



***Nacionalni centar za vanjsko
vrednovanje obrazovanja***

NACIONALNI ISPITI U TREĆIM RAZREDIMA SREDNJIH ŠKOLA

Ispitni katalog iz Fizike

u školskoj godini 2007./2008.

veljača 2008.

Stručna radna skupina za izradbu ispitnih materijala iz Fizike:

dr. sc. Maja Planinić, voditeljica, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Fizički odsjek

prof. dr. sc. Mile Dželalija, Fakultet prirodoslovno-matematičkih znanosti i kineziologije, Split

Dario Mičić, prof., V. gimnazija, Zagreb

Gordana Pintarić, prof. savjetnik, XV. gimnazija, Zagreb

Miro Plavčić, prof. savjetnik, Tehnička škola, Šibenik.

1. UVOD

Ovaj je dokument Ispitni katalog za nacionalni ispit iz Fizike koji će se provesti u trećim razredima srednjih škola. Ispit iz Fizike je izborni, odnosno njemu će pristupiti samo oni učenici koji ga unaprijed odaberu polagati.

U ispitnome su katalogu navedene sve potrebne informacije i objašnjenja o obliku i sadržaju ispita iz Fizike.

1.1. Sadržaj ispitnog kataloga

Ovaj ispitni katalog sadrži ciljeve i plan provedbe ispita, obrazovne ishode koji će se provjeravati, načine ispitivanja, sustav bodovanja, ogledni primjer testa i dodatke.

1.2. Svrha ispitnoga kataloga

Ispitni katalog određuje što se od učenika očekuje na nacionalnome ispitu. Svrha mu je upoznati nastavnike s detaljima sadržaja i provođenja nacionalnoga ispita iz Fizike.

1.3. Opis ispita iz Fizike

Pri sastavljanju Ispitnoga kataloga iz Fizike vodilo se računa o tome da se u praksi podučavanje razlikuje u raznim vrstama gimnazija. Također se vodilo računa i o činjenici da postoje dvije inačice programa (A i B).

Na nacionalnome ispitu provjeravat će se samo osnovna znanja i vještine koje su trebali usvojiti i razviti svi učenici neovisno o vrsti gimnazije i inačici programa. Zbog toga će ispit biti jednak za sve učenike.

Nacionalni ispit iz Fizike pisan je na hrvatskome jeziku. Za pripadnike nacionalnih manjina ispit će biti preveden na njihov materinski jezik.

U ispitu će biti zastupljeni zadatci zatvorenoga i otvorenoga tipa.

Zadatci zatvorenoga tipa su zadatci višestrukoga izbora i zadatci povezivanja i sređivanja. Zadatci višestrukoga izbora mogu imati tri ili četiri ponuđena odgovora, od kojih je samo jedan točan.

Zadatci otvorenoga tipa su zadatci dopunjavanja i zadatci kratkih odgovora.

U ukupnome broju bodova na ispitu zadatci zatvorenoga tipa donose 40% bodova, a zadatci otvorenoga tipa 60% bodova, uz toleranciju odstupanja tih vrijednosti do $\pm 10\%$.

2. OPĆI CILJEVI ISPITA

2.1. Opći ciljevi nastavnoga predmeta

Opći ciljevi poučavanja Fizike su:

- razvijanje razumijevanja temeljnih fizikalnih koncepata, ideja i spoznaja
- razvijanje razumijevanja povezanosti teorije i eksperimenta u fizici
- razvijanje sposobnosti rješavanja fizikalnih problema i specifičnoga kritičko-logičkoga načina razmišljanja
- razvijanje osnovnih eksperimentalnih vještina
- upoznavanje načina razvoja znanstvenih modela i teorija te njihovih ograničenja
- razvijanje otvorenoga stava prema problemima te fizici i znanosti općenito
- razvijanje kvantitativnoga pristupa fizici i razumijevanja odnosa između matematičkih izraza i fizikalnih načela
- upoznavanje razvoja fizike i njezine današnje uloge u društvu te njezinoga utjecaja na društvena, filozofska, gospodarstvena i ostala područja
- povezivanje znanja iz različitih područja fizike, kao i povezivanje fizike s drugim znanstvenim disciplinama
- razvijanje poštovanja prema svijetu oko nas - napose prema živim bićima i okolišu
- razvijanje interesa za fiziku.

2.2. Opći ciljevi ispita

Opći ciljevi ispita iz Fizike su:

- određivanje razine obrazovnih postignuća učenika i pripadajuće raspodjele postignuća
- povezivanje srednjega i visokoga obrazovanja
- povezivanje srednjega obrazovanja i tržišta rada
- postavljanje nacionalnih standarda u obrazovanju
- poticanje unaprjeđivanja obrazovnoga procesa u području fizike
- davanje digniteta znanju i obrazovanju.

3. OBRAZOVNI ISHODI – POSEBNI CILJEVI

Ispitom iz Fizike 2008. godine ispitivat će se obrazovni ishodi navedeni u tablici 3.1.

Tablica 3.1. *Obrazovni ishodi i posebni ciljevi koji se ispituju ispitom iz Fizike 2008. godine.*

Ispitna cjelina	Područje	Obrazovni ishodi
SVE ISPITNE CJELINE	Opći i eksperimentalni ishodi	<ul style="list-style-type: none"> • poznavati simbole i SI mjerne jedinice fizikalnih veličina • razlikovati skalarne i vektorske veličine • pretvarati mjerne jedinice • upotrebljavati zapis broja pomoću potencije broja 10 • poznavati i ispravno upotrebljavati dekadске prefikse mjernih jedinica (piko, nano, mikro, mili, centi, deci, deka, hekto, kilo, mega) • očitati vrijednosti veličina iz grafa • na osnovi podataka nacrtati graf međuovisnosti dviju veličina • u slučaju linearne ovisnosti dviju veličina odrediti koeficijent smjera pravca i protumačiti njegovo značenje • osmisliti jednostavne pokuse • odrediti srednju vrijednost rezultata mjerenja • odrediti maksimalnu apsolutnu pogrešku • iskazati rezultat mjerenja s pripadajućom pogreškom • grafički prikazati međuovisnost izmjerenih veličina • kvalitativno analizirati i protumačiti rezultate mjerenja
MEHANIKA	Pravocrtno gibanje	<ul style="list-style-type: none"> • objasniti značenje referentnoga sustava i pojma materijalne točke • prepoznati i ispravno upotrebljavati pojmove položaj, vremenski interval i vremenski trenutak • primijeniti pojmove pomaka, puta, putanje, srednje brzine, trenutne brzine, srednje akceleracije i trenutne akceleracije kod jednolikoga i jednoliko ubrzanoga gibanja po pravcu • analizirati gibanje iz zapisa gibanja (npr. vrpca elektromagnetskoga tipkala, stroboskopska snimka) • na osnovi jednog prikaza gibanja napraviti drugi prikaz (tablica ↔ graf, graf ↔ graf, graf ↔ formula)

<p style="text-align: center;">MEHANIKA</p>	<p style="text-align: center;">Kružno gibanje</p>	<ul style="list-style-type: none"> • skicirati vektor brzine u bilo kojem položaju tijela kod jednolikoga kruženja • primijeniti pojmove perioda i frekvencije kruženja kod jednolikoga kružnoga gibanja • primijeniti izraz za obodnu i kutnu brzinu kod jednolikoga kruženja • primijeniti izraz za iznos akceleracije tijela pri jednolikom kruženju • odrediti smjer sile kod jednolikoga kružnoga gibanja u bilo kojoj točki putanje • navesti primjere centripetalnih sila • primijeniti II. Newtonov zakon na kružno gibanje
<p style="text-align: center;">MEHANIKA</p>	<p style="text-align: center;">Koncept sile i Newtonovi zakoni</p>	<ul style="list-style-type: none"> • odrediti hvatište, pravac djelovanja i orijentaciju sile te prikazati silu odgovarajućim vektorom • odrediti grafički i računski rezultantnu silu za slučaj dviju ili više sila na istome pravcu • grafički odrediti rezultantnu silu za slučaj dviju sila na različitim pravcima te računski odrediti iznos rezultante dviju okomitih sila • grafički rastaviti silu na dvije komponente (sastavnice) pod bilo kojim kutem, a za međusobno okomite komponente i računski • nacrtati dijagram sila na tijelo • primijeniti Newtonove zakone gibanja • objasniti i primijeniti pojmove sile teže, težine, elastične sile i sile trenja • analizirati slobodni pad tijela
<p style="text-align: center;">MEHANIKA</p>	<p style="text-align: center;">Impuls sile, količina gibanja, zakon očuvanja količine gibanja</p>	<ul style="list-style-type: none"> • odrediti impuls sile za slučaj kad je sila stalna • odrediti impuls sile iz (F, t) grafičkoga prikaza • primijeniti pojam količine gibanja • primijeniti vezu impulsa sile i promjene količine gibanja • primijeniti zakon očuvanja količine gibanja
<p style="text-align: center;">MEHANIKA</p>	<p style="text-align: center;">Akcelerirani sustav</p>	<ul style="list-style-type: none"> • razlikovati inercijske od akceleriranih sustava • razlikovati stvarne od inercijskih sila u primjerima akceleriranih sustava za pravocrtna i kružna gibanja • nacrtati dijagram sila za tijelo u mirovanju u akceleriranome sustavu • nacrtati dijagram sila za tijelo koje se giba (po pravcu ili kružnici), gledano iz inercijskoga i akceleriranoga sustava • primijeniti jednadžbu gibanja za tijelo koje se giba (pravocrtno ili kružno) gledano iz inercijskoga i akceleriranoga sustava

<p style="text-align: center;">MEHANIKA</p>	<p style="text-align: center;">Koncept energije i očuvanje energije</p>	<ul style="list-style-type: none"> • primijeniti izraz za rad u slučaju djelovanja stalne sile • odrediti rad iz grafa ovisnosti sile o pomaku • primijeniti vezu rada i promjene kinetičke energije • iskazati i primijeniti zakon očuvanja energije • odrediti rad sile trenja u primjerima • primijeniti izraz za snagu • primijeniti izraz za gravitacijsku potencijalnu energiju blizu površine Zemlje • primijeniti izraz za kinetičku energiju • primijeniti izraz za elastičnu potencijalnu energiju • odrediti korisnost nekoga uređaja
<p style="text-align: center;">MEHANIKA</p>	<p style="text-align: center;">Dvodimenzionalno gibanje (složena gibanja)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • primijeniti načelo neovisnosti gibanja kod složenih gibanja • skicirati putanju vodoravnoga hica te nacrtati vektore sile, akceleracije i brzine u proizvoljnoj točki putanje • skicirati putanju vertikalnoga hica te nacrtati vektore sile, akceleracije i brzine u proizvoljnoj točki putanje • analizirati vodoravni hitac – odrediti domet, položaj, brzinu i akceleraciju • analizirati vertikalni hitac – odrediti domet, položaj, brzinu i akceleraciju
<p style="text-align: center;">MEHANIKA</p>	<p style="text-align: center;">Opći zakon gravitacije</p>	<ul style="list-style-type: none"> • primijeniti opći zakon gravitacije (opis gibanja planeta i satelita, ubrzanje slobodnoga pada, prva svemirska brzina) • objasniti silu težu kao poseban slučaj gravitacijske sile
<p style="text-align: center;">MEHANIKA</p>	<p style="text-align: center;">Mehanika fluida</p>	<ul style="list-style-type: none"> • primijeniti izraz za gustoću tvari • primijeniti izraz za tlak • primijeniti pojam hidrauličkoga tlaka • primijeniti Pascalov zakon • primijeniti pojam hidrostatskoga tlaka • primijeniti pojam atmosferskoga tlaka • primijeniti izraz za uzgon • iskazati i primijeniti Arhimedov zakon • objasniti plutanje, lebdjenje i tonjenje tijela u fluidu • primijeniti jednadžbu kontinuiteta (neprekidnosti) • primijeniti Bernoullijevu jednadžbu

<p style="text-align: center;">TERMODINAMIKA</p>	<p style="text-align: center;">Osnove molekularno-kinetičke teorije</p>	<ul style="list-style-type: none"> • primijeniti izraz za toplinsko rastezanje tijela • navesti fizikalne veličine pomoću kojih opisujemo stanje plina • primijeniti zakone izotermne, izobarne i izohorne promjene stanja plina • grafički prikazati izohoru, izobaru i izotermu u (p, T), (p, V) i (V, T) dijagramima • primijeniti opću jednadžbu stanja plina • primijeniti Avogadrov zakon • navesti osnovne pretpostavke modela idealnoga plina • objasniti porijeklo tlaka u plinu • navesti i objasniti primjere koji govore u prilog molekularno-kinetičkoj teoriji plinova (difuzija, Brownovo gibanje) • primijeniti vezu srednje kinetičke energije nasumičnoga gibanja molekula plina i temperature • opisati i primijeniti pojam unutrašnje energije • primijeniti izraz za unutrašnju energiju idealnoga plina
<p style="text-align: center;">TERMODINAMIKA</p>	<p style="text-align: center;">Termodinamički zakoni</p>	<ul style="list-style-type: none"> • primijeniti pojmove termičkoga kontakta sustava (tijela) i termodinamičke ravnoteže sustava • objasniti i primijeniti pojam topline • odrediti izmijenjenu toplinu kod zagrijavanja ili hlađenja tvari kad tvar ne mijenja agregatno stanje • objasniti i primijeniti pojam specifičnoga toplinskoga kapaciteta • objasniti i primijeniti pojam latentne topline pri promjeni agregatnoga stanja • navesti načine prijenosa topline i kvalitativno objasniti toplinsku vodljivost i toplinsku izolaciju • primijeniti izraz za rad plina pri stalnome tlaku • odrediti rad plina iz (p, V) grafa • iskazati i primijeniti prvi zakon termodinamike • objasniti pojmove povratnoga i nepovratnoga procesa • objasniti kvalitativno rad toplinskih strojeva u kružnome procesu te pojam korisnosti • opisati i objasniti Carnotov kružni proces, te primijeniti izraz za korisnost toga procesa • navesti i objasniti drugi zakon termodinamike

<p style="text-align: center;">ELEKTROMAGNETIZAM</p>	<p style="text-align: center;">Elektrostatika</p>	<ul style="list-style-type: none"> • poznavati vrste električnoga naboja i nositelje elementarnoga naboja • objasniti elektriziranje trenjem, dodirom i influencijom za vodiče i izolatore • primijeniti zakon očuvanja naboja • iskazati, objasniti i primijeniti Coulombov zakon u vakuumu i u sredstvu • primijeniti definiciju električnoga polja i izraz za električno polje točkastoga naboja te usporednih električki nabijenih ploča • primijeniti načelo superpozicije za električnu silu i polje • silnicama prikazati električno polje jednoga naboja, dvaju istoimenih ili raznoimenih naboja te električno polje između usporednih električki nabijenih ploča • primijeniti izraz za elektrostatsku potencijalnu energiju, električni potencijal i napon • objasniti pojam električnoga kapaciteta tijela te primijeniti izraz za kapacitet pločastoga ravnoga kondenzatora • odrediti ekvivalentni kapacitet serijski i paralelno spojenih kondenzatora • opisati gibanje naboja u električnome polju • primijeniti izraz za energiju električnoga polja u pločastome kondenzatoru
<p style="text-align: center;">ELEKTROMAGNETIZAM</p>	<p style="text-align: center;">Strujni krugovi istosmjerne struje</p>	<ul style="list-style-type: none"> • primijeniti definiciju električne struje • navesti elemente jednostavnoga strujnoga kruga, sastaviti jednostavni strujni krug • primijeniti Ohmov zakon za dio strujnoga kruga i za cijeli strujni krug • primijeniti izraz za električni otpor • primijeniti I. i II. Kirchhoffovo pravilo • odrediti ekvivalentni otpor serijski i paralelno spojenih otpornika • primijeniti izraze za rad i snagu električne struje

ELEKTROMAGNETIZAM

**Magnetske i
elektromagnetske
pojave**

- navesti osnovna svojstva magnetna
- kvalitativno opisati magnetsko polje Zemlje
- skicirati vektor magnetskoga polja u bilo kojoj točki prostora oko magnetna, silnicama prikazati magnetsko polje jednoga te dvaju magnetna
- objasniti Oerstedov pokus
- skicirati magnetske silnice oko ravnoga vodiča kojim teče struja te za strujnu petlju i zavojnicu
- odrediti smjer, orijentaciju i iznos vektora magnetskoga polja u bilo kojoj točki prostora oko vodiča kojim teče struja
- primijeniti izraz za magnetsko polje u središtu zavojnice
- primijeniti izraz za magnetsku silu na vodič kojim teče struja i odrediti smjer magnetske sile
- primijeniti izraz za Lorentzovu silu i odrediti smjer Lorentzove sile
- opisati gibanje električki nabijene čestice u homogenome magnetskome polju
- primijeniti izraz za magnetsku silu između dviju paralelnih ravnih žica kojima teče struja
- primijeniti definiciju magnetskoga toka
- opisati pojavu elektromagnetske indukcije
- primijeniti Faradayev zakon elektromagnetske indukcije
- primijeniti Lenzovo pravilo
- primijeniti izraz za inducirani napon na krajevima ravnoga vodiča koji se giba u magnetskome polju
- opisati nastanak izmjenične struje
- grafički prikazati vremensku ovisnost izmjenične struje i napona
- primijeniti izraz za snagu izmjenične struje
- primijeniti izraz za efektivne vrijednosti napona i jakosti izmjenične struje
- primijeniti izraze za induktivni i kapacitivni otpor i impedanciju
- primijeniti Ohmov zakon za krug izmjenične struje za slučaj serijskoga spoja otpornika, kondenzatora i zavojnice

TITRANJE	Titranje	<ul style="list-style-type: none"> • opisati periodičko gibanje i mehaničko titranje • kvalitativno objasniti uzroke titranja (objasniti ulogu povratne sile) • primijeniti pojmove ravnotežnoga položaja, elongacije, amplitude, titraja, perioda, faze, frekvencije i razlike u fazi • matematički opisati te grafički prikazati ovisnost elongacije, brzine i akceleracije titranja o vremenu • primijeniti vezu između akceleracije i elongacije te povratne sile i elongacije • primijeniti izraz za vlastitu frekvenciju te period harmonijskoga oscilatora • kvalitativno opisati i grafički prikazati vremensku promjenu kinetičke energije, potencijalne elastične te ukupne energije harmonijskoga oscilatora • opisati jednostavno njihalo i uvjet pod kojim ono izvodi harmonijsko titranje • primijeniti izraz za vlastitu frekvenciju te period jednostavnoga njihala • opisati LC – titrajni krug i njegovu analogiju s mehaničkim harmonijskim oscilatorom • primijeniti izraz za vlastitu frekvenciju te period titranja LC – titrajnoga kruga • objasniti pojavu rezonancije
-----------------	-----------------	--

4. STRUKTURA ISPITA

4.1. Gradivo obuhvaćeno ispitom

Ispit iz Fizike obuhvaća gradivo koje se u redovitome učenju prođe do kraja trećega razreda gimnazije, osim valova i optike.

To obuhvaća sljedeće cjeline: mehaniku, termodinamiku, elektromagnetizam i titranje.

Eksperiment je vrlo važan dio nastave Fizike te se očekuje da su učenici tijekom trogodišnje nastave imali prilike sudjelovati u izvođenju demonstracijskih eksperimenata, kao i nekih elementarnih mjerenja.

Zbog postojećih značajnih razlika među školama u opremljenosti eksperimentalnim priborom, kao i u broju sati Fizike, nisu propisani obvezni pokusi koje svaki učenik treba izvesti tijekom školovanja, kao ni njihov broj.

Naveden je popis pokusa (vidjeti Dodatak A) koji se preporučuju izvesti, ali koji se mogu zamijeniti i drugim pokusima prema mogućnostima pojedine škole i izboru nastavnika. U ispitu se ne će provjeravati poznavanje navedenih pokusa, ali će biti pitanja koja provjeravaju kompetencije koje se primarno stječu eksperimentalnim radom, kao što su npr. obradba i tumačenje rezultata mjerenja, razumijevanje značenja pogreške mjerenja, kontrola varijabli itd. (detaljnije vidjeti u tablici 3.1. pod Općim i eksperimentalnim ishodima).

4.2. Udjeli ispitnih cjelina u ispitu

Udio ispitnih cjelina u ispitu prikazan je u tablici 4.1. Postotni udio pojedine ispitne cjeline odnosi se na postotak ukupnoga broja bodova. Moguće odstupanje udjela pojedine cjeline iznosi $\pm 5\%$. Bodovni udio pitanja koja provjeravaju eksperimentalne kompetencije ne će premašivati 15% (ta su pitanja integrirana u tablici unutar pojedinih ispitnih cjelina).

Tablica 4.1. *Struktura ispita iskazana u postotcima udjela pojedinoga ispitivanoga područja*

Ispitna cjelina	Postotni udio bodova
MEHANIKA	35%
TERMODINAMIKA	30%
ELEKTROMAGNETIZAM	25%
TITRANJE	10%
Ukupno	100%

Unutar svake ispitne cjeline ispitivat će se sve razine znanja i kognitivnih procesa (činjenično znanje, konceptualno razumijevanje, proceduralno znanje i strateško znanje). Najmanje će biti zastupljeno činjenično znanje, dok će naglasak biti na ostalim trima višim razinama znanja.

5. TEHNIČKI OPIS ISPITA

5.1. Termin ispita

Ispit iz Fizike za kojega je izrađen ovaj ispitni katalog održat će se škol. god. 2007./08.

5.2. Pristupnici

Pristupnici ispitu su učenici trećih razreda gimnazija koji odaberu Fiziku kao izborni predmet.

5.3. Oblici ispitivanja

Ispit se sastoji samo od pisanoga dijela. Na ispitu se ne će izvoditi pokusi, ali će biti pitanja koja provjeravaju kompetencije koje se stječu eksperimentalnim radom.

5.4. Izgled testa

Test će biti tiskan u dvije ispitne knjižice. U prvoj će biti zadatci višestrukoga izbora i zadatci povezivanja i sređivanja, a u drugoj zadatci otvorenoga tipa. Uz ispitne knjižice bit će priložen i popis formula i konstanti.

5.5 Trajanje ispita

Ispit iz Fizike polaže se u jednome dijelu. Njegovo planirano trajanje je 180 minuta bez prekida.

5.6. Pribor

Na ispitu će učenici rabiti uobičajeni pribor za pisanje (olovka, gumica) i crtanje (trokuti, ravnalo, kutomjer, šestar) te džepno računalo.

5.7. Pravila ponašanja učenika na ispitu

Na ispitu učenik treba pratiti upute osobe zadužene za provođenje ispita u prostoru u kojem je učenik – početi pisanje kad mu se kaže da može početi, završiti pisanje kad se objavi kraj, popuniti tražene podatke o sebi te popuniti list za odgovore na traženi način.

Učenik pri odgovaranju treba pokazati dobro poznavanje hrvatskoga jezika te odgovori trebaju biti pisani tako da se vodi računa o gramatici i točnosti pisanja.

Učenik na ispitu ne smije varati na bilo koji način – prepisivati iz nedopuštenih izvora, od drugih učenika ili dopuštati da drugi prepisuje od njega. Varanje na ispitu znači diskvalificiranje s ispita.

6. OPIS BODOVANJA I OCJENJIVANJE

U zadacima višestrukoga izbora dobivaju se 2 boda za odabir točnoga odgovora. Ukoliko je navedeno više od jednoga odgovora, ne dobivaju se bodovi.

U zadacima dopunjavanja dobiva se 1 bod za upisan točan odgovor. Ako se radi o brojčanome odgovoru, točan odgovor podrazumijeva i ispravnu jedinicu. Točan brojčani odgovor bez odgovarajuće jedinice ne donosi bodove. Ako zadatak traži upisivanje više podataka, svaki podatak donosi po 1 bod.

U zadacima povezivanja i sređivanja dobivaju se 2 boda ako su svi odgovori ispravno povezani. U slučaju jedne grješke dobiva se 1 bod, a u slučaju više grješaka 0 bodova.

Zadatci kratkih odgovora mogu donositi 2 ili više bodova, kako je naznačeno uz zadatak.

Ako su predviđena 2 boda, oni se dobivaju za točan rezultat (brojčani odgovor s odgovarajućom jedinicom) uz fizikalno ispravan postupak. Točan brojčani rezultat bez

postupka, ili uz fizikalno pogrešan postupak, ne će donositi bodove. Ukoliko je postupak ispravan, a brojčani rezultat nije, dobiva se 1 bod. Ukoliko se zadatak sastoji od više koraka, a pogreška u računu u nekome od ranijih koraka utječe na sljedeće ispravno provedene korake, oduzima se bod u prvome pogrešnome koraku, a ostali se koraci boduju kao točni.

Ni u jednome tipu zadataka netočni odgovori ne kažnjavaju se negativnim bodovima.

Ukupan broj bodova svakoga ispitanika određuje se kao zbroj svih postignutih bodova na pojedinim zadacima. Postotak ostvarenih bodova određuje se dijeljenjem ukupnoga broja bodova s maksimalno mogućim brojem bodova na ispitu i množenjem sa 100.

7. OGLEDNI PRIMJERAK TESTA I NAČIN BODOVANJA ODGOVORA

7.1. Ogledni primjerak testa

1. Koja je od sljedećih tvrdnji o količini gibanja ispravna?

- A. Količina gibanja je skalarna veličina.
- B. Količina gibanja jednaka je umnošku mase i akceleracije tijela.
- C. Količina gibanja jednaka je umnošku mase i brzine tijela.
- D. Količina gibanja jednaka je kvocijentu sile i vremena djelovanja sile.

(2 boda)

2. Dva prstena jednakih obujama, jedan od zlata ($\rho = 19300 \text{ kg m}^{-3}$), a drugi od bakra ($\rho = 8900 \text{ kg m}^{-3}$) potpuno uronimo u vodu ($\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$). Uzgon na bakreni prsten iznosi 0.2 N. Koliki je uzgon na zlatni prsten?

- A. 0.2 N
- B. 0.4 N
- C. 2 N
- D. 4 N

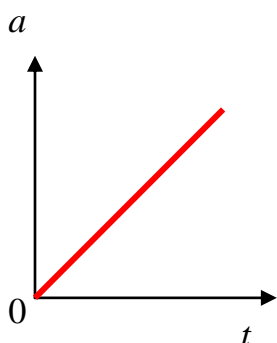
(2 boda)

3. Koji od navedenih automobila nakon 10 sekundi ima najveću brzinu? Automobil koji ima:

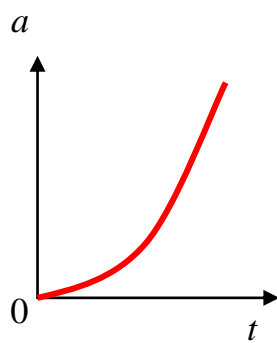
- A. početnu brzinu od 0 ms^{-1} i ubrzanje od 1 ms^{-2}
- B. početnu brzinu od 10 ms^{-1} i ubrzanje od 2 ms^{-2}
- C. početnu brzinu od 20 ms^{-1} i ubrzanje od 5 ms^{-2}
- D. početnu brzinu od 40 ms^{-1} i ubrzanje od 2 ms^{-2}

(2 boda)

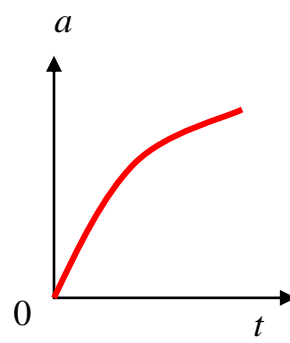
4. Brzina automobila jednoliko se povećava. Koji graf ispravno prikazuje ovisnost akceleracije automobila o vremenu?



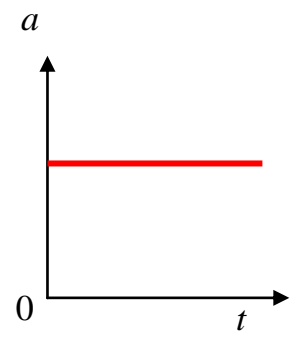
A.



B.



C.



D.

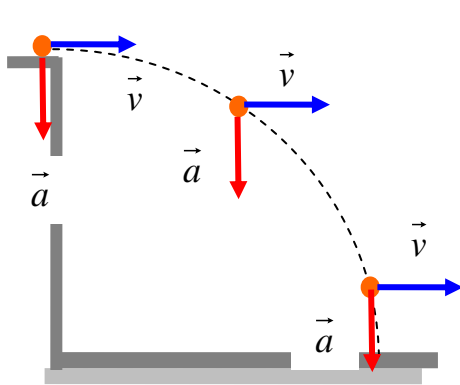
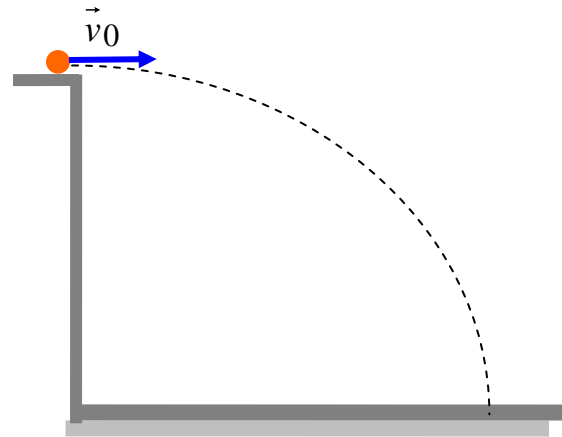
(2 boda)

5. U posudu, koja je do ruba napunjena vodom, spustimo dvije jednake kocke volumena 100 cm^3 . Prva je načinjena od tvari gustoće 2.0 g cm^{-3} , a druga od tvari gustoće 0.5 g cm^{-3} . Gustoća vode iznosi 1.0 g cm^{-3} . Koliko će se vode preliti preko ruba posude?

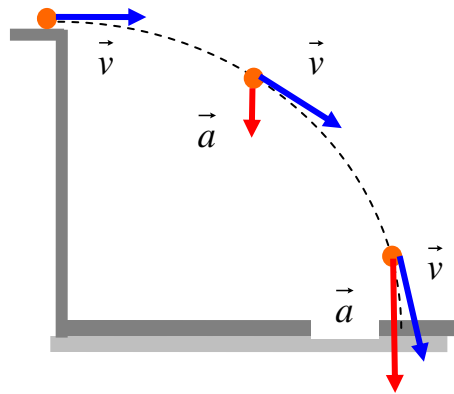
- A. 200 cm^3
- B. 150 cm^3
- C. 125 cm^3
- D. 110 cm^3

(2 boda)

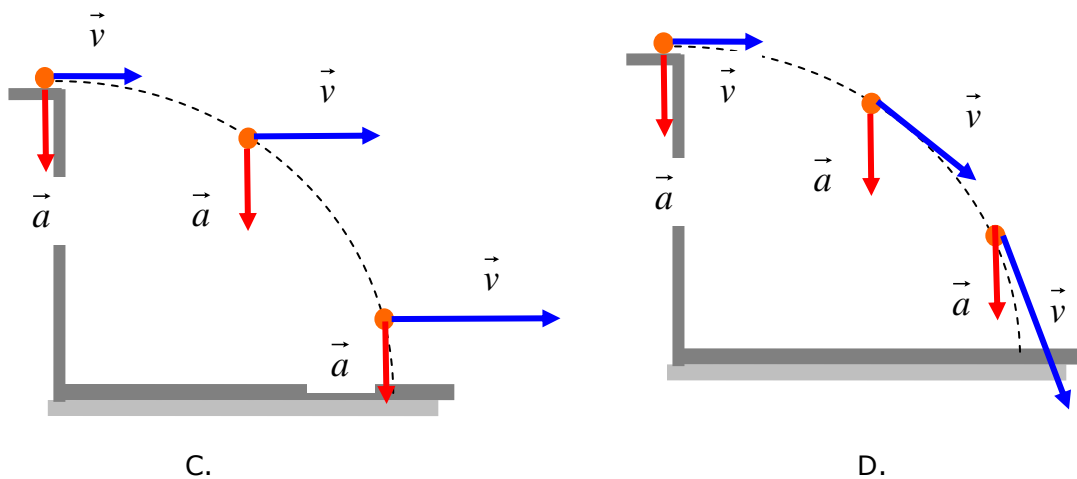
6. Na slici je prikazana putanja nekoga tijela koje izvodi vodoravni hitac. Koja slika pravilno prikazuje vektore ubrzanja i brzine tijela u svim trima odabranim točkama putanje?



A.



B.



(2 boda)

7. Kada je tijelo na površini Zemlje, ona ga privlači gravitacijskom silom od 200 N. Na kojoj udaljenosti od površine Zemlje treba biti tijelo da ga Zemlja privlači gravitacijskom silom od 50 N? R označava polumjer Zemlje.

- A. R
- B. $2R$
- C. $3R$
- D. $4R$

(2 boda)

8. Pri kojem se procesu unutrašnja energija idealnoga plina **ne** mijenja?

- A. pri adijabatskome
- B. pri izotermnome
- C. pri izohornome
- D. pri izobarnome

(2 boda)

9. Metalnu šipku, duljine 5 m pri $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, zagrijemo od $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Koliko iznosi koeficijent temperaturnoga rastezanja toga metala ako se šipka pritom produjila za 1.8 mm?

- A. $12 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$
- B. $18 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$
- C. $30 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$
- D. $90 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$

(2 boda)

10. Specifična toplina isparavanja vode iznosi $2\,260\text{ kJ/kg}$. Ako se 0.5 kg vodene pare temperature $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ kondenzira u vodu temperature $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, to znači da je:

- A. para okolini predala $2\,260\text{ kJ}$ topline
- B. okolina pari predala $2\,260\text{ kJ}$ topline
- C. para okolini predala $1\,130\text{ kJ}$ topline
- D. okolina pari predala $1\,130\text{ kJ}$ topline

(2 boda)

11. Idealni plin primi 800 J topline i okolina nad njim obavi rad od 200 J . Unutrašnja energija plina pritom se:

- A. povećala za 600 J
- B. povećala za $1\,000\text{ J}$
- C. smanjila za 600 J
- D. smanjila za $1\,000\text{ J}$

(2 boda)

12. Kod paralelnoga spajanja otpornika ukupan je otpor uvijek:

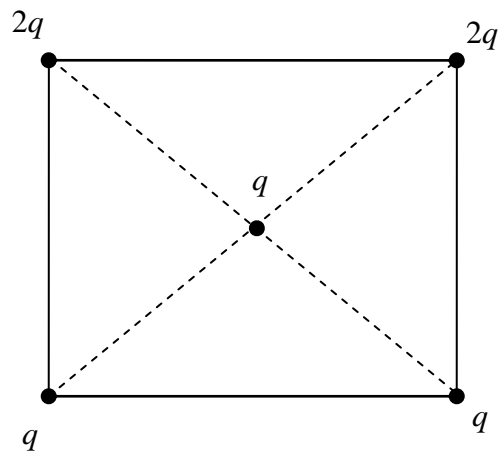
- A. jednak najmanjemu otporu
- B. veći od najmanjega, ali manji od najvećega otpora
- C. manji od najmanjega otpora
- D. veći od najvećega otpora

(2 boda)

13. Četiri pozitivna naboja smještena su u vrhovima kvadrata kao na slici.

Peti pozitivni naboj smješten je u središtu kvadrata.

Ukupna sila koja djeluje na naboj u središtu najbolje je prikazana vektorom:



A.



B.



C.



D.

(2 boda)

14. Točkasti se naboji Q i $-Q$ na međusobnoj udaljenosti od 20 cm privlače silom od 2 mN. Ako jedan od naboja zamijenimo suprotnim nabojem istoga iznosa, naboji će se:

- A. privlačiti silom od 2 mN
- B. odbijati silom od 2 mN
- C. privlačiti silom od 4 mN
- D. odbijati silom od 4 mN

(2 boda)

15. Elektron ubrzan u električnome polju postigne kinetičku energiju od 1 keV. Napon kojim je elektron ubrzavan iznosi:

- A. $1,6 \cdot 10^{-19}$ V
- B. $1,6 \cdot 10^{-16}$ V
- C. 1 V
- D. 1 000 V

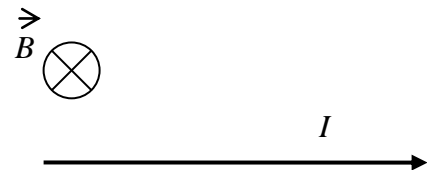
(2 boda)

16. Kad nabijena čestica uleti u homogeno, vremenski nepromjenjivo magnetsko polje, okomito na njegove silnice, ona će se u tom polju gibati:

- A. po pravcu
- B. po kružnici
- C. po elipsi
- D. po paraboli

(2 boda)

17. Vodič kojim teče struja postavljen je okomito na silnice homogenoga magnetskoga polja, čiji je vektor usmjeren u ravninu papira.



Magnetska sila na vodič bit će usmjerena:

- A. vertikalno prema gore (u ravnini papira)
- B. vertikalno prema dolje (u ravnini papira)
- C. u smjeru struje
- D. u smjeru polja

(2 boda)

18. Neko tijelo ovješeno o elastičnu oprugu harmonijski titra s periodom od 2 s i amplitudom od 2 cm. Koliki će biti period istoga utega na istoj opruzi ako uteg harmonijski titra s amplitudom od 1 cm?

- A. 1 s
- B. 2 s
- C. 3 s
- D. 4 s

(2 boda)

19. Svakoj mjernoj jedinici pridružite pripadajuću fizikalnu veličinu tako da upišete odgovarajuće slovo na praznu crtu.

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| a. V _____ | A. električni naboj |
| b. V/m _____ | B. napon |
| c. C _____ | C. električni kapacitet |
| d. Ω m _____ | D. otpornost |
| | E. otpor |
| | F. električno polje |

(2 boda)

20. Jura je svoju torbu sa školskim knjigama, ukupne mase 10 kg, prenio iz prizemlja u potkrovlje. Potkrovlje je 8 m iznad prizemlja.

Promjena gravitacijske potencijalne energije torbe iznosi _____. **(2 boda)**

Postupak:

21. Pri jednolikome gibanju po kružnici polumjera 0.1 m period vrtnje nekoga tijela iznosi 0.2 s.

a) Frekvencija vrtnje toga tijela iznosi _____. **(2 boda)**

Postupak:

b) Ubrzanje tijela iznosi _____. **(2 boda)**

Postupak:

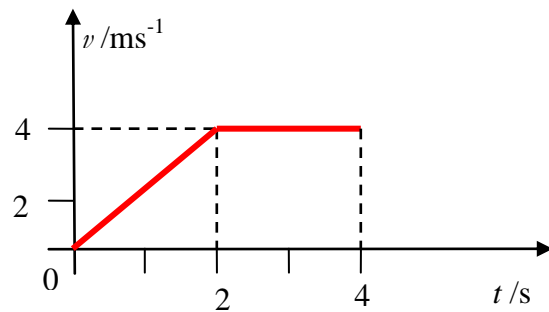
22. Na kolikoj je dubini u nekome jezeru ukupan tlak tri puta veći od hidrostatskoga?

Atmosferski tlak iznosi 10^5 Pa, a voda u jezeru ima gustoću od 10^3 kg/m³. **(2 boda)**
Tražena dubina iznosi _____.

Postupak:

23. Neko se tijelo giba po pravcu tako da je v, t graf toga gibanja kao na slici.

a) Koliki put tijelo prijeđe za 4 s? **(2 boda)**



Postupak:

Odgovor: _____

b) Koliko iznosi njegova srednja brzina na tome putu?

(2 boda)

Postupak:

Odgovor: _____

24. Kutija mase 1 kg miruje na horizontalnome stolu. Antonija počne gurati kutiju stalnom horizontalnom silom od 10 N. Nakon što je prešla put od 1.5 m, kutija je postigla brzinu od 2 m/s. Koliko je energije Antonija utrošila na savladavanje trenja između kutije i stola?

(4 boda)

Postupak:

Odgovor: _____.

25. Nakon što hokejaš A, mase 70 kg, pri brzini od 10 m/s naleti na mirnoga hokejaša B, mase 80 kg, oni nastavljaju klizati zajedno sve do udara u ogradu igrališta. Na ogradi se zaustave nakon 0,5 sekundi od trenutka doticanja ograde. Trenje je zanemarivo.

a) Kolikom je srednjom silom djelovala ograda na hokejaše?

(2 boda)

b) Kolikom su srednjom silom hokejaši djelovali na ogradu?

(1 bod)

Postupak:

Odgovor: a) _____ b) _____

26. U čeličnoj se boci nalazi određena masa idealnoga plina pri nekoj temperaturi T . Masa se plina udvostruči uz istovremeno udvostručenje temperature, izražene u kelvinima.

Koliko se puta pritom poveća tlak plina u boci?

(2 boda)

Postupak:

Odgovor: _____.

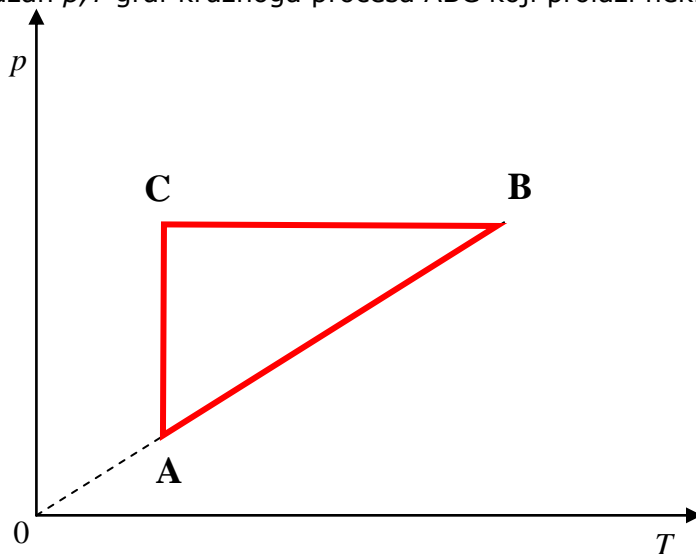
27. Komad keramike, mase 1 250 g, ima temperaturu od 20 °C. Nakon što primi 20 kJ topline, taj komad keramike postigne temperaturu od 36 °C. Koliko još topline treba dovesti da bi se njegova temperatura povećala na 47 °C?

(3 boda)

Postupak:

Odgovor: _____.

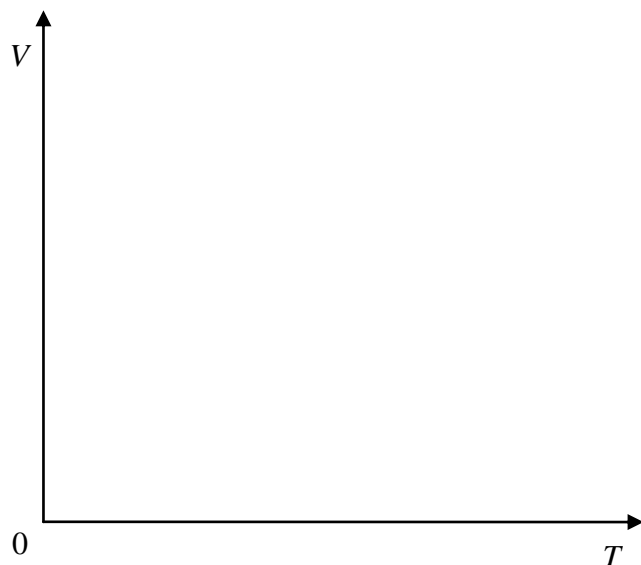
28. Na slici je prikazan p, T graf kružnoga procesa ABC koji prolazi neki plin.



a) U dijelu AB plin prolazi _____ proces. **(1 bod)**

b) U dijelu BC plin prolazi _____ proces. **(1 bod)**

c) Nacrtajte pripadajući V, T graf. **(2 boda)**



29. Toplinski stroj od toplijega spremnika primi 2 500 J topline, a hladnijemu spremniku prenese 1 500 J. Koliki je omjer temperatura toplijega i hladnijega spremnika? **(2 boda)**

Postupak:

Odgovor: _____

30. Koliko iznosi srednja kinetička energija čestica jednoatomnoga plina na temperaturi od 0 °C? **(2 boda)**

Postupak:

Odgovor: _____.

31. Idealni plin zagrijavamo s temperature od $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ na temperaturu od $300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pritom se tlak plina poveća s 10^5 Pa na $3 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Odredite omjer gustoće plina pri temperaturi od $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

(3 boda)

Postupak:

Odgovor: _____.

32. Dva točkasta naboja od $+2\text{ nC}$ i -2 nC nalaze se u vakuumu na međusobnoj udaljenosti od 1 m . Koliki je iznos električnoga polja u točki koja se nalazi na spojnici naboja, na polovici njihove međusobne udaljenosti?

(3 boda)

Postupak:

Odgovor: _____.

33. Tri otpornika otpora $R_1 = 600\ \Omega$, $R_2 = 400\ \Omega$ i $R_3 = 200\ \Omega$ serijski su spojena u strujni krug.

Omjer snaga razvijenih na tim otpornicima iznosi

$$P_1 : P_2 : P_3 = \underline{\quad} : \underline{\quad} : \underline{\quad}.$$

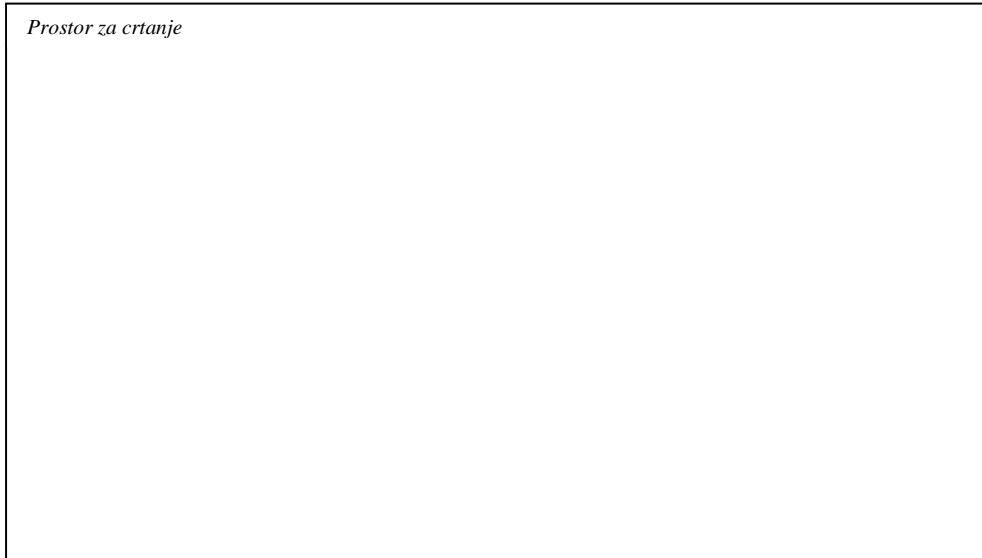
(2 boda)

Postupak:

34. Želite istražiti vrijedi li Ohmov zakon za neki otpornik X, koji se sastoji od dugačkoga komada žice. Otpornik ima klizni kontakt, čijim se pomicanjem može promijeniti duljina žice koja je uključena u strujni krug. Na raspolaganju vam je i prikladan promjenljiv izvor napona.

a) Skicirajte shemu strujnoga kruga kojega biste trebali spojiti da obavite mjerenje i naznačite u njemu mjerne instrumente koje biste trebali priključiti. **(3 boda)**

Prostor za crtanje



b) Navedite koje biste veličine mijenjali, a koje držali konstantnima pri mjerenju. **(2 boda)**

35. U serijskome spoju otpornika, kondenzatora i zavojnice pri kružnoj frekvenciji struje od 500 rad/s voltmetar na kondenzatoru pokazuje 64 V, a ampermetar u krugu pokazuje 0.2 A.

a) Kapacitivni otpor u krugu iznosi _____ . **(2 boda)**

Postupak:

b) Ako pri toj frekvenciji nastupa serijska rezonancija, induktivitet zavojnice iznosi _____ (2 boda)

Postupak:

36. Dva točkasta naboja u zraku na međusobnome razmaku od 20 cm međudjeluju silom od $50 \mu\text{N}$. Na koliki ih razmak trebamo staviti da međudjeluju silom od $25 \mu\text{N}$? (2 boda)

Postupak:

Odgovor: _____

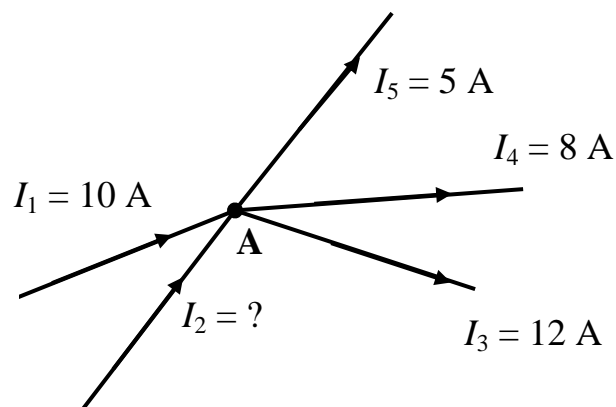
37. Pri sijevanju munja događa se da između tla i oblaka proteče struja od 5 000 A. Koliki naboj proteče između tla i oblaka u sijevanju takve munje ako ona traje stotinku sekunde? (2 boda)

Postupak:

Odgovor: _____

38. Na crtežu je prikazano grananje struja u točki A strujnoga kruga. Odredite koliko iznosi struja I_2 .

(2 boda)

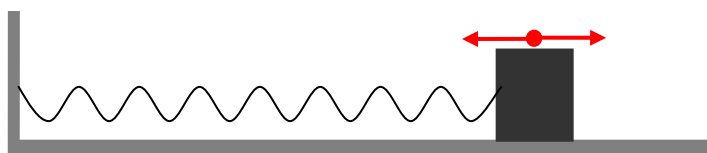


Postupak:

Odgovor: _____

39. Tijelo harmonijski titra na opruzi konstante elastičnosti 100 N/m. Maksimalan odklon tijela od ravnotežnoga položaja iznosi 4 cm. Trenje je zanemarivo. Odredite kinetičku energiju tijela u trenutku kad je ono udaljeno od ravnotežnoga položaja za 2 cm.

(3 boda)



Postupak:

Odgovor: _____

40. Opruga na koju je ovješeno tijelo mase 0.4 kg titra frekvencijom od 4 Hz. Kolikom će frekvencijom titrati tijelo mase 0.1 kg na istoj opruzi? **(2 boda)**

Postupak:

Odgovor: _____.

41. Tijelo titra po zakonu $x = 0.05 \sin(2t + 30^\circ)$, pri čemu je x u metrima, a t u sekundama. Odredite akceleraciju tijela u trenutku kada njegova elongacija iznosi 2 cm.

(2 boda)

Postupak:

Odgovor: _____.

7.2. Primjeri bodovanja zadataka

Svi zadatci višestrukoga izbora (1. – 18.) donose dva boda ako je odabran točan odgovor, a nula bodova u svim ostalim slučajevima.

Zadatak povezivanja i sređivanja (19.) donosi 2 boda ako je sve točno povezano, a 1 bod u slučaju jedne pogriješke. Ako je načinjeno više od jedne pogriješke, zadatak donosi nula bodova.

Zadatci kratkih odgovora mogu donositi dva ili više bodova, kako je naznačeno uz zadatak.

Primjer: U 22. zadatku točan odgovor (5 m) donosi 2 boda ako je naveden i točan postupak ($p_{atm} + \rho gh = 3 \rho gh$, $h = p_{atm}/2\rho g$).

Ako je postupak ispravan, a odgovor naveden bez jedinice ili krivo izračunat, dobiva se 1 bod. Odgovor bez postupka donosi nula bodova.

U 24. zadatku točan odgovor treba glasiti:

$\Delta E_{tr} = 13 \text{ J}$.

Postupak: $W = F \cdot s = 15 \text{ J}$

$$\Delta E_k = mv^2/2 = 2 \text{ J}$$

$$\Delta E_{tr} = W - \Delta E_k = 13 \text{ J}$$

Točan odgovor i točan postupak donose 3 boda. Ako je točno izražen samo obavljeni rad dobiva se 1 bod, promjena kinetičke energije donosi 1 bod, a točno određena energija utrošena na trenje donosi još 1 bod.

U 34.a) zadatku ispravno nacrtana shema strujnoga kruga (serijski spoj izvora napona, ampermetra i otpornika X uz voltmetar paralelno spojen na krajeve otpornika X) donosi 2 boda. Ako je naznačeno da je izvor napona promjenljiv ili je u krug dodan još jedan promjenljivi otpornik, pomoću kojega se mijenja jakost struje u krugu, dobiva se još jedan bod (ukupno 3 boda). Ako u krugu nedostaje jedan mjerni instrument ili je krivo spojen, dobiva se 1 bod. Ako nedostaju oba instrumenta ili su oba krivo spojena, dobiva se nula bodova.

U 34. b) zadatku za točan odgovor da treba mijenjati bilo napon, bilo jakost struje u krugu, a otpor (uključenu duljinu žice) promatranoga otpornika X držati konstantnim, dobivaju se 2 boda. Za polovičan odgovor (npr. „mijenjao bih napon“) dobiva se 1 bod.

Za pogriješan odgovor (npr. „treba mijenjati napon i duljinu žice otpornika X“) dobiva se 0 bodova.

8. KAKO SE PRIPREMITI ZA ISPIT

Školovanje u bilo kojem gimnazijskom programu dostatna je priprema za ispit iz Fizike.

9. LITERATURA

Literatura za pripremanje ispita su udžbenici i zbirke zadataka iz Fizike za gimnaziju koje je odobrilo MZOŠ RH za uporabu u nastavi Fizike u gimnazijama (vidi *Katalog odobrenih udžbenika* za školsku godinu 2005./2006. i 2006./2007. na www.mzos.hr).

10. DODATCI

A – Popis nekih preporučenih pokusa

1. Snimanje gibanja na vrpcu pomoću elektromagnetskoga tipkala i analiziranje zapisa
2. Određivanje gustoće papira
3. Određivanje odnosa ubrzanja, sile i mase
4. Rastavljanje sile na komponente
5. Određivanje statičkoga faktora trenja klizanja
6. Određivanje početne brzine tijela kod horizontalnoga hica
7. Određivanje konstante elastičnosti opruge
8. Mjerenje perioda i frekvencije kruženja
9. Određivanje gustoće čvrstoga tijela pomoću uzgona u tekućini
10. Određivanje gustoće tekućine pomoću U-cijevi
11. Određivanje specifičnoga toplinskoga kapaciteta
12. Provjeravanje Boyle-Mariotteovoga zakona
13. Određivanje otpora serijski i paralelno spojenih otpornika pomoću ampermetra i voltmetra
14. Određivanje unutrašnjega otpora električnoga izvora
15. Određivanje kapaciteta kondenzatora
16. Određivanje induktiviteta zavojnice
17. Određivanje akceleracije slobodnoga pada pomoću jednostavnoga njihala

B – Matematička znanja koja se očekuju od učenika

Na ispitu iz Fizike 2008. od učenika se očekuje da znaju:

- rabiti džepno računalo
- rabiti tablice i dijagrame
- nacrtati grafove iz zadanih podataka
- interpretirati grafove
- pretvarati decimalne razlomke u postotke i obrnuto
- odrediti srednje vrijednosti i protumačiti njihovo značenje
- transformirati matematički izraz
- riješiti sustav linearnih jednadžbi s više nepoznanica
- riješiti kvadratnu jednadžbu s jednom nepoznanicom
- primijeniti upravnu i obrnutu proporcionalnost
- zbrajati i oduzimati vektore
- rabiti trigonometrijske funkcije
- izračunati površinu i opseg trokuta, kruga i pravokutnika
- izračunati oplošje i obujam kvadra, valjka i kugle.

C - Jedinice, oznake i nazivlje

Jedinice, oznake i nazivlje u specifikacijama i ispitu iz Fizike 2008. usuglašeni su sa *Zakonom o mjernim jedinicama*, NN 58./93.

D - Popis formula i konstanti

Sljedeće će formule i konstante biti priložene u testu.

Formule

Kinematika

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad s = v_0 t \pm a \frac{t^2}{2} \quad v = v_0 \pm at \quad v^2 = v_0^2 \pm 2as$$
$$a_{cp} = \frac{v^2}{r}$$

Dinamika

$$F = ma \quad F_{tr} = \mu F_P \quad F_{elas} = -kx \quad p = mv \quad F\Delta t = \Delta p$$

$$W = \Delta E \quad W = Fs \cos \alpha \quad E_k = \frac{mv^2}{2} \quad \Delta E_{gp} = mg\Delta h \quad E_{ep} = k \frac{x^2}{2}$$

$$P = \frac{W}{t} \quad F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Hidromehanika

$$p = \frac{F}{S} \quad p = \rho gh \quad F_u = \rho gV \quad S_1 v_1 = S_2 v_2 \quad p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$$

Termodinamika

$$n = \frac{N}{N_A} \quad \bar{E}_k = \frac{3}{2} kT \quad pV = nRT \quad l = l_0(1 + \alpha\Delta t)$$

$$Q = mc\Delta t \quad Q_t = m\lambda \quad Q_i = mr \quad Q_s = m(\lambda + r)$$

$$\Delta U = Q \pm W \quad W = p\Delta V \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Elektricitet i magnetizam

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2} \quad F = qE \quad \varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r} \quad W = qU \quad U = Ed$$

$$C = \frac{Q}{U} \quad C = \epsilon_0\epsilon_r \frac{S}{d} \quad W = \frac{CU^2}{2}$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad I = \frac{U}{R} \quad R = \rho \frac{l}{S} \quad I = \frac{E}{R_u + R_v} \quad P = UI$$

$$B = \mu_0\mu_r \frac{I}{2r\pi} \quad B = \mu_0\mu_r \frac{NI}{l} \quad F = BIl \sin \alpha \quad F_L = qvB \sin \alpha$$

$$\Phi = BS \cos \alpha \quad U_i = -\frac{N\Delta\Phi}{\Delta t} \quad U_i = -Blv \sin \alpha$$

$$I = \frac{U}{Z} \quad Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2} \quad R_L = L\omega \quad R_C = \frac{1}{C\omega}$$

Titranje

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad T = 2\pi\sqrt{LC} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \quad x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$v = v_0 \cos(\omega t + \varphi_0) \quad v_0 = \frac{2\pi A}{T}$$

$$a = a_0 \sin(\omega t + \varphi_0) \quad a_0 = \frac{4\pi^2 A}{T^2}$$

Konstante

gravitacijska konstanta	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N kg}^{-2} \text{ m}^2$
ubrzanje slobodnog pada (pri površini Zemlje)	$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ (u zadacima uzeti 10 ms^{-2})
masa Zemlje	$M = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
polumjer Zemlje	$R = 6\,370 \text{ km}$
unificirana atomska masa	$u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Avogadrova konstanta	$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
opća plinska konstanta	$R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
brzina svjetlosti u vakuumu	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
elementarni naboj	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
masa elektrona	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
masa protona	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
permitivnost vakuumu	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
permeabilnost vakuumu	$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$
Boltzmannova konstanta	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$