialno razliko 1 V.

4. Kolikšno delo opravi elektrostatična sila na elektronu, ko se ta premakne v homogenem električnem polju jakosti 10 V/m za 1 m v smeri 60° glede na smer električnih silnic?
- A: -5J
 - B: 10 J
 - C: 5 eV
 - D: 10 eV
 - E: -5 eV
 - F: -10 eV
 - G: 0 eV
5. Neprevodna palica z dolžino 4 m leži v homogenem električnem polju z jakostjo 20 V/m, vzporedno s silnicami električnega polja. Kolikšna je potencialna razlika med koncema palice?
- A: 0 V
 - B: 5 V
 - C: 20 V
 - D: 80 V
 - E: 1600 V
6. Ekvipotencialne ploskve okoli pozitivnega točkastega naboja so:
- A: vzporedne vertikalne ravne ploskve;
 - B: vzporedne horizontalne ravne ploskve;
 - C: ravnine, ki so postavljene v radialni smeri glede na točkasti naboj;
 - D: koncentrične krogle s središčem v točkastem naboju;
 - E: koncentrični valji s središčem v točkastem naboju.
7. Če pozitiven točkasti naboj premikamo po ekvipotencialni ploskvi, je sprememba njegove električne potencialne energije:
- A: večja od nič;
 - B: nič;
 - C: manjša od nič;
 - D: odvisna od smeri, v kateri naboj premikamo po ekvipotencialni ploskvi.
8. Kolikšna je potencialna razlika med točko A na površini in točko B v notranjosti prevodnika (kosa bakra), ki je nabit s pozitivnim nabojem?
- A: $U_B - U_A > 0$
 - B: $U_B - U_A = 0$
 - C: $U_B - U_A < 0$

9. Prevodna krogelna lupina s polmerom R je nabita tako, da je električni potencial na njeni površini enak U . Kolikšen je potencial v središču te votle krogle?
- A:** $-U$
B: 0
C: U
D: U/R
E: U/R^2
10. Dve različno veliki prevodni krogli nabijemo s pozitivnim nabojem in ju staknemo s prevodno žico, da se lahko naboj prosto porazdeli po obeh. Kolikšen je potencial na površini večje krogle U_V v primerjavi s potencialom na površini manjše U_M ?
- A:** $U_V > U_M$
B: $U_V = U_M$
C: $U_V < U_M$
11. Enako kakor v prejšnji nalogi nabijemo dve različno veliki prevodni krogli s pozitivnim nabojem in ju staknemo s prevodno žico, da se lahko naboj prosto porazdeli po obeh. Kolikšno je električno polje na površini večje krogle E_V v primerjavi z električnim poljem na površini manjše E_M ?
- A:** $E_V > E_M$
B: $E_V = E_M$
C: $E_V < E_M$
12. Enako kakor v prejšnjih dveh nalogah nabijemo dve različno veliki prevodni krogli s pozitivnim nabojem in ju staknemo s prevodno žico, da se lahko naboj prosto porazdeli po obeh. Na kateri krogli se nabere več naboja?
- A:** Na večji.
B: Na obeh enako.
C: Na manjši.
13. Štiri kroglice so postavljene vsaka v svoj vogal kvadrata s stranico a . Tri kroglice so nabite s pozitivnim nabojem $(+e)$, četrta pa z enako velikim negativnim nabojem $(-e)$. Kolikšen je celoten potencial v središču kvadrata, če je potencial zaradi ene pozitivno nabite kroglice na tem mestu enak U ?
- A:** 0
B: U
C: $2U$
D: $3U$
E: $4U$

14. Potencial enega pozitivnega točkastega naboja (e) na razdalji a je enak U , velikost električnega polja pa E . Šest takih točkastih nabojev (e) postavimo v vogale pravilnega šesterokotnika s stranico a . Kolikšna sta tedaj potencial in velikost električnega polja v središču šesterokotnika?

A: U, E

B: $6U, 6E$

C: $6U, 0$

D: $0, 6E$

E: $0, 0$

REŠITVE

Preverjanje znanja: Električna potencialna energija in električni potencial

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

KONDENZATOR

Vprašanja

1. Kaj je kondenzator? Kako je definirana kapaciteta kondenzatorja? Kakšna je enota za kapaciteto?
2. Opiši ploščati kondenzator in zapiši njegovo kapaciteto.
3. Skiciraj električne silnice pri nabitem ploščatem kondenzatorju. Kakšno je električno polje v ploščatem kondenzatorju, če je velikost naboja na ploščah kondenzatorja e ?
4. Skiciraj električne silnice v krogelnem kondenzatorju, ki ga sestavljata dve koncentrični krogelni lupini z radijema R_1 in R_2 . Zapiši, kako se velikost električnega polja spreminja z razdaljo od notranje plošče, če je na kondenzatorju naboj e . Izračunaj potencialno razliko med obema ploščama kondenzatorja iz električnega polja in določi kapaciteto krogelnega kondenzatorja.
5. Kolikšna je skupna kapaciteta dveh zaporedno vezanih kondenzatorjev s kapacitetama C_1 in C_2 in kolikšna je, če sta kondenzatorja vezana vzporedno? Za oba primera skiciraj električno vezje ter označi naboj in potencialno razliko na ploščah obeh kondenzatorjev, če sta priključena na baterijo z napetostjo U_B .
6. Koliko električne potencialne energije je shranjeno v kondenzatorju, če je na njem naboj e ? Kako je energija kondenzatorja odvisna od napetosti na kondenzatorju?
7. Kolikšna je gostota energije v električnem polju E ?
8. Kaj se zgodi, če med plošči nabitega kondenzatorja vstavimo dielektrik, ko je kondenzator izoliran od okolice? Kako je definirana dielektrična konstanta?
9. Zapiši kapaciteto ploščatega kondenzatorja, v katerem je dielektrik.
10. Primerjaj električno polje v nabitem kondenzatorju z dielektrikom in brez njega.
11. Kolikšna je gostota energije v električnem polju v dielektriku?
12. Kolikšna je velikost električnega polja okoli točkastega naboja v dielektriku v primerjavi s poljem okoli enakega naboja v praznem prostoru?
13. Pojasni, kaj se zgodi v dielektriku na molekularnem nivoju, ko ga damo v zunanje električno polje. Kako so orientirani električni dipoli (polarne molekule) v dielektriku, ko ni zunanjega električnega polja, in kako, če električno polje je? Skiciraj. Katere vrste snovi imajo veliko dielektrično konstanto?

Preverjanje znanja

1. Enota za kapaciteto kondenzatorja 1 F (farad) je:
A: V/C
B: C/V
C: C/J
D: N/C
E: C²/J
2. Kolikšen je naboj na posamezni plošči kondenzatorja s kapaciteto 1 nF, če je napetost na kondenzatorju 1000 V?
A: +1 μC , +1 μC
B: +1 μC , -1 μC
C: +0,5 μC , +0,5 μC
D: +0,5 μC , -0,5 μC
E: +1 μC , 0 μC
3. Ploščati kondenzator s kapaciteto C sestavljata dve vzporedni prevodni plošči s površino S , ki sta razmaknjeni za razdaljo d . Kolikšna je kapaciteta podobnega kondenzatorja, če imata plošči dvakrat večjo površino in sta razmaknjeni za razdaljo $2d$?
A: $4C$
B: $2C$
C: C
D: $C/2$
E: $C/4$
4. Kaj se zgodi, če razmaknemo plošči nabitega kondenzatorja, ki je izoliran od okolice?
A: Poveča se napetost na kondenzatorju.
B: Zmanjša se napetost na kondenzatorju.
C: Napetost na kondenzatorju ostane nespremenjena.
D: Poveča se naboj na ploščah kondenzatorja.
E: Zmanjša se naboj na ploščah kondenzatorja.
F: Naboj na kondenzatorju ostane nespremenjen.

5. Planparalelni kondenzator, pri katerem sta plošči razmaknjeni za d , nabijemo z napetostjo U in odklopimo baterijo, tako da je kondenzator izoliran. Električna energija tako nabitega kondenzatorja je W_e . Kolikšna je energija tega kondenzatorja, če plošči razmaknemo na razdaljo $2d$?
- A:** W_e
B: $W_e/4$
C: $W_e/2$
D: $2W_e$
E: $4W_e$
6. Podobno kakor v prejšnji nalogi nabijemo planparalelni kondenzator, pri katerem sta plošči razmaknjeni za d , z napetostjo U , le da v tem primeru pustimo baterijo priklopljeno. Električna energija tako nabitega kondenzatorja je W_e . Kolikšna je energija tega kondenzatorja, če plošči razmaknemo na razdaljo $2d$?
- A:** W_e
B: $W_e/4$
C: $W_e/2$
D: $2W_e$
E: $4W_e$
7. Primerjaj naboj, napetost in električno energijo na treh kondenzatorjih z različnimi kapacitetami, ki so zaporedno vezani na baterijo. Katere od treh omenjenih količin so enake na vseh treh kondenzatorjih?
- A:** Naboj.
B: Napetost.
C: Električna energija.
8. Dva kondenzatorja z različno kapaciteto vežemo vzporedno na baterijo. Na obeh kondenzatorjih bo enak(-a):
- A:** naboj;
B: napetost;
C: električna energija.
9. Osem kondenzatorjev z enako kapaciteto C je povezanih tako, da sta najprej po dva vezana zaporedno, štirje taki pari pa so vezani vzporedno. Kolikšna je nadomestna kapaciteta celotnega vezja vseh osmih kondenzatorjev?
- A:** $C/8$
B: $C/2$
C: C
D: $2C$
E: $8C$

10. Kaj se zgodi, če prostor med ploščama nabitega kondenzatorja, ki je izoliran od okolice, napolnimo z dielektrikom z dielektrično konstanto ε ?
- A:** Za faktor ε se poveča napetost na kondenzatorju
 - B:** Za faktor ε se zmanjša napetost na kondenzatorju.
 - C:** Napetost na kondenzatorju ostane nespremenjena.
 - D:** Električno polje v kondenzatorju se poveča za faktor ε .
 - E:** Električno polje v kondenzatorju se zmanjša za faktor ε .
 - F:** Električno polje v kondenzatorju se ne spremeni.
11. Kolikšna je sila med točkastima nabojeva v dielektriku v primerjavi s silo med enakima nabojeva, ki ležita na enaki oddaljenosti v praznem prostoru?
- A:** V dielektriku je sila večja.
 - B:** Sili sta enaki.
 - C:** V dielektriku je sila manjša.
12. Kaj se zgodi, če vstavimo dielektrik s polarnimi molekulami (molekulami s stalnim električnim dipolnim momentom), na primer vodo, v električno polje?
- A:** Polarne molekule se delno orientirajo v smeri zunanjšega električnega polja, zato je električno polje v snovi manjše kakor zunanje.
 - B:** Polarne molekule se popolnoma orientirajo v smeri zunanjšega električnega polja, zato je električno polje v snovi enako nič.
 - C:** Polarne molekule se delno orientirajo v smeri nasproti zunanjemu električnemu polju, zato je električno polje v snovi večje kakor zunanje.
 - D:** Polarne molekule se popolnoma orientirajo v smeri nasproti zunanjemu električnemu polju, zato je električno polje v snovi enako nič.
 - E:** Polarne molekule v snovi ostanejo popolnoma neurejene, električno polje v snovi je enako zunanjemu.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Kondenzator

1. B, E
2. B
3. C
4. A, F
5. D
6. C
7. A
8. B
9. D
10. B, E
11. C
12. A

ELEKTRIČNI TOK

Vprašanja

1. Kako je definiran električni tok (povprečni in trenutni)? S katero enoto ga merimo?
2. Kako je definirana smer toka? Ali je električni tok vektor ali skalar?
3. Pojasni kontinuitetni zakon za električni tok na primeru, ko teče tok po žici, ki ima na raznih odsekih različnih presekov.
4. Kaj pove prvo Kirchhoffovo pravilo za tokove?
5. Kako je definirana gostota električnega toka?
6. Kako izračunamo tok skozi ploskev z znanim presekom, če poznamo vektor gostote toka povsod na ploskvi? Zapiši za primer, ko je ploskev ravna in gostota toka povsod na ploskvi enaka, in za splošni primer, ko ploskev ni ravna in gostota toka ni homogena.
7. Kako je definiran električni upor? Zapiši enoto za električni upor.
8. Pojasni Ohmov zakon. Kakšna je zveza med tokom in napetostjo na ohmskem uporniku? Skiciraj graf za odvisnost toka od napetosti $I(U)$ na ohmskem uporu. Ali je upor ohmskega upornika odvisen od napetosti?
9. Pojasni, zakaj polprevodniška dioda ni ohmski upornik in zanjo ne velja Ohmov zakon. Skiciraj graf $I(U)$ za diodo.
10. Kaj nam pove specifični upor snovi? Kakšna je enota za specifični upor? Kako delimo snovi glede na njihovo specifično upornost?
11. Kako lahko izračunaš upor žice, če poznaš specifični upor snovi, iz katere je žica narejena?
12. Kako je definirana električna prevodnost? Zapiši zvezo med električno prevodnostjo in specifično upornostjo snovi.
13. Kakšna je zveza med gostoto električnega toka in električnim poljem v snovi (Ohmov zakon)? Pojasni, v katero smer potujejo pozitivni in v katero negativni nosilci naboja glede na dano smer električnega polja \vec{E} v snovi. V katero smer kaže vektor gostote toka \vec{j} ?
14. Kako opišemo temperaturno spreminjanje specifične upornosti snovi? Kako je definiran temperaturni koeficient specifične upornosti?
15. Kaj je Joulova toplota? Koliko toplote se sprošča na uporu R , če po njem teče tok I ? Kolikšen je Joulov toplotni tok? Pojasni zakon o ohranitvi energije za električni krog, v katerem je baterija z gonilno napetostjo U_B priključena na upor R .

Preverjanje znanja

- Katere od navedenih količin so vektorji?
 - Električni tok.
 - Gostota električnega toka.
 - Napetost.
 - Električno polje.
 - Električna upornost.
 - Električna prevodnost.
 - Joulov toplotni tok.
- Prevodna žica ima v enem odseku večji presek kakor v drugih delih. Kolikšen je tok v odebeljenem delu glede na ožji del žice, če so razmere stacionarne?
 - Večji.
 - Manjši.
 - Enak.
- Kolikšna je povprečna gostota toka v odebeljenem delu žice glede na njen ožji del, če teče po njej konstanten električni tok?
 - Večja.
 - Manjša.
 - Enaka.
- Koliko naboja se pretoči v eni minuti z enega pola baterije na drugega, če po žici, ki ju povezuje, teče tok 3 A?
 - 3 C
 - 60 C
 - 180 C
 - 0,33 C
 - 1 C
- Od stikala na steni do žarnice sredi sobe sta speljani dve 10 m dolgi bakreni žici s presekom 1 mm^2 . Oceni, s kolikšno povprečno hitrostjo potujejo prevodni elektroni po žici (bakru), ko sklenemo stikalo, da se prižge luč. Upoštevaj, da po žici steče enosmerni tok 1,6 A. (V bakru je gostota prevodnih elektronov na volumsko enoto približno 10^{29} m^{-3} , osnovni naboj elektrona je $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.)
 - S svetlobno hitrostjo.
 - Skoraj s svetlobno hitrostjo.
 - 100 m/s
 - 0,1 mm/s
 - Povprečna hitrost elektronov je nič, po žici potuje le električna motnja.

6. Enota za električno upornost ohm (Ω) je definirana kot:
- A:** V/m
 - B:** V/A
 - C:** A/V
 - D:** W/C
 - E:** As
7. Ohmov zakon pove:
- A:** Upornost poljubnega električnega upornika je definirana kot $R \equiv \frac{U}{I}$.
 - B:** Tok skozi upornik je vedno premo sorazmeren napetosti, ki jo priključimo nanj, neodvisno od tega, iz kakšne snovi je narejen upornik.
 - C:** Razmerje med napetostjo, ki jo priključimo na ohmski upornik, in tokom, ki teče po njem, je neodvisno od velikosti priključene napetosti.
 - D:** Električna prevodnost snovi je neodvisna od električnega polja, ki poganja tok po snovi. (To velja za veliko snovi, ne pa za vse.)
8. Katere od spodaj navedenih priprav so ohmski uporniki?
- A:** Bakrena žica.
 - B:** Keramični lonček.
 - C:** Steklina plošča.
 - D:** Dioda.
 - E:** Tranzistor.
 - F:** Ploščica iz čistega silicija.
9. Na spodnjo in gornjo ploskev bakrenega kvadra priključimo pola baterije z gonilno napetostjo U_B . Zaradi potencialne razlike med ploskvama kvadra začne po njem teči električni tok. Katere od spodnjih trditev so pravilne?
- A:** Elektroni v bakru tečejo v smeri električnega polja.
 - B:** Tok po kvadru teče od pozitivnega proti negativnemu polu baterije.
 - C:** Vektor gostote električnega toka kaže v vsaki točki znotraj kvadra v smeri električnega polja.
 - D:** Električno polje znotraj bakrenega kvadra je enako nič.
 - E:** Pozitivni naboji v bakru potujejo od pozitivnega proti negativnemu polu baterije.

10. Specifična upornost železa je približno $1 \times 10^{-7} \Omega\text{m}$. Kolikšen je upor 100 m dolge železne žice s presekom 2 mm^2 ?
- A:** $2 \times 10^{-9} \Omega$
 - B:** $5 \times 10^{-6} \Omega$
 - C:** $0,02 \Omega$
 - D:** 5Ω
 - E:** 50Ω
 - F:** 200Ω
11. Upornost volframove nitke v avtomobilski žarnici je 10Ω , ko je hladna ($20 \text{ }^\circ\text{C}$). Ko žarnico priključimo na električno napetost in nitka zažari, opazimo, da je upornost slednje narasla na 81Ω . Oцени, kolikšna je temperatura žareče nitke. (Temperaturni koeficient specifične upornosti volframa je $4,5 \times 10^{-3}/\text{C}$.)
- A:** $200 \text{ }^\circ\text{C}$
 - B:** $800 \text{ }^\circ\text{C}$
 - C:** $1600 \text{ }^\circ\text{C}$
 - D:** $1800 \text{ }^\circ\text{C}$
12. V trgovini kupiš 100-vatno žarnico. Kaj ta oznaka na žarnici pomeni?
- A:** Žarnica bo oddajala 100 W električne moči v obliki svetlobe (svetlobnega toka).
 - B:** Poraba žarnice bo vedno 100 W ne glede na to, kako jo priključiš na omrežje.
 - C:** Žarnica bo pregorela, ko bo porabila svojih 100 W .
 - D:** Poraba žarnice bo 100 W , (samo) če bo priključena na ustrezno napetost, ki je označena njej.
13. Tri enake žarnice lahko priključimo na omrežno napetost na več načinov. V katerem od spodaj navedenih primerov bodo vse tri žarnice skupaj oddajale največ svetlobe (porabile največ električne moči)?
- A:** Ko so vse tri vezane zaporedno.
 - B:** Ko so vse tri vezane vzporedno.
 - C:** Ko sta dve vezani vzporedno, tretja pa k njima zaporedno.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Električni tok

1. B, D
2. C
3. B
4. C
5. D
6. B
7. C, D
8. A, B, C, F
9. B, C
10. D
11. C
12. D
13. B

ELEKTRIČNA VEZJA

Vprašanja

- Pojasni prvo in drugo Kirchhoffovo pravilo za električna vezja (za tokove in za spremembe potenciala).
- Kolikšna je sprememba potenciala, če v tokovni zanki, po kateri teče tok I , prečkamo upor R v smeri toka, in kolikšna, če merimo potencialno razliko v nasprotni smeri?
- Kolikšna je potencialna razlika, če prečkamo baterijo z gonilno napetostjo U_B v smeri od pozitivnega proti negativnemu polu, in kolikšna je v nasprotni smeri?
- Skiciraj vezje z ohmskim uporom R ter baterijo z gonilno napetostjo U_B in notranjim uporom R_n . Nariši diagram, ki prikazuje spremembe potenciala vzdolž tokovne zanke. Kolikšen tok teče po zanki? Kolikšna moč se sprošča na uporu R in kolikšna na notranjem uporu baterije?
- Skiciraj vezje z uporoma R_1 in R_2 , ki sta vzporedno priključena na baterijo z gonilno napetostjo U_B . Določi velikost toka čez posamezni upor in tok, ki teče skozi baterijo. Kolikšna je skupna upornost obeh uporov v vezju?
- Kolikšna je skupna upornost serije uporov R_1, R_2, \dots, R_N , ki so v vezju vezani zaporedno, in kolikšna, če so vezani vzporedno?
- Kako moramo priključiti ampermeter, če želimo izmeriti tok v zanki? Pojasni, kakšna bi bila idealna upornost ampermetra.
- Kako moramo priključiti voltmeter, če želimo izmeriti padec napetosti na uporu v vezju? Pojasni, kakšna bi bila idealna upornost voltmetra.
- Opiši Wheatstonov mostiček za merjenje uporov. Kako z njim določimo vrednost neznanega upora?
- Kako merimo gonilno napetost na bateriji s potenciometrom? Nariši shemo vezja potenciometra.
- Kondenzator s kapaciteto C zaporedno vežemo z uporom R in ga začnemo polniti z baterijo z gonilno napetostjo U_B . Kako se spreminjajo med polnjenjem tok skozi upor $I(t)$ ter napetost $U_c(t)$ in naboj $e_c(t)$ na kondenzatorju? Skiciraj grafa $I(t)$ in $U_c(t)$. Določi časovno konstanto τ .
- Kondenzator s kapaciteto C , nabit z napetostjo U_o , praznimo prek upora R . Kako se spreminjajo med praznjenjem napetost $U_c(t)$ in naboj $e_c(t)$ na kondenzatorju ter tok čez upor $I(t)$? Skiciraj grafa $I(t)$ in $U_c(t)$. Določi časovno konstanto τ .
- Kolikšen tok teče skozi ohmski upornik R , če nanj priključimo generator izmenične napetosti: $U = U_0 \sin(\omega t + \delta)$? Kakšna je zveza med amplitudo toka in napetosti na uporniku? Skiciraj grafa $U(t)$ in $I(t)$. Nariši fazni diagram in ga pojasni.
- Kolikšna moč se porablja na uporu R , ki je priključen na generator izmenične napetosti? Kolikšna je povprečna moč? Kako sta definirana efektivna napetost in efektivni tok?

15. Kolikšen tok teče skozi kondenzator s kapaciteto C , če nanj priključimo generator izmenične napetosti: $U = U_0 \sin(\omega t + \delta)$? Kakšna je zveza med amplitudo toka in napetosti na kondenzatorju? Kolikšen je fazni premik med tokom in napetostjo na kondenzatorju? Skiciraj grafa $U(t)$ in $I(t)$. Nariši fazni diagram.
16. Kako je definirana kapacitivna upornost kondenzatorja? Kaj nam pove? Kakšna je enota za kapacitivno upornost?
17. Kolikšna povprečna moč se porablja na kondenzatorju, ki je priključen na generator izmenične napetosti? Zapiši izraz za povprečno moč v splošnem primeru, ko je fazni premik med tokom in napetostjo enak φ .

Preverjanje znanja

1. V električni krog sta vezana baterija z gonilno napetostjo U_B in notranjo upornostjo R_n ter upor R . Kako se spreminja električni potencial v tem krogu, če gremo po njem v smeri toka I ?
 - A:** Sprememba potenciala na uporu je $-IR$.
 - B:** Sprememba potenciala na uporu je $+IR$.
 - C:** Sprememba potenciala na bateriji je U_B .
 - D:** Sprememba potenciala na bateriji je $U_B + IR_n$.
 - E:** Sprememba potenciala na bateriji je $U_B - IR_n$.
 - F:** Vsota vseh potencialnih sprememb v električnem krogu je enaka nič.
2. Kolikšen je nadomestni upor za vezje, v katerem je šest enakih uporov z upornostjo R , ki so vezani tako, da tvorijo dve vzporedno vezani veji, pri čemer so v obeh vejah po trije zaporedno vezani upori?
 - A:** $R/2$
 - B:** $2R/3$
 - C:** R
 - D:** $3R/2$
 - E:** $3R$
3. Idealni ampermeter bi moral imeti:
 - A:** notranjo upornost enako nič;
 - B:** notranjo upornost neskončno veliko;
 - C:** notranjo upornost enako upornosti vezja, skozi katero merimo tok;
 - D:** notranjo upornost poljubno, vendar zelo občutljiv mehanizem za prikaz toka.
4. Kako je vezana varovalka z električno napravo, ki jo ščiti?
 - A:** Vzporedno.
 - B:** Zaporedno.
 - C:** Ni pomembno, kako.
5. Idealni voltmeter bi moral imeti:
 - A:** notranjo upornost enako nič;
 - B:** notranjo upornost neskončno veliko;
 - C:** notranjo upornost enako upornosti vezja, na katerem merimo napetost;
 - D:** notranjo upornost poljubno, vendar zelo natančen (digitalni) prikazovalnik napetosti.

6. Wheatstonov mostiček je vezje za natančno merjenje upornosti na podlagi primerjave z referenčnim uporom. Čemu služi galvanometer, ki je sestavni del tega vezja?
- A:** Merjenju toka čez neznani upor.
 - B:** Merjenju padca napetosti na neznanem uporu.
 - C:** Merjenju toka med vejama mostička.
 - D:** Kot indikator, ki pokaže, kdaj je mostiček uravnotežen (ko je tok čez galvanometer enak nič).
7. Kondenzator s kapaciteto $C = 2 \mu\text{F}$ nabijemo z baterijo tako, da je na njegovih ploščah naboj e . Nato baterijo odklopimo in kondenzator spraznimo prek upora $R = 4 \text{ M}\Omega$. Kolikšen je karakteristični čas praznjenja kondenzatorja?
- A:** $8 \mu\text{s}$
 - B:** $0,5 \text{ s}$
 - C:** 2 s
 - D:** 8 s
8. Enako kakor v prejšnji nalogi se prazni kondenzator s kapaciteto C prek upora R . V kolikšnem času se zmanjša naboj na kondenzatorju na polovico začetne vrednosti?
- A:** $t = RC$
 - B:** $t = RC \ln(2)$
 - C:** $t = RC/\ln(2)$
 - D:** $t = RC/2$
 - E:** $t = 2RC$
9. Kondenzator, ki je na začetku prazen ($U_C = 0$), polnimo skozi upor z baterijo, ki ima gonilno napetost U_B . V času 1 ms naraste napetost na kondenzatorju na vrednost $U_B/2$. Kolikšna bo napetost na kondenzatorju po 2 ms ?
- A:** $U_B/4$
 - B:** $U_B/2$
 - C:** $3U_B/4$
 - D:** U_B
 - E:** $2U_B$

10. Kondenzator s kapaciteto $2 \mu\text{F}$, ki je na začetku nabit, tako da je na njem napetost 1000 V , praznimo skozi upor $R = 5 \text{ k}\Omega$. Kolikšno električno delo prejme upor med praznjenjem od začetka praznjenja do trenutka, ko je napetost na kondenzatorju padla na polovico začetne vrednosti?
- A:** $0,25 \text{ J}$
B: $0,5 \text{ J}$
C: $0,75 \text{ J}$
D: 1 J
E: $1,4 \text{ J}$
11. Na generator izmenične napetosti priključimo ohmski upornik R . Kolikšna povprečna moč se porablja na tem uporniku, če gonilna napetost generatorja niha sinusno $U = U_0 \sin(\omega t)$? (U_{ef} je efektivna napetost na uporu.)
- A:** $\bar{P} = 0$
B: $\bar{P} = \frac{1}{2} \frac{U_0^2}{R}$
C: $\bar{P} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{U_0^2}{R}$
D: $\bar{P} = \frac{1}{2} \frac{U_{\text{ef}}^2}{R}$
E: $\bar{P} = \frac{U_{\text{ef}}^2}{R}$
12. V hišni električni napeljavi uporabljamo izmenično napetost. Nihanje napetosti v omrežju lahko opišemo z izrazom $U = U_0 \sin(\omega t)$. Kolikšni sta vrednosti U_0 in ω v takem (enofaznem) omrežju pri nas?
- A:** $220 \text{ V}, 50 \text{ s}^{-1}$
B: $310 \text{ V}, 50 \text{ s}^{-1}$
C: $310 \text{ V}, 314 \text{ s}^{-1}$
D: $220 \text{ V}, 314 \text{ s}^{-1}$
13. Če kondenzator s kapaciteto C priključimo na generator izmenične napetosti $U = U_0 \sin(\omega t)$, je tok čez kondenzator:
- A:** nič;
B: sorazmeren s kapaciteto kondenzatorja;
C: neodvisen od frekvence priključene izmenične napetosti;
D: sorazmeren amplitudi gonilne napetosti generatorja.

14. Na generator izmenične napetosti priključimo kondenzator s kapaciteto C . Kolikšen je fazni premik med napetostjo in tokom na kondenzatorju, če gonilna napetost generatorja niha sinusno $U = U_0 \sin(\omega t)$?
- A:** Tok in napetost na kondenzatorju nihata sočasno.
 - B:** Tok na kondenzatorju prehiteva napetost za $\pi/2$.
 - C:** Tok na kondenzatorju zaostaja za napetostjo za $\pi/2$.
 - D:** Fazni zamik med tokom in napetostjo se neprestano spreminja.
15. Napetosti na dveh generatorjih izmenične napetosti nihata sinusno z enako kotno frekvenco ω in enako amplitudo U_0 . Prva napetost v fazi zaostaja za drugo za $\pi/2$. Kolikšna je napetost na prvem generatorju v trenutku, ko je napetost na drugem enaka 0?
- A:** 0
 - B:** U_0
 - C:** $-U_0$
 - D:** $U_0/2$
 - E:** $-U_0/2$
16. Na generator izmenične napetosti priključimo kondenzator s kapaciteto C . Kolikšna povprečna moč se porablja na tem kondenzatorju, če gonilna napetost generatorja niha sinusno $U = U_0 \sin(\omega t)$? (U_{ef} in I_{ef} sta efektivna napetost in tok na kondenzatorju.)
- A:** 0
 - B:** $\bar{P} = \omega C U_0^2$
 - C:** $\bar{P} = I_{ef} U_{ef}$
 - D:** $\bar{P} = \frac{1}{2} I_0 U_0$

REŠITVE

Preverjanje znanja: Električna vezja

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

MAGNETNO POLJE

Vprašanja

1. Skiciraj silnice magnetnega polja okoli paličastega magneta in označi oba magnetna pola. Ali lahko na magnetu ločiš oba pola, tako da ga prelomiš na polovico?
2. Kaj je izvir magnetnega polja?
3. Zapiši magnetno silo na točkast električni naboj, ki se giblje po magnetnem polju. Pojasni smer magnetne sile za pozitivni in za negativni gibajoči naboj.
4. Zapiši Lorentzovo silo na točkasti naboj, ki se giblje po prostoru, kjer hkrati obstajata magnetno in električno polje.
5. Ali magnetna sila lahko opravi delo na gibajočem naboju? Pojasni.
6. Pokaži, da se nabiti delec v homogenem magnetnem polju giblje po krožnici oziroma po vijačnici. Izračunaj radij kroga, po katerem kroži delec z nabojem e , maso m in obodno hitrostjo v homogenem magnetnem polju B , če se delec giblje pravokotno na smer silnic magnetnega polja.
7. Kolikšna je sila na raven vodnik v homogenem magnetnem polju, ko po njem teče tok I ? Skiciraj smer sile glede na smer toka v vodniku za primer, ko je vodnik pravokoten na silnice magnetnega polja.
8. Kako izračunamo magnetno silo na neraven vodnik v magnetnem polju, ko po njem teče električni tok?
9. Kolikšna je sila na tokovno zanko v homogenem magnetnem polju, ko po zanki teče tok I ?
10. Kolikšen je navor na pravokotno tokovno zanko v homogenem magnetnem polju? V katero smer suče zanko? V kateri legi je navor največji in v kateri najmanjši?
11. Kako je definiran magnetni dipolni moment za tokovno zanko? Kako je definirana smer vektorja magnetnega dipola?
12. Zapiši navor na magnetni dipol v magnetnem polju.
13. Kako je definirana potencialna energija magnetnega dipola v magnetnem polju? V kateri legi običajno izberemo ničlo potencialne energije?
14. Zapiši in pojasni Biot-Savartov zakon: v katero smer kaže in kako veliko je magnetno polje v izbrani točki v prostoru, če izvira iz toka v kratkem odseku vodnika $d\vec{s}$, ki je za vektor \vec{r} oddaljen od te točke?
15. Kako pojema velikost magnetnega polja z oddaljenostjo od izvora?
16. Nariši silnice magnetnega polja okoli dolgega ravnega vodnika.
17. Zapiši in pojasni Amperov zakon.
18. Z Amperovim zakonom izračunaj velikost magnetnega polja okoli dolgega ravnega vodnika. Kakšno zanko si izberemo pri računanju integrala $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$?
19. Kolikšna je sila na dolžinsko enoto med vzporednima ravnima vodnikoma, po katerih tečeta tokova I_1 in I_2 , če sta vodnika razmaknjena za razdaljo d ?

20. Z uporabo Amperovega zakona določi magnetno polje v svitku (torusu). Upoštevaj, da so ovoji žice tesno naviti drug ob drugem vzdolž svitka in da po žici teče tok I . Kolikšno je magnetno polje v okolici svitka?
21. Z uporabo Amperovega zakona določi magnetno polje v dolgi ravni tuljavi z N -ovoji na dolžinsko enoto, ko po njej teče tok I .
22. Nariši magnetne silnice okoli tuljave, po kateri teče tok. Označi smer toka in smer magnetnih silnic. Primerjaj jih s silnicami trajnega paličastega magneta.
23. Kaj je izvir magnetnega polja v snovi? Pojasni magnetni moment elektrona, ki kroži okoli jedra v atomu. Elektron obravnavaj v klasičnem približku točkastega nabitega delca. Kakšna je zveza med magnetnim momentom in vrtilno količino elektrona?
24. Ali je tirni magnetni moment elektrona edini izvir magnetnega polja v snovi?
25. Zakaj nimajo vsi atomi z več elektroni magnetnega momenta?
26. Kako razdelimo snovi glede na njihove magnetne lastnosti?

Preverjanje znanja

1. Severni magnetni pol Zemlje leži:
A: pri severnem geografskem polu;
B: pri južnem geografskem polu;
C: na ekvatorju.
2. Kaj od spodaj navedenega je izvir magnetnega polja?
A: Poljubni mirujoči električni naboj (pozitivni in negativni).
B: Električni tok.
C: Magnetni monopoli (severni in južni).
D: Poljubni gibajoči se električni naboji.
3. Katere od spodaj navedenih enot ustrezajo enoti za magnetno polje 1 T (tesla)?
A: $\frac{\text{N}}{\text{Am}}$
B: $\frac{\text{N}}{\text{Vm}}$
C: $\frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$
D: $\frac{\text{As}}{\text{Vm}}$
E: $\frac{\text{J}}{\text{Am}}$
4. V kateri smeri deluje magnetna sila na naboj e , ki se giblje s hitrostjo \vec{v} po magnetnem polju \vec{B} ?
A: V smeri magnetnega polja \vec{B} .
B: V smeri gibanja naboja.
C: V nasprotni smeri gibanja naboja.
D: Pravokotno na ravnino vektorjev \vec{B} in \vec{v} .

5. Negativni naboj ($-e$) se giblje po magnetnem polju. V katero smer kaže magnetna sila na ta naboj v trenutku, ko se giblje v smeri osi $+x$, če silnice magnetnega polja na mestu naboja kažejo v smeri osi $+y$?
- A:** V smeri osi $+x$.
 - B:** V smeri osi $-x$.
 - C:** V smeri osi $+y$.
 - D:** V smeri osi $-y$.
 - E:** V smeri osi $+z$.
 - F:** V smeri osi $-z$.
6. Severni pol paličastega magneta držimo v bližini pozitivno nabite plastične folije. Kakšna je magnetna sila na to folijo?
- A:** Odbojna.
 - B:** Privlačna.
 - C:** Usmerjena pravokotno na paličasti magnet.
 - D:** Nič.
7. V katerem od spodaj navedenih primerov je magnetna sila na električni naboj v magnetnem polju enaka nič?
- A:** Ko se naboj giblje v smeri magnetnega polja.
 - B:** Ko se naboj giblje v nasprotni smeri magnetnega polja.
 - C:** Ko se naboj giblje pravokotno na silnice magnetnega polja.
 - D:** Ko naboj miruje.
 - E:** Ko se naboj giblje v koncentričnih krogih okoli magnetnih silnic.
 - F:** Nikoli.
8. Elektron, ki prileti v homogeno magnetno polje s konstantno hitrostjo v pravokotni smeri glede na magnetne silnice, se bo po tem polju gibal:
- A:** po krožnici v ravnini, pravokotni na silnice;
 - B:** po krožnici v ravnini, vzporedni z magnetnimi silnicami;
 - C:** po spirali vzdolž magnetnih silnic;
 - D:** po ravni črti, v smeri prvotnega gibanja;
 - E:** po sinusoidi okoli prvotne smeri gibanja.

9. Elektron prileti v homogeno magnetno polje $B = 1\text{ T}$ s hitrostjo $v = 100\text{ m/s}$ v pravokotni smeri glede na silnice magnetnega polja. Kolikšna je sprememba kinetične energije tega elektrona, ko po magnetnem polju prepotuje razdaljo 2 m ?
- A: 0 eV
 - B: 50 eV
 - C: -50 eV
 - D: 200 eV
 - E: -200 eV
 - F: 200 J
10. Kolikšna sila deluje na 5 cm dolgo tuljavo s 100 ovoji, ko po njej teče električni tok 20 A , če jo postavimo v zunanje homogeno magnetno polje $0,5\text{ T}$, ki kaže v smeri osi tuljave (pravokotno na ravnino ovojev)? Presek tuljave je kvadrat s stranico 1 dm .
- A: 0 N
 - B: 2 N
 - C: 4 N
 - D: 5 N
 - E: 200 N
 - F: 400 N
 - G: 500 N
11. Po kvadratni zanki s stranico 50 cm teče tok 10 A . Zanko postavimo v homogeno magnetno polje 1 T tako, da so silnice magnetnega polja vzporedne z ravnino zanke. Kolikšen magnetni navor deluje na zanko?
- A: 0 Nm
 - B: $2,5\text{ Nm}$
 - C: 5 Nm
 - D: 10 Nm
12. Enota za magnetni dipolni moment je:
- A: Am
 - B: A/m
 - C: Am^2
 - D: A/m^2

13. Po tokovni zanki, ki leži v vodoravni ravnini, teče tok v smeri urnega kazalca (gledano od zgoraj navzdol). V katero smer kaže vektor magnetnega dipolnega momenta?
- A:** Pravokotno na ravnino zanke, v smeri navzgor.
 - B:** Pravokotno na ravnino zanke, v smeri navzdol.
 - C:** V ravnini zanke, v smeri toka.
 - D:** V ravnini zanke, v nasprotni smeri toka.
14. Magnetni dipolni moment postavimo v magnetno polje. V kateri legi glede na smer magnetnega polja ima magnetni dipolni moment največjo magnetno potencialno energijo?
- A:** Ko kaže v smeri magnetnega polja.
 - B:** Ko kaže v nasprotni smeri magnetnega polja.
 - C:** Ko je pravokoten na smer magnetnega polja.
 - D:** Magnetna potencialna energija magnetnega dipola ni odvisna od njegove orientacije, ampak le od velikosti magnetnega dipola in gostote magnetnega polja.
15. Kako so usmerjene magnetne silnice okoli dolgega ravnega vodnika, po katerem teče električni tok?
- A:** Radialno stran od vodnika.
 - B:** Radialno proti vodniku.
 - C:** V koncentričnih krogih okoli vodnika.
 - D:** Vzporedno z vodnikom.
16. Po dveh ravnih vzporednih vodnikih (žicah) teče električni tok v nasprotnih smereh. V kateri smeri deluje magnetna sila na prvi vodnik?
- A:** Stran od drugega vodnika.
 - B:** Proti drugemu vodniku.
 - C:** V smeri toka po drugem vodniku.
 - D:** V smeri toka po prvem vodniku.
 - E:** Pravokotno na ravnino obeh vodnikov.
17. Vijačno vzmet iz jekla obesimo za en konec na stojalo, da prosto visi. Zaradi lastne teže se vzmet nekoliko raztegne. Kaj se zgodi, če po vzmeti spustimo električni tok?
- A:** Vzmet ostane enako raztegnjena.
 - B:** Vzmet se dodatno raztegne.
 - C:** Vzmet se nekoliko skrči.

18. Velikost magnetnega polja, ki ga v izbrani točki prostora prispeva tok na kratkem odseku vodnika v razdalji R , je sorazmerna:
- A: R^2
 - B: R
 - C: $1/R$
 - D: $1/R^2$
 - E: $1/R^3$
19. Indukcijska konstanta je definirana kot $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$. Od kod taka (nenavadna) definicija za velikost naravne konstante, ki vsebuje tudi število π ?
- A: To je posledica definicij osnovnih enot kg, m in s.
 - B: To je posledica definicije enote za električni naboj.
 - C: To je posledica definicije enote za tok 1 A.
 - D: Izbira konstante je bila poljubna in je zgodovinsko določena.
20. Kolikšna je velikost magnetnega polja, ki ga prispeva tok na kratkem ravnem odseku vodnika, v točki, ki je od tega odseka oddaljena 10 m v smeri toka na tem odseku? (Tok v vodniku je 5 A, dolžina odseka pa 1 cm.)
- A: 0 T
 - B: $5 \times 10^{-11} \text{ T}$
 - C: $20\pi \times 10^{-11} \text{ T}$
 - D: $1 \times 10^{-9} \text{ T}$
21. Pri Amperovem zakonu $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I$ je treba integral izračunati po:
- A: poljubni površini;
 - B: poljubni zaključeni površini;
 - C: poljubni poti;
 - D: poljubni zaključeni poti;
 - E: poljubni zaključeni poti, ki objame vse tokove I , ustvarjajoče magnetno polje.
22. Kolikšna je vrednost integrala $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$, če ga računamo po zaključeni zanki, ki objame dve vzporedni žici, po katerih teče enako velik, vendar nasprotno usmerjen tok 1 A?
- A: 0 Tm
 - B: $4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm}$
 - C: $-4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm}$
 - D: $8\pi \times 10^{-7} \text{ Tm}$
 - E: Premalo podatkov: integral je odvisen od poti, to je od oblike zanke, po kateri integriramo.

23. Kako se spreminja velikost magnetnega polja, ki ga ustvarja tok po dolgi ravni žici z oddaljenostjo R od te žice?
- A: Narašča sorazmerno z R .
 - B: Velikost je konstantna, neodvisna od R .
 - C: Pada kot $1/R$.
 - D: Pada kot $1/R^2$.
24. V katero smer kaže vektor magnetnega polja, ki ga povzroča tok po dolgi ravni žici v točki 1 m od žice? Koordinatni sistem za opis smeri je izbran tako, da je žica vzporedna z osjo z . Tok teče v smeri $+z$, točka leži na pozitivnem poltraku osi x . Vektor magnetnega polja kaže v smeri:
- A: radialno stran od vodnika ($+x$);
 - B: radialno proti vodniku ($-x$);
 - C: vzporedno z osjo y v smeri ($+y$);
 - D: vzporedno z osjo y v smeri ($-y$);
 - E: vzporedno z vodnikom v smeri toka ($+z$);
 - F: vzporedno z vodnikom v nasprotni smeri toka ($-z$).
25. Iz kakšne vrste snovi so narejeni permanentni magneti?
- A: Paramagnetne snovi.
 - B: Diamagnetne snovi.
 - C: Feromagnetne snovi.
26. Magnetna permeabilnost paramagnetne snovi je:
- A: $\mu < 1$
 - B: $\mu > 1$
 - C: $\mu \gg 1$
27. Katera snov je boljša za izdelavo permanentnega magneta?
- A: Snov, za katero je značilna široka histerezna zanka.
 - B: Snov, za katero je značilna ozka histerezna zanka.
 - C: Snov z majhno magnetno permeabilnostjo.
 - D: Snov z veliko remanentno gostoto magnetnega polja.
 - E: Snov, pri kateri je magnetizacija linearno odvisna od jakosti zunanjega magnetnega polja.

28. Feromagnetizem je posledica:
- A:** urejanja atomskih magnetnih momentov v zunanjem magnetnem polju;
 - B:** spreminjanja velikosti atomskih magnetnih momentov v zunanjem magnetnem polju;
 - C:** spontanega urejanja atomskih magnetnih momentov v snovi, da se poravnajo med sabo v isto smer;
 - D:** prosto gibljivih atomskih magnetnih momentov v snovi.
29. Kaj se zgodi, če permanentni magnet močno segrejemo?
- A:** Zmanjša se njegovo magnetno polje.
 - B:** Njegovo magnetno polje se poveča.
 - C:** Spremeni se smer magnetnega polja takega magneta (lega severnega in južnega pola).
 - D:** Nič, ostane enak magnet kakor prej.
30. Curiejeva temperatura je tista, pri kateri:
- A:** se raztali permanentni magnet;
 - B:** se razmagneti permanentni magnet;
 - C:** je magnetizacija snovi v zunanjem magnetnem polju največja;
 - D:** postanejo magnetne domene v feromagnetni snovi med sabo popolnoma neurejene;
 - E:** se vsi atomski magnetni momenti v feromagnetni snovi popolnoma uredijo, tako da kažejo v isto smer.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Magnetno polje

1. B
2. B, D (odgovor C bomo upoštevali kot pravilen, ko bodo dokazali, da magnetni monopoli v naravi zares obstajajo. Doslej niso odkrili še nobenega.)
3. A, C
4. D
5. F
6. D
7. A, B, D
8. A
9. A
10. A
11. B
12. C
13. B
14. B
15. C
16. A
17. C
18. D
19. C
20. A
21. D
22. A
23. C
24. C
25. C
26. B
27. A, D
28. C
29. A
30. B, D

INDUKCIJA

Vprašanja

1. Kako je definiran magnetni pretok? Primerjaj z definicijo električnega pretoka. Kakšna je enota za magnetni pretok?
2. Zapiši in pojasni Gaussov zakon za magnetno polje: kolikšen je magnetni pretok skozi poljubno zaprto ploskev? Ali obstajajo magnetni monopoli?
3. Pojasni Faradayev zakon o indukciji. Kaj povzroči inducirano napetost v tokovni zanki?
4. Pojasni Lentzovo pravilo o smeri inducirane napetosti.
5. Kolikšna je inducirana napetost v tuljavi z N -ovoji in presekom S , če jo sučemo s kotno hitrostjo ω v homogenem magnetnem polju B ?
6. Kolikšna inducirana napetost se pojavi na ravnem vodniku, ki se giblje po magnetnem polju?
7. Kaj so vrtilni tokovi? Kdaj se pojavijo?
8. Opiši inducirano električno polje, ki se pojavi okoli spremenljivega magnetnega polja.
9. Zapiši Faradayev indukcijski zakon v splošni obliki.
10. Ali lahko vpeljemo električno potencialno energijo za inducirano električno polje? V čem se inducirano električno polje razlikuje od elektrostatičnega električnega polja, ki izvira iz električnih nabojev?
11. Opiši pojav samoindukcije v tuljavi, ko električni tok po njej narašča ali pojema (na primer ob vklopu ali izklopu tokokroga).
12. Kako je definirana induktivnost tuljave? S katero enoto jo merimo? Kaj nam pove?
13. Kolikšna magnetna energija je shranjena v tuljavi z induktivnostjo L , ko po njej teče tok I ?
14. Kolikšna je gostota energije v magnetnem polju?
15. Tuljavo z induktivnostjo L zaporedno vežemo z uporom R in baterijo z gonilno napetostjo U_B . Kako se spreminja tok čez upor $I(t)$, ko sklenemo tokokrog? Določi časovno konstanto τ .
16. Kolikšen tok teče čez tuljavo z induktivnostjo L , če jo priključimo na generator izmenične napetosti $U = U_0 \sin(\omega t + \delta)$? Kakšna je zveza med amplitudama toka in napetosti na tuljavi? Kolikšen je fazni premik med tokom in napetostjo na tuljavi? Nariši fazni diagram. Kolikšna moč se porablja na tuljavi? Od česa je odvisna induktivna upornost tuljave?
17. Opiši nihanje toka in napetosti v električnem nihajnem krogu, v katerem sta zaporedno vezana tuljava z induktivnostjo L in kondenzator s kapaciteto C . Od česa je odvisen nihajni čas tega nihanja?

18. Kaj se dogaja z energijo v električnem nihajnem krogu, če je na začetku kondenzator nabit z nabojem e_0 ? Kolikšna je celotna energija nihajnega kroga? Nariši časovni potek potencialne energije kondenzatorja in tuljave. Primerjaj električni nihajni krog z vzmetnim nihalom.
19. Kako pojema amplituda toka v električnem nihajnem krogu z dušenjem? (Nihajni krog z dušenjem sestavljajo zaporedno vezani kondenzator s kapaciteto C , tuljava z induktivnostjo L in upor R .) Kako pojema energija v takem nihajnem krogu? Od česa je odvisen koeficient dušenja β ?
20. Opiši delovanje idealnega transformatorja z N_1 -ovoji na primarnem in N_2 -ovoji na sekundarnem navitju. Od česa je odvisna inducirana napetost na sekundarni tuljavi? Kakšna je zveza med tokom na primarnem in sekundarnem navitju, ko je na sekundarni strani priključeno breme z uporom R ?

Preverjanje znanja

1. Kolikšen je magnetni pretok skozi krogelno ploskev, ki objame severni pol permanentnega paličastega magneta?
 - A: $\phi_m > 0$
 - B: $\phi_m = 0$
 - C: $\phi_m < 0$
2. Gaussov zakon za magnetno polje pove:
 - A: Magnetni pretok skozi katero koli zaprto ploskev je sorazmeren električnemu toku, ki ga ploskev objame.
 - B: Magnetni pretok skozi katero koli zaprto ploskev je sorazmeren celotnemu električnemu toku, ki teče skozi to ploskev.
 - C: Magnetni pretok skozi katero koli zaprto ploskev je vedno enak nič.
 - D: V naravi ni magnetnih monopolov.
3. Kolikšen je magnetni pretok skozi ravno ploskev v obliki kvadrata s stranico 1 m, če jo postavimo v homogeno magnetno polje 0,2 T tako, da magnetne silnice prebadajo ploskev pod kotom 30° ?
 - A: 0 Vs
 - B: 0,1 Vs
 - C: 0,17 Vs
 - D: 0,2 Vs
4. Faradayev indukcijski zakon pove, da je inducirana napetost v tokovni zanki:
 - A: sorazmerna magnetnemu pretoku skozi zanko;
 - B: sorazmerna električnemu pretoku skozi zanko;
 - C: sorazmerna spremembi magnetnega pretoka skozi zanko na časovno enoto;
 - D: sorazmerna magnetnemu polju na mestu zanke;
 - E: sorazmerna spremembi magnetnega polja na mestu zanke na časovno enoto.

5. Prevodna okrogla zanka (bakren obroček) je v homogenem magnetnem polju. Magnetne silnice prebadajo ravnino zanke pod pravim kotom. V katerem od spodaj navedenih primerov se v zanki NE pojavi inducirana napetost?
- A:** Zanko potegnemo iz magnetnega polja.
 - B:** Zanko zasučemo za 90° okoli osi, ki je vzporedna z normalo na ravnino ploskve.
 - C:** Zanko zasučemo za 90° okoli osi, ki leži v ravnini ploskve.
 - D:** Gostoto magnetnega polja B povečamo za faktor dva.
 - E:** Okroglo zanko zmečkamo v ozko elipso.
 - F:** Zasučemo smer magnetnega polja za 180° .
 - G:** Zanko premaknemo vzporedno z njo vzdolž magnetnih silnic.
 - H:** Zanko premaknemo po magnetnem polju vzporedno z njo v pravokotni smeri na magnetne silnice.
 - I:** V zanko ustavimo kos bakra (bakar je diamagnetna snov).
 - J:** Zanko prerežemo, tako da po njej ne more teči tok.
 - K:** Zanko pustimo, da miruje v nespremenjenem magnetnem polju.
6. V bakren obroček vtaknemo dipolni magnet s severnim polom naprej. V katero smer steče električni tok po obročku zaradi napetosti, ki se inducira med vstavljanjem magneta?
- A:** V smeri urnega kazalca, če gledamo v smeri vstavljanja magneta.
 - B:** V nasprotni smeri urnega kazalca, če gledamo v smeri vstavljanja magneta.
 - C:** V taki smeri, da magnetno polje zaradi inducirane toka po obročku poveča magnetni pretok skozi obroček.
 - D:** V taki smeri, da magnetno polje zaradi inducirane toka po obročku zmanjša magnetni pretok skozi obroček.
7. Letalo vzleti na Brniku in leti čez Alpe naravnost proti severu. Ker med letom seka silnice zemeljskega magnetnega polja, ki so na tem območju usmerjene poševno navzdol proti Zemljini površini, se med koncema letalskih kril inducira napetost. Konica katerega krila je pozitivno nabita?
- A:** Levega (ki kaže med letom proti zahodu).
 - B:** Desnega (ki kaže med letom proti vzhodu).
 - C:** Konici obeh kril sta pozitivno nabiti, trup letala pa negativno.
 - D:** Konici obeh kril sta negativno nabiti, trup letala pa pozitivno.
 - E:** Konici med letom sploh nista nabiti, ker je letalsko krilo prevodno in se sprti razelektri.

8. Magnet v obliki valja spustimo, da prosto pada po 1 m dolgi cevki, ki ima notranji premer rahlo večji od premera magnetu. Med padanjem je trenje med magnetom in steno cevke zanemarljivo. Poskus naredimo s tremi enako dolgimi cevkami, ki pa imajo različne stene: prva je steklena, druga bakrena in tretja bakrena z zarezami. Skozi katero cev bo magnet padal največ časa?
- A:** Stekleno.
 - B:** Bakreno.
 - C:** Bakreno z zarezami.
 - D:** Skozi vse tri pade enako hitro.
9. Bakren obroč postavimo v homogeno magnetno polje. Gostota tega magnetnega polja sinusno niha okrog povprečne vrednosti. Katere od spodnjih trditev so pravilne?
- A:** Inducirano električno polje se pojavi samo znotraj obroča (v bakru).
 - B:** Inducirano električno polje se pojavi povsod po prostoru (tudi zunaj obroča).
 - C:** Inducirano električno polje niha z enako frekvenco kakor magnetno polje.
 - D:** Inducirano električno polje niha v fazi z magnetnim poljem.
10. Integral $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s}$ po poljubni zaključeni zanki je:
- A:** vedno enak nič;
 - B:** sorazmeren naboju sredi zanke;
 - C:** sorazmeren električnemu toku skozi zanko;
 - D:** sorazmeren magnetnemu pretoku skozi zanko;
 - E:** sorazmeren spremembi magnetnega pretoka skozi zanko na časovno enoto.
11. Električno potencialno energijo lahko definiramo:
- A:** za vsako električno polje;
 - B:** samo za elektrostatično električno polje;
 - C:** samo za inducirano električno polje.
12. Induktivnost tuljave pove:
- A:** kolikšna napetost se inducira v tuljavi, ko po njej teče električni tok;
 - B:** kolikšen je magnetni pretok po tuljavi, ko po njej teče električni tok;
 - C:** kolikšna je gostota magnetnega polja v tuljavi, ko po njej teče električni tok;
 - D:** kolikšna napetost se inducira v tuljavi pri dani spremembi toka (dI/dt).

13. Kolikšna energija je shranjena v tuljavi z induktivnostjo $L = 4 \text{ mH}$, ko po njej teče tok 10 A ?
- A:** 0 J
 - B:** 40 mJ
 - C:** 0,2J
 - D:** 0,4 J
 - E:** 12,5 kJ
14. Kolikšna energija je shranjena v magnetnem polju v 1 dm^3 prostora med poloma permanentnega magneta, če je tam magnetno polje homogeno? Gostota magnetnega polja je 2 T ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$).
- A:** 0 J
 - B:** 1,6 mJ
 - C:** 0,8 kJ
 - D:** 1,6 kJ
 - E:** 1,6 MJ
15. Tuljavo z induktivnostjo 2 mH priključimo na baterijo z gonilno napetostjo 20 V prek upora 10Ω . Kolikšen je karakteristični čas naraščanja toka v tem vezju ob vklopu napetosti?
- A:** Tok v trenutku naraste do končne vrednosti 2 A .
 - B:** Tok naraste do 63% končne vrednosti v času $0,2 \text{ ms}$.
 - C:** Tok naraste do 63% končne vrednosti v času 20 ms .
 - D:** Tok naraste do polovice končne vrednosti v času $0,2 \text{ ms}$.
 - E:** Tok naraste do 37% končne vrednosti v času $0,2 \text{ ms}$.
16. Če priključimo tuljavo z induktivnostjo na generator izmenične napetosti $U = U_0 \sin(\omega t)$, je tok čez tuljavo:
- A:** nič;
 - B:** obratno sorazmeren z induktivnostjo tuljave;
 - C:** sorazmeren s frekvenco priključene izmenične napetosti;
 - D:** odvisen zgolj od velikosti ohmskega predupornika, ki ga vežemo zaporedno s tuljavo, da omejimo tok čez tuljavo.

17. Na generator izmenične napetosti priključimo tuljavo z induktivnostjo. Kolikšen je fazni premik med napetostjo in tokom na tuljavi, če gonilna napetost generatorja niha sinusno?
- A:** Tok in napetost na tuljavi nihata sočasno.
 - B:** Tok na tuljavi prehiteva napetost za $\pi/2$.
 - C:** Tok na tuljavi zaostaja za napetostjo za $\pi/2$.
 - D:** Fazni premik med tokom in napetostjo se neprestano spreminja.
18. Na generator izmenične napetosti priključimo tuljavo z induktivnostjo L . Kolikšna povprečna moč se porablja na tuljavi, če gonilna napetost generatorja niha sinusno $U = U_0 \sin(\omega t)$? (U_{ef} in I_{ef} sta efektivna napetost in tok na kondenzatorju.)
- A:** 0
 - B:** $\bar{P} = \frac{U_0^2}{\omega L}$
 - C:** $\bar{P} = I_{ef} U_{ef}$
 - D:** $\bar{P} = \frac{1}{2} I_0 U_0$
19. Na generator izmenične napetosti vežemo zaporedno ohmski upor R , kondenzator s kapaciteto C in tuljavo z induktivnostjo L . Katere od spodnjih trditev pravilno opišejo tako vezje?
- A:** Tok na vseh treh elementih ima enako amplitudo in fazo.
 - B:** Napetost na vseh treh elementih ima enako amplitudo in fazo.
 - C:** Impedanca vezja je enaka upornosti R ohmskega upornika v vezju.
 - D:** Padeč napetosti na celotnem vezju je enak vsoti efektivnih napetosti na posameznih elementih.
20. Kondenzator s kapaciteto $2 \mu\text{F}$ nabijemo z napetostjo 100 V , baterijo odklopimo in nabiti kondenzator povežemo s tuljavo z induktivnostjo $0,2 \text{ mH}$ v tokokrog. Kaj se dogaja z napetostjo in tokom v tem vezju, če je ohmska upornost žic (tuljave) v vezju zanemarljivo majhna?
- A:** Napetost na kondenzatorju in tok po tuljavi eksponentno pojemata proti nič.
 - B:** Napetost na kondenzatorju in tok po tuljavi nihata s kotno frekvenco $2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$.
 - C:** Napetost na kondenzatorju in tok po tuljavi nihata s kotno frekvenco $5 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$.
 - D:** Napetost na kondenzatorju in tok po tuljavi nihata s kotno frekvenco $1 \times 10^2 \text{ s}^{-1}$.
 - E:** Napetost na kondenzatorju in tok po tuljavi nihata sočasno (fazni premik je nič).
 - F:** Napetost na kondenzatorju in tok po tuljavi nihata s faznim premikom $\pi/2$.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Indukcija

1. B
2. C, D
3. B
4. C
5. B, G, H, J, K (odgovor H: inducira se napetost med diametralnima točkama na obroču, podobno kakor se inducira napetost med koncema prevodne palice, ki se giblje po magnetnem polju. Inducirana napetost na celotni zanki pa je nič.)
6. B, D
7. A
8. B
9. B, C
10. E
11. B
12. B, D
13. C
14. D
15. B
16. B
17. C
18. A
19. A
20. C, F

MAXWELLOVE ENAČBE IN ELEKTROMAGNETNO VALOVANJE

Vprašanja

1. Opiši inducirano magnetno polje, ki se pojavi okoli spremenljivega električnega polja. Zapiši Maxwellov indukcijski zakon.
2. Kako je definiran premikalni tok?
3. Na primeru ploščatega kondenzatorja, ki ga polnimo s tokom, pokaži, da je premikalni tok zaradi spremenljivega električnega polja v kondenzatorju enak toku, s katerim kondenzator polnimo. Nariši magnetne silnice, ki izvirajo iz toka po žici in iz premikalnega toka v kondenzatorju.
4. Zapiši posplošeni Amperov zakon za magnetno polje (Amper-Maxwellov zakon).
5. Zapiši Maxwellove enačbe v integralski obliki.
6. Pojasni podobnosti in razlike med električnim in magnetnim poljem na podlagi Maxwellovih enačb.
7. Zapiši Maxwellove enačbe za primer, ko nimamo nobenih električnih nabojev ali električnih tokov, ampak le spremenljiva električna in magnetna polja. Pojasni simetrijo med električnim in magnetnim poljem v Maxwellovih enačbah.
8. Opiši elektromagnetno (EM) valovanje. Kakšne vrste valovanje je to? S kakšno hitrostjo se širi elektromagnetno valovanje v praznem prostoru? Opiši spekter EM-valovanja. Na katera frekvenčna področja ga običajno razdelimo? Kolikšne so karakteristične valovne dolžine pri posameznih področjih? Katere valovne dolžine zajema vidna svetloba?
9. Iz katerih dveh Maxwellovih enačb dobimo valovno enačbo za elektromagnetno valovanje? Od česa je odvisna hitrost EM-valovanja v praznem prostoru?
10. Zapiši enačbi, ki opišeta električno in magnetno polje pri ravnem sinusnem EM-valovanju. Skiciraj trenutno sliko ravnega sinusnega EM-vala, ki se giblje vzdolž osi x . Kako sta usmerjeni električno in magnetno polje v ravnem EM-valu ter kakšen je fazni premik med njima?
11. Kakšna je zveza med amplitudo električnega in magnetnega polja v ravnem EM-valu?
12. Kaj je izvir EM-valovanja? Navedi primer za radijske valove in za vidno svetlobo.
13. Kolikšna je gostota energijskega toka, ki ga prenaša EM-valovanje? Zapiši Poyntingov vektor. V katero smer kaže?
14. Zapiši trenutno in povprečno gostoto energijskega toka pri ravnem sinusnem EM-valu. Kako je gostota energijskega toka povezana s povprečno gostoto energije EM-polja?
15. Kolikšno gibalno količino prenaša EM-valovanje? Kolikšen tlak povzroča EM-valovanje, če pade pravokotno na črno površino, na kateri se popolnoma absorbira? Kolikšen je sevalni tlak, če EM-valovanje pade na zrcalno površino in se od nje v celoti odbije?

16. Katero lastnost EM-valovanja opiše polarizacija? V kateri smeri glede na polarizacijsko ravnino niha električno polje pri linearno polarizirani svetlobi?
17. Kakšna je razlika med polarizirano in nepolarizirano svetlobo? Opiši, kako deluje polarizator. Kaj se zgodi, če na polarizator vpade nepolarizirana svetloba?
18. Nepolarizirano EM-valovanje zaslonimo z dvema polarizatorjema. Kako se spreminja intenziteta EM-valovanja, prepuščenega skozi oba polarizatorja v odvisnosti od zasuka med njunima polarizacijskima ravninama? Kako moramo orientirati oba polarizatorja, da skozi njiju ne pride nič svetlobe?

Preverjanje znanja

1. Kolikšen je premikalni tok v ploščatem kondenzatorju s kapaciteto 10 nF, ki je nabit z napetostjo 100 V? Razmik med ploščama kondenzatorja je 0,1 mm.
 - A: 0 A
 - B: 1 nA
 - C: 1 μ A
 - D: 1 mA
 - E: 1 A
 - F: Ni dovolj podatkov za izračun premikalnega toka.

2. Kateri od spodaj navedenih zakonov sestavljajo Maxwelllove enačbe?
 - A: Coulombov zakon.
 - B: Gaussov zakon za električno polje.
 - C: Zakon o ohranitvi naboja.
 - D: Gaussov zakon za magnetno polje.
 - E: Lorentzova sila.
 - F: Kirchhoffov zakon za napetost.
 - G: Kontinuitetna enačba za električni tok.
 - H: Ohmov zakon.
 - I: Faradayev indukcijski zakon.
 - J: Zakon o ohranitvi energije.
 - K: Amper-Maxwellov zakon.

3. Pri dveh Maxwellovih enačbah je integral po zaključeni zanki ene količine povezan s ploskovnim integralom druge količine. Kakšna je zveza med to ploskvijo in zanko, po katerih moramo integrirati?
 - A: Med njima ni nobene povezave.
 - B: Zanka mora prebadati ploskev.
 - C: Zanka mora biti rob ploskve.
 - D: Zanka mora vedno ležati znotraj ploskve.
 - E: Zanka mora potekati vzdolž silnic polja, ploskev pa pravokotno nanje.

4. Katero od spodnjih enačb lahko uporabimo za izračun velikosti električnega polja okoli točkastega naboja?

A: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{e}{\epsilon_0}$

B: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$

C: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\phi_m}{dt}$

D: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_e}{dt}$

5. Katero od spodnjih enačb lahko uporabimo za izračun velikosti magnetnega polja okoli dolgega ravnega vodnika, po katerem teče tok I ?

A: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{e}{\epsilon_0}$

B: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$

C: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\phi_m}{dt}$

D: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_e}{dt}$

6. S katero od spodnjih enačb lahko pokažemo, da so magnetne silnice vedno zaključene zanke?

A: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{e}{\epsilon_0}$

B: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$

C: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\phi_m}{dt}$

D: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_e}{dt}$

7. Katero od spodnjih enačb lahko uporabimo za izračun magnetnega polja, ki se pojavi v prostoru med ploščama planparalelnega kondenzatorja, medtem ko ga polnimo?

A: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{e}{\epsilon_0}$

B: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$

C: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\phi_m}{dt}$

D: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_e}{dt}$

8. Katero od spodnjih enačb lahko uporabimo za izračun električnega polja, ki se pojavi ob premikanju paličastega magneta?

A: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{e}{\epsilon_0}$

B: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$

C: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\phi_m}{dt}$

D: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_e}{dt}$

9. Katera od spodnjih trditev sledi neposredno iz Maxwellovih enačb?

A: Električni naboj je kvantiziran.

B: V naravi obstajata dve vrsti električnega naboja.

C: V naravi morajo obstajati magnetni monopoli.

D: Hitrost svetlobe je univerzalna konstanta.

E: Elektromagnetno valovanje se lahko širi po vakuumu.

F: Sila na nabiti delec, ki se giblje po magnetnem polju pravokotno na magnetne silnice, je enaka nič.

10. Po čem se razlikujejo radijski valovi od vidne svetlobe?

A: Potujejo z manjšo hitrostjo kakor svetloba.

B: Imajo večjo amplitudo valovanja kakor svetloba.

C: Imajo manjšo frekvenco kakor svetloba.

D: Imajo manjšo valovno dolžino kakor svetloba.

E: Širijo se samo po snovi (ne morejo se širiti po vakuumu).

11. Radijski napovedovalci in novinarji radi rečejo, da “oddajajo v eter”. Kaj je ta “eter”?
- A:** Medij, ki ga potrebuje elektromagnetno valovanje, da se lahko širi po prostoru.
- B:** Medij, po katerem naj bi se širilo elektromagnetno valovanje, vpeljan v 19. stoletju pri (napačni) razlagi hitrosti potovanja svetlobe glede na različne opazovalce.
- C:** Edina snov, glede na katero je hitrost elektromagnetnega valovanja vedno enaka $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$.
- D:** Kar nekaj. Novinarska rasa.
12. Televizija nam posreduje zvok in sliko. Kakšne vrste signal sprejema televizijska antena od oddajnika, ki je običajno postavljen na vrhu bližnjega visokega hriba?
- A:** Elektromagnetno valovanje.
- B:** Zvočno valovanje.
- C:** Elektromagnetno in zvočno valovanje.
13. Med vožnjo z avtomobilom poslušamo avtoradio. Po cesti pripeljemo za manjši grič, tako da nam ta zakrije pogled na radijski oddajnik, ki je postavljen na sosednjem hribu. Zakaj v takem primeru radio ne lovi več dobro postaje na FM-območju, medtem ko je signal na srednjem valu iz istega oddajnika še vedno močan?
- A:** Absorpcija radijskih valov je močno odvisna od valovne dolžine. Tisti z daljšo valovno dolžino (srednji valovi) lažje prodrejo skozi oviro.
- B:** Radijski valovi na srednjem valu imajo bistveno daljšo valovno dolžino kakor tisti v FM-območju, zato je pri njih uklon na oviri izrazitejši.
- C:** Radijski valovi v FM-območju se bolj odbijajo od različnih ovir, kar lahko na posameznih mestih povzroča destruktivno interferenco odbitih valov.
- D:** Srednje valove bolj privlači gravitacijska sila, zato zavijejo okoli tako masivne ovire, kakršen je grič.
14. V katerih od spodaj navedenih primerov velja, da se valovanje širi s hitrostjo $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$?
- A:** Svetloba, ki potuje v vakuumu – glede na opazovalca v laboratoriju.
- B:** Svetloba, ki potuje po prozornem steklu – glede na opazovalca ob steklu.
- C:** Radijski valovi, ki jih je proti Zemlji poslala zelo hitro oddaljujoča se raketa – glede na opazovalca na Zemlji.
- D:** Sončna svetloba – gledano s kometa – ki se približuje Soncu s hitrostjo 70.000 km/s.
- E:** Rentgenski žarki v vakuumu – glede na rentgensko cev, iz katere izhajajo.
- F:** Žarki gama – glede na opazovalca, ki miruje ob izviro teh žarkov.

15. Kolikšen je fazni premik med \vec{E} in \vec{B} pri ravnem elektromagnetnem valu?
- A:** π
 - B:** $-\pi$
 - C:** $\pi/2$
 - D:** $-\pi/2$
 - E:** 0 (\vec{E} in \vec{B} nihata v fazi)
16. Kolikšno je razmerje med velikostjo električnega in magnetnega polja E/B v elektromagnetnem valu?
- A:** Enako c (c označuje hitrost svetlobe).
 - B:** Enako $1/c$.
 - C:** Enako ν (ν označuje frekvenco elektromagnetnega valovanja).
 - D:** Enako 1.
 - E:** Se stalno spreminja.
17. V katero smer kaže Poyntingov vektor?
- A:** V smeri silnic električnega polja pri elektromagnetnem valu.
 - B:** V smeri silnic magnetnega polja pri elektromagnetnem valu.
 - C:** V smeri širjenja elektromagnetnega valovanja.
 - D:** V smeri normale na ravnino, ki jo tvorita vektorja \vec{E} in \vec{B} pri elektromagnetnem valovanju.
18. Velikost Poyntingovega vektorja pove:
- A:** kolikšna je valovna dolžina elektromagnetnega valovanja;
 - B:** kolikšna je gostota energije pri elektromagnetnem valovanju;
 - C:** kolikšna je gostota energijskega toka, ki ga prenaša elektromagnetno valovanje;
 - D:** kolikšen je energijski tok, ki ga prenaša elektromagnetno valovanje;
 - E:** kolikšna je hitrost širjenja elektromagnetnega valovanja.

19. V stekleni vakuumski bučki je postavljena lahko vrtljiva "turbina" s štirimi ravnimi lopaticami. Vsaka od njih ima na prednji strani zrcalno površino, na zadnji strani pa je popolnoma črna. V bučki je ultravisoki vakuum. Na turbino posvetimo z ene strani s svetilko. Kaj se bo zgodilo?
- A:** Turbina se bo začela vrteti zaradi svetlobnega tlaka. Smer vrtenja bo taka, da bodo lopatice potovale z zrcalno površino naprej.
 - B:** Turbina se bo začela vrteti zaradi svetlobnega tlaka. Smer vrtenja bo taka, da bodo lopatice potovale s črno površino naprej.
 - C:** Turbina bo mirovala, ker svetloba ne more povzročati tlaka na lopatice turbine.
 - D:** Turbina bo mirovala, ker je svetlobni tlak na lopatice turbine enak z obeh strani, kar pomeni, da je celoten navor na turbino enak nič.
20. Pri linearno polariziranem elektromagnetnem valovanju:
- A:** je vektor \vec{E} vedno vzporeden s smerjo polarizacije;
 - B:** leži vektor \vec{B} vedno v polarizacijski ravnini;
 - C:** sta vektorja \vec{E} in \vec{B} vzporedna;
 - D:** sta vektorja \vec{E} in \vec{B} v fazi premaknjena za $\pi/2$.
21. Eksperimenti s polarizacijo svetlobe pokažejo, da je svetloba:
- A:** longitudinalno valovanje;
 - B:** transverzalno valovanje;
 - C:** kombinacija longitudinalnega in transverzalnega valovanja;
 - D:** curek delcev.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Maxwellove enačbe in elektromagnetno valovanje

1. A
2. B, D, I, K
3. C
4. A
5. D
6. B
7. D
8. C
9. D, E
10. C
11. B
12. A
13. B
14. A, C, D, E, F
15. E
16. A
17. C, D
18. C
19. B
20. A
21. B

VALOVNE LASTNOSTI SVETLOBE

Vprašanja

1. Kateri pojavi neposredno pokažejo valovne lastnosti svetlobe?
2. Opiši interferenco svetlobe na dveh ozkih režah, ki sta razmaknjeni za razdaljo d (Youngov poskus). Pojasni, zakaj mora biti svetloba, ki izhaja iz obeh rež, koherentna in enobarvna, da na zaslonu opazimo intereferenčno sliko? Primerjaj intereferenčni pojav pri svetlobi z analognim pojavom pri valovih na vodni gladini.
3. Skiciraj intereferenčno sliko na oddaljenem zaslonu pri prehodu koherentne, enobarvne svetlobe z valovno dolžino λ skozi dve reži, ki sta razmaknjeni za razdaljo d . V katerih smereh dobimo intereferenčne maksimume?
4. Kako se spreminja gostota svetlobnega toka v odvisnosti od kota od centralnega maksimuma pri intereferenci koherentne enobarvne svetlobe na dveh režah? Primerjaj rezultat s tistim, ki bi ga dobil, če svetloba, ki izhaja iz obeh rež, ni koherentna.
5. Opiši interferenco svetlobe na uklonski mrežici. Skiciraj, kako se spreminja intereferenčna slika na oddaljenem zaslonu, ko povečujemo število rež v uklonski mrežici.
6. Opiši rentgensko difrakcijo na kristalih. Kako lahko določimo razmik med atomskimi ravninami v kristalu z rentgensko difrakcijo?
7. Opiši uklon enobarvne svetlobe pri prehodu skozi ozko odprtino in na ostrem robu predmeta (na primer majhnega diska). Kakšna je senca v obeh primerih na oddaljenem zaslonu?
8. Skiciraj uklonsko sliko, ki se pojavi na oddaljenem zaslonu, ko enobarvna svetloba z valovno dolžino λ prehaja skozi tanko režo širine d . Pri katerem kotu glede na centralni žarek se pojavi prvi uklonski minimum?
9. Kolikšna je spodnja meja ločljivosti optičnega instrumenta (fotoaparata, daljnogleda, očesa ...) zaradi valovne narave svetlobe? Upoštevaj, da ima vsak optični instrument na vhodni strani (ozko) zaslonko širine d , kjer se svetloba ukloni. Pojasni Rayleighovo merilo za ločljivost. Kolikšen je najmanjši kot med oddaljenima točkastima svetiloma, da ju z optično napravo še ločimo med sabo?
10. Kako je definiran lomni količnik za snov? Kaj nam pove?
11. Svetloba, ki ima v vakuumu valovno dolžino λ , pride v prozorno snov z lomnim količnikom $n > 1$. Kolikšna so hitrost, valovna dolžina in frekvenca te svetlobe v snovi v primerjavi s tisto v vakuumu?
12. Kaj se zgodi s svetlobo na meji, pri prehodu iz snovi z lomnim količnikom n_1 v drugo snov z lomnim količnikom n_2 ? Pojasni odbojni in lomni zakon.
13. Kaj je vzrok delne polarizacije svetlobe pri odboju? Pri katerem kotu vpadne svetlobe je odbiti žarek popolnoma polariziran (Brewstrov kot)? V kateri smeri je odbita svetloba polarizirana?
14. Pojasni totalni odboj. Pri katerih vpadnih kotih nastane totalni odboj na meji med sredstvoma z različnima lomnima količnikoma?

15. Pojasni Huygensovo načelo širjenja svetlobe in z njim razloži lom svetlobe na meji med sredstvom z različnima lomnima količnikoma.
16. Kaj pravi Fermatovo načelo o širjenju svetlobe?
17. Kaj je disperzija? Pojasni na primeru žarka bele svetlobe, ki se lomi na prizmi.
18. Kolikšen je fazni premik svetlobe (EM-vala) pri odboju na meji z optično gostejšo snovjo ($n_1 < n_2$) in kolikšen pri odboju na meji z optično redkejšo snovjo ($n_1 > n_2$)? Pojav primerjaj z odbojem transverzalnega valovanja na koncu strune, ko je ta vpeta oziroma ko se lahko njen konec prosto premika v prečni smeri.
19. Pojasni interferenco svetlobe na tanki plasti. Kakšen je pogoj za konstruktivno in za destruktivno interferenco pri odboju svetlobe na tanki plasti, in to pri pravokotnem vpadu svetlobe? Pri odboju žarka na zgornji in spodnji površini tanke plasti upoštevaj, da je lomni količnik v tanki plasti večji od lomnega količnika v njeni okolici.

Preverjanje znanja

1. Kolikšen mora biti razmik d med režami na uklonski mrežici, da se na zaslonu pojavijo interferenčni maksimumi, ko uklonsko mrežico presvetlimo s koherentno enobarvno svetlobo z valovno dolžino λ ?
A: $d > \lambda$
B: $d = \lambda$
C: $d < \lambda$
2. Koliko uklonskih maksimumov se pojavi na oddaljenem zaslonu za uklonsko mrežico na vsaki strani centralnega žarka, če jo presvetlimo z lasersko svetlobo z valovno dolžino 632,8 nm (laser He-Ne)? Uklonska mrežica ima 300 rež na milimeter.
A: 0
B: 2
C: 3
D: 5
E: 6
F: 18
3. Gosta mreža je spletena iz tankih jeklenih nitk s premerom 100 nm. Nitke v mreži so razmaknjene za 1 μm . Ali se pojavijo uklonski maksimumi na zaslonu za tako mrežico, če jo postavimo v snop enobarvne rentgenske svetlobe z valovno dolžino 0,5 nm? Jeklo ima kristalinično strukturo z razdaljami med atomskimi ravninami reda velikosti 1 nm.
A: Da, ker jeklene nitke v mreži delujejo kot reže v uklonski mrežici.
B: Ne, ker je razmik med nitkami veliko večji od valovne dolžine svetlobe. Na zaslonu se pojavi samo senca mrežice.
C: Da, zaradi uklona rentgenske svetlobe na robu posamezne nitke.
D: Da, ker se uklon pojavi zaradi sipanja rentgenske svetlobe na atomskih ravninah v kristalni strukturi jekla.
4. Na režo s širino d pada koherentna enobarvna svetloba z valovno dolžino λ . V katerem primeru je uklon pri prehodu svetlobe skozi režo izrazitejši:
A: $d \gg \lambda$
B: $d \approx \lambda$
C: $d \ll \lambda$

5. Oceni, kako majhne podrobnosti lahko še razločimo s prostim očesom, če opazujemo fotografijo ali predmet iz razdalje 25 cm. Pri oceni upoštevaj valovno dolžino svetlobe 500 nm (približno sredina vidnega spektra) in tipično širino zenice v očesu 2,5 mm. (Oceni na primer, koliko morata biti razmaknjeni dve svetli točki na temni podlagi, da ju še razločimo.)
- A:** 5 μm
 - B:** 0,01 mm
 - C:** 0,05 mm
 - D:** 0,1 mm
 - E:** 0,5 mm
 - F:** 1 mm
6. Lomni količnik n za neko snov pove:
- A:** kolikšna je gostota snovi;
 - B:** kolikšna je absorpcija svetlobe v snovi;
 - C:** koliko je snov prozorna;
 - D:** kolikšna je trdota snovi;
 - E:** kolikšno je razmerje med hitrostjo svetlobe v vakuumu in hitrostjo svetlobe v snovi.
7. Iz tabel razberemo, da je lomni količnik za polistiren $n = 1,49$. To pomeni:
- A:** Hitrost svetlobe v polistirenu je 1,49-krat večja kakor v vakuumu.
 - B:** Hitrost svetlobe v polistirenu je 1,49-krat manjša kakor v vakuumu.
 - C:** Hitrost svetlobe v polistirenu je enaka kakor v vakuumu, vendar polistiren ni popolnoma prozorna snov.
 - D:** Gostota polistirena je 1,49 g/cm³.
8. Pri prehodu svetlobe iz optično redkejše v optično gostejšo snov:
- A:** se zmanjša frekvenca svetlobe;
 - B:** se zmanjša valovna dolžina svetlobe;
 - C:** ostaneta frekvenca in valovna dolžina nespremenjeni, zmanjša se le hitrost svetlobe;
 - D:** ostanejo hitrost, frekvenca in valovna dolžina svetlobe nespremenjene.
9. Pri lomnem in odbojnem zakonu moramo upoštevati, da se merijo koti žarkov glede na:
- A:** mejo med snovema;
 - B:** normalo na mejo med snovema;
 - C:** tangento na mejo med snovema;
 - D:** smer polarizacije svetlobe.

10. Pri difuznem odboju svetlobe na hrapavi površini ne dobimo zrcalne slike predmeta, ki stoji ob taki površini. Zakaj ne?
- A:** Na hrapavi površini ne velja odbojni zakon.
 - B:** Na hrapavi površini velja enak odbojni zakon kakor na gladki površini, vendar se vpadni žarki razpršijo v vse smeri, ker se odbijajo na različno nagnjenih delih naključno razgibane površine.
 - C:** Na hrapavi površini velja enak odbojni zakon kakor na gladki površini, vendar sliko izbriše interferenca med žarki, ki se odbijejo na različno visokih delih hrapave površine.
 - D:** Na hrapavi površini velja enak odbojni zakon kakor na gladki površini, vendar sliko zabriše absorpcija žarkov pri odboju.
11. Svetloba se pri prehodu iz optično redkejšo v optično gostejšo snov (pri poševnem vpadu na mejo med snovema):
- A:** lomi k normalni na mejo med snovema;
 - B:** lomi stran od normale na mejo med snovema;
 - C:** potuje naprej v isti smeri, v kakršni je vpadla.
12. Visok kovinski sod v obliki valja ima na dnu varnostni ventil za spuščanje vode. Na steni v bližini sode je postavljena videokamera, s katero lahko med drugim nadziramo ventil (da ga ne prekrijejo smeti ...). Vidno polje kamere je tako, da je ventil ravno še viden prek roba sode, ko je ta poln vode. Ali bo ventil v vidnem polju kamere tudi, če je sod prazen?
- A:** Da, enako se bo videl kakor pri polnem sodu.
 - B:** Ne, ventila ne bo videti, če v sodu ni vode, ker se v tem primeru žarki na poti od ventila do kamere ne lomijo. Rob sode zakrije ventil.
 - C:** Da, ventil bo videti še bolje. Na sliki se bo ventil premaknil stran od roba posode, saj se v tem primeru žarki na poti od ventila do kamere ne lomijo.
13. V katerem primeru lahko nastane totalni odboj svetlobe na meji med snovema?
- A:** Na prehodu iz optično redkejšo v optično gostejšo snov.
 - B:** Na prehodu iz optično gostejše v optično redkejšo snov.
 - C:** Na prehodu med snovema z enakima lomnima količnikoma.
 - D:** V vsakem primeru.

14. Zakaj se pojavijo mavrične barve na milnem mehurčku ali na tanki plasti olja na vodni gladini? (Te barve se prelivajo med sabo, če jih pogledamo pod različnimi koti.)
- A:** Barve so posledica absorpcije svetlobe v plasti olja ali milnice (absorpcija je različna pri različnih valovnih dolžinah svetlobe).
 - B:** Barve so posledica interference svetlobe pri odboju na tanki plasti milnice ali olja. Razpored barv je odvisen od razlik v debelini plasti na raznih mestih.
 - C:** Barve so posledica disperzije svetlobe v olju ali milnici.
 - D:** Nehomogenosti v tanki plasti olja ali milnice delujejo kot uklonska mrežica. Barve so posledica prepletanja interferenčnih maksimumov in minimumov iz takih naključno razporejenih "uklonskih mrežic".
15. Kateri od spodaj navedenih fizikalnih pojavov je vzrok za to, da se včasih pojavi mavrica na nebu?
- A:** Difrakcija.
 - B:** Disperzija.
 - C:** Interferenca.
 - D:** Polarizacija.
 - E:** Lomni količnik vode ni enak za vse valovne dolžine vidne svetlobe.
16. Na površino steklene leče ($n_{st} = 1,66$) podvodnega fotoaparata je nanescena antirefleksna prevleka, to je tanka plast prozorne snovi z lomnim količnikom $n = 1,2$. Njena debelina je izbrana tako, da se pojavi destruktivna interferenca pri odboju svetlobe z valovno dolžino $\lambda = 500$ nm, ko je kamera pod vodo. Ali ta antirefleksna plast še vedno deluje, če fotoaparat uporabljamo na suhem (ko je leča v stiku z zrakom ($n_{zr} = 1$) namesto z vodo ($n_{vode} = 1,33$)?
- A:** Deluje enako, ni pomembno, kolikšen je lomni količnik snovi pred lečo.
 - B:** Deluje enako, ker ni velike razlike med lomnim količnikom vode in zraka.
 - C:** Antirefleksni učinek na suhem je nekoliko manj izrazit.
 - D:** Na suhem deluje ta tanka plast ravno obratno – povečuje odbojnost, namesto da bi jo zmanjšala ali odpravila.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Valovne lastnosti svetlobe

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

GEOMETRIJSKA OPTIKA

Vprašanja

1. Kako opišemo širjenje svetlobe (EM-valovanja) z žarki? Kakšna je zveza med žarki in valovnimi frontami EM-valovanja? V katerih primerih opis širjenja svetlobe z žarki odpove?
2. Konstruiraj sliko točkastega svetila pri ravnem zrcalu. Kje nastane slika? Ali je slika realna ali navidezna? Pojasni razliko med realno in navidezno sliko.
3. Konstruiraj sliko predmeta, ki jo ustvari ravno zrcalo, če je predmet z višino p na razdalji a od zrcala. Na kateri razdalji od zrcala nastane slika? Ali je slika realna ali navidezna? Kako je obrnjena in kako je velika? Kako je definirana povečava?
4. Pojasni razliko med konkavnim in konveksnim sferičnim zrcalom.
5. Kje se sekajo žarki, ki padajo na konkavno sferično zrcalo vzporedno z optično osjo zrcala? Kakšna je zveza med krivinskim radijem in goriščno razdaljo zrcala?
6. Nariši, kako se odbijajo žarki na sferičnem konveksnem zrcalu, če padajo nanj vzporedno z optično osjo zrcala. Kje je gorišče tega zrcala in kako je goriščna razdalja povezana s krivinskim radijem zrcala?
7. Kako grafično konstruiramo sliko predmeta pri sferičnih zrcalih? Opiši štiri značilne žarke, s katerimi si pri taki konstrukciji običajno pomagamo.
8. Zapiši enačbo sferičnega zrcala. Kako so definirani predznaki za goriščno razdaljo f ter za razdaljo predmeta (a) in slike (b) od zrcala?
9. Od česa je odvisna povečava pri sferičnem zrcalu? Kako jo določimo, če poznamo razdaljo predmeta in njegove slike od zrcala?
10. Kje nastane, kako je obrnjena in kako velika je slika predmeta velikosti p , ki stoji pred konkavnim zrcalom na razdalji:
 - večji od goriščne razdalje,
 - enaki goriščni razdalji,
 - manjši od goriščne razdalje?

V katerem primeru dobimo realno in v katerem navidezno sliko predmeta?

11. Kje nastane, kako je obrnjena in kako velika je slika predmeta velikosti p , ki stoji pred konveksnim zrcalom na razdalji a ? Ali lahko dobimo realno sliko predmeta s konveksnim zrcalom?
12. Obravnavaj primer loma svetlobe na meji med prozornima snovema z različnima lomnima količnikoma (npr. zrak – steklo), ko je površina, ki ločuje ti dve snovi, sferično ukrivljena. Kako se na taki meji lomijo žarki, ki izhajajo iz točkastega svetila? Kje nastane slika točkastega svetila po prehodu žarkov čez sferično ukrivljeno površino?

13. Pojasni, kaj se dogaja z žarki iz točkastega svetila, ki padejo na tanko lečo s sferično ukrivljenima površinama, če je krivinski radij vstopne površine R_1 , izstopne pa R_2 . Upoštevaj, da je lomni količnik leče n_2 različen od lomnega količnika okolice n_1 . Kako so definirani predznaki za krivinske radije?
14. Zapiši enačbo tanke sferične leče. Od česa je odvisna goriščna razdalja take leče? Kdaj je približek tanke leče dovolj dober za opis realnih leč, ki imajo neko končno debelino d ? Kako so definirani predznaki za goriščno razdaljo f ter za razdaljo predmeta (a) in slike (b) od zrcala?
15. Kako grafično konstruiramo sliko predmeta pri tankih lečah? Opiši tri značilne žarke, s katerimi si pri taki konstrukciji običajno pomagamo.
16. Kje nastane, kako je obrnjena in kako velika je slika predmeta velikosti p , ki stoji pred zbiralno lečo na razdalji:
 - večji od goriščne razdalje,
 - enaki goriščni razdalji,
 - manjši od goriščne razdalje?

V katerem primeru dobimo realno in v katerem navidezno sliko predmeta?

17. Kje nastane, kako je obrnjena in kako velika je slika predmeta velikosti p , ki stoji pred razpršilno lečo na razdalji a ? Ali lahko dobimo realno sliko predmeta z razpršilno lečo?
18. Konstruiraj enostaven daljnogled z dvema zbiralnima lečama. Zakaj moramo leči razmakniti ravno za razdaljo, ki je enaka vsoti goriščnih razdalj obeh leč ($f_1 + f_2$)? Od česa je odvisna povečava takega daljnogleda? Kakšno sliko dobimo, če je razdalja med lečama večja od vsote obeh goriščnih razdalj, in kakšno, če je manjša?
19. Opiši sferično in barvno aberacijo pri lečah. Kako lahko zmanjšamo ali odpravimo take napake pri lečah?
20. Kakšna napaka očesa je kratkovidnost in kakšna daljnovidnost? Kje nastane slika oddaljenega predmeta pri sproščeni očesni leči:
 - a) če je oko normalno (brez napak),
 - b) če je oko kratkovidno,
 - c) če je oko daljnovidno?
21. S kakšno lečo v očalih popravimo kratkovidnost in s kakšno daljnovidnost?
22. Kako je definirana dioptrija pri leči?

Preverjanje znanja

1. Kaj je navidezna slika?
 - A:** Slika, ki jo lahko opazujemo na zaslonu, ki ga postavimo na mesto slike.
 - B:** Slika, ki nastane tam, kjer se sekajo žarki, izhajajoči iz realnega predmeta.
 - C:** Slika, v kateri se sekajo podaljški žarkov, ki izvirajo iz realnega predmeta ali druge slike.
 - D:** Slika, ki je ne moremo neposredno opazovati s prostim očesom.
2. Slika predmeta, ki stoji pred ravnim zrcalom, je:
 - A:** realna, enako velika in enako oddaljena od zrcala kakor predmet;
 - B:** navidezna, enako velika in enako oddaljena od zrcala kakor predmet;
 - C:** realna, njena velikost in lega sta odvisni od tega, od kod jo opazujemo;
 - D:** navidezna, njena velikost in lega sta odvisni od tega, od kod jo opazujemo.
3. Če na sferično konveksno zrcalo pada snop žarkov vzporedno z optično osjo zrcala, se ti žarki po odboju na zrcalu:
 - A:** sekajo v gorišču;
 - B:** sekajo v središču krogelne površine;
 - C:** razpršijo tako, da se njihovi podaljški sekajo v navideznem gorišču za zrcalom;
 - D:** razpršijo tako, da se njihovi podaljški sekajo v središču krogelne površine za zrcalom.
4. Žarek, ki pade na sferično konkavno zrcalo skozi gorišče, se odbije:
 - A:** nazaj skozi gorišče;
 - B:** vzporedno z optično osjo zrcala;
 - C:** skozi središče krogelne površine;
 - D:** stran od optične osi zrcala, pod takim kotom, da gre podaljšek odbitega žarka ravno skozi navidezno gorišče za zrcalom.
5. Slika predmeta, ki ga postavimo na poljubno razdaljo pred konveksno sferično zrcalo, je lahko:
 - A:** pokončna;
 - B:** obrnjena;
 - C:** realna;
 - D:** navidezna;
 - E:** povečana;
 - F:** pomanjšana.

6. V katerih primerih nastane pri konkavnem zrcalu realna slika predmeta?
- A:** Če predmet postavimo med gorišče in zrcalo.
 - B:** Vedno, ne glede na oddaljenost predmeta od zrcala.
 - C:** Samo če je predmet oddaljen od zrcala za več, kakor je goriščna razdalja zrcala.
 - D:** Samo če je predmet oddaljen od zrcala za več, kakor je krivinski radij zrcala.
 - E:** Nikoli.
7. Pred konkavno zrcalo s krivinskim radijem 1 m postavimo predmet. Razdalja od predmeta do temena zrcala je 0,5 m. Kje nastane slika tega predmeta?
- A:** 0,5 m pred zrcalom.
 - B:** 0,5 m za zrcalom.
 - C:** 1 m pred zrcalom.
 - D:** 1 m za zrcalom.
 - E:** V gorišču zrcala.
 - F:** V neskončnosti.
8. Optične lastnosti leč so posledica:
- A:** odbojnega zakona;
 - B:** lomnega zakona;
 - C:** uklona svetlobe;
 - D:** interference.
9. Skozi ozko odprtino med zavesami posije sonce na veliko stekleno kroglo. Ker je sonce zelo oddaljeno, so sončni žarki vzporedni. Kako so usmerjeni sončni žarki znotraj steklene krogle?
- A:** Žarki so razpršeni (divergirajo).
 - B:** Žarki ostanejo vzporedni.
 - C:** Vsi žarki konvergirajo proti eni točki.
 - D:** Del žarkov se lomi proti središču krogle, del pa stran od središča, odvisno od tega, kje vstopijo v kroglo.
10. Žarek, ki pade na zbiralno lečo skozi njeno gorišče na vpadni strani:
- A:** se lomi tako, da gre skozi gorišče na drugi strani leče;
 - B:** se lomi tako, da na drugi strani leče potuje vzporedno z optično osjo leče;
 - C:** potuje skozi lečo in naprej v prvotni smeri;
 - D:** se totalno odbije od površine leče po odbojnem zakonu.

11. Projektor za diapozitive ima vgrajeno zbiralno lečo, prek katere prenese fotografijo z diapozitiva na oddaljeno platno. Kaj se zgodi, če med projiciranjem diapozitiva zdrsne zaščitni pokrovček za lečo in prekrije zgornjo polovico leče?
- A:** Spodnja polovica slike na platnu izgine.
 - B:** Zgornja polovica slike na platnu izgine.
 - C:** Celotna slika ostane, vendar je pol manj svetla.
 - D:** Celotna slika izgine.
 - E:** Nič se ne zgodi, slika na platnu je taka kakor prej.
12. Zbiralna leča, narejena iz kvarčnega stekla z lomnim količnikom $n = 1,46$, ima v zraku goriščno razdaljo 40 cm. Kolikšna je goriščna razdalja te leče, če jo potopimo v glicerin, ki ima enak lomni količnik, kakršnega ima steklo?
- A:** Enaka kakor v zraku.
 - B:** Nič.
 - C:** Neskončno velika.
 - D:** 58 cm
 - E:** 27 cm
13. Zbiralno lečo z dano goriščno razdaljo bi radi uporabili kot povečevalno lupo. Na kolikšno razdaljo od predmeta moramo postaviti to zbiralno lečo, da bo delovala kot lupa?
- A:** Na poljubno razdaljo.
 - B:** Čim bliže predmetu.
 - C:** Predmet mora biti natančno v gorišču leče.
 - D:** Predmet sme biti od leče oddaljen največ za goriščno razdaljo ali nekoliko manj.
 - E:** Predmet mora biti od leče oddaljen za več kakor goriščno razdaljo.
14. Kolikšna je goriščna razdalja f objektivna fotoaparata, ki je sestavljen iz dveh tankih leč z goriščnima razdaljama f_1 in f_2 , ki sta postavljeni tik ena za drugo, tako da se med sabo dotikata?
- A:** $f = f_1 + f_2$
 - B:** $f = f_1 f_2$
 - C:** $f = \frac{f_1}{f_2}$
 - D:** $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$

15. Enostaven daljnogled je mogoče sestaviti iz dveh zbiralnih leč: prva je objektiv z goriščno razdaljo f_1 , druga pa okular z goriščno razdaljo f_2 . Kolikšen mora biti razmik med tema lečama, da skozi okular vidimo ostro povečano sliko oddaljenega predmeta, ne da bi napenjali očesno lečo? (Skozi okular gledamo z enako sproščenim očesom kakor pri opazovanju oddaljenih predmetov brez daljnogleda.)
- A:** Razmik med lečama je poljuben. Pri vsakem razmiku je slika ostra.
 - B:** Razmik mora biti enak goriščni razdalji objektiva f_1 .
 - C:** Razmik mora biti enak goriščni razdalji okularja f_2 .
 - D:** Razmik mora biti enak vsoti goriščnih razdalj objektiva in okularja f_1+f_2 .
 - E:** Razmik mora biti večji od vsote goriščnih razdalj objektiva in okularja f_1+f_2 .
16. Barvna aberacija pri lečah je:
- A:** posledica slabo brušene površine leče;
 - B:** posledica disperzije;
 - C:** značilna samo za leče s sferično oblikovano površino;
 - D:** značilna samo za cilindrične leče;
 - E:** značilna samo za zbiralne leče.
17. Zakaj pod vodo ne vidimo ostro brez podvodnih očal ali maske?
- A:** Pod vodo se očesna leča zamegli zaradi draženja vode.
 - B:** Pod vodo se očesna leča deformira.
 - C:** Pod vodo se spremeni goriščna razdalja očesne leče, ker je leča v stiku z vodo namesto z zrakom.
 - D:** Pod vode se refleksno stisnejo mišice, ki skrbijo za prilagajanje leče.
18. Potapljač, ki v vsakdanjem življenju nosi očala (na primer zaradi kratkovidnosti), bi rad videl ostro, tudi ko se potaplja. Ker pa je nošenje očal ali očesnih leč pod potapljaško masko lahko precej nepraktično, si naroči potapljaško masko, pri kateri je steklo oblikovano v obliki leče z njegovo dioptrijo. Katera površina stekla na maski naj bo ukrivljena, da bo potapljač z masko videl ostro pod vodo in zunaj nje?
- A:** Vseeno, katera stran stekla je oblikovana v lečo, dioptrija bo ostala vedno enaka pod ali nad vodo.
 - B:** Zunanja in notranja stran kakor pri lečah v očalih.
 - C:** Samo zunanja stran, ki je v stiku z vodo.
 - D:** Samo notranja stran, ki je vedno v stiku z zrakom.

19. Kolikšna je goriščna razdalja leče pri očalih z dioptrijo +2,5?

- A: 25 cm
- B: 40 cm
- C: 2,5 m
- D: 4,0 m
- E: -25 cm
- F: -40 cm

REŠITVE

Preverjanje znanja: Geometrijska optika

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

OSNOVE KVANTNE MEHANIKE

Vprašanja

1. Kaj je foton? Kolikšna je energija fotona pri svetlobi s frekvenco ν ? Od česa je odvisna gibalna količina fotona?
2. Kaj pomeni, da kaže svetloba dvojno naravo? Ali je svetloba valovanje ali curek delcev? Navedi nekaj pojavov pri svetlobi, ki jih lahko pojasnimo samo z valovno sliko svetlobe. Katere pojave pri svetlobi lahko pojasnimo samo z delčno naravo svetlobe?
3. Kateri pojav imenujemo fotoefekt? Opiši eksperiment, pri katerem merimo odvisnost maksimalne kinetične energije W_{max} izbitih elektronov iz kovinske plošče od frekvence svetlobe ν , s katero ploščo osvetlimo. Kakšna je zveza med maksimalno kinetično energijo izbitih elektronov in frekvenco vpadne svetlobe? Nariši graf $W_{max}(\nu)$ in pojasni, zakaj pod mejno frekvenco ν_0 ne opazimo fotoefekta (iz osvetljene kovinske plošče ne prileti noben elektron).
4. Kateri pojavi kažejo, da se svetloba ob fotoefektu ne obnaša kot valovanje?
5. Opiši Comptonov pojav. Kako nam ta pojav pokaže, da imajo fotoni gibalno količino? Kakšen bi bil izid eksperimenta, če bi se svetloba obnašala kot klasično EM-valovanje?
6. Kaj pomeni, da imajo masni delci dvojno naravo (delec – valovanje)? Kako določimo de Broglievo valovno dolžino delcu z maso m , ki se giblje s hitrostjo v ? Kolikšna je frekvenca valovanja, ki ga pripišemo masnim delcem?
7. Opiši Davisson-Germerjev eksperiment, ki je pokazal, da imajo elektroni valovne lastnosti.
8. Opiši interferenčni poskus s curkom elektronov na dveh tankih režah. Skiciraj interferenčno sliko oziroma porazdelitev elektronov na oddaljenem zaslonu. Ali interferenčno sliko na zaslonu za režama dobimo tudi, ko je jakost elektronskega curka tako majhna, da na reži prileti naenkrat le po en elektron?
9. Kako lahko z interferenčnim poskusom na dveh režah določimo valovno dolžino elektronov?
10. Kakšna bi bila porazdelitev elektronov na zaslonu, če bi pri eksperimentu s curkom elektronov na dveh tankih režah polovico časa pokrili eno, polovico časa pa drugo režo, tako da bi vedeli, skozi katero od njiju so elektroni prehajali na zaslon?
11. Pojasni načelo komplementarnosti pri opisu masnih delcev ali svetlobe.
12. Ali lahko hkrati natančno določimo lego elektrona in njegovo valovno dolžino oziroma gibalno količino? Kaj pove Heisenbergovo načelo nedoločenosti?
13. Pojasni analogijo, ki pravi, da so snovni valovi za masne delce to, kar je elektromagnetno valovanje za fotone. Skiciraj amplitudo električnega polja E pri osnovnem in prvem vzbujenem stoječem EM-valu med vzporednima zrcaloma, ki sta razmaknjena za razdaljo L . Skiciraj še gostoto energije v EM-valu ($w = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2$) za ti dve stoječi valovanji. Kakšna je verjetnost, da najdemo foton na nekem ozkem intervalu dx med zrcaloma?

14. Kako opišemo elektron z valovno funkcijo? Po analogiji s stoječim EM-valom skiciraj osnovno in prvo vzbujeno valovno funkcijo $\Psi(x)$ ter kvadrat valovne funkcije $\Psi^2(x)$ za elektron, ki se giblje v enodimenzionalni potencialni jami širine L . Upoštevaj, da ima potencialna jama neskončno visoke stene.
15. Kako z valovno funkcijo določimo verjetnost, da je elektron, ki se giblje v potencialni jami vzdolž osi x , na nekem ozkem intervalu dx ? Kako je valovna funkcija normirana? Kako določimo povprečno lego elektrona v potencialni jami?
16. Kakšen je energijski spekter elektrona v enodimenzionalni potencialni jami z neskončno visokimi stenami? Zapiši gibalno količino in kinetično energijo elektrona v osnovnem in v višjih vzbujenih stanjih.
17. Ali lahko elektron miruje v končno široki potencialni jami? Pokaži, da bi bilo v tem primeru kršeno Heisenbergovo načelo nedoločenosti.
18. Pokaži, da je pri osnovnem stanju elektrona v potencialni jami izpolnjeno Heisenbergovo načelo nedoločenosti.
19. Zapiši časovno neodvisno Schrödingerjevo valovno enačbo, ki opiše gibanje elektrona v eni dimenziji.
20. Skiciraj osnovno in prvo vzbujeno valovno funkcijo $\Psi(x)$ za elektron v enodimenzionalni potencialni jami s končno visokimi stenami. Pojasni, kakšna je verjetnost, da je elektron zunaj potencialne jame.
21. Opiši tunnelski efekt na primeru elektrona, ki se giblje v enodimenzionalni potencialni jami, ko je potencialna bariera na robu jame ozka.

Preverjanje znanja

1. Katere od spodaj navedenih pojavov je mogoče popolnoma pojasniti samo z valovnimi lastnostmi svetlobe?
 - A: Mavrica.
 - B: Črtasti absorpcijski spekter enoatomnih plinov.
 - C: Fotoefekt.
 - D: Sipanje rentgenskih žarkov na prostih elektronih.
 - E: Interferenca laserske svetlobe na uklonski mrežici.
 - F: Spekter sevanja črnega telesa.
 - G: Lom in odboj svetlobe na prehodu med snovema.
 - H: Hitrost svetlobe v vakuumu.
2. Energija fotona pri elektromagnetnem (EM) valovanju je sorazmerna:
 - A: amplitudi EM-valovanja;
 - B: frekvenci EM-valovanja;
 - C: valovni dolžini EM-valovanja;
 - D: hitrosti EM-valovanja;
 - E: energija fotona je neodvisna od valovnih lastnosti EM-valovanja.
3. Na kovinsko ploščo posvetimo z enobarvno svetlobo. Od česa je odvisna maksimalna kinetična energija fotoelektronov, ki jih svetloba izbije iz plošče?
 - A: Od amplitude električnega polja v vpadnem EM-valu.
 - B: Od frekvence svetlobe.
 - C: Od gostote svetlobnega toka.
 - D: Od časa obsevanja.
 - E: Od izstopnega dela kovine, iz katere je plošča.
4. Kolikšna je energija fotona vidne svetlobe (rdeče) z valovno dolžino 620 nm? (Produkt Planckove konstante ($h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js) in hitrosti svetlobe ($c = 2,9979 \times 10^8$ m/s) lahko zapišemo v bolj praktičnih enotah: $hc = 1240$ eVnm.)
 - A: 2 μ J
 - B: 2 eV
 - C: 620 eV
 - D: 770 keV
 - E: 2 J

5. Curek rdeče svetlobe z valovno dolžino 600 nm in curek modre svetlobe z valovno dolžino 450 nm padata na zaslon. Gostota energijskega toka je pri obeh curkih enaka. Pri katerem curku pade na zaslon več fotonov v enakem času?
- A:** Število fotonov na časovno enoto je enako pri obeh curkih.
- B:** Več fotonov na časovno enoto pade na zaslon pri modri svetlobi.
- C:** Več fotonov na časovno enoto pade na zaslon pri rdeči svetlobi.
6. Če posvetimo z laserskim žarkom na uklonsko mrežico, dobimo na zaslonu za mrežico značilno uklonsko sliko (uklonske maksimume). Kaj pa, če jakost laserskega žarka tako zmanjšamo, da na zaslon skozi mrežico prileti naenkrat le po en foton, če torej čez uklonsko mrežico spuščamo posamične fotone? Ali se bo po dovolj dolgem času, ko bomo na zaslonu detektirali dovolj fotonov, tudi pojavila enaka uklonska slika?
- A:** Uklonske slike ne dobimo, ker foton ne more interferirati sam s sabo na poti skozi uklonsko mrežico.
- B:** Uklonska slika bo na koncu enaka kakor pri poskusu z močnim curkom.
- C:** Slika na zaslonu ne bo pokazala značilnih interferenčnih maksimumov, ampak bo enaka vsoti uklonskih slik, ki jih dobimo pri prehodu svetlobe skozi posamično režo.
- D:** Na zaslonu dobimo senco uklonske mrežice.
7. Pri katerem od spodaj navedenih elektromagnetnih valovanj imajo fotoni največjo gibalno količino?
- A:** Pri vidni svetlobi.
- B:** Pri radijskih valovih.
- C:** Pri rentgenskih žarkih.
- D:** Pri UV-svetlobi.
8. Pri Comptonovem sipanju elektromagnetnega valovanja na prostih elektronih je valovna dolžina sipane svetlobe:
- A:** enaka valovni dolžini vpadne svetlobe;
- B:** manjša od valovne dolžine vpadne svetlobe;
- C:** večja od valovne dolžine vpadne svetlobe;
- D:** odvisna od sipalnega kota sipane svetlobe glede na smer vpadne svetlobe.

9. Sipanje elektromagnetnega valovanja na prostih elektronih (Comptonovo sipanje) lahko pojasnimo samo, če:
- A:** pojav opišemo kot elastični trk dveh delcev (fotona in elektrona), pri čemer moramo upoštevati ohranitev celotne gibalne količine in kinetične energije obeh delcev;
 - B:** upoštevamo, da električno polje vpadnega elektromagnetnega valovanja, ki niha s frekvenco ν_0 , vzbudi nihanje elektrona, ta pa nato izseva elektromagnetno valovanje kot dipolna antena;
 - C:** upoštevamo, da se elektromagnetno valovanje ukloni na elektronu.
10. Kateri pojav oziroma eksperiment dokazuje valovno naravo elektrona?
- A:** Fotoefekt.
 - B:** Comptonov efekt.
 - C:** Sipanje curka elektronov na kristalih.
 - D:** Detekcija elektronov z elektronskim detektorjem.
11. Kaj se zgodi, če usmerimo ozek curek elektronov, ki imajo vsi enako kinetično energijo 50 eV, skozi tanek kovinski listič proti fluorescenčnemu zaslonu? Kovinski listič ima kristalno strukturo.
- A:** Elektroni se bodo na kristalni površini odbijali kot elastične žogice na gladki podlagi. Na zaslonu dobimo ves sipani curek na enem mestu (eno svetlo piko).
 - B:** Elektroni se bodo sipali na kristalnih ravninah in interferirali med sabo kot enobarvna svetloba na uklonski mrežici. Na zaslonu dobimo uklonske maksimume (več razmaknjenih svetlih prog – koncentričnih obročev.).
 - C:** Elektroni se bodo naključno sipali v vse smeri zaradi naključnih trkov s posameznimi atomi. Cel zaslon bo enakomerno osvetljen.
12. S katero količino je neposredno povezana valovna dolžina elektrona?
- A:** Z maso elektrona.
 - B:** Z gibalno količino elektrona.
 - C:** Z električnim nabojem elektrona.
 - D:** S spinom elektrona.
 - E:** Z električno potencialno energijo elektrona.
13. De Broglieva valovna dolžina za elektron, ki se giblje s hitrostjo 1×10^5 m/s, je 7,3 nm. Kolikšna je valovna dolžina elektrona, ki se giblje dvakrat hitreje?
- A:** Enaka (7,3 nm). (Valovna dolžina elektrona ni odvisna od njegove hitrosti.)
 - B:** Dvakrat večja (14,6 nm).
 - C:** Dvakrat manjša (3,65 nm).
 - D:** Štirikrat večja (29,2 nm).
 - E:** Štirikrat manjša (1,8 nm).

14. Oceni, kako natančno lahko določimo gibalno količino elektrona, ki je ujet v enodimenzionalni potencialni jami širine 0,1 nm. (Planckova konstanta: $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js)
- A:** Gibalno količino elektrona lahko ocenimo poljubno natančno.
- B:** Nenatančnost je večja od $6,6 \times 10^{-24}$ kgm/s.
- C:** Nenatančnost je večja od $0,5 \times 10^{-24}$ kgm/s.
- D:** Nenatančnost je manjša od $3,3 \times 10^{-24}$ kgm/s.
- E:** Gibalne količine elektrona sploh ne moremo določiti.
15. Elektron je ujet v potencialni jami s širino 10 nm. Ali lahko v taki potencialni jami miruje?
- A:** Vedno lahko miruje.
- B:** Lahko miruje samo pri dovolj nizki temperaturi okolice.
- C:** Lahko bi miroval samo pri absolutni ničli.
- D:** V nobenem primeru ne more mirovati. (To nam pove Heisenbergovo načelo nedoločenosti.)
16. Katera od spodnjih trditev je pravilna pri opisu elektrona, ki se, klasično gledano, elastično odbija med stenama, razmaknjenima za razdaljo L ?
- A:** Kinetična energija elektrona v osnovnem stanju je nič.
- B:** Elektron ima lahko poljubno kinetično energijo.
- C:** Gibalna količina elektrona je kvantizirana.
- D:** Gibalna količina elektrona je obratno sorazmerna z razdaljo med stenama L .
17. Valovno funkcijo elektrona označimo z ψ . Kaj predstavlja $|\psi|^2$?
- A:** Energijo.
- B:** Gostoto energije.
- C:** Verjetnost.
- D:** Verjetnostno gostoto.
18. Valovna funkcija elektrona, ki se giblje v enodimenzionalni potencialni jami s širino L , je normirana na način $\int_0^L |\psi(x)|^2 dx = 1$. Kaj to pomeni?
- A:** Amplituda valovne funkcije je ena.
- B:** Valovna dolžina elektrona je ena.
- C:** Elektron je zagotovo znotraj potencialne jame.
- D:** Verjetnost, da najdemo elektron nekje znotraj potencialne jame, je ena.
- E:** Verjetnost, da najdemo elektron v ozkem intervalu širine dx , je ena.

19. Elektron je ujet v enodimenzionalni potencialni jami z neskončno visokimi stenami, razmaknjenimi za razdaljo L . Katere od spodnjih trditev so pravilne?

A: Valovna funkcija elektrona v osnovnem stanju je izražena s:

$$\psi(x) = A \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right).$$

B: Energija elektrona v tretjem vzbujenem stanju je trikrat večja kakor v osnovnem.

C: Ko je elektron v prvem vzbujenem stanju, je verjetnost, da ga najdemo na ozkem intervalu okoli sredine potencialne jame, enaka nič. (Verjetnostna gostota ima vozle v sredini potencialne jame.)

20. Kateri od spodaj navedenih makroskopskih dogodkov bi lahko po analogiji ustrezal tunelskemu efektu, ki ga poznamo pri osnovnih delcih?

A: Potovanje avtomobila z ene strani hriba na drugo skozi tunel v hribu.

B: Prehod topovske granate skozi list papirja.

C: Naskakovanje svetovnega rekorda pri skokih v višino s palico. Po dovolj velikem številu poskusov tekmovalcu vendarle uspe preskočiti rekordno višino.

D: Kroglica v skledi v obliki polkrogle se kotali z ene strani sklede na drugo (niha), tako da ne doseže zgornjega roba sklede, ampak se pri vsakem nihaju zaustavi nekaj centimetrov pod robom in se zakotali nazaj proti dnu. Ko nekaj časa tako potuje sem in tja po skledi, se nenadoma znajde na mizi zunaj sklede (brez naše pomoči).

21. Ko elektron tunelira skozi potencialno oviro, je znotraj ovire:

A: kinetična energija elektrona negativna;

B: hitrost elektrona negativna;

C: gibalna količina elektrona negativna;

D: masa elektrona negativna;

E: naboj elektrona pozitiven;

F: vrtilna količina elektrona negativna.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Osnove kvantne mehanike

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

ATOMSKA FIZIKA

Vprašanja

1. Kakšen je spekter svetlobe, ki jo seva razredčen enoatomni plin, ko ga vzbujamo z električnim tokom v plinski svetilki? Opiši razliko med črtastim in zveznim spektrom svetlobe.
2. Kakšen je absorpcijski spekter razredčenega enoatomnega plina? Primerjaj ga z emisijskim spektrom istega plina.
3. Zapiši izraz, ki kvantitativno pojasni zaporedje valovnih dolžin v črtastem spektru vodikovega atoma. V katerem spektralnem območju najdemo Lymanovo, Balmerjevo in Paschenovo serijo spektralnih črt pri vodikovem atomu?
4. Pojasni proces emisije in absorpcije svetlobe v atomu. Zakaj atomi izsevajo ali absorbirajo samo nekatere diskretne valovne dolžine?
5. Ali lahko črtaste atomske spektre pojasnimo v okviru klasične fizike? Zakaj ni ustrezen opis atoma, ki predvideva, da elektroni krožijo okoli jedra tako kakor planeti okoli Sonca? Kaj bi se po napovedih Maxwellove teorije elektromagnetizma zgodilo z elektroni v atomu, če bi bili to klasični nabiti delci?
6. S katerimi kvantnimi števili so enolično določena stanja elektrona v vodikovem atomu? Kakšne so zveze med njimi in kakšne so njihove dovoljene vrednosti?
7. Kakšen je energijski spekter vodikovega atoma? Od katerega kvantnega števila so odvisna dovoljena energijska stanja elektrona v vodikovem atomu? Pokaži, da kvantnomehanske napovedi dovoljenih energijskih stanj elektrona popolnoma pojasnijo razpored črt v emisijskem in absorpcijskem spektru vodikovega atoma.
8. Kakšne so rešitve Schrödingerjeve enačbe za vodikov atom? Skiciraj radialno verjetnostno gostoto za elektron v vodikovem atomu v osnovnem in prvem vzbujenem stanju ($1s$ in $2s$). Skiciraj kotne porazdelitev verjetnostne gostote za elektron v vodikovem atomu v stanjih $1s$ in $2p$.
9. Kako opišemo elektronska stanja v atomih z več elektroni v lupinskem modelu? Pojasni Paulijevo izključitveno načelo. Kako se elektroni razporedijo v enoelektronske orbitale? Pojasni Hundovo pravilo. Zapiši elektronsko konfiguracijo za litijev atom s tremi elektroni in za kisikov atom z osmimi elektroni v osnovnem stanju.
10. Zakaj so atomi žlahtnih plinov najbolj stabilni? Kaj je značilno za njihovo elektronsko konfiguracijo?
11. Kako je zgrajen periodni sistem elementov? Zakaj imajo atomi v istem stolpcu podobne kemijske lastnosti? Primerjaj denimo elektronske konfiguracije alkalnih kovin.
12. Med katerimi elektronskimi stanji v atomu so dovoljeni dipolni prehodi? Pojasni izbirna pravila pri absorpciji oziroma emisiji svetlobe v atomu z več elektroni.
13. Opiši razliko med spontano in stimulirano emisijo svetlobe v atomu.
14. Kako lahko dosežemo, da stimulirana emisija prevlada nad absorpcijo pri potovanju svetlobe po snovi? Kakšen je pogoj, da v snovi dosežemo invertirano zasedbo stanj?

15. Opiši delovanje laserja. Kateri so glavni sestavni deli laserja?
16. Kaj je značilno za lasersko svetlobo? Po čem se razlikuje od svetlobe iz klasičnih virov (npr. žarnice)?
17. Shematsko opiši delovanje helij-neonovega laserja. Kakšna je vloga helijevih atomov pri tem laserju? Kako dosežemo invertirano zasedbo v atomih neona?

Preverjanje znanja

- Katere od spodaj navedenih stvari ne moremo pojasniti z modelom atoma, ki predvideva, da so elektroni klasični nabiti delci, ki krožijo okoli jedra kot planeti okoli Sonca?
 - Stabilnosti atoma.
 - Črtastih emisijskih in absorpcijskih spektrov enoatomnih plinov.
 - Elektrostatične potencialne energije elektronov v atomu.
 - Elektrostatične sile med jedrom in elektronom.
 - Odbojne sile med elektroni v atomu.
 - Ionizacijskih energij posameznih atomov.
- Kakšno simetrijo ima verjetnostna gostota za elektron, ki je v vodikovem atomu v stanju $3s$?
 - Krogelno simetrijo.
 - Samo zrcalno simetrijo glede na ravnino xy .
 - Samo zrcalno simetrijo glede na ravnino zx .
 - Samo zrcalno simetrijo glede na os x .
 - Samo zrcalno simetrijo glede na os z .
 - Samo simetrijo glede na zasuk okoli osi z za 120° .
- Katero kvantno število določa vezavno energijo elektrona v vodikovem atomu?
 - Glavno kvantno število n .
 - Tirno kvantno število l .
 - Tirno magnetno kvantno število m_l .
 - Spinsko magnetno kvantno število m_s .
- Kolikšna je energijska razlika med nivojema $3p$ in $2s$ v vodikovem atomu, če je energija osnovnega stanja vodikovega atoma enaka $-13,6$ eV?
 - 13,6 eV
 - $13,6\left(1 - \frac{1}{2}\right)\text{eV} = \underline{\underline{6,8\text{ eV}}}$
 - $13,6\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right)\text{eV} = \underline{\underline{2,27\text{ eV}}}$
 - $13,6\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)\text{eV} = \underline{\underline{1,9\text{ eV}}}$
 - $13,6(9 - 4)\text{eV} = \underline{\underline{68\text{ eV}}}$

5. Katere so možne vrednosti kvantnega števila tirne vrtilne količine l elektrona v atomu (Γ), če je elektron v stanju z glavnim kvantnim številom $n = 4$?
- A:** $l = 0$
B: $l = 0, 1, 2, 3$
C: $l = 1, 2, 3, 4$
D: $l = 1, 2, 3$
E: $l = 1, 2, 3, 4$
F: $l = 4$
6. Katera od spodaj navedenih enoelektronskih stanj v atomu ne obstajajo?
- A:** $2s$
B: $3p$
C: $2d$
D: $3f$
E: $1p$
F: $4d$
7. katerih fizikalnih količin ne moremo hkrati poznati s poljubno natančnostjo? (Upoštevaj Heisenbergovo načelo nedoločenosti.)
- A:** Velikosti tirne vrtilne količine Γ in komponente z tirne vrtilne količine Γ_z .
B: Komponent x in z tirne vrtilne količine Γ_x in Γ_z .
C: Velikosti tirne vrtilne količine Γ in velikosti spina S .
D: Komponente z tirne vrtilne količine Γ_z in komponente z spina S_z .
E: Komponent x in y spina S_x in S_y .
F: Velikosti tirne vrtilne količine Γ in komponente x tirne vrtilne količine Γ_x .
8. Koliko elektronov v atomu lahko hkrati zaseda podlupino $3d$?
- A:** 3
B: 5
C: 6
D: 10
E: 12
F: 18

9. V posodi je zaprt razredčen in hladen plin atomarnega vodika. Vodikovi atomi so v osnovnem stanju ($E_0 = -13,6$ eV). Na ta plin svetimo z enobarvno svetlobo, katere fotoni imajo energijo 5 eV. Kaj se dogaja s svetlobo v plinu?
- A:** Svetloba se absorbira v plinu, pri čemer ionizira atome vodika.
 - B:** Svetloba se absorbira v plinu, pri čemer vzbuja atome vodika v višja vzbujena stanja.
 - C:** Svetloba se v plinu ne absorbira, ker ne more niti vzbujati niti ionizirati vodikovih atomov.
10. V atomu lahko elektron preide iz višjega v nižje vzbujeno stanje tako, da razliko energije odda v obliki fotona (svetlobe). Taki prehodi niso mogoči med vsemi enoelektronskimi stanji, ampak samo med tistimi, ki zadoščajo izbirnim pravilom. Katera so ta izbirna pravila?
- A:** $\Delta n = \pm 1$
 - B:** $\Delta l = \pm 1$
 - C:** $\Delta l = 0, \pm 1$
 - D:** $\Delta m_l = 0, \pm 1$
 - E:** $\Delta m_s = \pm 1$
11. Kateri od spodaj navedenih primerov opisuje stimulirano emisijo v atomu?
- A:** Elektron preide iz vzbujenega v osnovno stanje brez zunanje motnje. Pri tem se izseva foton z energijo E_f , ki je enaka razliki med obema elektronskima stanjema $E_f = E_2 - E_1$.
 - B:** Elektron preide iz vzbujenega v osnovno stanje, pri čemer se absorbira foton z energijo E_f , ki je enaka razliki med elektronskima stanjema $E_f = E_2 - E_1$.
 - C:** Elektron preide iz vzbujenega v osnovno stanje. Prehod povzroči foton z energijo E_f , ki je enaka razliki energij med elektronskima stanjema $E_f = E_2 - E_1$. Pri tem procesu se izseva foton z enako energijo in enako fazo kakor foton, ki je povzročil prehod. V končnem stanju dobimo dva enaka fotona.
 - D:** Elektron preide iz vzbujenega v osnovno stanje. Prehod povzroči elektromagnetno valovanje s poljubno frekvenco. Pri tem procesu se izseva foton z energijo E_f , ki je enaka razliki energij med elektronskima stanjema $E_f = E_2 - E_1$.
12. Laserska svetloba nastane z enim od spodaj navedenih procesov. S katerim?
- A:** S stimulirano absorpcijo.
 - B:** S stimulirano emisijo.
 - C:** S spontano emisijo.

13. Katere od spodaj navedenih trditev pravilno opišejo procese, ki so bistveni za delovanje laserja?
- A:** V snovi, ki izseva lasersko svetlobo, moramo doseči invertirano zasedbo.
 - B:** Stanje, v katero preidejo elektroni po stimulirani emisiji, mora biti metastabilno.
 - C:** Spodnji nivo, iz katerega črpamo elektrone v vzbujeno stanje, mora biti osnovno stanje.
 - D:** Snov, v kateri se generira laserska svetloba, mora biti enoatomni plin.
 - E:** Svetloba, s katero črpamo elektrone v vzbujeno stanje v laserju, mora imeti enako frekvenco kakor izsevana laserska svetloba.
 - F:** Aktivna snov, v kateri se generira laserska svetloba, je običajno postavljena med dve vzporedni zrcali.
14. Katere od spodaj navedenih lastnosti so značilne za laserski žarek?
- A:** Laserska svetloba je koherentna.
 - B:** Laserska svetloba je enobarvna.
 - C:** Laserski žarek ima majhno divergenco.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Atomska fizika

1. A, B, F
2. A
3. A
4. D
5. B
6. C, D, E
7. B, E
8. D
9. C
10. B, D
11. C
12. B
13. A, F
14. A, B, C

MOLEKULE IN TRDNA SNOV

Vprašanja

1. Na katere prispevke lahko razdelimo energijo molekule v plinu?
2. Kakšen je rotacijski energijski spekter dvoatomne molekule? Ali se taka molekula lahko vrti s poljubno frekvenco? Kaj pove rotacijsko kvantno število?
3. Zapiši izraz za dovoljena rotacijska energijska stanja v dvoatomni molekuli. Primerjaj ga z rotacijsko kinetično energijo dveh makroskopskih kroglic, togo povezanih na razdalji r .
4. Kakšno je izbirno pravilo za prehode med rotacijskimi nivoji pri absorpciji ali emisiji fotonov? V katerem spektralnem območju tipično najdemo absorpcijske oziroma emisijske črte dvoatomnih molekul?
5. Kakšen je vibracijski spekter dvoatomne molekule? Primerjaj ga z energijskim spektrom dveh makroskopskih kroglic, povezanih z vzmetjo. Kaj pove vibracijsko kvantno število?
6. Zapiši izraz za dovoljena vibracijska energijska stanja v dvoatomni molekuli. Kakšno je osnovno vibracijsko stanje dvoatomne molekule? Ali je mogoče nihanje molekule popolnoma ustaviti?
7. Kakšno je izbirno pravilo za prehode med vibracijskimi stanji pri absorpciji ali emisiji fotonov? V katerem spektralnem območju tipično najdemo vibracijske oziroma emisijske črte dvoatomnih molekul?
8. Opiši absorpcijski spekter dvoatomne molekule v infrardečem (IR) spektralnem območju. Upoštevaj, da je pri sobni temperaturi večina molekul v osnovnem vibracijskem stanju, vendar v različnih rotacijskih stanjih. Kakšni so možni prehodi v molekuli pri absorpciji fotona IR-svetlobe?
9. Opiši elektronsko strukturo v trdni snovi (kristalu). Kaj so energijski pasovi in kaj energijske vrzeli? Ali imajo valenčni elektroni v kovini lahko poljubno energijo?
10. Kako se po zasedenosti energijskih pasov razlikujejo prevodniki, polprevodniki in izolatorji? Pojasni razliko med valenčnim in prevodnim pasom pri izolatorju in polprevodniku.
11. Kolikšne so tipične širine vrzeli med valenčnim in prevodnim pasom v izolatorju in kolikšne v polprevodniku? V katerem spektralnem območju tipično najdemo absorpcijske pasove izolatorjev in polprevodnikov? Kolikšni so energijski razmiki med valenčnim in prevodnim pasom v snoveh, ki so prozorne za vidno svetlobo?
12. Kateri je glavni proces pri absorpciji rentgenske svetlobe v snovi?
13. Kako pojema curek rentgenske svetlobe na poti po snovi? Kaj nam pove absorpcijski koeficient snovi? Kakšna je zveza med razpolovno debelino in absorpcijskim koeficientom?
14. Kako se absorpcijski koeficient spreminja z energijo fotonov rentgenske svetlobe in kako z vrstnim številom atomov v snovi?

15. Kaj je zavorno sevanje? Kolikšna je največja možna energija fotonov v zavornem spektru? Opiši spekter rentgenske svetlobe iz rentgenske cevi. Zakaj so v spektru karakteristične črte?

Preverjanje znanja

- Ali ima dvoatomna molekula v plinu lahko poljubno rotacijsko kinetično energijo (tako kakor na primer klasična makroskopska vrtavka)?
 - Da. Rotacijska kinetična energija molekule je odvisna od kotne frekvence ω , s katero se vrti molekula.
 - Da. Rotacijska kinetična energija molekule se zvezno spreminja s temperaturo plina.
 - Ne. Vrtilna količina molekule je kvantizirana, tako pa tudi njena rotacijska kinetična energija.
- Kolikšna je minimalna rotacijska kinetična energija E_0 dvoatomne molekule z vztrajnostnim momentom J ?
 - $E_0 = \frac{\hbar}{J}$
 - $E_0 = \frac{1}{2} J \omega_0^2$
 - $E_0 = 0$
 - Heisenbergovo načelo nedoločenosti pove, da mora veljati: $E_0 > 0$.
 - E_0 je odvisna od temperature plina, v katerem je molekula.
- Kakšno je izbirno pravilo za dovoljene prehode med rotacijskimi stanji dvoatomne molekule pri vzbujanju s fotoni (mikrovalovi)?
 - $\Delta l = \pm 1/2$
 - $\Delta l = \pm 1$
 - $\Delta l = 0, \pm 1$
 - $\Delta l = 0$
 - Δl je poljuben.
- Kolikšna je energija fotona ($E_{3 \rightarrow 2}$), ki se izseva pri prehodu dvoatomne molekule iz rotacijskega stanja z $l = 3$ v stanje z $l = 2$, če se pri prehodu iz rotacijskega stanja z $l = 1$ v stanje z $l = 0$ izseva foton z energijo $E_{1 \rightarrow 0}$?
 - $E_{3 \rightarrow 2} = E_{1 \rightarrow 0}$
 - $E_{3 \rightarrow 2} = 2E_{1 \rightarrow 0}$
 - $E_{3 \rightarrow 2} = 3E_{1 \rightarrow 0}$
 - $E_{3 \rightarrow 2} = (1/2)E_{1 \rightarrow 0}$
 - $E_{3 \rightarrow 2} = (1/3)E_{1 \rightarrow 0}$
 - Prehod $E_{3 \rightarrow 2}$ ni dovoljen.

5. Kolikšna je minimalna vibracijska kinetična energija E_0 dvoatomne molekule v plinu, ki niha z lastno frekvenco ν_0 ?
- A:** $E_0 = 0$
- B:** $E_0 = \frac{1}{2} h\nu_0$
- C:** $E_0 = h\nu_0$
- D:** $E_0 = \frac{1}{2} kx_0^2$
- E:** Heisenbergovo načelo nedoločenosti pove, da mora veljati $E_0 > 0$.
- F:** E_0 je odvisna od temperature plina.
6. Kolikšen je energijski razmik med sosednjima (neprevisokima) vibracijskima stanjema v dvoatomni molekuli (z vibracijskima kvantnima številoma ν in $\nu - 1$), če je energijski razmik med najnižjima stanjema enak ΔE ?
- A:** $E_\nu - E_{\nu-1} = \Delta E$
- B:** $E_\nu - E_{\nu-1} = \Delta E/\nu$
- C:** $E_\nu - E_{\nu-1} = \nu\Delta E$
- D:** $E_\nu - E_{\nu-1} = \nu(\nu-1)\Delta E$
7. Kakšno je izbirno pravilo za dovoljene prehode med vibracijskimi stanji dvoatomne molekule pri vzbujanju s fotoni (z infrardečo svetlobo)? ($\Delta\nu$ označuje spremembo vibracijskega kvantnega števila molekule pri prehodu.)
- A:** $\Delta\nu = \pm 1/2$
- B:** $\Delta\nu = \pm 1$
- C:** $\Delta\nu = 0, \pm 1$
- D:** $\Delta\nu = 0$
- E:** $\Delta\nu$ je poljuben.
8. Kakšen je emisijski spekter dvoatomne molekule v plinu?
- A:** Zvezen.
- B:** Črtast.
- C:** Zvezen s karakterističnimi emisijskimi črtami.
9. Ali lahko v kristalu ločimo, kateri valenčni elektroni pripadajo kateremu od atomov?
- A:** Elektroni so neločljivi. Vsak pripada vsem atomom v kristalu.
- B:** Vsak elektron je vezan le na en atom.
- C:** Valenčne elektrone si paroma delita po dva sosednja atoma.

10. Katere energijske nivoje zasedajo elektroni v izolatorju pri nizkih temperaturah?
- A:** Nivoje v prevodnem pasu.
 - B:** Nivoje v valenčnem pasu.
 - C:** Nivoje v energijski vrzeli med prevodnim in valenčnim pasom.
 - D:** Nivoje v energijskih pasovih, ki po energiji ležijo pod valenčnim pasom.
11. Prevodni pas pri kovini je:
- A:** prazen;
 - B:** delno zaseden;
 - C:** popolnoma zaseden.
12. Energijska vrzel med valenčnim in prevodnim pasom v nekem izolatorju je široka 3,6 eV. Kaj ugotovimo, ko na to snov posvetimo z vidno svetlobo? (Upoštevaj, da ima rdeča svetloba valovno dolžino 600 nm–700 nm, torej energije fotonov 1,7 eV–2 eV, vijolična svetloba na drugem koncu vidnega spektra pa valovno dolžino približno 400 nm oziroma energije fotonov 3 eV.)
- A:** Snov je prozorna za vidno svetlobo.
 - B:** Snov je prozorna le za rdečo svetlobo.
 - C:** Snov je prozorna le za vijolično svetlobo.
 - D:** Snov je delno prozorna za cel barvni spekter.
 - E:** Snov je popolnoma neprepustna (neprozorna) za vidno svetlobo.
13. Če na rentgenski cevi povečamo napetost in tako energijo elektronov, ki letijo na kovinsko tarčo, se valovna dolžina karakterističnih rentgenskih črt v spektru izsevane rentgenske svetlobe iz cevi:
- A:** zveča;
 - B:** ne spremeni;
 - C:** zmanjša.
14. Kolikšna je največja možna energija fotonov iz rentgenske cevi, če je napetost na rentgenski cevi, s katero pospešujemo elektrone, 60 kV in tok elektronov 20 mA?
- A:** 20 keV
 - B:** 30 keV
 - C:** 60 keV
 - D:** 120 keV
 - E:** Odvisna od vrste kovine, ki jo uporabljamo za tarčo v cevi.
 - F:** Izsevajo se lahko fotoni s poljubno visoko energijo. Vendar verjetnost, da se izseva visokoenergijski foton, izrazito pada pri večjih energijah fotonov.

15. Kateri je glavni proces pri absorpciji rentgenske svetlobe v snovi?

- A:** Comptonov pojav.
- B:** Elastično sipanje na atomih.
- C:** Fotoefekt v notranjih lupinah atomov.

16. Iz tabel lahko razberemo, da je v aluminiju razpolovna debelina za rentgensko svetlobo z energijo fotonov 21 keV enaka 1 mm. Kolikšen delež vpadnih fotonov s to energijo prepušča 3 mm debelo plast aluminija?

- A:** 50 % (1/2)
- B:** 33 % (1/3)
- C:** 25 % (1/4)
- D:** 17 % (1/6)
- E:** 12,5 % (1/8)
- F:** 11 % (1/9)

REŠITVE

Preverjanje znanja: Molekule in trdna snov

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

JEDRSKA FIZIKA

Vprašanja

1. Kako je sestavljeno atomsko jedro? Kaj nam povesta vrstno število Z in masno število A ?
2. Primerjaj naboj protona, nevtrona in elektrona. Od česa je odvisen naboj jedra?
3. Kolikšne so tipične velikosti atomskih jeder? Katero enoto navadno uporabljamo pri zapisu velikosti jeder? Primerjaj velikost atomskega jedra z velikostjo atoma. Zapiši izraz, ki pove, kako se povprečni radij jedra povečuje z masnim številom.
4. Kaj so izotopi? Katere izotope vodika poznamo?
5. Kakšno je število nevtronov v primerjavi s številom protonov v lahkih stabilnih jedrih? Kakšno je to razmerje za stabilna težka jedra?
6. Katera sila veže nukleone v jedru? Kolikšen je njen doseg? Primerjaj to silo z odbojno elektrostatično silo med protoni. Zakaj težka jedra z vrstnim številom nad 83 niso več stabilna?
7. Kako je definirana atomska masna enota? Primerjaj mase protona, nevtrona in elektrona.
8. Zapiši Einsteinov izraz za zvezo med maso in energijo. Kako izračunamo mirovno energijo protona in nevtrona?
9. Ali je masa jedra enaka vsoti mas nevtronov in protonov, ki ga sestavljajo? Kako izračunamo vezavno energijo jedra, če poznamo maso jedra ter število protonov in nevtronov v jedru.
10. Katere vrste radioaktivnih razpadov nestabilnih jeder poznamo? Za vsako vrsto razpada navedi en zgled.
11. Kolikšni so tipični dosegi delcev α , β in γ v snovi? Kakšna je možna zaščita pred radioaktivnim sevanjem pri sevalcih α , β oziroma γ ?
12. Kako je definirana aktivnost radioaktivnih jeder? S katero enoto merimo aktivnost?
13. Kako se aktivnost radioaktivnega izvora spreminja s časom? Kakšna je zveza med razpadnim (τ) in razpolovnim časom ($\tau_{1/2}$)? Ali lahko natančno napovemo, kdaj bo razpadlo posamezno nestabilno jedro?
14. Kako je mogoče določiti starost arheoloških najdb z izotopom ^{14}C ?
15. Opiši jedrsko reakcijo, ki jo izkoriščamo v jedrskem reaktorju (razcep ^{235}U). Kaj sproži reakcijo? Kakšni so tipični razpadni produkti. Kaj je vzrok verižne reakcije in kako jo je mogoče nadzorovati?
16. Opiši delovanje jedrskega reaktorja.
17. Opiši jedrsko reakcijo, ki je glavni vir energije na Soncu: zlivanje vodikovih jeder.

Preverjanje znanja

- Femtometer je:
 - 10^{-12} m
 - 10^{-14} m
 - 10^{-15} m
 - 10^{-18} m
- Kaj imajo skupnega jedra ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{13}_7\text{N}$, ${}^{14}_8\text{O}$? Pri vseh treh je enako število:
 - protonov;
 - nevtronov;
 - nukleonov.
- Kateri izotop ogljika je najpogostejši v naravi?
 - ${}^{11}_6\text{C}$
 - ${}^{12}_6\text{C}$
 - ${}^{13}_6\text{C}$
 - ${}^{14}_6\text{C}$
- Med katerimi nukleoni je jedrska sila privlačna?
 - Proton–proton.
 - Proton–nevtron.
 - Nevtron–nevtron.
- Zakaj imajo težja stabilna jedra več nevtronov kakor protonov?
 - V naravi je več nevtronov od protonov in ta porazdelitev se pozna tudi v sestavi jeder.
 - Nevtroni v jedru zasenčijo odbojno elektrostatično silo med protoni in tako stabilizirajo jedro.
 - Pri enakem številu protonov in nevtronov bi prevladala odbojna elektrostatična sila med protoni nad privlačno jedrsko silo med nukleoni in jedro bi razpadlo.
- Kolikšen je doseg jedrske sile med nukleoni?
 - Doseg je tak kakor pri elektrostatični sili med naboji (sila pojema s kvadratom razdalje med nukleoni).
 - Jedrska sila je razmeroma kratkega dosega, deluje le znotraj atoma (~ 1 Å).
 - Jedrska sila je zelo kratkega dosega, deluje le znotraj jedra (~ 2 fm).

7. Atomsko jedro je sestavljeno iz protonov in nevtronov. Kolikšna je masa jedra v primerjavi z vsoto mas vseh nukleonov v jedru?
- A:** Masa jedra je manjša od vsote mas nukleonov.
B: Masa jedra je enaka vsoti mas nukleonov.
C: Masa jedra je večja od vsote mas nukleonov.
8. Ali se jedru spremeni masa, ko preide iz vzbujenega v osnovno stanje?
- A:** Ne, masa je odvisna samo od mase nukleonov, ki sestavljajo jedro, ne pa od vezavne energije.
B: Da, masa jedra se zmanjša.
C: Da, masa jedra se zveča.
9. Katero od spodaj navedenih jeder je neposredni potomec nestabilnega jedra urana ${}_{92}^{238}\text{U}$ po razpadu alfa?
- A:** ${}_{92}^{234}\text{U}$
B: ${}_{90}^{238}\text{Th}$
C: ${}_{90}^{234}\text{Th}$
D: ${}_{88}^{238}\text{Ra}$
10. Nestabilni izotop ogljika ${}_{6}^{14}\text{C}$ razpade v jedro dušika ${}_{7}^{14}\text{N}$. Katere vrste razpad je to?
- A:** Razpad α .
B: Razpad β^+ .
C: Razpad β^- .
D: Razpad γ .
11. Kaj je temeljna značilnost razpada γ ?
- A:** Jedro izseva visokoenergijski foton.
B: Jedro izseva visokoenergijski elektron.
C: Jedro preide iz višjega v nižje vzbujeno ali osnovno stanje.
D: Po razpadu se spremenita vrstno in masno število jedra.

12. Žlahtni plin radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ nastaja kot razpadni produkt v razpadni verigi radioaktivnega izotopa urana (238) $^{238}_{92}\text{U}$, ki je običajno v naravi v raznih kamninah in prsti. Radonova jedra $^{222}_{86}\text{Rn}$ niso stabilna. Razpolovni čas teh jeder je 3,82 dneva. V kolikšnem času bo razpadlo posamezno jedro $^{222}_{86}\text{Rn}$?
- A:** V 3,82 dneva po nastanku tega jedra.
- B:** Ni mogoče napovedati, kdaj bo razpadlo posamezno jedro. Napovemo lahko le, kakšna je verjetnost, da bo razpadlo v izbranem časovnem obdobju.
- C:** Napovemo lahko, da bo v 3,82 dneva razpadla polovica vseh jeder, ki so v danem trenutku v vzorcu.
13. Razpolovni čas izotopa joda $^{131}_{53}\text{I}$, ki ga uporabljajo tudi v medicini, je 8,04 dneva. Za diagnostične namene pripravijo raztopino, ki vsebuje radioaktivni jod (131). Aktivnost vzorca, takoj ko ga pripravijo, je 4×10^4 Bq. Kolikšna je aktivnost tega vzorca po 24 dneh?
- A:** 4×10^4 Bq (enaka kakor na začetku)
- B:** 2×10^4 Bq
- C:** 1×10^4 Bq
- D:** $0,5 \times 10^4$ Bq
- E:** $0,17 \times 10^3$ Bq
14. V industrijski instrumentaciji in radiografiji pogosto uporabljajo radioaktivni izvor $^{137}_{55}\text{Cs}$, ki ima razpolovni čas 28 let. Ko ga ne rabijo več, ga shranijo v odlagališče za jedrske odpadke. Kolikšen delež jeder v shranjenem vzorcu bo razpadel po 56 letih?
- A:** 100 %
- B:** 75 %
- C:** 50 %
- D:** 25 %
- E:** 12,5 %
15. K naravnemu radioaktivnemu sevanju, ki smo mu vsak dan izpostavljeni, največ prispeva radioaktivni izotop $^{40}_{19}\text{K}$, ki ima razpolovni čas $1,28 \times 10^9$ let. Danes je v naravi 1,17 % vsega kalija v obliki tega izotopa. (V naravi izotop $^{40}_{19}\text{K}$ pravzaprav ne nastaja, ampak le razpada.) Kako pogost je bil izotop $^{40}_{19}\text{K}$ v naravi v času, ko so živeli dinosavri (pred približno 100 milijoni leti)? Ali je bila takrat naravna radioaktivnost bistveno višja kakor danes zaradi radioaktivnega izotopa kalija-40?
- A:** Delež izotopa kalija-40 je bil takrat skoraj enak (le malo večji) kakor danes.
- B:** Naravna radioaktivnost zaradi kalija-40 je bila v času dinosavrov bistveno višja kakor danes.
- C:** Delež izotopa kalija-40 je bil takrat bistveno manjši kakor danes.

16. Leta 1991 je v italijanskih Alpah nemški turist po naključju našel dobro ohranjeno telo moškega (danes je znan kot "Ledeni človek" ali "Ötzi"). Pri določanju njegove starosti so si pomagali z radioaktivnim datiranjem. Ugotovili so, da je najdeni človek živel pred približno 5300 leti. Kateri izotop je bil, glede na razpolovni čas, najprimernejši za določanje starosti najdbe?
- A:** Ogljik $^{11}_6\text{C}$, ki ima razpolovni čas 20,4 minute.
 - B:** Radon, ki ima razpolovni čas 3,82 dneva.
 - C:** Tritij ^3_1H , ki ima razpolovni čas 12,3 leta.
 - D:** Ogljik $^{14}_6\text{C}$, ki ima razpolovni čas 5730 let.
 - E:** Uran $^{238}_{92}\text{U}$, ki ima razpolovni čas $4,47 \times 10^9$ let.
 - F:** Ogljik $^{12}_6\text{C}$, ki je stabilen.
17. Tipičen razpad jedra urana-235, ki ga povzroči termični nevtron, je na primer: $^1_0\text{n} + ^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^{141}_{56}\text{Ba} + ^{92}_{36}\text{Kr} + 3(^1_0\text{n})$. Kolikšna je masa razpadnih produktov v primerjavi z maso uranovega jedra pred razpadom?
- A:** Masa razpadnih produktov je večja od mase uranovega jedra pred razpadom. Med jedrsko reakcijo se tvori nova masa (v obliki masnih delcev) na račun vezavne energije uranovega jedra.
 - B:** Masa razpadnih produktov je enaka masi uranovega jedra pred razpadom. Velja zakon o ohranitvi mase.
 - C:** Masa razpadnih produktov je manjša od mase uranovega jedra pred razpadom. Del mase se pri jedrski reakciji izniči.
 - D:** Masa razpadnih produktov je manjša od mase uranovega jedra in termičnega nevtrona pred razpadom. Del mase se spremeni v kinetično energijo razpadnih produktov.

REŠITVE

Preverjanje znanja: Jedrska fizika

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

LITERATURA

Fizikalni učbeniki in študijsko gradivo v slovenščini:

- R. Kladnik: *Visokošolska fizika (1. – 3. del)*, DZS, Ljubljana 1985 - 1989.
- J. Strnad: *Fizika (1.– 4. del)*, DZS, Ljubljana 1975–1982.
- I. Grabec, *Predavanja iz fizike*, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, 2003.
- L. Črepinšek, J. Padežnik Gomilšek, *Tehniška fizika*, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, 2002
- Študijsko gradivo za fiziko na spletnih straneh:
<http://www.p-ng.si/~arcon/fizikawww>

Fizikalni učbeniki v angleščini:

- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker: *Fundamentals of Physics (extended edition)*, John Willey & Sons, New York 2004.
(<http://he-cda.wiley.com/WileyCDA/HigherEdCourse/cd-PH1200.html>)
- R. A. Serway, J. W. Jewett, ml., *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*, Thomson Learning, UK, 2004 (<http://www.pse6.com>).
- P. A. Tipler, G. Mosca, *Physics for Scientists and Engineers (extended version)*, W. H. Freeman and Company, New York, 2004
(<http://www.whfreeman.com/tipler5e>).
- H. D. Young, F. W. Sears, R. A. Freedman, A. L. Ford, *Sears & Zemansky's University Physics with Modern Physics*, Pearson Benjamin Cummings, 2003
(http://occawlonline.pearsoned.com/bookbind/pubbooks/young_awl/).
- R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, *The Feynman Lectures in Physics*, Reading, Mass. (Adison-Wesley) 1964.
- Berkeley Physics Course:
 - Ch. Kittel, W. D. Knight, M. A. Ruderman, *Mechanics*, New York (McGraw-Hill) 1965
 - E. M. Purcell, *Electricity and Magnetism*, New York (McGraw-Hill) 1965
 - F. S. Crawford, *Waves*, New York (McGraw-Hill) 1968
 - E. H. Wichmann, *Quantum Physics*, New York (McGraw-Hill) 1971