

Projekt *Zajedno kroz prirodoslovlje*

Fizikalni eksperimenti

Priručnik za učenike

Izdavač



Gimnazija Petra Preradovića,
Virovitica

Naslov Priručnik za učenike fakultativnog predmeta *Fizikalni eksperimenti*

Radni naziv kurikuluma *Fizikalni eksperimenti i modeli kao osnova rada tehničkih uređaja*

Izdavač Gimnazija Petra Preradovića, Virovitica

Za izdavača Jasminka Viljevac

Urednica Jasminka Viljevac

Autori Slobodanka Polašek, Aljoša Graovac, Dubravka Ištvanfi, Dragan Klement, Željka Ptiček

Supervizori Ružica Vuk, Vlado Halusek, Danijel Jukopila, Aneta Copić

Supervizorica za jezik i gramatiku Izabela Babić

Oblikovale naslovnici i grafički uredile Mateja Uzelac, Nikolina Hečimović

Dizajn logotipa projekta Grafoprojekt, Virovitica

Podatak o izdanju 1. izdanje

Mjesto i godina izdavanja Virovitica, 2016.

Naziv tiskare i sjedište Grafoprojekt, Virovitica

CIP zapis dotupan je u računalnom katalogu Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek pod brojem 140602053

ISBN 978-953-8147-09-8

Ova publikacija rezultat je projekta *Zajedno kroz prirodoslovlje* koji su provele nositelj projekta Gimnazija Petra Preradovića iz Virovitice s partnerima Srednjom školom Marka Marulića Slatina i Srednjom školom „Stjepan Ivšić“ Orahovica od 23. listopada 2015. do 23. listopada 2016. godine. Projekt je u cijelosti financirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda, a financijska sredstva u iznosu od 2 260 369,46 kn osigurana su temeljem natječaja *Promocija kvalitete i unaprjeđenja sustava odgoja i obrazovanja na srednjoškolskoj razini*.

Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost Gimnazije Petra Preradovića, Virovitica.

Kurikulumi i svi radni materijali jesu razvojni; mogu se dopunjavati, popravljati i mijenjati.

Ova publikacija dostupna je na hrvatskom jeziku u elektroničkom obliku na mrežnoj stranici

<http://www.gimnazija-ppreradovica-vt.skole.hr/>.

Riječi i pojmovni sklopovi koji imaju rodno značenje, bez obzira na to jesu li u tekstu korišteni u muškom ili ženskom rodu, odnose se na jednak način na muški i ženski rod.

©Sva prava pridržana. Nijedan dio ove publikacije ne smije biti objavljen ili pretiskan bez prethodne suglasnosti nakladnika i vlasnika autorskih prava.



Srednja škola
"Stjepan Ivšić" Orahovica

Projekt *Zajedno kroz prirodoslovlje*

Fizikalni eksperimenti

PRIRUČNIK ZA UČENIKE

Slobodanka Polašek, dipl. fizičar, prof. savjetnik
Aljoša Graovac, mag. educ. phys. et inf.
Dubravka Ištvanfi, prof. matematike i fizike, prof. mentor
Dragan Klement, prof. matematike i fizike, prof. mentor
Željka Ptiček, prof. matematike i fizike

Gimnazija Petra Preradovića, Virovitica
Virovitica, 2016.

SADRŽAJ

PREDGOVOR.....	5
UVOD.....	7
OBRADA REZULTATA MJERENJA	10
IZVJEŠTAJ O PROVEDENOJ VJEŽBI	26
IZRADA SAMOSTALNOG ISTRAŽIVAČKOG RADA	26
POPIS VJEŽBI PO DOMENAMA	28
GIBANJE	29
POPIS VJEŽBI SA ZADATCIMA U POJEDINOJ VJEŽBI	30
PROUČAVANJE PRAVOCRTNIH GIBANJA	31
PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (HORIZONTALNI HITAC).....	40
PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (VERTIKALNI HITAC).....	48
PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (KOSI HITAC).....	57
ENERGIJA	69
POPIS VJEŽBI SA ZADATCIMA U POJEDINOJ VJEŽBI	70
ZAKON OČUVANJA ENERGIJE II	81
PROUČAVANJE KAPACITETA KONDENZATORA U ISTOSMJERNOM I IZMJENIČNOM STRUJNOM KRUGU.....	92
PROUČAVANJE STOJNIH VALOVA I ODREĐIVANJE BRZINE ZVUKA	104
ODREĐIVANJE INTERVALA FREKVENCIJA VIDLJIVE SVJETLOSTI OSOBNIM SPEKTROMETROM	110
ODREĐIVANJE BRZINE SVJETLOSTI U STAKLU I VODI	118
PROUČAVANJE SERIJSKOG, PARALELNOG I MJEŠOVITOG SPOJA OTPORNIKA	127
MEĐUDJELOVANJE	138
POPIS VJEŽBI SA ZADATCIMA U POJEDINOJ VJEŽBI	139
ODREĐIVANJE FAKTORA TRENJA NA NIZBRDICI	140
PROUČAVANJE PERIODA TITRANJA UTEGA NA OPRUZI.....	149
ODREĐIVANJE GRAVITACIJSKOG UBRZANJA POMOĆU NJIHALA.....	160
PROUČAVANJE RAVNOTEŽE SILA NA POLUZI.....	167
PROUČAVANJE CENTRIPETALNE I CENTRIFUGALNE SILE	172
STRUKTURA TVARI.....	184
POPIS VJEŽBI SA ZADATCIMA U POJEDINOJ VJEŽBI	185
PROUČAVANJE TOPLINSKIH IZMJENA KRUTOG TIJELA S OKOLINOM	186
PROUČAVANJE TOPLINE TALJENJA LEDA	191
PROUČAVANJE ELEKTRIČNOG OTPORA VODIČA.....	196
PROUČAVANJE OHMOVA ZAKONA ZA VODIČ I POLUVODIČ.....	206
PROUČAVANJE OHMOVA ZAKON ZA CIJELI STRUJNI KRUG	215
PROUČAVANJE PLINSKIH ZAKONA	225
POPIS PRIBORA PO VJEŽBAMA.....	236

PREDGOVOR

U vašim je rukama priručnik za učenike fakultativnog predmeta nastao kao rezultat projekta *Zajedno kroz prirodoslovlje*, a financirala ga je Europska unija iz Europskog socijalnog fonda u okviru natječaja *Promocija kvalitete i unaprjeđenje sustava odgoja i obrazovanja na srednjoškolskoj razini*. Vrijednost projekta bila je 2 260 369,46 kuna, a trajao je od 23. 10. 2015. do 23. 10. 2016. godine.

Projekt *Zajedno kroz prirodoslovlje* prijavila je Gimnazija Petra Preradovića iz Virovitice, a partneri su joj bili Srednja škola Marka Marulića iz Slatine i Srednja škola „Stjepan Ivšić“ iz Orahovice.

Cilj projekta bio je uspostava programskih, kadrovskih i materijalnih uvjeta u gimnazijama Virovitičko-podravske županije koji će učenicima omogućiti stjecanje dodatnih kompetencija u području prirodoslovlja, matematike i informacijsko-komunikacijskih tehnologija.

Kurikulumi su zasnovani na ishodima učenja i izrađeni prema principima Hrvatskog kvalifikacijskog okvira (Zakon o HKO-u, MZOS 2013.) čime izravno doprinose njegovom daljnjem razvoju i provedbi.

Suradnički su ih izrađivali nastavnici Matematike, Informatike i prirodoslovnih predmeta triju gimnazija, stručnjaci na polju pedagogije i metodologije te profesori sveučilišnih kolegija na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Ciljne skupine ovog projekta jesu: nastavnici, učenici, stručni suradnici, vanjski stručnjaci i ravnatelji.

Sudjelovanjem ravnatelja triju gimnazija u provedbi projekta naglašena je važnost modernizacije kurikuluma za obrazovne ustanove. Ojačani kapaciteti gimnazija za izradu i provedbu inovativnih fakultativnih nastava (ljudski i materijalni potencijali) čine ustanovu atraktivnom i poželjnom za nastavak obrazovanja svim učenicima zainteresiranim za prirodoslovlje.

Kako bi podržali razvoj novih fakultativnih programa u školama, ali i doprinijeli razvoju programa svojim stručnim znanjima iz područja pedagogije/psihologije, stručni suradnici iz gimnazija sudjelovali su u edukacijama za razvoj kurikuluma temeljenog na ishodima učenja i unaprjeđenje nastavnih kompetencija. Stečenim znanjem i vještinama pružili su podršku ostalim nastavnicima za razvoj i implementaciju drugih fakultativnih programa, ali i prilagođavanju postojećih nastavnih programa zahtjevima HKO-a.

Postojeći su gimnazijski programi zastarjeli i nedovoljno su prilagođeni promjenama u suvremenom društvu. Naročito zabrinjava zastarjelost u prirodoslovnom i ICT području. Rezultati PISA istraživanja upućuju da su rezultati hrvatskih 15-godišnjaka ispod prosjeka u matematičkoj i prirodoslovnoj pismenosti. Često učenici nisu sposobni povezati znanja iz različitih nastavnih predmeta ili to čine površno i nesustavno. Znanja stečena u gimnazijskom nastavnom procesu uglavnom su teorijska i udaljena od neposredne životne zbilje. Stoga se nameće potreba za povezivanjem škole i života, znanja i vrijednosti, znanstvenih spoznaja i prakse.

Posljednjih godina učinjene su značajne promjene u smjeru poboljšanja hrvatskog obrazovnog sustava u predškolskom i osnovnoškolskom sektoru (HNOS, NOK), srednjem školstvu (reforma strukovnog obrazovanja, državna matura, NOK) i visokom školstvu (Bologna proces), a dovršen je i *Hrvatski kvalifikacijski okvir* (HKO) sukladno *Europskom kvalifikacijskom okviru* (EQF). Međutim gimnazijski kurikulum nije značajno strukturno promijenjen već pedesetak godina. Aktualni nastavni programi za gimnazije potječu iz 1994. i 1995. godine, a nastavni planovi iz 1995. godine i nisu zasnovani na ishodima učenja prema instrumentariju Hrvatskoga kvalifikacijskog okvira. Predmetna područja slabo su povezana, iako HKO i NOK omogućuju i potiču smisljeno povezivanje

svih sastavnica sustava u skladnu cjelinu. Nedostatno su zastupljeni novi oblici učenja i poučavanja, a osobito primjerena upotreba suvremenih tehnologija u poučavanju i učenju.

Naš doprinos promjenama koje svi očekuju jest osam novih kurikuluma fakultativne nastave s priručnicima za nastavnike, priručnicima za učenike te digitalnim radnim materijalima u Moodle-u.

Radni nazivi kurikuluma govore o sadržaju kurikuluma i o smjeru kojim idemo: Zemlja u geografiji, fizici i matematici, Linearna funkcija i vektori u matematičkom programu Geogebra i njihova primjena u obradi eksperimenata u fizici, Funkcije u matematičkom programu Geogebra i njihova primjena u prirodoslovlju, Biološki sustavi u ekologiji i matematici, Biologija s kemijom u životnim procesima, Termodinamika i kvantna mehanika u fizici i kemiji u računima i eksperimentima, Fizikalni eksperimenti i modeli kao osnova rada tehničkih uređaja i Informatika. Nazivi fakultativnih predmeta koji su iz njih proizašli jesu:

1. *Geografija rizika i klimatske promjene*
2. *Linearna funkcija i vektori u eksperimentima*
3. *Funkcije u prirodoslovlju*
4. *Biološki sustavi i matematika*
5. *Biologija s kemijom u životnim procesima*
6. *Fizikalna kemija*
7. *Fizikalni eksperimenti*
8. *Informatika u multimediji i dizajnu.*

UVOD

*Reci mi... zaboravit ću,
Pokaži mi ...možda ću zapamtiti,
Uključi me i razumjet ću.*

Konfucije

Ovaj je priručnik namijenjen učenicima fakultativnog predmeta *Fizikalni eksperimenti*. Predmet je namijenjen učenicima trećeg i četvrtog razreda gimnazija (i strukovnih škola) koji žele probuditi i neznatno proširiti znanja iz fizike, a planiraju studirati prirodoslovlje, tehniku ili biomedicinu. Izvodi se u dvosatnu, ukupno 70 sati u školskoj godini.

Organizacija učenja i poučavanja

Danas je u svim suvremenim istraživanjima zastupljena interdisciplinarnost. U nastavi ovog predmeta učenici povezuju fizičke, matematičke i informatičke sadržaje.

Eksperiment je ishodište i okosnica nastave. Istraživački usmjerena nastava započinje otvaranjem problema iz svakodnevnog života. Nakon toga slijedi korak upoznavanja pojave putem eksperimenta. Potom se postavljaju istraživačka pitanja na koja učenici nastoje odgovoriti putem vođenog istraživanja u kojem se traži od učenika da daju svoje pretpostavke, osmisle eksperiment i način mjerenja, daju svoja opažanja, opise, zaključke i analize rezultata. Uz nastavnikovu pomoć tada se formulira matematički model koji opisuje pojavu, a potom se razmatra njegovo značenje i mogućnosti primjene. Na kraju učenik korigira (eventualne) razlike vlastitih pretpostavki i provjerenih zakona fizike.







Važno je birati nastavne metode i načine poučavanja koji će potaknuti aktivno učenje. Koristit će se interaktivne metode koje uključuju usmjerenu raspravu te kooperativno rješavanje zadataka i izvođenje eksperimenta. Jako je važno fizičke pojave povezati sa stvarnim situacijama i iskustvima učenika iz života.

Materijali i resursi za učenje

Nužna pretpostavka za ostvarivanje ciljeva i odgojno-obrazovnih ishoda ovoga predmeta jest postojanje specijalizirane učionice za fiziku u školi te dostatne opreme za izvođenje eksperimenata. Obvezno je posjedovanje računala s internetskom vezom i softverom. Učenicima trebaju biti dostupna različita nastavna sredstva i pomagala za obradu podataka (radni listić, pribor za crtanje i računanje, tablet ili računalo). Kurikulum prate Priručnik za učenike i Priručnik za nastavnike. Materijali su dostupni online.

Učenički priručnik

Učenički priručnik sadrži upute o mjerenjima i radne listiće s uputama za provođenje kvantitativnih istraživanja. Učenicima se pruža i mogućnost učenja na daljinu korištenjem platforme za e-poučavanje. Svaki radni listić ima cjeline:

	Podsjetnik
	Razmišljamo...
	Istražujemo ...i zaključujemo...
	Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...
	Analiza rezultata
	Zaključak
	Primjenjujemo naučeno
	Zadatci za samostalno istraživanje i samostalne projekte

Cjeline *Podsjetnik* i *Razmišljamo* namijenjene su samostalnoj pripremi učenika. Prva je cjelina teorijski uvod. U drugoj je primjer iz svakodnevnog života ili je to primjer primjene s nekoliko pitanja na koja treba odgovoriti kod kuće, prije dolaska na sat fakultativne nastave. U cjelini *Istražujemo ...i zaključujemo...* učenici u školi uz predloženi pribor izvode kvalitativna mjerenja, odgovaraju na pitanja i uočavaju ovisnosti fizičkih veličina. U cjelini *Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo...* učenici dobivaju detaljne upute o mjerenjima, istražuju ovisnosti fizičkih veličine te izmjerene podatke koriste za crtanje grafičkih prikaza i stvaranje modela. Nakon *analiziranja rezultata* slijede *zaključak* i *primjena naučenog*. Svaki listić sadrži nekoliko prijedloga za mali projekt i samostalno istraživanje za iznimnu razinu usvojenosti. Nakon završenih mjerenja učenici analiziraju vlastiti model te otklanjaju eventualne razlike.

Sadržaji mehanike, topline, elektromagnetizma i optike podijeljeni su u domene: Gibanja, Međudjelovanja, Energija i Struktura tvari. Predložene su 22 vježbe. Domene su međusobno povezane i isprepliću se. Stoga je uz vježbu istaknuta samo jedna domena, čiji sadržaji prevladavaju. Za realizaciju nastavnog plana dovoljno je realizirati 15 vježbi koje su podijeljene u tri ciklusa po pet vježbi. Nakon svakog je ciklusa dodatni termin za nadoknadu ili nadopunu provedenih vježbi.

Učenici trebaju uraditi svih 15 vježbi.

Evaluacija vježbe može biti u vidu napisane domaće zadaće, multimedijalnog uratka ili postavljanjem sadržaja na platformu za e – poučavanje.

Za ciklus vježbi učenicima se priznaje dio sati online (2 za pripremu i 3 za analizu) svih vježbi iz jednog ciklusa. Ako nema online aktivnosti, to su sati pripreme i evaluacije u školi.

U svakom ciklusu učenik treba samostalno istražiti i prezentirati jedan kratki uradak. Prijedlozi za istraživanje navedeni su na kraju upute za svaku vježbu. Osim predloženih učenici mogu predložiti

neke druge teme. Cilj je potaknuti učenike na samostalno istraživanje, razmišljanje, zaključivanje i donošenje odluka.

Od predloženih vježbi tri se vježbe izvode primjenom IKT tehnologije: *Složena gibanja (vertikalni i kosi hitac)* te *Proučavanje serijskog i paralelnog spoja kondenzatora*.

Grupiranje učenika i timski rad

Minimalan broj učenika koji će pohađati fakultativnu nastavu bit će određen važećim Državnim pedagoškim standardom srednjoškolskog sustava odgoja i obrazovanja.¹

Preporučeno je raditi u paru. Svaki učenik treba dobiti svoje zaduženje. Time će se razvijati odgovornost svakog učenika. Pri svakom mjerenju treba brinuti o vlastitoj sigurnosti, sigurnosti svog suradnika i svih u učionici.

Preporuke za izvođenje nastave

Nastavnici i škole koje se odluče za fakultativni predmet *Fizikalni eksperimenti*, kurikulum i sve materijale u digitalnom obliku dobit će besplatno, kao i pristup platformi za e-poučavanje.

Nastavnici će moći pratiti i vrednovati rad učenika predviđen za obavljanje pojedinih zadataka na platformi za e-poučavanje čime će učenicima omogućiti online rad u njihovim domovima.

Kurikulum i svi radni materijali jesu razvojni, mogu se dopunjavati, popravljati i mijenjati.

Vjerujemo da će vam ovaj kurikulum, priručnici i ostali materijali osigurati dobre osnove za vaš osobni razvoj i uspjeh u ostvarivanju željenih ciljeva.

Odabir nazivlja

Naziv je kurikulumu *Fizikalni eksperimenti*. U radu se odabire eksperiment jer u znanosti nije dobro mijenjati internacionalizme.

Termin fizikalni zadržan je u nazivu. U tekstu je promijenjen u fizički zbog prednosti sufiksa -čki.

Želimo vam uspjeh u radu.

¹Trenutno važeći objavljen je 02.06.2008. "Narodne novine" broj 63. i izmjene od 21.07.2010. "Narodne novine" broj 90. Odgojno-obrazovna skupina

Članak 5.

(1) Rad u odgojno-obrazovnim skupinama rad je s manjim brojem učenika od broja utvrđenog člankom 4. stavkom 1. ovoga Standarda koji ne može biti manji od 10, osim ako posebnim propisima nije drugačije utvrđeno.

(2) Odgojno-obrazovna skupina može se formirati radi kvalitetnog izvođenja neposrednoga odgojno-obrazovnog procesa u:

- zajedničkom dijelu programa
- izbornom dijelu programa
- fakultativnoj nastavi
- izvannastavnim aktivnostima
- dodatnoj nastavi
- dopunskoj nastavi.

OBRADA REZULTATA MJERENJA

Ponovimo

Fizika je temeljna znanost o prirodi. Istražuje i opisuje tvari, energiju, prostor, vrijeme i interakcije na fundamentalnom nivou. Temelj je mnogih tehničkih disciplina. Rad mnogih tehničkih uređaja predstavlja primjenu fizičkih zakona.

Opažanje pojava u prirodi može biti spontano, ili se namjerno izvode **eksperimenti**.

Eksperiment^{2,3} je postupak kojim se izaziva pojava radi zapažanja, istraživanja i tumačenja. Eksperimentalna istraživanja imaju prednost pred opažanjem spontanijih pojava u prirodi. Uvjeti izvođenja mogu se mijenjati i kontrolirati.

Eksperimentalna fizika⁴ bavi se promatranjem i otkrivanjem fizičkih pojava izvođenjem eksperimenata i mjerenjem fizičkih veličina te traženjem veza između tih veličina.

Teorijska fizika⁵ bavi se konstruiranjem teorija u fizici koje opisuju najveći opseg pojava na osnovi eksperimentalnih podataka te deduktivnom metodom izvodi zaključke i predviđanja novih pojava i zakonitosti. Ukazuje na smjer daljnjih eksperimentalnih istraživanja.

Pojave u prirodi opisuju **fizičkim**^{6,7} **veličinama**. Fizičke su veličine **svojstva tijela** i **procesa** koji se odvijaju u prirodi. Svaku fizičku veličinu opisuju brojanom vrijednošću i **jedinicom**. Mjerna je jedinica dogovorena. Svaka ima ime i znak.

Fizikalni⁸ (fizički) **zakoni** objedinjuju teoriju i eksperiment.

Vektori su veličine čije se vrijednosti određuju iznosom, smjerom i orijentacijom. Za ove veličine vrijede pravila vektorskog računa (Primjer: brzina, ubrzanje, sila...).

Skalari su veličine određene jednim brojem (Primjer: masa, gustoća, energija...).

²<https://hr.wikipedia.org/wiki/Eksperiment>, citat: **Eksperiment** je jedna od osnovnih metoda znanstvene spoznaje. To je postupak kojim se izaziva neka pojava radi zapažanja, istraživanja i tumačenja. Riječ **eksperiment** je latinskog porijekla, stoga je bolje koristiti hrvatsku riječ pokus.

³ Postupak izazivanja neke pojave u kontroliranim uvjetima, radi znanstv. opažanja i istraživanja; može se ponavljati u različitim, promjenjivim uvjetima. E. je najvažnije metodičko pomagalo u kvalitativnim i egzaktno-kvantitativnim analizama; u svakoj znanosti ima specifične mogućnosti i granice; u znanstv. istraživanje uveden u XVII. st. (F. Bacon, G. Galilei). <http://proleksis.lzmk.hr/19410/>

^{4,2} <https://element.hr/artikli/file/1218>, rujan 2016,

⁴ https://hr.wikipedia.org/wiki/Teorijska_fizika, rujan 2016.

⁶ <http://digre.pmf.unizg.hr/910/1/245-1%20str.3-8.pdf>, rujan 2016. Popović, S. & Mihaljević, M.: O nazivima u fizici,

⁷ (www.ihjj.hr), srpanj 2011, rujan 2016. Pridjev fizički u značenju koji se odnosi na fiziku tvoren je u skladu s tvorbenim pravilima hrvatskoga jezika i s tog bi mu razloga trebalo dati prednost pred pridjevom fizikalni (preuzetim iz engleskoga).

⁸ <https://hr.wikipedia.org/wiki/Fizika>, citat: Fizika (grč. φυσική, od φυσικός: prirodan, naravan) prirodna je znanost koja se bavi materijom, gibanjem, energijom i međudjelovanjem. Fizikalni zakoni izražavaju se u matematičkom obliku. U fizici su eksperiment (istraživanje pojava pod uvjetima koji se kontroliraju što je više moguće) i teorija (koja opisuje fizikalne pojave u obliku pojednostavnjenih matematičkih modela) komplementarni. Fizikalni eksperimenti rezultiraju mjerenjima, koja se zatim uspoređuju s računatim rezultatima što ih daje teorija. Teorija koja dobro pretkazuje rezultate eksperimenta u nekom širem području čini fizikalne zakone. Međutim fizikalni zakoni su podložni promjenama, zamjenama ili ograničenjima, ako kasniji točniji i opsežniji eksperimenti pokažu da je to potrebno. Cilj je fizike pronalaženje zakona koji opisuju tvar, gibanja i energiju, od malenih (mikroskopskih) subatomske udaljenosti, na ljestvici iz svakodnevnoga života (makroskopskoj), sve do najvećih udaljenosti (na ekstralaktičkoj ljestvici).

Međunarodni sustav jedinica

Dogovoren je **Međunarodni sustav jedinica** (skraćeno **SI** prema francuskom nazivu *Système International d'Unités*). Temelji se na sedam osnovnih jedinica za sedam osnovnih veličina prikazanih u tablici 1.

Tablica 1. Tablica osnovnih jedinica i veličina SI sustava

Naziv jedinice	Znak jedinice	Fizička veličine i znak
metar	m	duljina s, d
kilogram	kg	masa m
sekunda	s	vrijeme t
amper	A	električna struja I, i
kelvin	K	termodinamička temperatura T
mol	mol	množina (količina tvari) n
kandela	cd	svjetlosna jakost I

Jedinice nazvane po znanstvenicima označavaju se velikim slovom (A po *André-Marie Ampèreu*, K po *Williamu Thomsonu*, prvom baronu *Kelvinu*, zvanom i *lord Kelvin*).

Sve jedinice koje nisu navedene u tablici 1. jesu izvedene. Izvode se iz osnovnih jedinica. Izvedene fizičke veličine izražavamo izvedenim jedinicama.

Predmetci za tvorbu decimalnih jedinica

Predmetcima iz tablice 2. uvećavamo ili umanjujemo jedinice.

Primjer 1. a) 1 km = 1000 m; 1 kW = 1000 W. Svaki put predmetak kilo označava tisuću jedinica.

b) 1 μ s = 0,000 001 s; 1 μ m = 0,000 001 m. Predmetak mikro označava milijunti dio neke jedinice.

Tablica 2. Tablica za tvorbu decimalnih jedinica

Predmetak	Znak	Vrijednost	Predmetak	Znak	Vrijednost
tera	T	10^{12}	deci	d	10^{-1}
giga	G	10^9	centi	c	10^{-2}
mega	M	10^6	mili	m	10^{-3}
kilo	k	10^3	mikro	μ	10^{-6}
hekto	h	10^2	nano	n	10^{-9}
deka	da	10^1	piko	p	10^{-12}

Zapis fizičke veličine i fizičke jedinice

Fizičku veličinu prikazujemo bročanom vrijednošću i jedinicom. Iznos fizičke veličine umnožak je brojčane vrijednosti fizičke veličine i mjerne jedinice.

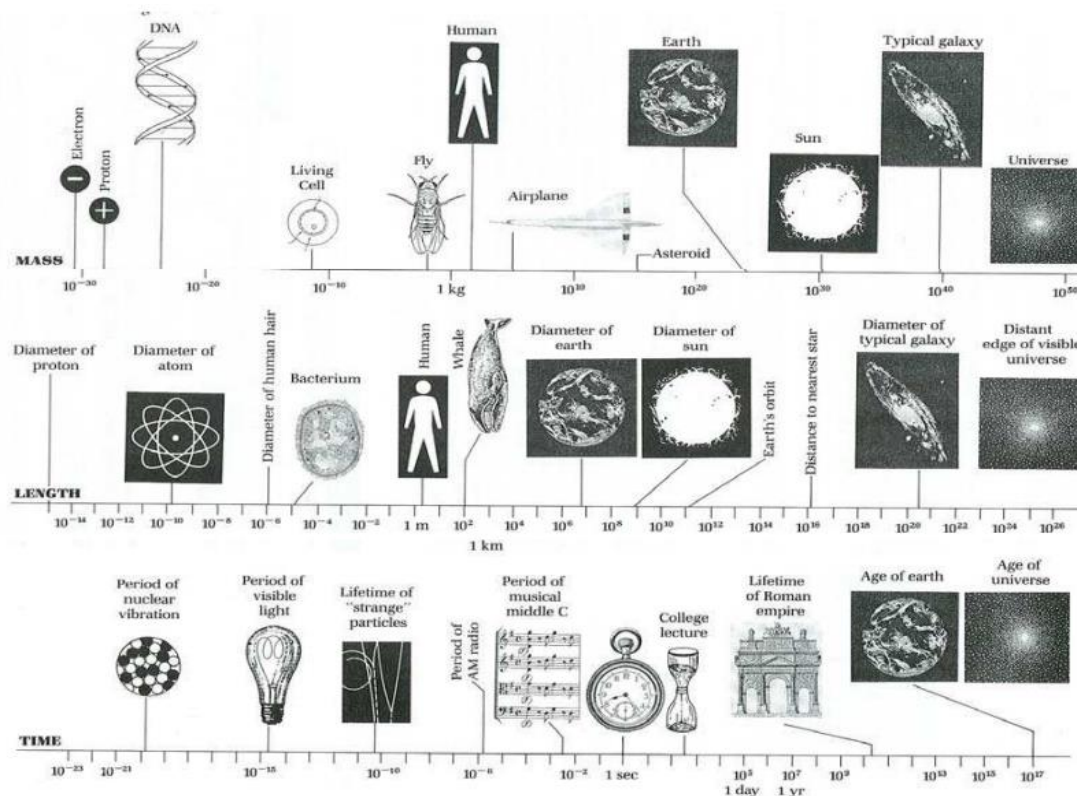
<p>Ispravan zapis fizičke veličine:</p> <p>A - fizička veličina</p> <p>{A} - iznos fizičke veličine $A = \{A\} \cdot [A]$</p> <p>[A] - mjerna jedinica</p>	<p>Primjer ispravno zapisane fizičke veličine:</p> $t = \{6\} \cdot [s]$ <p>t – fizička veličina <i>italic</i></p> <p>s – mjerna jedinica - uspravno</p>
---	--

Pitanja:

1. Što označava *m*: _____.
2. Što označava *m*: _____.

Znanstveni zapis broja

U fizici se računa s vrlo malim i vrlo velikim brojevima. Na slici 1. prikazani su intervali duljine, mase i vremena koje istražuju fizičari.



Slika 1. Vrijeme, mase i duljine objekata i procesa koje izučava fizika, izvor: <http://kolegij.fizika.unios.hr/of1/files/2014/11/1.-Uvod-O-fizici.pdf>, rujna 2016.

U lijevom gornjem uglu vidimo da elektron ima jako malu masu. Njen je iznos zapisan u vidu decimalnog broja 0,000 000 000 000 000 000 000 000 000 911 kg. Broj ima 30 nula između decimalnog zareza i brojke 9. Kraći je zapis $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg. Kažemo da je 10^{-31} red veličine. Masa Zemlje iznosi $M_Z = 5\,980\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$ kg. Nakon brojeva 598 napisane su 22 nule. Kraći je zapis $M_Z = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg.

Ovakav skraćeni zapis jest **znanstveni zapis broja**. Brojeve pišemo kao umnožak decimalnog broja s jednom znamenkom različitom od nule lijevo od decimalnog zareza i neke potencije broja 10. U kalkulator za masu Zemlje utipkamo slovo E umjesto broja 10 pa je zapis $5.98 \text{ E } 24$.

Umjesto decimalnog zareza jest točka.

Napomena: U nekim su računalnim programima u postavkama podešeni decimalni zarezi.

Zadatci:

1. Mliječna staza široka je 100.000 svjetlosnih godina.⁹ Svjetlosna je godina udaljenost koju pređe svjetlost za godinu dana. Brzina svjetlosti je približno $c = 300.000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ ili točnije $299\,752\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Koliko je široka Mliječna staza? Rezultat prikažite u znanstvenom zapisu broja.
2. Zapišite trajanje školskog sata u sekundama u znanstvenom zapisu broja.

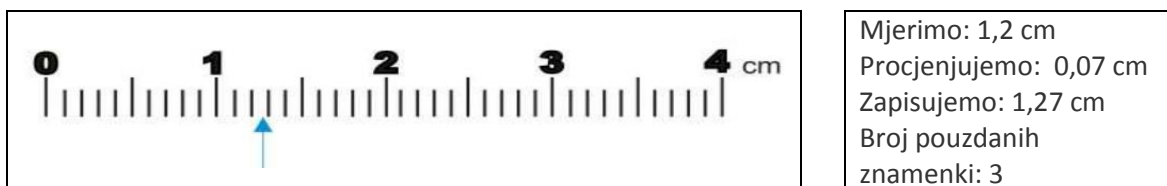
Sigurne i nesigurne znamenke. Pouzdane znamenke

Sigurna znamenka predstavlja broj čiji je iznos potvrđen pouzdanim mjerenjem. Značajne znamenke određuje preciznost mjerenja.

Rezultat svakog mjerenja mora imati neki broj pouzdanih znamenki. Znamenke koje nisu sigurne, ne treba ni zapisivati. To su one znamenke koje ili nismo mjerili ili nismo mogli procijeniti.

U fizici se mjerni podatak ispisuje onim znamenkama koje su označene na mjernoj ljestvici i dopiše im se procijenjena znamenka.

Pouzdanе znamenke čine očitane i procijenjene znamenke.



Slika 2. Očitavanje izmjerene duljine, izvor: <http://fizika.unios.hr/~imiklavcic/wp-content/uploads/2012/02/2014-kemicari-uvodni-sat-2.pdf>, rujan 2016.

Kod rješavanja zadataka rezultat može imati onoliko sigurnih decimalnih mjesta koliko ih ima podatak s najmanjim brojem mjesta. Ako računamo kalkulatorom, koristimo sve znamenke kojima kalkulator računa, a na kraju zaokružimo rezultat na onoliko decimalnih mjesta koliko ih ima podatak s najmanje decimalnih mjesta.

Pravila za određivanje broja značajnih znamenki nekog broja jesu:

1. Sve znamenke osim nule jesu značajne.
2. Nule između značajnih znamenki značajne su.
3. Nule na kraju broja, a iza decimalnog zareza značajne su.
4. Nule ispred prve značajne znamenke broja nisu značajne.
5. Status nule na kraju cijelog broja nije određen, tj. one mogu biti značajne ili ne, pa je u tom slučaju najbolje pisati broj u eksponencijalnom obliku.

⁹<http://cudaprirode.com/porta1/csvijeta/10467-ovo-je-najvea-poznata-galaksija-u-svemiru-u-usporedbi-s-njom-mlijena-staza-je-patuljak>

U tablici 3. prikazani su primjeri određivanja broja značajnih znamenki i objašnjenja.

Tablica 3. Zapis broja značajnih znamenki s objašnjenjima

Broj	Broj značajnih znamenaka	Pravilo
725	3	Svi brojevi različiti od nule značajne su znamenke.
15,34	4	
10,8	3	Nula je značajna znamenka između drugih brojeva.
2002	4	
0,15	2	Nula nije značajna znamenka ako se nalazi u brojevima manjim od 1 i odmah iza decimalnog zareza / točke.
0,015	2	
0,002	1	
5,340	4	Nula je značajna znamenka ako je zadnji broj iza decimalnog zareza.
100,0	4	
0,0530	3	
23000	5, 4, 3, 2	Broj značajnih znamenaka ovisi o načinu pisanja navedenog broja.

Pri **zbrajanju i oduzimanju** broj decimalnih mjesta u dobivenom zbroju ili razlici određuje broj s najmanjim brojem decimalnih mjesta. Pri zbrajanju brojeva s različitim potencijama broja 10 treba najprije sve pribrojnice svesti na istu potenciju broja 10.

Primjer 1. Ako je masa neke tvari izmjerena vagom čija je preciznost 0,01 g, rezultat mjerenja treba prikazati kao 14,25 g, a ne primjerice 14,2 g ili 14,253 g jer bi to ukazivalo na manju, odnosno veću preciznost mjerenja.

Primjer 2. Masa vagona izvaganog na željezničkoj vagi jest 45,0 t. Na vagi je zapisan podatak o točnosti mjerenja $\pm 0,5$ t. Neispravno je napisati 45 000 kg. To bi značilo da su zadnje tri znamenke (ili bar dvije od njih) zaista nule. Ove znamenke nisu dobivene mjerenjem pa ih ne treba pisati.

Ispravan zapis: $m = 45,0 \text{ t} = 4,50 \cdot 10^4 \text{ kg} = 4,50 \cdot 10^7 \text{ g}$.

Neispravan zapis: $m = 45 \text{ 000 kg} = 45 \text{ 000 000 g}$.

Primjer:

1. a) $43,152 + 5,1 + 8,95 =$ _____ Z. Z: =

b) $135,2 + (-24,765) + 0,015 =$ _____ Z. Z: =

2. Izvedite navedene matematičke operacije i iskažite rezultate pravilnim brojem decimala:

a) $(3,26 \times 10^{-3}) - (7,88 \times 10^{-5}) =$ _____

b) $(4,02 \times 10^6) + (7,74 \times 10^7) =$ _____

Pri iskazivanju rezultata **množenja** i **dijeljenja** uzima se broj značajnih znamenki. Broj značajnih znamenki u rezultatu određuje broj s najmanje značajnih znamenki.

Koriste li se u nekom računu operacije višeg i nižeg stupnja, najprije treba odrediti broj značajnih znamenki za operacije višeg stupnja, a zatim broj decimalnih mjesta za operacije nižeg stupnja.

Ako se množi ili dijeli cijelim brojem za koji bi sigurno sve znamenke iza decimalnog zareza bile nula, primjerice brojka dva za određivanje srednje vrijednosti između dva broja, taj se broj ne uzima u obzir pri određivanju broja značajnih znamenki.

Zadatci:

1. a) $2,8 \times 4,5039 =$

b) $6,85 : 112,04 =$

c) $\frac{7.56+7.58}{2} =$

Zaokruživanje brojeva postupak je zapisivanja broja na potreban broj sigurnih znamenki. Vodimo računa o vrijednosti broja koji izostavljamo. Postupak se sastoji u odbacivanju jedne ili više znamenki desno od decimalnog zareza. Primjerice broj **2,564 825** treba prikazati s četiri značajne znamenke. Prvi izostavljeni broj veći je od 5, zadnja se značajna znamenka uveća za 1 pa je konačni rezultat **2,565**.

Pri zaokruživanju postoje određena pravila:

- Ako je prva izostavljena znamenka između 5 i 9, znamenka ispred nje zaokruživanjem se povećava za 1.
- Ako je prva izostavljena znamenka između 0 i 4, znamenka ispred nje zaokruživanjem ostaje ista.

Zaokruživanje brojeva radimo pri zapisivanju konačnog rezultata. Najbolje je zapisati znanstveni zapis broja. Uobičajeno se navode sve sigurne znamenke i jedna nesigurna.

Mjerenje i obrada rezultata mjerenja

Mjerenje je postupak kojim uspoređujemo istovrsne fizičke veličine i određujemo iznos jedne od veličina, pri čemu je druga veličina dogovorno određena za jediničnu mjeru.

Načini su mjerenja izravni i posredni.

Izravni (direktni) način mjerenja jest izravno uspoređivanje s poznatom veličinom. Tako je na primjer mjerenje duljine učionice uspoređivanje s veličinom jednoga metra, koji je dogovorno određen za jediničnu duljinu. Rezultat se dobiva iz podataka nekoliko mjerenja iste veličine. Duljina na mjernom uređaju jest dogovorena i umjeravanjem (**baždarenjem**) prenesena na uređaj.

Posrednim (indirektnim) mjerenjem nepoznata se veličina određuje računski korištenjem podataka izravno izmjerenih drugih veličina. Površinu (ploštinu) učionice određujemo posrednim mjerenjem i uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti u algebarski izraz za površinu.

Razlikujemo **točnost** (označava koliko je rezultat mjerenja blizu "prave" vrijednosti, mjeri se apsolutnom i relativnom pogreškom) i **preciznost** (označava koliko je rezultat mjerenja blizu vrijednostima koje se dobivaju ponavljanjem mjerenja na isti način. Nema veze s pravom vrijednošću).

Izvođenje eksperimenta

Podatke mjerenja prikupljamo izvodeći eksperiment. Mjerenja se pažljivo izvode imajući na umu pouzdane znamenke. Cilj istraživanja treba biti jasno definiran. Istraživanje ovisnosti fizičke veličine, a o varijablama b, c i d , $a = f(b, c, d)$, provodi se u koracima:

- $a = f(b)$, varijable c i d se ne mijenjaju,
- $a = f(c)$, varijable b i d se ne mijenjaju,
- $a = f(d)$, varijable a i c se ne mijenjaju.

Nakon mjerenja i analize ovisnosti po koracima, stvaramo model ovisnosti tražene fizičke veličine o svim varijablama.

Zapisivanje rezultata mjerenja

Mjereni se podaci zapisuju u tablice. Stalna (nepromjenjiva) fizička veličina ne zapisuje se u tablicu. Uz zapis fizičke veličine zapisujemo i njenu jedinicu. Fizičke veličine pišu se ***t*** (*italic*), a mjerna jedinica [s] uspravno.

Pogreške mjerenja

Cilj svakog mjerenja jest odrediti pravu vrijednost mjerene veličine. I uz uporabu ispravnih mjernih uređaja i pažnju eksperimentatora pri izvođenju mjerenja postoji razlika između stvarne i izmjerene vrijednosti, **pogreške mjerenja**. Uz izmjerenu vrijednost definiramo i interval u kojem se nalazi mjerena veličina.

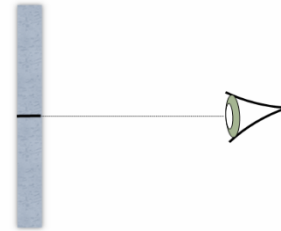
Pogreške mogu biti :

A) **Grube** pogreške (uglavnom su posljedica nepažnje pri mjerenju ili neispravnosti mjernog instrumenta). Primjer:

- a) Mjerite duljinu nekog predmeta i umjesto 3,91 m kao rezultat mjerenja zapišete 3,19 m ili 39,1 m,
- b) Kupili ste bateriju na kojoj piše 4,5 volti, a voltmetrom ste izmjerili napon od 25 volti.

Savjet za izbjegavanje grubih pogrešaka:

- *pažljivo mjeriti (paziti pri očitavanju vrijednosti)*
- *kontrolirati ispravnosti mjernog instrumenta.*



Slika 3. Pravilno očitavanje rezultata. Pravac iz oka je okomit na skalu (lijevo)

B) **Sistematske** (sustavne) pogreške jesu pogreške zbog kojih su rezultati mjerenja pomaknuti u „jednu stranu“ od prave vrijednosti veličine koju mjerimo.

Primjer: Mjerite težine pomoću dinamometra. No skala neopterećenog dinamometra pokazuje 2 N umjesto 0 N . Ako ste izmjerili 72 N, ispravna je vrijednost _____ N.

Uzroci sistematskih pogrešaka mogu biti vrlo različiti: neispravnost mjernog instrumenta, utjecaj okoline, pogrešna metoda mjerenja, pogrešno provođeno mjerenje, i slično.

Moraju se ukloniti iz mjerenja.

C) **Slučajne** pogreške prisutne su u svakom mjerenju i nije ih moguće potpuno izbjeći. Uzrok ovim pogreškama jest nesavršenost opažача, mjernih instrumenata i pribora, ali i drugih okolnosti na koje ne možemo utjecati i koje ne možemo predvidjeti.

Posljedica slučajnih pogrešaka jest rasipanje rezultata mjerenja unutar nekog intervala mogućih rezultata mjerenja.

Srednja vrijednost

Kada iz mjerenja uklonimo sve sistematske i grube pogreške, vršimo više uzastopnih nezavisnih mjerenja iste veličine. Nakon većeg broja izvedenih mjerenja dobiva se distribucija rezultata unutar intervala $(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$. Provodimo **račun pogreške**. Srednja je vrijednost aritmetička sredina svih **n** mjerenih vrijednosti. Srednja je vrijednost aproksimacija iznosa niza mjerenja iste veličine.

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} a_i}{n}$$

Apsolutna pogreška jest apsolutna vrijednost razlike mjerene i srednje vrijednosti. Ima ih onoliko koliko i mjerenih vrijednosti.

$$\Delta a = |\bar{a} - a_i|$$

Apsolutna pogreška, kao i rezultat mjerenja i srednja vrijednost prikazuje se onim brojem decimalnih mjesta kojima pokazujemo točnost mjerenja.

Relativna pogreška izražena je u postocima, a omjer je najveće apsolutne pogreške i srednje vrijednosti.

$$r_{\%} = \frac{\Delta a_m}{\bar{a}} \cdot 100\%$$

Za prikaz rezultata mjerenja odabiremo najveću apsolutnu pogrešku, Δa_m .

Rezultat mjerenja treba prikazati kao: $a = (\bar{a} \pm \Delta a_m)$

Ovako prikazan rezultat prikazuje interval u kojem se nalazi najveći broj mjerenja.

Srednju vrijednost i pogrešku stavljamo u oble zgrade, a iza njih potenciju (red veličine) i mjernu jedinicu.

Pogreška mjerenja, za koje postoji više izmjerenih vrijednosti sa slučajnim pogreškama, može se računati standardnim odstupanjem na sljedeći način:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (a_i - \bar{a})^2}{n(n-1)}}$$

Tada se rezultat prikazuje: $a = (\bar{a} \pm \sigma)$.

Na vježbama se izvodi manji broj mjerenja pa je dostatno računati apsolutnu pogrešku.

Primjer 1. Izmjerena je duljima metrom s milimetarskom podjelom. Obrada rezultata mjerenja i prikaz rezultata mjerenja čiji su podatci zabilježeni u tablici 4.

Tablica 4. Mjerene duljine i apsolutne pogreške

broj	l/m	$\Delta l/m$
1.	1,217	0,001
2.	1,219	0,001
3.	1,220	0,002
4.	1,218	0,000
5.	1,218	0,000

Srednja vrijednost duljine je

$$\bar{l} = \frac{1,217 + 1,219 + 1,220 + 1,218 + 1,218}{5} m$$

$$\bar{l} = 1,2184 m$$

Vrijednost se zaokružuje na 1,218 m.

Rezultat mjerenja $l = (1,218 \pm 0,002) m$.

Relativna pogreška $r = \frac{0,002}{1,218} 100 \% = 0,16\% = 0,2\%$

Broj znamenki ovisi o broju sigurnih znamenki.

Eksperimentalni zadatak: Mjerenje osobnog vremena reakcije

Preporuka: Za vrijeme nastave na mobitelu na dodir koristiti samo funkciju zapornog sata.

Cilj istraživanja:

1. Istražiti vrijeme osobne reakcije,
2. Odabrati bolji mjerni uređaj.

Pribor: zaporni sat i mobitel.

Mjerenje i obrada podataka:

1. Pet puta uključite i odmah isključite zaporni sat („štopericu“). Provedite pet mjerenja vremena reakcije. Osmislite tablicu u koju ćete bilježiti podatke mjerenja. Provedite račun pogreške i ispravno prikazite rezultat mjerenja.
2. Upotrijebite mobitel na dodir i ponovite sve postupke iz zadatka 1.

Analiza rezultata:

Usporedite :

Vaše vrijeme reakcije mjereno zapornim satom: _____.

Vaše vrijeme reakcije mjereno mobitelom na dodir: _____.

Zaključak:

Koji je uređaj bolje koristiti za mjerenje malih vremenskih intervala? Zašto?

Zadatak za samostalno istraživanje:

1. Predložite novi način istraživanja vremena reakcije.
2. Odredite brzinu reakcije.

Grafičko prikazivanje eksperimentalnih podataka

Analiza funkcijske ovisnosti promjene jedne fizičke veličine o drugoj postaje vidljivija ako ih prikazujemo grafički.

Na koordinatne osi nanose se fizičke veličine i jedinice mjerenja. Nezavisno promjenjiva veličina nanosi se na apscisu, a zavisno promjenjiva veličina na ordinatu. Grafički se prikazi mogu crtati na milimetarskom papiru ili pomoću računalnih programa.

Punom crtom spajamo vrijednosti dobivene mjerenjem. Izvan mjerenog područja nemamo podatke pa se interpolacija funkcije crta isprekidanom crtom.

Crtanje na milimetarskom papiru poznato vam je. Treba paziti na mjerilo koje se koristi. Mjerila 1 : 3, 1 : 6, 1 : 7, ili 1 : 9 nisu praktična za primjenu.

Ako su točke nacrtane u koordinatnom sustavu na milimetarskom papiru, povlači se krivulja koja prolazi kroz sve točke ili što bliže svim točkama tako da ukupna odstupanja točaka od krivulje budu što manja.

Ako je nacrtan pravac, na njemu se odaberu dvije razmaknute točke čije je koordinate lako čitati. Biraju se točke čije vrijednosti nisu mjerene vrijednosti.

Crtanje grafičkih prikaza u GeoGebri možete naučiti u drugim programima fakultativne nastave projekta „Zajedno kroz prirodoslovlje“.

Ovo je primjer crtanja u računalnom programu Microsoft Office Excel 2007.

Primjer 1. Provedena su mjerenja napona i električne struje na jednom otporniku. Mjereni podatci prikazani su u tablici 5. Broj decimalnih mjesta ukazuje na mjerni uređaj kojim je mjereno. Prvi stupac prikazuje nezavisnu (električnu struju), a drugi zavisno promjenjivu veličinu (napon). Istražite ovisnosti napona o električnoj struji:

- Analizom podataka iz tablice.
- Grafičkim prikazom u računalnom programu.

Tablica 5. Ovisnost napona o električnoj struji

I / A	U / V
0,0010	0,90
0,0020	2,10
0,0038	3,45
0,0050	4,80
0,0060	5,70
0,0070	6,75
0,0075	8,10

Što se može saznati analizom podataka iz tablice?

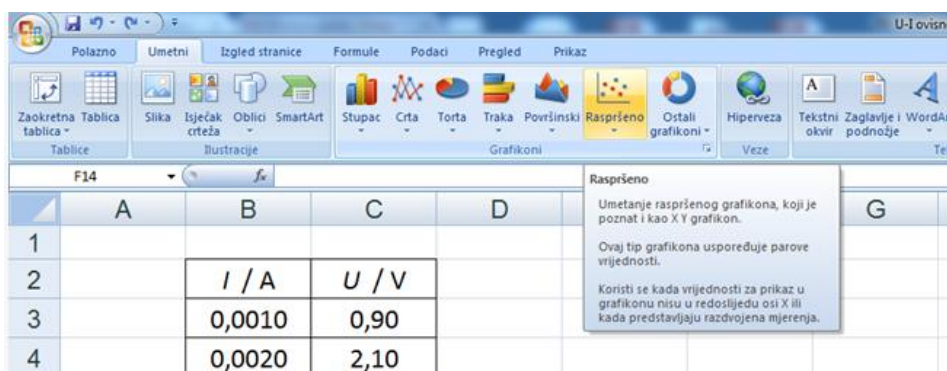
- porastom električne struje raste i napon na otporniku
- prirasti električne struje daju priraste napona:
 - struja poraste 2 puta, napon 2,1 puta
 - struja poraste 6 puta, napon 6,33 puta
 - struja poraste 7,5 puta, napon 9 puta

Mjerenne podatke zapišite u naznačenom računalnom programu. Broj znamenki odredite na alatnoj traci ispod naredbe općenito.



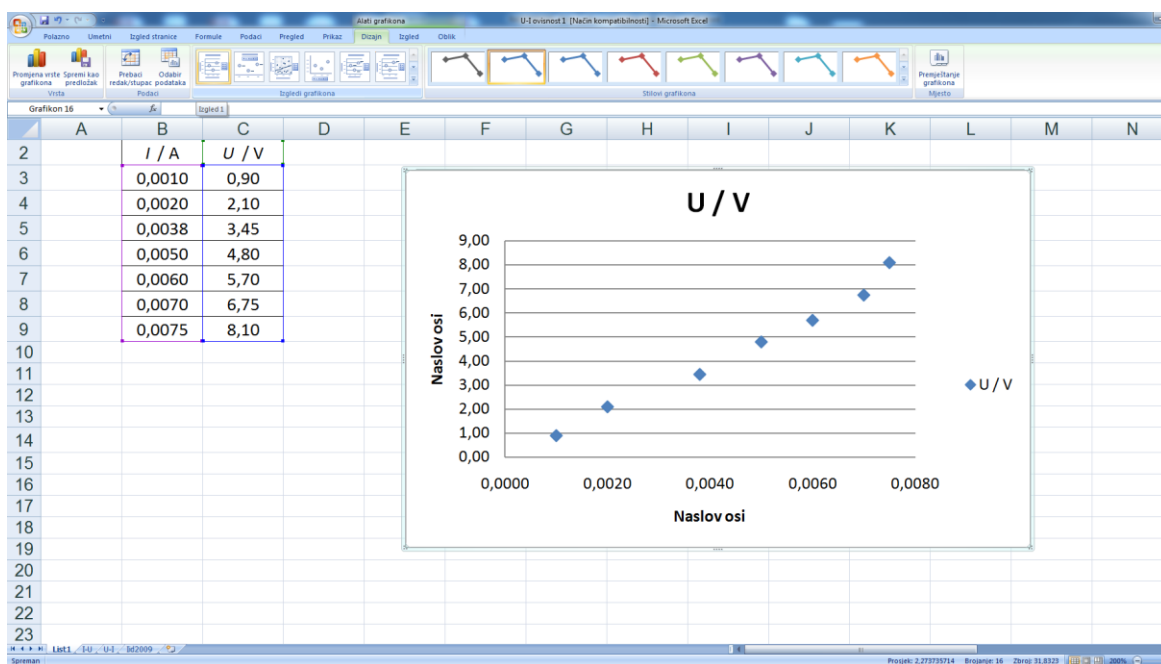
Slika 4. Detalj alatne trake

Označite podatke za crtanje grafa te naredbom umetni grafikom, kako je prikazano na slici 5., odaberite oblik raspršeno.



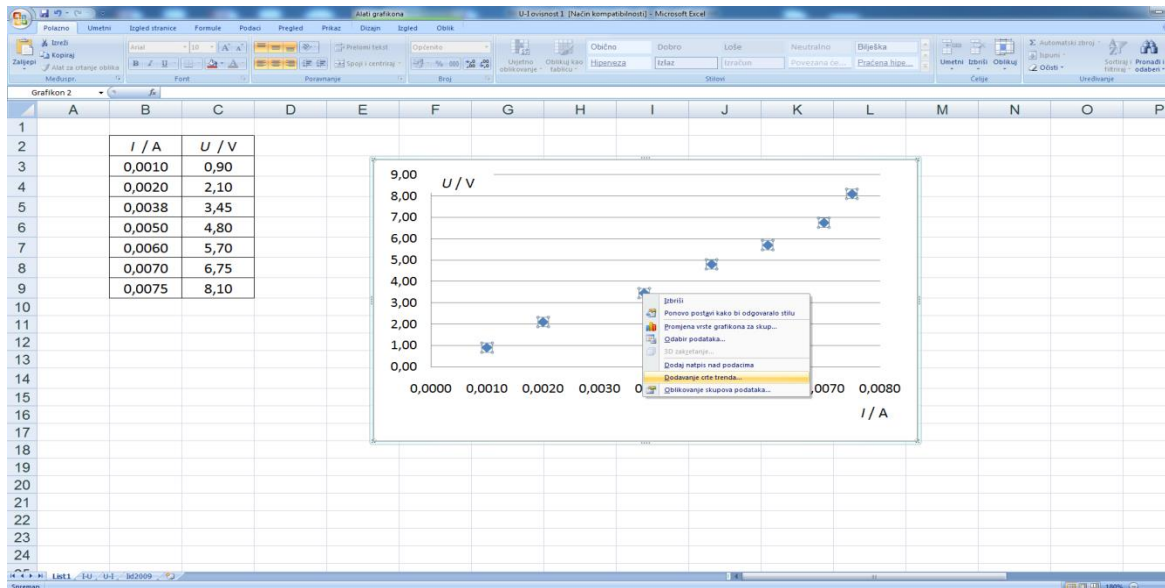
Slika 5. Detalj alatne trake, odabir naredbe raspršeno

Ovakav ćete grafički prikaz dobiti odabirom Izgled 1. Natpis naslov osi zamijenite fizičkom veličinom i jedinicom.



Slika 6. Slika na monitoru računala nakon odabira izgleda 1 grafičkog prikaza

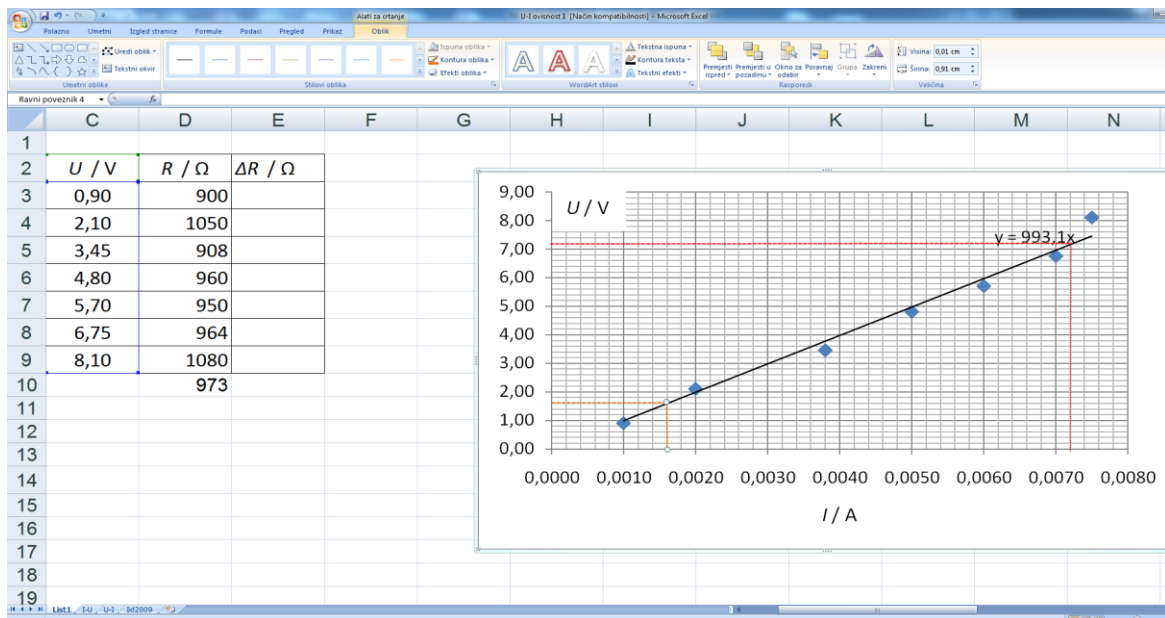
Položaj točaka u grafičkom prikazu pokazuje da porast električne struje kroz otpornik povećava napon otpornika. Produžetak pravca provučenog kroz najveći broj točaka prolazi kroz ishodište. Desnim klikom miša na jednu točku otvara se izbornik iz kojeg biramo „Dodavanje crte trenda“. Prikazana je ovisnost za koju možemo odrediti jednadžbu funkcije (slika 7).



Slika 7. Slika na monitoru računala i odabir naredbe „Dodavanje crte trenda“

Izbornik oblikovanje crte trenda prikazuje funkciju po vašem odabiru. Istražite je li linearna funkcija najbolji izbor. Ovom rasporedu točaka odgovara linearna ovisnost. Klikom na naredbu „Prikaži jednadžbu na grafikonu“ ispisana je jednadžba $y = 993,1 \cdot x$. To znači da je omjer napona i električne struje stalan. Računalni program i matematička znanja primjenjuju se u interpretaciji rezultata. Jednadžbu pišemo $U = 993,1 \cdot I$.

Fizički smisao ovog nagiba daje električni otpor otpornika. Ovu vrijednost treba usporediti s izračunatom srednjom vrijednošću električnog otpora.



Slika 8. Slika na monitoru računala nakon odabira linearne ovisnosti uz mogućnost postavljanja prekida u ishodištu koordinatnog sustava i prikaza jednadžbe na grafičkom prikazu. Odabran je izgled linearne unkcije (treći slijeva).

Iz grafičkog prikaza nagib pravca određuje se čitanjem para za dvije točke koje leže na pravcu. Na slici 8. dvije su točke čije su koordinate dodatno označene bojom. Njihove su vrijednosti

(0,0016 A; 1,60 V) i (0,0072 A; 7,20 V). Iz tih je koordinata nagib pravca je $R = 1000 \Omega$. Koliko značajnih znamenki ima rezultat?

U istraživanju ovisnosti fizičkih veličina uz linearnu funkciju često istražujemo i kvadratnu funkciju. Prikazana je u primjeru 2.

Primjer 2. Pri spuštanju kuglice niz kosinu istražuje se ovisnost ukupnog puta o ukupnom vremenu gibanja. Mjereni podatci zapisani su u tablicu 5. Grafički prikaz ovisnosti puta o vremenu istražen je u istom računalnom programu.

Tablica 5. Ovisnost puta o vremenu pri spuštanju kuglice nizbrdicom

t / s	s / m
0,41	0,09
0,81	0,36
1,23	0,81
1,67	1,44

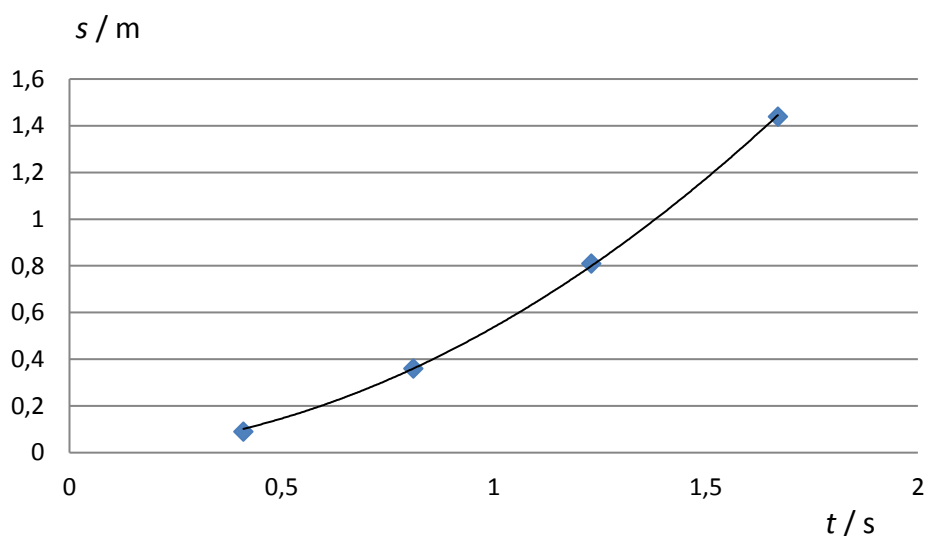
Analiza mjerenih podataka:

- Promjene vremenskih intervala približno su jednake.
- Za dvostruki vremenski interval prevaljeni je put veći 4 puta.
- Za tri vremenska intervala prevaljeni je put veći 9 puta.
- Za četiri vremenska intervala prevaljeni je put veći 16 puta.

Uočava se pravilnost u njihovu povećavanju.

Grafički prikaz eksperimentalnih podataka, s - t graf, omogućuje prepoznavanje funkcije ovisnosti puta o vremenu.

Isti postupak kao u prvom primjeru daje drugačiji grafički prikaz.



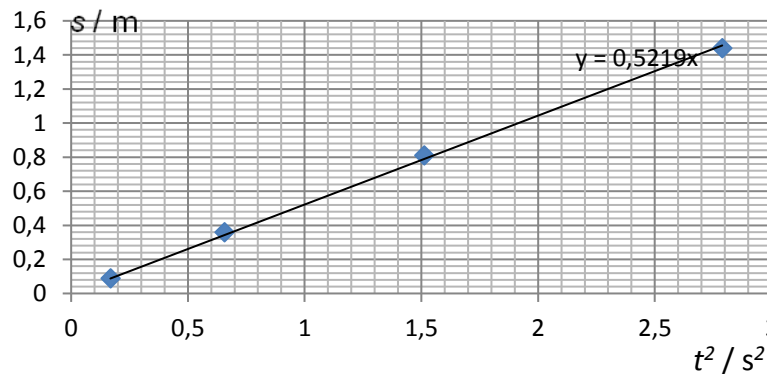
Grafički prikaz 1. Ovisnost ukupnog puta o ukupnom vremenu spuštanja kuglice nizbrdicom

Iz ove se krivulje nazire parabola koja daje kvadratnu ovisnost puta o vremenu. Analiza mjerenih podataka to i pokazuje. Grafički prikaz u prvom kvadrantu ima fizički smisao. Dio parabole koji je u drugom kvadrantu ne crta se jer vrijeme ne može biti negativno.

U ovakvim slučajevima crta se još jedan grafički prikaz. Nazvan je s - t^2 grafički prikaz. Prikazuje ovisnost ukupnog prevaljenog puta o kvadratu ukupnog vremena u kojem se kuglica giba.

Tablica 6. Ovisnost ukupnog puta o kvadratu ukupnog vremena gibanja kuglice pri spuštavanju nizbrdicom

t^2 / s^2	s / m
0,1681	0,09
0,6561	0,36
1,5129	0,81
2,7889	1,44



Grafički prikaz 2. Ovisnost ukupnog puta o kvadratu ukupnog vremena kuglice pri spuštavanju nizbrdicom

Nagib pravca $s-t^2$ treba usporediti s iznosom polovine ubrzanja kuglice niz kosinu.

Fizički sadržaji na webu

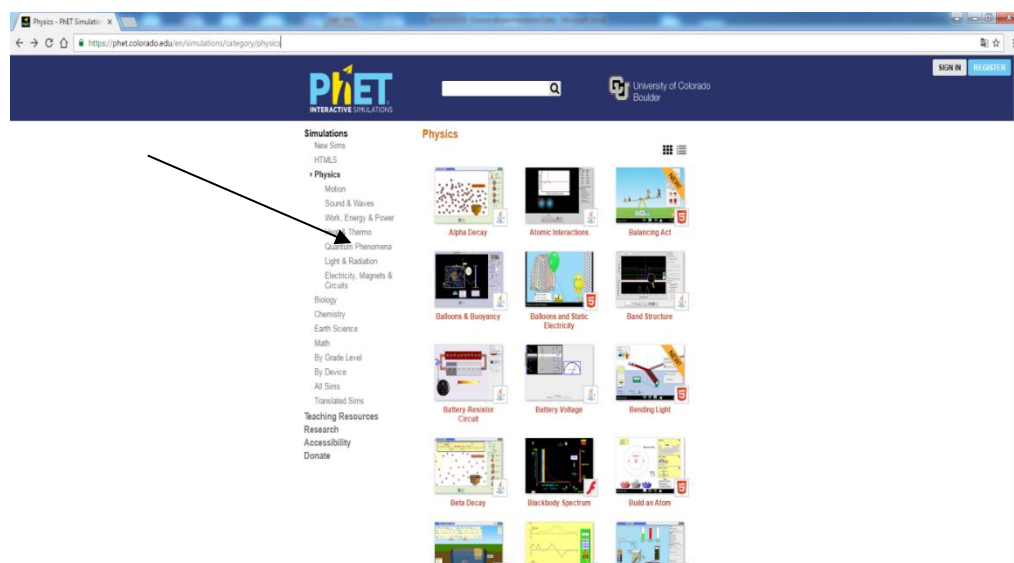
Za istraživanje sadržaja vezanih za nastavu fizike na internetu važno je primijeniti kompetencije s nastave informatike. Za računanja važno je primijeniti kompetencije iz matematike.

Istraživanje sadržaja na redovnoj nastavi fizike upoznali ste na web adresi Nacionalnog portala za udaljeno učenje na koji se prijavljuje AAI adresom koju ste dobili u školi, <https://tesla.carnet.hr/>.

Na stranici **Hrvatskog fizikalnog društva** nalaze se sadržaji na web adresi <http://eskola.hfd.hr/>.

Neke sadržaje treba snimiti, a neke animacije pokrenuti.

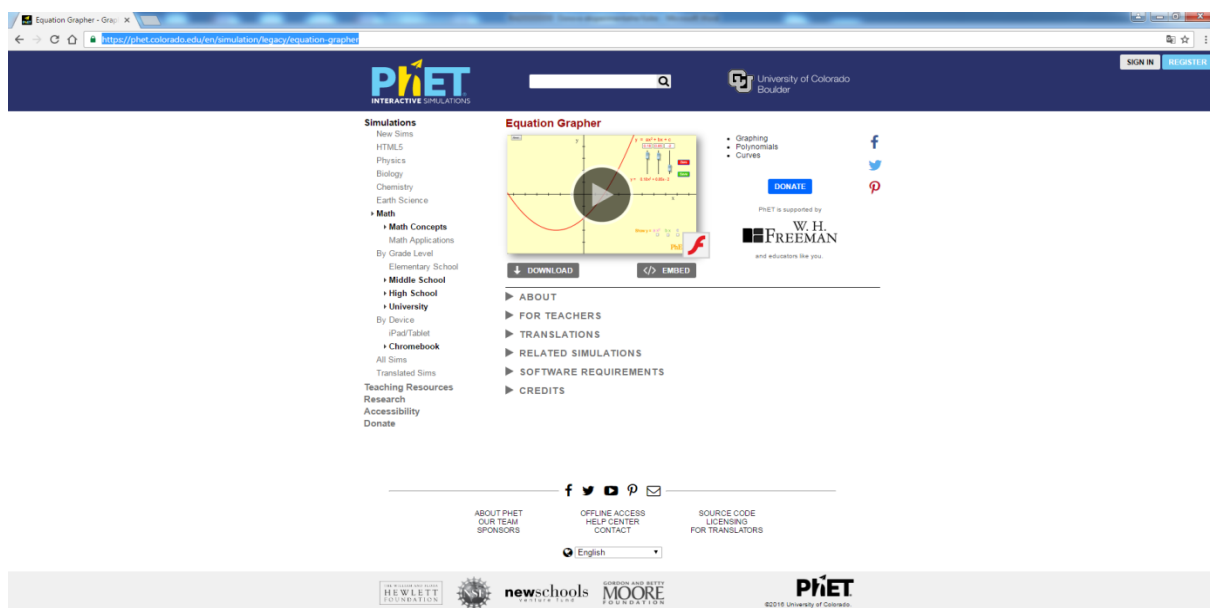
Primjer pretraživanja sadržaja pomoću kojih je fiziku lakše i interesantnije učiti jest web adresa Sveučilišta u Coloradu, <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics>.



Slika 9. Slika na monitoru na navedenoj stranici. U izborniku s lijeve strane (pokazuje strelica) moguće je odabirati različite razine

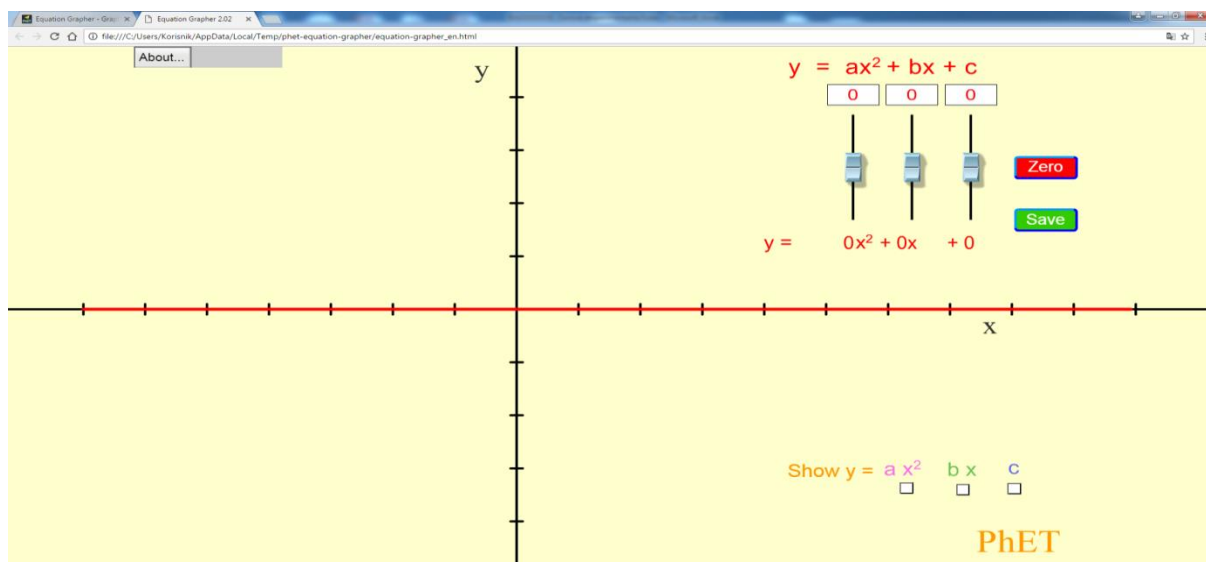
Odaberete li se razina srednje škole, jedna od mogućnosti jest odabir matematičkih funkcija. Može se odabrati direktno ako utipkate njenu web adresu

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/equation-grapher>, rujan 2016.



Slika 10. Slika na monitoru na navedenoj stranici nakon odabira tražene teme

Nakon snimanja sadržaja na vaše računalo pojavljuje se sadržaj prikazan na slici 11.



Slika 11. Slika na monitoru prikazuje mogućnost crtanja grafova u računalnom programu

Nakon pretraživanja na navedenoj web adresi potražite i druge sadržaje koji će vam pomoći u lakšem i uspješnijem savladavanju gradiva.

Okušajte se u izradi vlastitih interaktivnih sadržaja vezanih za nastavu.

IZVJEŠTAJ O PROVEDENOJ VJEŽBI

Nakon svake vježbe učenik predaje izvještaj o provedenoj vježbi u pisanom obliku ili odgovore postavlja na platformu za e-poučavanje. Propozicije za pisani rad jesu sljedeće:

Rad se predaje pisan na računalu, format papira A4. Sadrži naslov, sažetak, obradu mjerenih podataka, analizu rezultata i zaključak.

Naslovna stranica (poravnanje po sredini, oblik pisma Calibri, veličina slova 16) sadrži:

- zaglavlje (naziv škole i grad)
- sredina (naziv vježbe, ime i prezime učenika, razred)
- podnožje (desno poravnanje: ime i prezime mentora)
- podnožje (mjesec i godina).

Sve ostale stranice oblikovati na obostrano poravnanje, veličina slova 11, Calibri, prored 1,15, margine 2,5 cm.

Sažetak je kratki opis vježbe (u najviše deset redaka).

Obrada podataka sadrži tablice i tražene grafičke prikaze mjerenih veličina. Proveden je račun pogreške i ispravno prikazan rezultat mjerenja. Grafičke prikaze poželjno je crtati u računalnom programu. Za crtanje na milimetarskom papiru treba obratiti pozornost na točnost, mjerilo i urednost grafa. Koordinatne osi potrebno je označiti fizičkim veličinama i mjernim jedinicama.

Analiza podataka sadrži odgovore na postavljena pitanja.

Zaključak se iznosi kao vlastito mišljenje.

Broj stranica nije zadan. Obraća se pozornost na kvalitetu rada.

IZRADA SAMOSTALNOG ISTRAŽIVAČKOG RADA

U svakom ciklusu od pet vježbi učenik odabire jedan rad za samostalno istraživanje. Svaki radni listić sadrži prijedlog istraživačkih tema. Teme se mogu dopunjavati i proširivati, a mogu se izabrati i posve nove teme. Istraživački se rad radi samostalno, u školi ili kod kuće. Na kraju ciklusa vježbi učenici prezentiraju vlastite uratke. Predloženi su oblici rada, no mogu biti i neki novi oblici:

- Pisani rad
- PowerPoint prezentacija
- Plakat.

Način izrade radova dogovorit ćete s nastavnikom. Navedeni su prijedlozi za izradu samostalnog rada.

Pisani oblik istraživačkog rada sadrži cjeline:

1. Uvod (obrazložiti cilj istraživanja)
2. Teorijske osnove (sažeto se opisuje teorija)
3. Eksperimentalni dio (navodi se pribor za mjerenje, metode mjerenja i opis mjerenja, skice i fotografije mjernih uređaja, tablični i grafički prikazi provedenih mjerenja, proveden račun pogreške)
4. Analiza rezultata (rasprava o rezultatima i usporedba sa standardnim vrijednostima mjerenih veličina)

5. Zaključak (vlastito mišljenje)
6. Popis literature u obliku: Prezime, I. Naziv rada, Grad izdavanja, Izdavač, Godina izdanja, Za elektronska izdanja: web adresa, datum pretraživanja.

Za pisani oblik rada propozicije su iste kao i za izvještaj vježbe.

Oblik pisanog rada može se mijenjati, ovisno o posebnostima istraživanja.

PowerPoint prezentacija

Za izradu ppp koristite kompetencije s nastave informatike. Dodatne informacije potražite na web adresi <http://www.carnet.hr/referalni/obrazovni/iom/IlustracijaPP>, 6. rujana 2016.

- Broj slajdova nije ograničen, ali je ograničeno vrijeme izlaganja (ne više od deset minuta)
- Obratite pozornost na kontrast pozadine i slova na slajdu
- Obratite pozornost na količinu teksta. Neka na slajdovima budu samo natuknice
- Obratite pozornost da animacija prezentacije ne odvlači pozornost od sadržaja
- Obratite pozornost na pravopis.

Plakat

Za izradu plakata koristite kompetencije s nastave likovne kulture. Podsjetnik:

- Radite na hameru formata A0
- Plakat treba biti estetski dotjeran
- Na plakatu ne treba biti previše teksta
- Obratite pozornost na raspored slika i teksta
- Prilagodite veličinu slova tako da je plakat čitljiv s udaljenosti od 5 m
- Stavite letvice na gornju i donju stranu plakata
- Plakat se treba moći ovjesiti.

U svakom obliku treba obilježiti priloge (slike, tablice, grafičke prikaz,...). Važno je uvijek navesti izvor informacija kako je navedeno u točki 6. kod pisanog oblika istraživačkog rada.

POPIS VJEŽBI PO DOMENAMA

Domena	Kratice	VJEŽBA
GIBANJE	G 1	Proučavanje pravocrtnih gibanja
	G 2	Proučavanje složenih gibanja. Horizontalni hitac
	G 3	Proučavanje složenih gibanja. Vertikalni hitac
	G 4	Proučavanje složenih gibanja. Kosi hitac
ENERGIJA	E 1	Proučavanje zakona očuvanja energije pomoću loptica kada padaju s neke visine h i odskoče na visinu h'
	E 2	Proučavanje zakona očuvanja energije pomoću kuglica koje se spuštaju niz kosinu s visine h na ravnu podlogu, te padaju s visine H
	E 3	Proučavanje kapaciteta kondenzatora u istosmjernom i izmjeničnom strujnom krugu
	E 4	Proučavanje stojnih valova. Određivanje brzine zvuka
	E 5	Određivanje intervala frekvencija vidljive svjetlosti osobnim spektrometrom
	E 6	Određivanje brzine svjetlosti u staklu i vodi
	E 7	Proučavanje serijskog, paralelnog i mješovitog spoja otpornika
MEĐUDJELOVANJE	M 1	Određivanje faktora trenja klizanja na nizbrdici
	M 2	Proučavanje titranja utega na opruzi. Određivanje konstante elastičnosti opruge
	M 3	Određivanje gravitacijskog ubrzanja pomoću njihala
	M 4	Proučavanje ravnoteže sila na poluzi
	M 5	Proučavanje centripetalne i centrifugalne sile
STRUKTURA TVARI	S 1	Proučavanje toplinskih izmjena krutog tijela s okolinom
	S 2	Proučavanje topline taljenja leda
	S 3	Proučavanje električnog otpora vodiča
	S 4	Proučavanje Ohmova zakona za vodič i poluvodič
	S 5	Proučavanje Ohmova zakona za cijeli strujni krug
	S 6	Proučavanje plinskih zakona



GIBANJE

Popis vježbi sa zadatcima u pojedinoj vježbi

VJEŽBA	ZADATAK
G1 - PROUČAVANJE PRAVOCRTNIH GIBANJA	<p>Provjeriti zakone jednoliko ubrzanog gibanja. Usporediti pomake i prevaljene puteve u jednakim vremenskim intervalima kod jednoliko ubrzanog gibanja</p> <p>Grafički prikazati ovisnost brzine, ubrzanja i puta o vremenu. Grafički prikazati brzinu u funkciji puta, put kao funkciju kvadrata vremena te kvadrat brzine u funkciji puta.</p> <p>Analizirati ovisnost ubrzanja o sinusu nagibnog kuta kosine Grafički prikazati i interpretirati ovisnost ubrzanja o sinusu nagibnog kuta kosine</p>
G2 - PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (HORIZONTALNI HITAC)	<p>Istražiti oblik putanje horizontalno izbačenog tijela s neke visine, h.</p> <p>Provjeriti princip neovisnosti gibanja.</p> <p>Istražiti ovisnost dometa kuglice, D o visini horizontalno izbačenog tijela, h.</p> <p>Grafički prikazati ovisnost dometa, D o visini h te kvadrat dometa, D^2 o visini h.</p> <p>Odrediti početnu brzinu horizontalno bačenog tijela iz balističkog pištolja. Provesti račun pogreške. Usporediti srednju vrijednost brzine s brzinom određenom grafičkom metodom.</p>
G3 - PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (VERTIKALNI HITAC)	<p>Analizirati koordinate, brzinu, ubrzanje, silu i energiju tijela bačenog uvis.</p> <p>Istražiti ovisnost najveće visine, H_m o kvadratu početne brzine tijela, v_o^2</p> <p>Istražiti ovisnost vremena uspinjanja na najveću visinu, t_h o početnoj brzini, v_o</p> <p>Istražiti ovisnost najveće visine, H_m o vremenu uspinjanja, $t < t_H$</p> <p>Istražiti ovisnost trenutne brzine, v o vremenu uspinjanja, $t < t_H$</p> <p>Istražiti ovisnost najveće visine, H_m o masi tijela bačenoj vertikalno uvis početnom brinom, v_o.</p>
G4 - PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (KOSI HITAC)	<p>Analizirati koordinate, brzinu, ubrzanje, silu i energiju tijela bačenog koso uvis.</p> <p>Istražiti i grafički prikazati ovisnost najveće visine, H_m o kvadratu početne brzine tijela, v_o^2.</p> <p>Istražiti i grafički prikazati ovisnost dometa, D o kvadratu početne brzine, v_o^2.</p> <p>Grafički prikazati ovisnost komponente brzine, v_y o vremenu, t.</p> <p>Istražiti ovisnost najveće visine, H_m i dometa, D o masi tijela bačenog koso uvis početnom brinom, v_o.</p>

PROUČAVANJE PRAVOCRTNIH GIBANJA

	PODSJETNIK:
---	--------------------

Posjetite stranicu <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/moving-man>, srpanj 2016. i ponovite sadržaje o putu i gibanju.

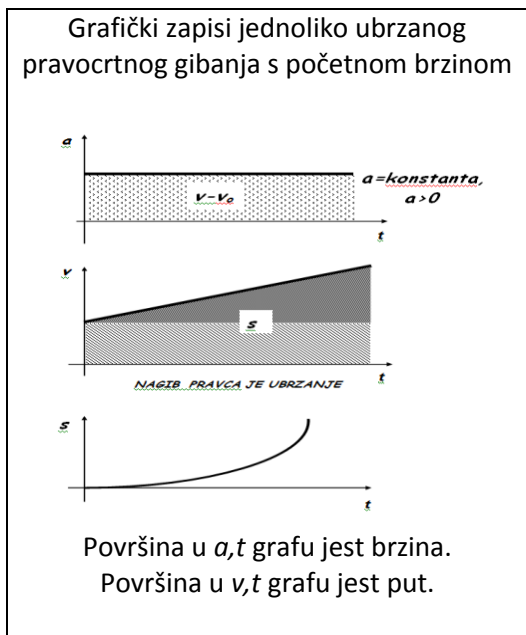
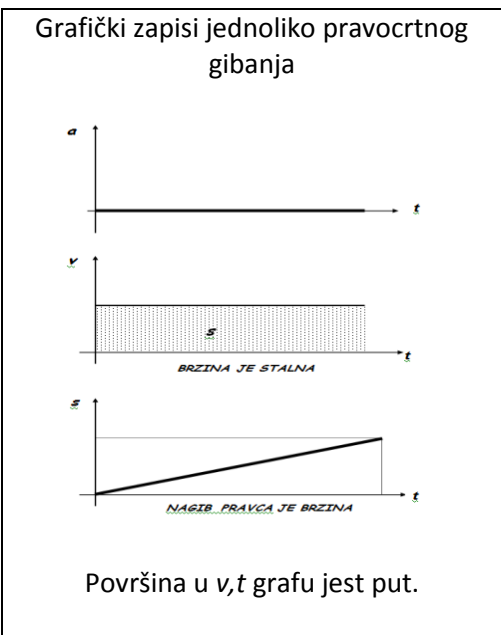
Gibanje tijela jest promjena položaja prema okolini. Prema obliku putanje gibanja mogu biti pravocrtna i krivocrtna. Prema brzini gibanja dijelimo na jednolika i nejednolika.

<p>Brzina, v jest preavljeni put u jedinici vremena,</p> $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ <p>Ubrzanje, a je promjena brzine u jedinici vremena,</p> $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	<p>Put, s jest udaljenost između dvije točke putanje tijela.</p> <p>Pomak, x jest udaljenost krajnje i početne točke putanje tijela.</p>
<p>Skalarne su veličine: vrijeme, t put, s</p>	<p>Vektorske su veličine: ubrzanje, \vec{a} brzina, \vec{v} pomak, \vec{x}</p>

Sva pravocrtna gibanja prikazujemo algebarskim izrazima:

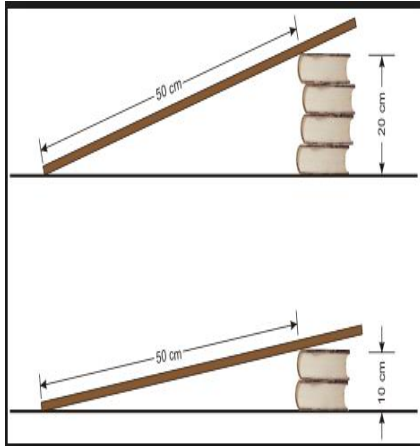
$$v = v_0 + at ; \quad s = v_0 t + \frac{a}{2} t^2 ; \quad v^2 = v_0^2 + 2as ;$$

v – brzina tijela; v_0 – početna brzina; t – vrijeme; s – put; a – ubrzanje.





Razmišljamo ...



Slika G1.1. Kosine različitih nagiba

Izvor:

<https://illuminations.nctm.org/Lesson.aspx?id=1081>, srpanj 2016.

Na skici lijevo dvije su kosine. Duljina svake neka je $s = 50$ cm, a visina h se mijenja. Ove kosine čine daske položene na knjige. Ako s kosine većeg nagiba istovremeno puštate, bez početne brzine, kuglice mase m i $M > m$, koja će od njih prije sići niz kosinu? Zašto?

Koja će kuglica imati veće ubrzanje? Zašto?

Koja će kuglica u podnožju kosine imati veću brzinu?

S kosine manjeg nagiba puštate, bez početne brzine, kuglice mase m i $M > m$. Koja će od njih prije sići niz kosinu? Zašto? _____

Koja će kuglica imati veće ubrzanje? Zašto? _____

Koja će kuglica u podnožju kosine imati veću brzinu? _____

Kuglicu mase m puštate prvo s kosine manjeg, a potom s kosine većeg nagiba bez početne brzine. U kojem će slučaju kuglica imati veće ubrzanje? Zašto? _____

Kakvo je gibanje kuglice mase M kada je kut prema horizontali jednak 90° ? Zašto?

Usporedite ovo gibanje s gibanjem nizbrdicom: _____



Istražujemo... i zaključujemo ...

Pribor: kosina visine h i duljine s , metarska mjerka, dvije kuglice različitih masa, zaporni sat.

Uputa: Svaki puta kuglice pustite s istog mjesta i bez početne brzine.

Mjerenje: Kuglice pustite niz kosinu. Mjerite prevaljeni put i vrijeme njihova gibanja. Izvedite kvalitativna (približna) mjerenja te zapišite svoja zapažanja vezana uz gibanje nizbrdicom.

I. Odaberite nagib kosine te istovremeno pustite niz kosinu dvije kuglice različitih masa, m i $M > m$. Koja je od njih prije stigla u podnožje kosine?

Usporedite njihova ubrzanja:

Promijenite nagib kosine i ponovite mjerenja. Niz kosinu većeg nagiba pustite obje kuglice masa, m i $M > m$. Koja je od njih prije stigla u podnožje kosine?

Usporedite njihova ubrzanja:

Što mislite, o čemu ovisi ubrzanje kuglice pri gibanju nizbrdicom?

II. Kuglicu mase m pustite niz nagnutu kosinu. Duljinu kosine podijelite na dva jednaka dijela.

Izmjerite vrijeme gibanja niz prvu polovinu duljine kosine $s_1 = \text{_____}$; $t_1 = \text{_____}$.

Drugi puta mjerite vrijeme za koje će prevaliti drugu polovinu kosine. Vrijeme mjerite od trenutka kad kuglica dođe do polovišta kosine, do kraja kosine: $s_2 = \text{_____}$; $t_2 = \text{_____}$.

Jednoj kuglici izmjerite vrijeme gibanja nizbrdicom na putu s i na putu $4s$. Kako se odnose vremena njihovih gibanja?

Prema rezultatima mjerenja pokušajte odrediti vrstu gibanja: _____.



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: kosina visine h i duljine s , metarska mjerka, dvije kuglice različitih masa, vaga i zaporni sat.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Provjeriti zakone jednoliko ubrzanog gibanja. Usporediti pomake i prevaljene puteve u jednakim vremenskim intervalima kod jednoliko ubrzanog gibanja
2. Grafički prikazati ovisnost brzine, ubrzanja i puta o vremenu. Grafički prikazati brzinu u funkciji puta, put kao funkciju kvadrata vremena te kvadrat brzine u funkciji puta
3. Analizirati ovisnost ubrzanja o sinusu nagibnog kuta kosine. Grafički prikazati i interpretirati ovisnost ubrzanja o sinusu nagibnog kuta kosine

MJERENJE I OBRADA :

1.1. Odaberite jedan nagib kosine. Odaberite puteve i označite ih tako da je prvi put s , drugi $4s$, treći $9s$ i $16s$. Za svaki put izmjerite bar sedam puta vrijeme njihova gibanja. Podatke zapišite u tablicu 1. Ubrzanje i brzinu računajte sa srednjom vrijednošću vremena, t_{sr} iz algebarskih izraza

$$a = \frac{2s}{t_{sr}^2} \quad \text{i} \quad v = \frac{2s}{t_{sr}}$$

Masa prve kuglice iznosi $m_1 =$ _____.

Tablica 1. Vrijeme, put i brzina kod jednoliko ubrzanog gibanja za kuglicu mase m_1

s/m	t_1/s	t_2/s	t_3/s	t_4/s	t_5/s	t_6/s	t_7/s	t_{sr}/s	$a/(m \cdot s^{-2})$	$v/(m \cdot s^{-1})$

Rezultat:

Omjer uzastopnih pomaka kuglica: $\Delta x_1 : \Delta x_2 : \Delta x_3 : \Delta x_4 =$

Omjer uzastopnih vremenskih intervala: $\Delta t_{1sr} : \Delta t_{2sr} : \Delta t_{3sr} : \Delta t_{4sr} =$

Odredite omjer putova u vremenskim intervalima: $s_1 : s_2 : s_3 : s_4 =$

Omjer ukupnih vremenskih intervala $t_{1sr} : t_{2sr} : t_{3sr} : t_{4sr} =$

Ubrzanje prve kuglice:

1.2. Ponovite mjerenja s drugom kuglicom. Masa druge kuglice $m_2 =$ _____.

Tablica 2. Vrijeme, put i brzina kod jednoliko ubranog gibanja za kuglicu mase m_2

s/m	t_1/s	t_2/s	t_3/s	t_4/s	t_5/s	t_6/s	t_7/s	t_{sr}/s	$a/(m \cdot s^{-2})$	$v/(m \cdot s^{-1})$

Rezultati za kuglicu mase m_2 :

Omjer uzastopnih pomaka kuglica: $\Delta x_1 : \Delta x_2 : \Delta x_3 : \Delta x_4 =$

Omjer uzastopnih vremenskih intervala: $\Delta t_{1sr} : \Delta t_{2sr} : \Delta t_{3sr} : \Delta t_{4sr} =$

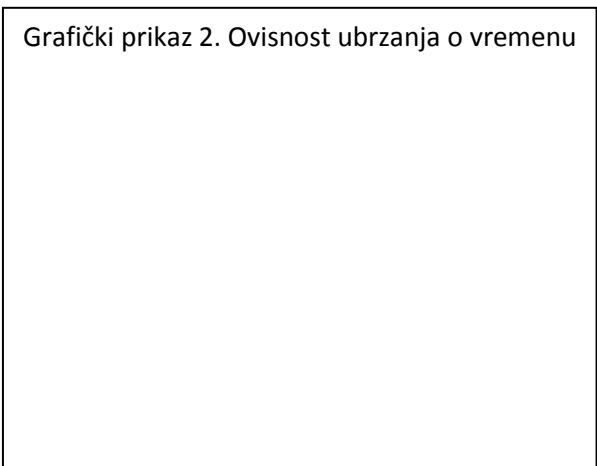
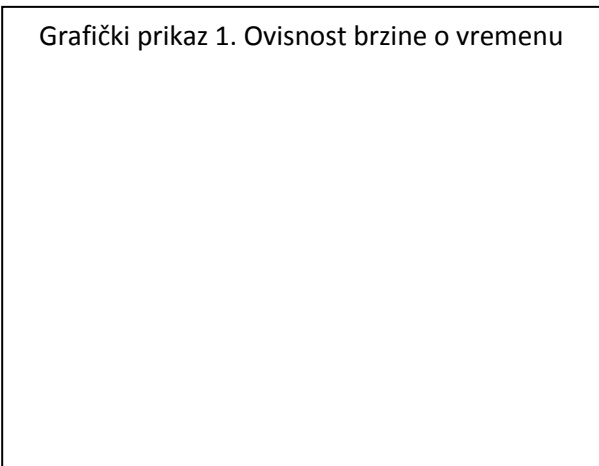
Odredite omjer putova u vremenskim intervalima: $s_1 : s_2 : s_3 : s_4 =$

Omjer ukupnih vremenskih intervala $t_{1sr} : t_{2sr} : t_{3sr} : t_{4sr} =$

Ubrzanje druge kuglice:

Zaključak o ubrzanjima kuglica različitih masa niz kosinu istog nagiba:

2. Koristite podatke iz tablice 1 ili iz tablice 2. Za jednu kuglicu grafički prikažite:

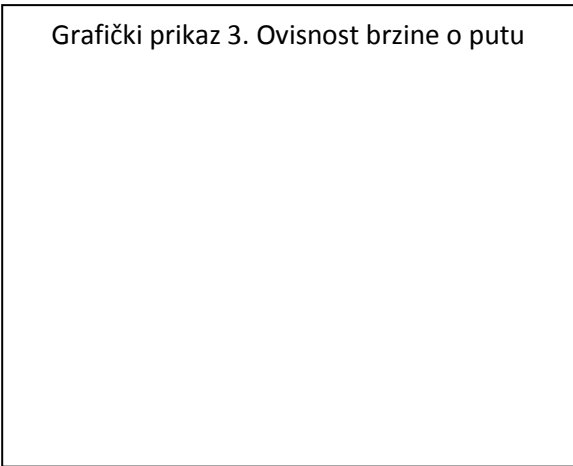


Funkcija je _____

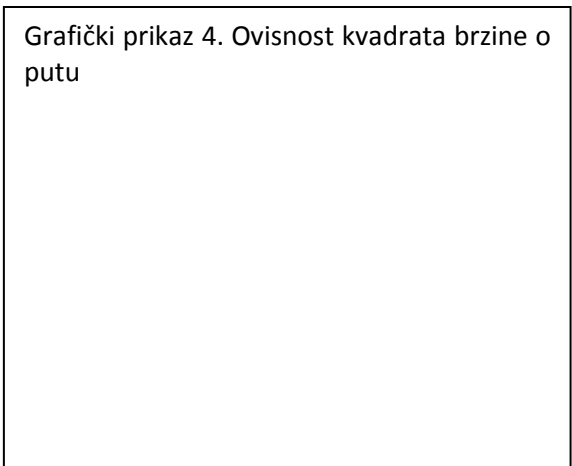
Funkcija je _____

Nagib pravca je _____

Nagib pravca je _____

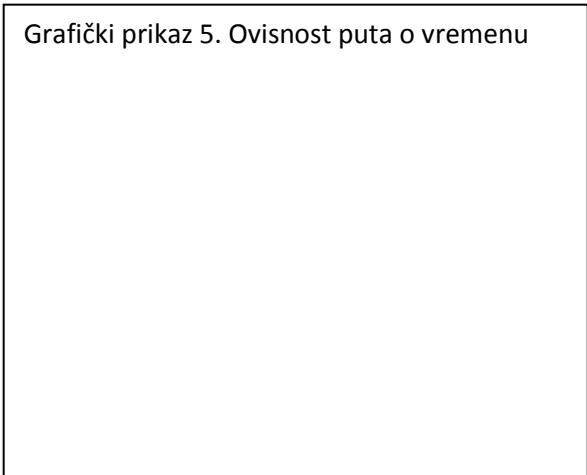


Funkcija je _____

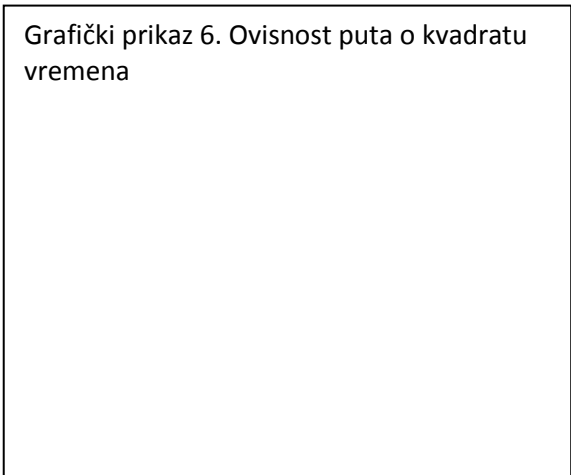


Funkcija je _____

Nagib pravca je _____



Funkcija je _____



Funkcija je _____

Nagib pravca je _____

3.1. Istražite ovisnost ubrzanja o nagibu kosine. Promijenite bar pet puta nagib kosine i odredite ubrzanje za svaki nagib. Podatke zapišite u tablicu 3. Za izračun ubrzanja koristite vrijeme t_{sr} :

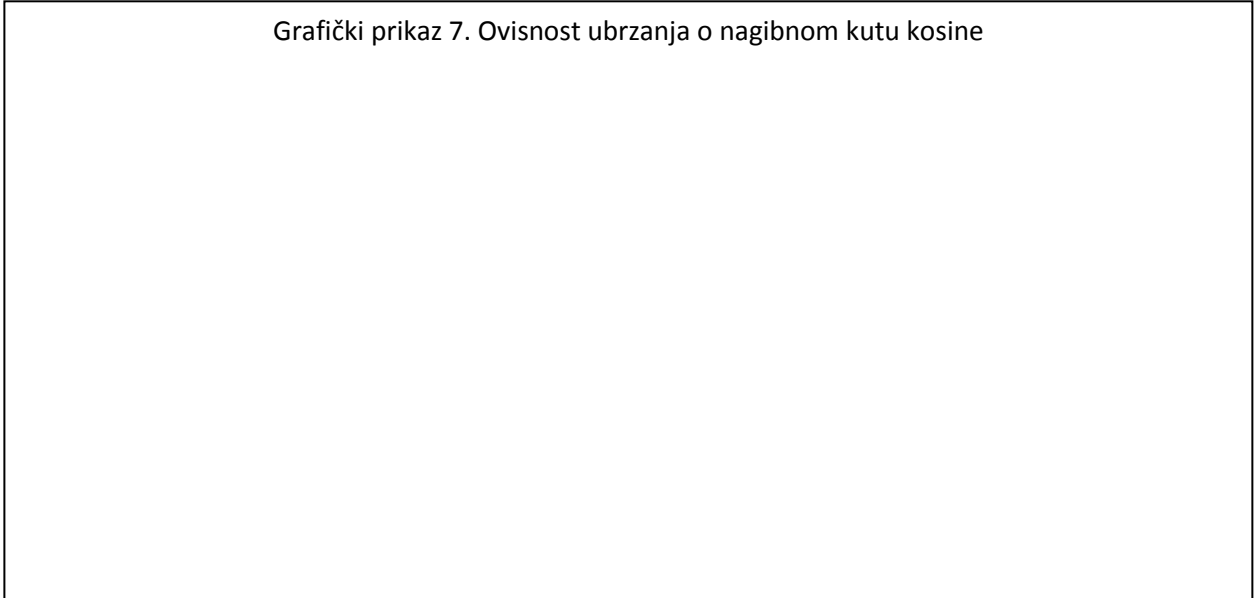
Uputa: Mjerite veći put (npr. duljinu cijele kosine). Put $s =$ _____

Tablica 3. Vrijeme, ubrzanje i sinus nagibnog kuta na kosini

h / m	t_1 / s	t_2 / s	t_3 / s	t_4 / s	t_5 / s	t_6 / s	t_7 / s	t_{sr} / s	$\sin \alpha$	$a / (m \cdot s^{-2})$

Zaključak o iznosu ubrzanja i sinusu nagibnog kuta kosine:

3.2. Grafički prikažite ubrzanje kuglice u ovisnosti o nagibnom kutu kosine:



Rezultat:

Ovisnost ubrzanja o sinusu nagibnog kuta prikazujemo izrazom:

Zaključak:

Najmanji kut pri kojem se kuglica spušta nizbrdicom jest:



Analiza rezultata

1. **Analizirajte rezultate mjerenja, te usporedite kako se odnose uzastopni pomaci i jednaki vremenski intervali pri gibanju nizbrdicom:**

2. **Analizirajte rezultate mjerenja te usporedite kako se odnose ukupni prevaljeni putovi i ukupna vremena gibanja:**

3. **Analizirajte rezultate mjerenja te zapišite kakva je ovisnost ubrzanja o vremenu gibanja:**

4. **Analizirajte rezultate mjerenja te zapišite kakva je ovisnost brzine o vremenu gibanja:**

5. **Analizirajte rezultate mjerenja te zaključite kakva je ovisnost puta o vremenu gibanja:**

6. **Analizom rezultata mjerenja zaključite kakva je ovisnost puta o kvadratu vremena:**

7. **Analizom rezultata mjerenja zaključite kakva je ovisnost brzine o putu:**

8. **Analizom rezultata mjerenja zaključite kakva je ovisnost kvadrata brzine o putu:**

9. **Ovisi li ubrzanje tijela o masi tijela pri gibanju nizbrdicom?**

10. **Ovisi li ubrzanje tijela pri gibanju nizbrdicom o nagibu?**

11. **Usporedite svoje pretpostavljene rezultate s izmjerenim vrijednostima. Obrazložite eventualne razlike:**

Zaključak:

1. Usporedite vrijednost ubrzanja nizbrdicom s vrijednošću $g \cdot \sin \alpha$. Obrazložite odgovor:

2. Kakvo je gibanje nizbrdicom?



Primjenjujemo naučeno...

1. Analizirajte kartu <http://www.mojsmjestaj.hr/img/bjelolasica1.jpg>, srpanj 2016. Prema podacima iz tablice preporučite skijašku stazu vještim i manje vještim skijašima: **Skijaške staze Bjelolasica**, <http://www.mojeskijanje.com/hr/skijanje/hrvatska/bjelolasica.html>, srpanj 2016.

	Staza	Duljina (m)	Cilj nadmorska visina (m)	Start nadmorska visina (m)
1	Vrelo	1.354	625	1.061
2	Gomirkovica	1.200	1.070	1.270
3	Livade	300	1.277	1.324
4	Vilinska draga	350	1.270	1.386
5	Hajdučica	165	1.268	1.319
6	Bjelolasica	1.700	1.055	1.392
	Staza Tintilinić (kraj naselja)	150	620	650

Zadaci za samostalno istraživanje i samostalne projekte:

1. Istražite način rada uspinjača. Istražite rad Zagrebačke uspinjače, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/23/Zagrebacka_uspinjac_a.jpg/800px-Zagrebacka_uspinjaca.jpg, srpanj 2016.
2. Istražite i obrazložite način gradnje krovišta u različitim krajevima države.
3. Istražite pojam i problem klizišta.
4. Posjetite web adresu <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/glaciers>, srpanj 2016. i istražite gibanje glečera.
5. Posjetite web adresu http://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=gp_vrh_sikmy&l=sr&zoom=0%20kosi%20hitac, rujan 2016. Usporedite pomake, puteve, vremenske intervale i ukupno vrijeme gibanja.

Literatura:

- [1] Andreis, T., Plavčić, M., Simić, N. Fizika 1: udžbenik za 1. razred gimnazije i srodnih škola s četverogodišnjim programom, Zagreb, Profil, 2007.
- [2] Brković, N., Pećina, P. Fizika u 24 lekcije, Zagreb, Element, 2014.
- [3] Labor, J. Fizika 1, Zagreb, Alfa, 2011
- [4] Paar, V. Fizika 1 – gibanje i energija, Zagreb, Školska knjiga, 2000.
- [5] Simić, N., Fizika 1: udžbenik za 1. razred gimnazije (inačica A), Zagreb, Profil, 2007.
- [6] Vernić, E., Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, priručnik za laboratorijski rad učenika srednjih škola, Zagreb, Školska knjiga, 1987.

PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (HORIZONTALNI HITAC)

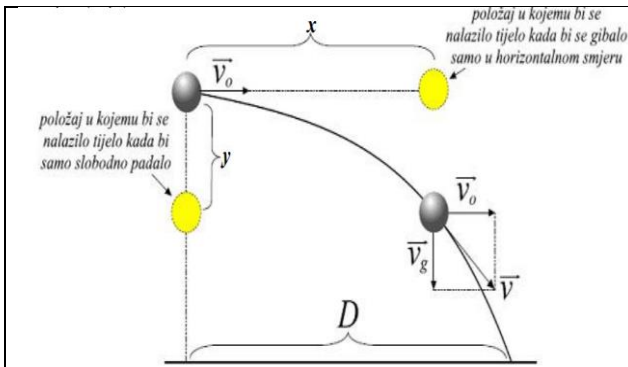


PODSJETNIK:

Složena gibanja sastoje se od više **jednostavnih gibanja**. Ako se za vrijeme vožnje vlakom brzinom v_1 , krećete kroz vlak brzinom v_2 , vaše je gibanje složeno. Sastavljeno je od dva jednostavna gibanja koja se događaju istovremeno.
 Primjer jednostavnih gibanja: jednoliko pravocrtno i jednoliko ubrzano pravocrtno gibanje.
 Primjer složenih gibanja: horizontalni, vertikalni hitac i kosi hitac.
 Za složena gibanja vrijedi **princip o neovisnosti gibanja**: jednostavna gibanja na koja se može rastaviti složeno gibanje, događaju se istovremeno i jedno na drugo ne utječu.

Posjetite web stranicu i proučite primjer složenog gibanja čamca po rijeci:

<http://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives/Vectors-and-Projectiles/Riverboat-Simulator/Riverboat-Simulator-Interactive>



Tijelo je izbačeno stalnom brzinom u horizontalnom smjeru s **visine h** .

Domet D jest horizontalni pomak ispod mjesta s kojega je izbačen.

Tijelo izbačeno u horizontalnom smjeru brzinom v_0 , u polju sile teže izvodi složeno gibanje.

Slika G2.1. Horizontalni hitac, Izvor: www.skole.hr/nastavni-materijali/materijal?nm_action=download_materijal...: **FIZIKA. 1.razred. Nina Obradović, prof.**

U svakom trenutku tijelo se nalazi u onoj točki u kojoj bi bilo da u promatranom vremenu izvodi jedno, a zatim isto toliko vremena drugo jednostavno gibanje.

Horizontalne komponente

Brzina $v_x = v_0$

Put $x = D = v_0 \cdot t$

Vertikalne komponente

Brzina $v_y = g \cdot t$

Put $y = h = \frac{g}{2} t^2$

Analizom komponenti gibanja u bilo kojem trenutku gibanja, t za horizontalni hitac vrijede algebarski izrazi:

$$v = \sqrt{v_0^2 + (g \cdot t)^2};$$

$$D = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$$



Razmišljamo ...



Slika G2.2. Padobranci,

Izvor: http://www.homovolans.hr/wp-content/uploads/2014/02/DSC_0083.jpg

tekst:

<http://www.homovolans.hr/onama/discipline/>

Skokovi na cilj

Skokovi na cilj spadaju u tzv. klasične discipline u padobranstvu. Skokovi se izvode s visine od 1000 m te padobranac mora pogoditi nogom (petom) što bliže središtu elektroničkog uređaja (popularno zvan "palačinka") promjera 33,5 cm. Središte "palačinke" promjera je 1,5 cm i u bodovnom smislu vrijedi kao 0 (nula) bodova (cm). Svaki se pogodak izvan središta računa kao kazneni bod (cm), ovisno koliko centimetara od središta padobranac promaši centar. Na natjecanjima se obično izvodi 6 ili 8 skokova te se izvode u pojedinačnoj i ekipnoj konkurenciji. Pobjednik je onaj padobranac ili ekipa koja ima najmanje skupljenih centimetara iz svih skokova.

Proučite tekst pokraj slike i odgovorite:

Je li gibanje padobranca jednostavno ili složeno?

Ovisi li mjesto padobrančeva doskoka o visini s koje skače? Zašto? _____

Nacrtajte približnu putanju padobranca:

Ovisi li mjesto doskoka o brzini letjelice iz koje skače? Zašto? _____

Izvede li skok na nekoj drugoj planeti, hoće li njegov doskok biti jednak? Obrazložite tvrdnju:

Navedite sve parametre za proučavanje horizontalnog hitca: _____

Navedite pribor za mjerenje: _____



Istražujemo... i zaključujemo ...

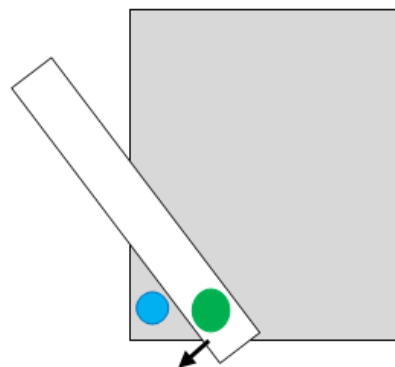
Pribor: "dvostrani balistički pištolj" s dvije metalne kuglice ili novčići i ravnalo, dvije loptice, podloge različite visine i metar.

Mjerenje: Postavite ravnalo (bijela boja) na rub klupe (siva boja). (Slika G2.3.). Na ravnalu su novčići (plave i zelene boje). U smjeru strelice povucite ravnalo tako da izazovete gibanje oba novčića.

Napomena: Eksperiment se može izvesti uređajem nazvanim „dvostrani balistički pištolj“.

Koji će od njih prije pasti na tlo?

Zašto? _____



Slika G2.3. Novčići i ravnalo

Uzmite lopticu i istražite:

Kada loptica ima najveći domet? _____

Ovisi li domet loptice o početnoj visini loptice? Zašto? _____

Ovisi li domet o masi loptice? Zašto? _____

Ovisi li domet o početnoj brzini loptice? Kako ćete provjeriti tvrdnju? _____

Možemo li mjeriti početnu brzinu horizontalno bačenog tijela? _____

Opišite način mjerenja: _____

Pitanje: Što se događa kada tijelo nema početnu brzinu?



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

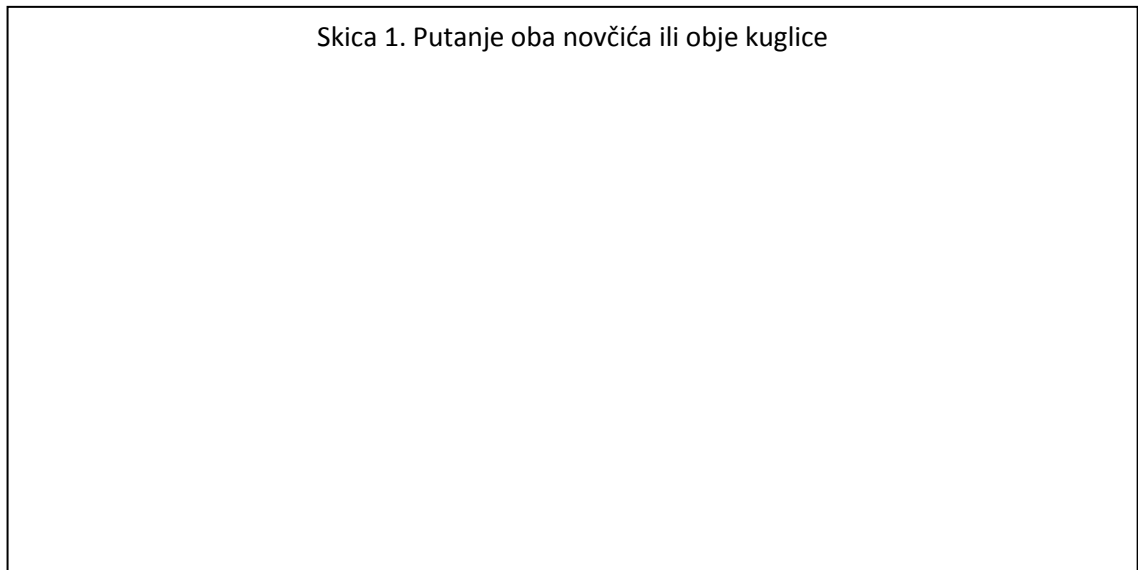
PRIBOR: “dvostrani balistički pištolj” s dvije metalne kuglice ili novčići i ravnalo, dvije loptice, podloge različite visine i metar.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Istražiti oblik putanje horizontalno izbačenog tijela s neke visine, h .
2. Provjeriti princip neovisnosti gibanja.
3. Istražiti ovisnost dometa kuglice, D o visini horizontalno izbačenog tijela, h .
4. Grafički prikazati ovisnost dometa, D o visini h , te kvadrat dometa, D^2 o visini h .
5. Odrediti početnu brzinu horizontalno bačenog tijela iz balističkog pištolja. Provesti račun pogreške. Usporediti srednju vrijednost brzine s brzinom određenom grafičkom metodom.

MJERENJE I OBRADA :

1. Objе kuglice ili oba novčića istovremeno pokrenite prema skici 1. Nacrtajte njihove putanje.



Skica 1. Putanje oba novčića ili obje kuglice

2. Ponovite istraživanje s oba tijela bačena horizontalno pažljivo gledajući i osluškujući.

Zaključak o vremenu padanja tijela:

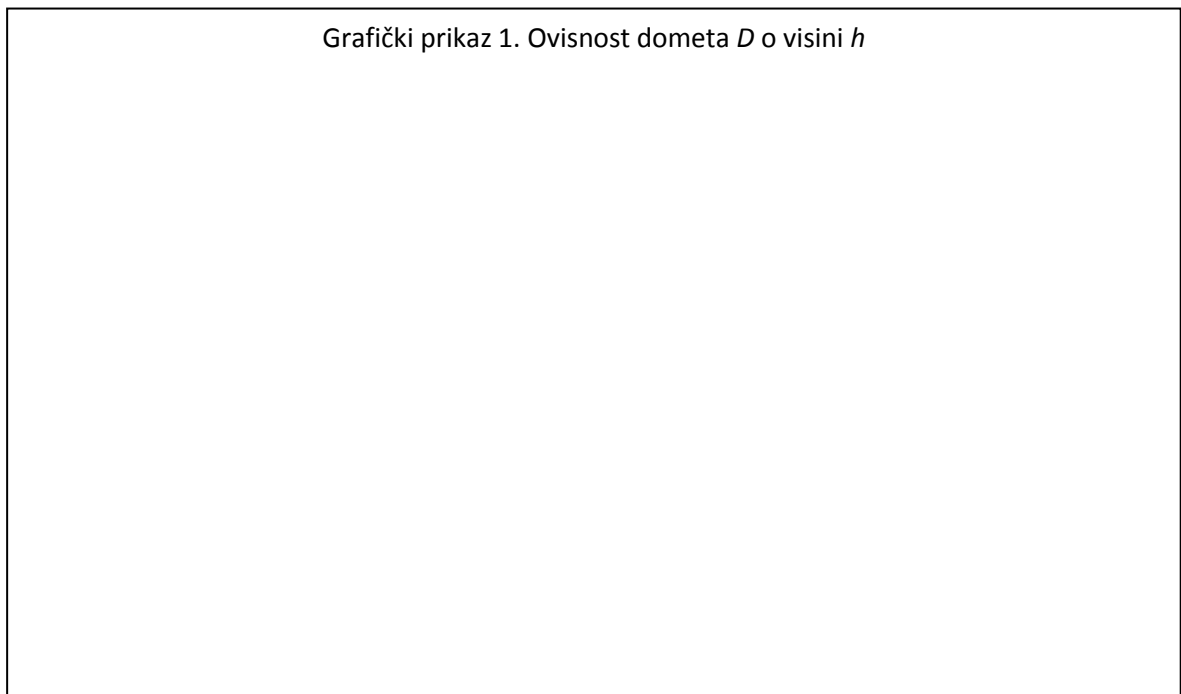
3. Odaberite početnu visinu, h . Izvedite sedam mjerenja dometa s iste visine. Odredite srednju vrijednost dometa, D_{sr} .
Promijenite visinu sedam puta i ponovite mjerenja. Domet mjerite ispod mjesta izbacivanja. Podatke mjerenja zapišite u tablicu 1.

Tablica 1. Visina i domet horizontalno izbačenog tijela

h / m	D_1 / m	D_2 / m	D_3 / m	D_4 / m	D_5 / m	D_6 / m	D_7 / m	D_{sr} / m

Zapažanja o ovisnosti dometa o visini prema podacima mjerenja:

4. Koristite podatke iz tablice 1. te grafički prikažite ovisnost dometa, D o visini h



Zapažanja o ovisnosti dometa o visini prema podacima mjerenja:

5. Iz tablice 1. prepisite podatke o visini h i domet D_{sr} u tablicu 2. Dopunite stupce vremenom padanja, t , kvadratom srednje vrijednosti dometa, D^2 , početnom brzinom v_o i provedite račun pogreške za početnu brzinu.

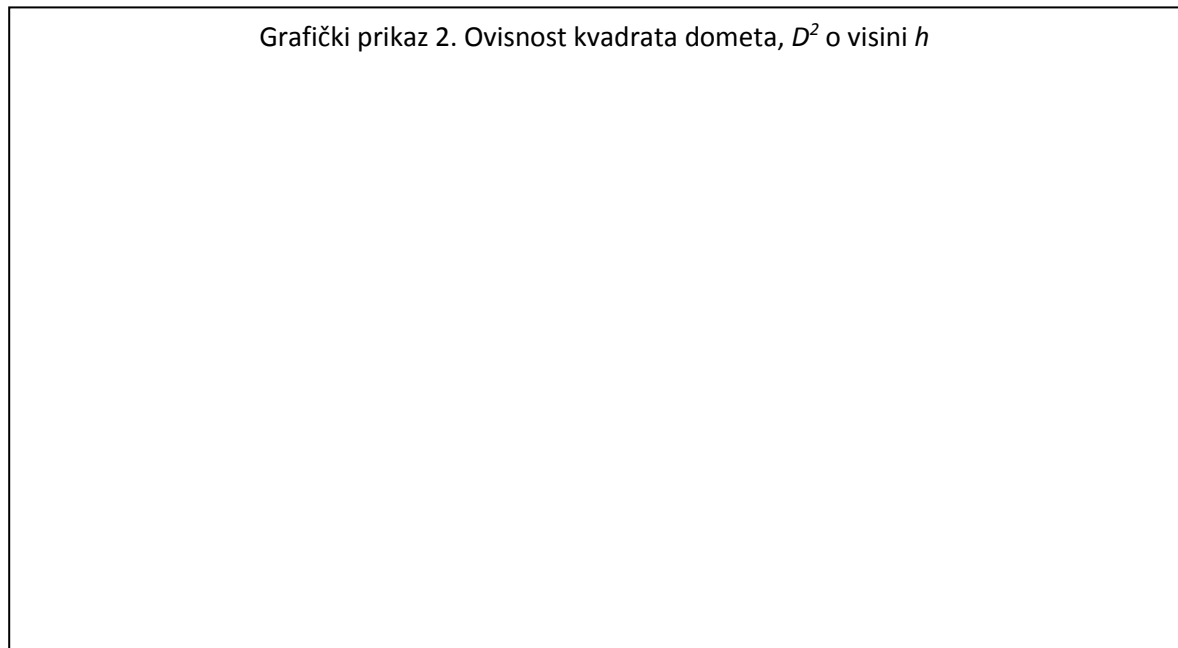
Tablica 2. Visina, domet, kvadrat dometa, vrijeme, brzina i apsolutna pogreška brzine

h / m	D_{sr} / m	D^2 / m^2	t / s	$v_o / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	$\Delta v_o / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$

Rezultat:

Početna brzina tijela:

Grafički prikažite ovisnost kvadrata dometa, D^2 o visini h .



Rezultat: Početna brzina dobivena grafičkom metodom.



Analiza rezultata

1. Usporedite putanje tijela pri slobodnom padu i horizontalnom hitcu:

2. Usporedite vrijeme padanja kod slobodnog pada i horizontalnog hitca:

3. Usporedite ubrzanje slobodnog pada i ubrzanje kod horizontalnog hitca u vertikalnom smjeru:

4. Usporedite sile na tijelo pri slobodnom padu i horizontalnom hitcu u vertikalnom smjeru:

5. Usporedite iznose početnih brzina:

- Određen pomoću dometa:
- Određen grafičkom metodom:

Zaključak:

Usporedite slobodni pad i horizontalni hitac:



Primjenjujemo naučeno...

Uputa: Radi jednostavnosti izračuna u svim zadacima računajte bez otpora sredstva kroz koje se giba promatrano tijelo.

1. Nakon potresa unesrećenim ljudima treba dostaviti humanitarnu pomoć (šatore, sanitetski materijal i lijekove, vodu i hranu, odjeću i obuću...). Često su ceste i mostovi porušeni, pruge oštećene ili ih nema. Jedini je način dostava pomoći iz zraka.
 - a) Kakvo je gibanje paketa? Nacrtajte približni oblik putanje paketa!
 - b) Avion leti brzinom 200 kmh^{-1} na visini od 500 m iznad potresom pogođenog područja. Gdje će pasti paket?
 - c) Je li važno u kojem se smjeru giba avion (slijeva nadesno ili s desna na lijevo)? Obrazložite tvrdnju!
2. Djevojčica s bakom zalijeva cvijeće u svom malom vrtu. Stoji na početku gredice dužine 1m. Drži horizontalno vodovodno crijevo na visini 80 cm. Brzina je vode 2 ms^{-1} . Hoće li zaliti cijelu gredicu?

Zadaci za samostalno istraživanje i samostalne projekte:

1. S visine 45 m iznad tla izbačena je loptica A mase 20 g horizontalno brzinom 10 ms^{-1} . Odredite:
 - A) Vrijeme padanja loptice;
 - B) Domet loptice;
 - C) Grafički prikažite ovisnost akceleracije o vremenu te ovisnost sile o vremenu za:
 - 1) horizontalnu komponentu gibanja;
 - 2) vertikalnu komponentu gibanja;
 - D) Nacrtajte putanju loptice do pada na tlo;
 - E) Kolikom brzinom loptica A udari o tlo?
 - F) Nacrtajte u svakoj sekundi vektore brzina.
 - G) Olovkom u drugoj boji prikažite putanju loptice B izbačene s iste visine brzinom 15 ms^{-1} .
2. Posjetite web adresu <http://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives/Vectors-and-Projectiles/Projectile-Simulator/Projectile-Simulator-Interactive>, srpanj 2016. . Istražite gibanje projektila.
3. Istražite priču o majmunu i hitcu:
<http://www.upscale.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/ClassMechanics/MonkeyHunter/MonkeyHunter.html>

Literatura:

- [1] Andreis, T., Plavčić, M., & Simić, N. Fizika 1: udžbenik za 1. razred gimnazije i srodnih škola s četverogodišnjim programom, Zagreb, Profil, 2007.
- [2] Labor, J. Fizika 1, Zagreb, Alfa, 2011.
- [3] Paar, V. Fizika 1 – gibanje i energija, Zagreb, Školska knjiga, 2000.
- [4] Simić, N. Fizika 1: udžbenik za 1. razred gimnazije (inačica A), Zagreb, Profil, 2007.
- [5] Vernić, E., Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, priručnik za laboratorijski rad učenika srednjih škola, Zagreb, Školska knjiga, 1987.
- [6] https://hr.wikipedia.org/wiki/Horizontalni_hitac, rujan 2016.

PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (VERTIKALNI HITAC)



PODSJETNIK:

Složena gibanja sastoje se od više **jednostavnih gibanja**. Ako se za vrijeme vožnje vlakom brzinom v_1 krećete kroz vlak brzinom v_2 , vaše je gibanje složeno. Sastavljeno je od dva jednostavna gibanja koja se događaju istovremeno.

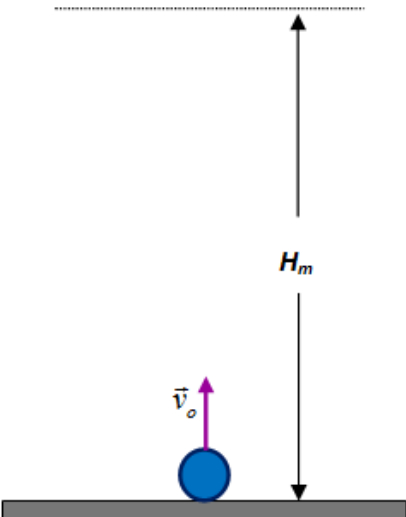
Primjer jednostavnih gibanja: jednoliko pravocrtno i jednoliko ubrzano pravocrtno gibanje.

Primjer složenih gibanja: horizontalni, vertikalni hitac i kosi hitac.

Za složena gibanja vrijedi **princip o neovisnosti gibanja**: jednostavna gibanja na koja se može rastaviti složeno gibanje, događaju se istovremeno i jedno na drugo ne utječu.

Posjetite web stranicu i proučite primjer složenog gibanja aviona:

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/airpw.html#c1>, rujn 2016.



Vertikalni hitac naviše složeno je gibanje koje se sastoji od jednolikog gibanja s početnom brzinom v_0 u vertikalnom pravcu prema gore i slobodnog pada

Napomena: razlikujmo pojmove:

- *vertikalno* ... određeno pravcem djelovanja gravitacijske sile
- *horizontalno* okomito je na vertikalno

Slika G3.1. Kuglica bačena uvis brzinom v_0 dostiže najveću visinu H_m i nakratko staje
 Izvor: www.skole.hr/nastavni-materijali/materijal?nm_action=download_materijal:
FIZIKA. 1.razred., strana 5, Nina Obradović, prof., srpanj 2016.

Vrijeme uspinjanja na najveću visinu : $t_H = \frac{v_0}{g}$	Ukupno vrijeme od izbacivanja do pada na tlo: $t_u = 2 \cdot t_H$	Najveća visina uspinjanja $H_m = \frac{v_0^2}{2g}$
Jednadžbe gibanja u bilo kojem trenutku:		
Uspinjanja ($t < t_H$):		Padanja ($2 t_H > t > t_H$):
Brzina $v = v_0 - gt$		Brzina $v = gt$
Položaj $y = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2$		Položaj $y = H_m - \frac{1}{2} gt^2$



Razmišljamo ...



Slika G3.2. Vodoskok na Ženevskom jezeru,

Izvor:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/01/Jet_d%27eau_Aug_06.JPG/800px-et_d%27eau_Aug_06.JPG?1473421665038,
rujan 2016.



Slika G3.3. Obojeni vodoskok na Ženevskom jezeru, Izvor:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Geneva_red_jet_d%27eau.jpg?1473421714417, rujan 2016.

Zanimljivosti o vodoskoku:

Najveći europski vodoskok nalazi se u Švicarskoj na Ženevskom jezeru

Svake sekunde izbací 500 litara vode u zrak; u zraku je 7000 l vode

Danas je visina vodenog stupa 140 m

Brzina vodenog mlaza na izlazu je $200 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

Ukupna snaga dviju crpki iznosi 1 MW.

Vidljiv je iz cijelog grada.

Vidljiv je i s nadmorske visine od 10 kilometara.

Za festivale i manifestacije može se osvijetliti (Slika G3.3.).

Povijest:

Nalazi se na mjestu gdje se Ženevsko jezero ulijeva u rijeku Rhonu

Prvi Jet d'Eau instaliran je 1886. godine nizvodno od svog sadašnjeg položaja. Bio je sigurnosni ventil i imao visinu od oko 30 metara. Godine 1891. visina mu je povećana na 90 metara. Postaje turistička atrakcija.

Ovaj Jet d'Eau instaliran je 1951. djelomičnim potapanjem crpne stanice za korištenje vode iz jezera umjesto gradske vode. Od 2003. godine fontana radi tijekom dana tijekom cijele godine, osim u slučaju smrzavanja i osobito jakog vjetara. Također djeluje u večernjim satima između proljeća i jeseni, a osvijetljena nizom od 21 svjetla u ukupnom iznosu od 9 kW.

Dana 25. kolovoza 2016. godine fontana je proslavila svoju 125. godišnjicu u svom sadašnjem položaju.

Koliku bi visinu postigla loptica izbačena vertikalno uvis istom brzinom na Zemlji?

Koliku bi visinu postigla loptica izbačena vertikalno uvis istom brzinom na Mjesecu?



Istražujemo... i zaključujemo ...

Pribor: loptice raznih masa i veličina

Istraživanje:

Lopticu bacite uvis nekoliko puta i istražite:

Kada će loptica postići veću visinu? Zašto? _____

Je li neka fizička veličina stalna? _____


Kada će se loptica duže uspinjati? Zašto? _____

Kako ćete to postići? _____

Ovisi li najveća visina o masi loptice? Kako ćete to istražiti?

Kako loptica može mijenjati početnu brzinu vertikalno uvis ? Obrazložite tvrdnju:

U prostoru desno skicirajte vektore svih sila koje djeluju na lopticu pri njenom uspinjanju:



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: računalo s internetskom vezom, web adresa http://www.walterfendt.de/ph6en/projectile_en.htm, rujan 2016.

UPUTA (izvor: web adresa http://www.walter-fendt.de/ph6en/projectile_en.htm, rujan 2016.)
Java applet prikazuje gibanje hitca pod pretpostavkom da se otpor sredstva (kojim se giba) može zanemariti.

[Reset] - početno stanje (mogu mu se zadati visina s koje hitac polazi [0.000 m - 100.000 m], intenzitet brzine [0.000 ms⁻¹ - 100.000 ms⁻¹] i kut koji ona zatvara s horizontalom [0° - 90°], kao i masa tijela [0.000 kg - 10.000 kg] i gravitacijsko ubrzanje [1.000 ms⁻² - 100 ms⁻²])

[Start] - pokrećemo simulaciju

[Usporeno] - simulaciju usporavamo 10 puta

Applet crta putanju hica ispisujući podatke o jednoj od pet veličina koje se mogu izabrati: koordinatama, brzini, ubrzanju, sili ili energiji tijela.

Savjet: Za cijelu vježbu odaberite kut izbacivanja 90°. Namjestite početnu visinu na 0 m. Radi jednostavnosti odaberite gravitacijsko ubrzanje 10 m·s⁻². Za 1.1.-1.5. odaberite masu i nemojte je mijenjati. Masa iznosi _____ .

Bilježite vrijednosti koje vidite na monitoru. Zanemarite sigurne i nesigurne znamenke.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Analizirati koordinate, brzinu, ubrzanje, silu i energiju tijela bačenog uvis.
2. Istražiti ovisnost najveće visine, H_m o kvadratu početne brzine tijela, v_0^2 .
3. Istražiti ovisnost vremena uspinjanja na najveću visinu, t_h o početnoj brzini, v_0 .
4. Istražiti ovisnost najveće visine, H_m o vremenu uspinjanja, $t < t_H$.
5. Istražiti ovisnost trenutne brzine, v o vremenu uspinjanja, $t < t_H$.
6. Istražiti ovisnost najveće visine, H_m o masi tijela bačenoj vertikalno uvis početnom brzinom, v_0 .

MJERENJE I OBRADA:

1.1. Pokrenite simulaciju na zadanoj web adresi. Odaberite brzinu i promatrajte vektore brzine pri uspinjanju i padanju:

Zaključak o vrsti gibanja prema brzini:

pri uspinjanju: _____

pri padanju: _____

1.2. Odaberite ubrzanje i promatrajte vektor ubrzanja pri uspinjanju i padanju:

Zaključak o vrsti gibanja prema ubrzanju:

pri uspinjanju: _____

pri padanju: _____

1.3. Odaberite silu i promatrajte vektor sile pri uspinjanju i padanju:

Zaključak o vrsti gibanja prema sili:

pri uspinjanju: _____

pri padanju: _____

1.4. Odaberite energiju i promatrajte iznose energije pri uspinjanju i padanju:

Zaključak o energiji:

U trenutku izbacivanja brzinom _____ kinetička energija iznosi: _____,

gravitacijska potencijalna energija iznosi: _____,

ukupna energija iznosi _____.

Na najvećoj visini brzina iznosi _____ kinetička energija iznosi: _____,

gravitacijska potencijalna energija iznosi: _____,

ukupna energija iznosi _____.

1.5. Odaberite položaj, pokrenite simulaciju, mijenjajte početnu brzinu, v_o i u tablicu 1 bilježite vrijednosti ukupnog vremena t_u (dvostruko vrijeme uspinjanja t_H), i najveće visine H_m . U predzadnji stupac zapišite kvadrat početne brzine, a u zadnji trenutnu brzinu za $t < t_H$, prema izrazu $v = v_o - gt$.

Tablica 1. Početna brzina, najveća visina, ukupno vrijeme do padanja na tlo, vrijeme uspinjanja, kvadrat početne brzine i trenutna brzinu za vrijeme uspinjanja

$v_o/m \cdot s^{-1}$	H_m/m	t_u/s	t_H/s	$v_o^2/(m \cdot s^{-1})^2$	$v/m \cdot s^{-1}$
5					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					
100					

Pomoću podataka iz tablice 1 grafički prikažite ovisnost najveće visine, H_m o kvadratu početne brzine tijela, v_o^2 .

Grafički prikaz 1. Ovisnost najveće visine, H_m o kvadratu početne brzine tijela, v_o^2

Zaključak o ovisnosti najveće visine, H_m o kvadratu početne brzine tijela, v_o^2 :

Zaključak o omjeru (H_m/v_o^2):

Pomoću podataka iz tablice 1. grafički prikažite ovisnost najveće visine, H_m o vremenu uspinjanja, t_H .

Grafički prikaz 2. Ovisnost najveće visine, H_m o vremenu uspinjanja, t_H

Zaključak o ovisnosti najveće visine, H_m o vremenu uspinjanja, t_H :

Vrijeme uspinjanja ovisi o: _____.

Pomoću podataka iz tablice 1. grafički prikažite ovisnost vremena uspinjanja, t_H o početnoj brzini, v_o .

Grafički prikaz 3. Ovisnost vremena uspinjanja, t_H o početnoj brzini, v_o

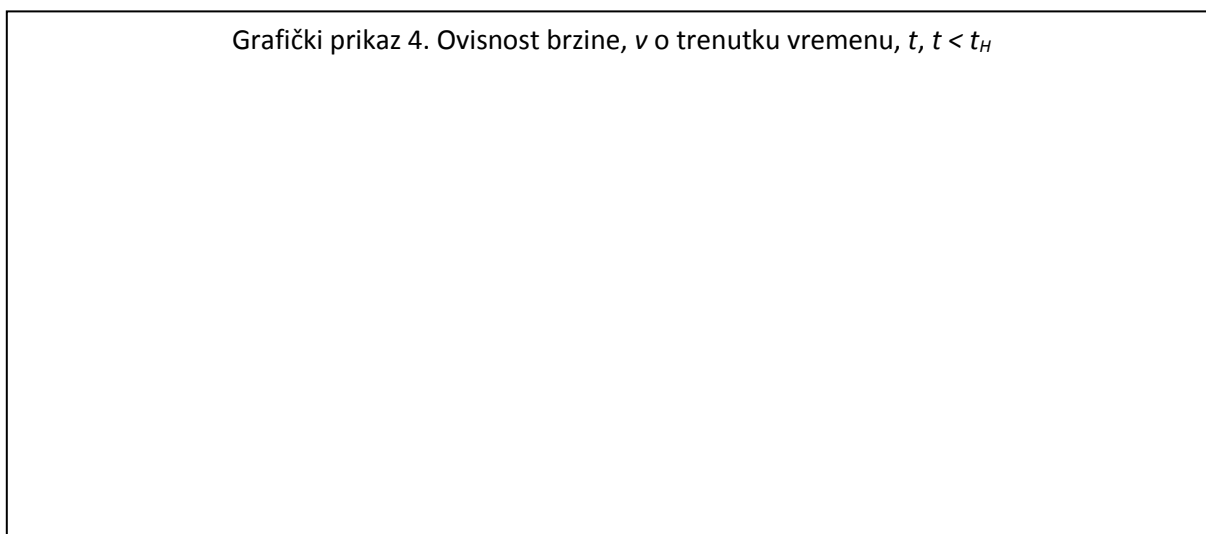
1.6. Ponovite istraživanje s oba tijela bačena horizontalno pažljivo gledajući i osluškajući.

Zaključak o vremenu padanja tijela:

Zaključak o ovisnosti vremena uspinjanja, t_H o početnoj brzini, v_o :

Gibanje tijela koje se uspinje početnom brzinom v_0 do najviše točke jest:_____.

Pomoću podataka iz tablice 1. grafički prikažite ovisnost brzine v o trenutku vremena, $t, t < t_H$



Zaključak o ovisnosti brzine, v o trenutku vremena, $t, t < t_H$:

_____.

Gibanje tijela koje se uspinje u trenutku $t, t < t_H$ je :_____.

Istražite ovisnost najveće visine, H_m o masi tijela bačenoj vertikalno uvis početnom brzinom, v_0 . Odaberite brzinu i za vrijeme istraživanja nemojte je mijenjati, kao ni kut ni početnu visinu. Mijenjajte masu tijela i podatke bilježite u tablicu 2:

Brzina: _____

Tablica 2. Masa, najveća visina, ukupno vrijeme do padanja na tlo i vrijeme

m/kg	H_m/m	t_u/s	t_H/s

Zaključak o ovisnosti najveće visine, H_m o masi tijela, m :

_____.



Analiza rezultata

1. O kojim fizičkim veličinama ovisi vrijeme uspinjanja vertikalno bačenog tijela?

2. O kojim fizičkim veličinama ovisi najveća visina koju dosegne vertikalno bačeno tijelo?

3. Ovisi li najveća visina koju dosegne vertikalno bačeno tijelo o masi tijela?

4. Na kakvu funkciju ukazuje omjer (H_m/v_o^2)? Obrazložite tvrdnju:

5. Na tijelo bačeno uvis i za vrijeme uspinjanja i za vrijeme padanja djeluje sila/djeluju sile:

Zaključak:

Gibanje tijela bačenog vertikalno uvis do najveće visine jest

Gibanje tijela bačenog vertikalno uvis nakon najveće visine jest

Kolika je brzina tijela bačenog vertikalno uvis u najvišoj točki?

Vrijedi li za ovo gibanje zakon očuvanja energije?



Zadatci za samostalno istraživanje i samostalne projekte:

1. Usporedite put kuglice pri uspinjanju dobiven:
 - algebarskim zapisom za 10 sekunda;
 - iz grafičkog prikaza 4, ovisnosti $v(t)$, $t < t_H$
2. Odaberite jednu početnu brzinu. Grafički prikažite ovisnost visine na kojoj se tijelo nalazi o ukupnom vremenu od izbacivanja tijela do pada na tlo.
3. Odaberite jednu početnu brzinu. Grafički prikažite ovisnost brzine $v(t)$ o ukupnom vremenu do pada na tlo.
4. Proučite vertikalni hitac naniže. Grafički prikažite silu, ubrzanje, brzinu i put u ovisnosti o vremenu za tijelo bačeno početnom brzinom v_0 vertikalno naniže.
5. Istražite koji su najveći vodoskoci u Republici Hrvatskoj. Koriste li se u turističke svrhe?
6. Istražite koji je najveći vodoskok na svijetu. Koristi li se u turističke svrhe?
7. Posjetite web adresu <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/projectile-motion>, rujan 2016. Usporedite vertikalni hitac u vakuumu i zraku.
8. Dječak visine 120 cm stoji ispod stabla zrelih jabuka. Najbliža je grana na visini od 3 m.
 - a) Koliko brzinom treba dječak baciti loptu da ona dodirne jabuku i na trenutak se zaustavi?
 - b) Koliko će vremena proći od bacanja lopte do njenog pada na tlo?
 - c) Kolika je visina koju će na Mjesecu dostići lopta ako je bacimo uvis jednakom brzinom kao na Zemlji? Gravitacijsko ubrzanje na Mjesecu šest je puta manje od gravitacijskog ubrzanja na Zemlji.

Literatura:

- [1] Andreis, T., Plavčić, M., & Simić, N. Fizika 1: udžbenik za 1. razred gimnazije i srodnih škola s četverogodišnjim programom, Zagreb, Profil, 2007.
- [2] Labor, J. Fizika 1, Zagreb, Alfa, 2011.
- [3] Paar, V. Fizika 1 – gibanje i energija, Zagreb, Školska knjiga, 2000.
- [4] Simić, N. Fizika 1: udžbenik za 1. razred gimnazije (inačica A), Zagreb, Profil, 2007.
- [5] Vernić, E. Mikuličić, B.: Vježbe iz fizike, priručnik za laboratorijski rad učenika srednjih škola, Zagreb, Školska knjiga., 1987.
- [6] https://hr.wikipedia.org/wiki/Kosi_hitac, rujan 2016.
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Jet_d%27Eau, rujan 2016.
- [8] <http://www.geneva.info/jet-d-eau-fountain/>, rujan 2016.

PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (KOSI HITAC)



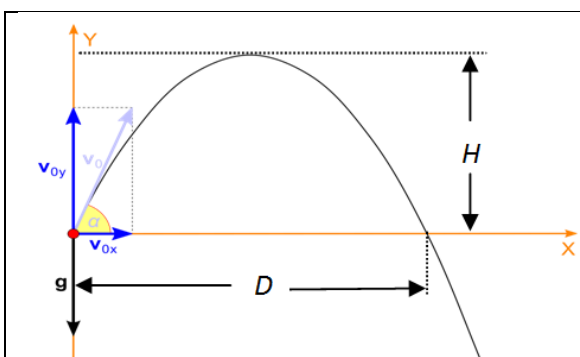
PODSJETNIK:

Složena gibanja sastoje se od više **jednostavnih gibanja**. Ako se za vrijeme vožnje vlakom brzinom v_1 krećete kroz vlak brzinom v_2 , vaše je gibanje složeno. Sastavljeno je od dva jednostavna gibanja koja se događaju istovremeno.

Primjer jednostavnih gibanja: jednoliko pravocrtno i jednoliko ubrzano pravocrtno gibanje.

Primjer složenih gibanja: horizontalni hitac i kosi hitac.

Za složena gibanja vrijedi **princip o neovisnosti gibanja**: jednostavna gibanja na koja se može rastaviti složeno gibanje, događaju se istovremeno i jedno na drugo ne utječu.



Slika G4.1. Kosi hitac

Prema izvoru: By Zátanyi Sándor (ifj.) Fizped - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18807093>, rujana 2016.

Kosi hitac jest složeno gibanje sastavljeno od jednolikog gibanja brzinom v_0 pod kutem α prema horizontali i slobodnog pada. Kut α zovemo kutem elevacije. Putanja tijela ima oblik parabole s tjemenom na vrhu.

Vektor brzine rastavljamo na komponente

$$\begin{aligned} v_x &= v_0 \cdot \cos \alpha \\ \text{ i } \quad v_y &= v_0 \cdot \sin \alpha - gt \end{aligned}$$

Tijelo se uspinje do trenutka u kojem je

$$v_y = 0, \quad \text{ ili } \quad t_H = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

Vrijeme uspinjanja (za $h = 0$) jednako je vremenu padanja. Ukupno je vrijeme gibanja do pada na tlo

$$t_u = 2t_H = 2 \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

Horizontalnu udaljenost od početnog položaja označavamo x i računamo

$$x = v_x \cdot t = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$$

Vertikalnu udaljenost od početnog položaja označimo y i računamo

$$y = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$$

Dom, D horizontalna je udaljenost od početnog položaja za $y = 0$.

$$D = \frac{v_0^2}{g} \cdot \sin(2\alpha)$$

Najveću visinu, H računamo iz izraza

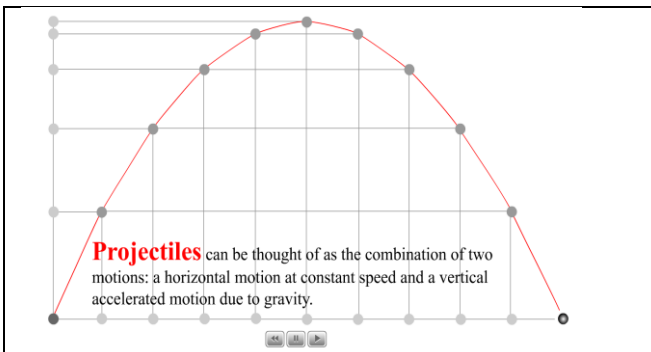
$$H = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} \cdot \sin^2 \alpha$$

Fizičke veličine horizontalnog i vertikalnog pomaka, početnu brzinu i kut elevacije kod kosog pomaka objedinjujemo zapisom

$$y = x \cdot \tan \alpha - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

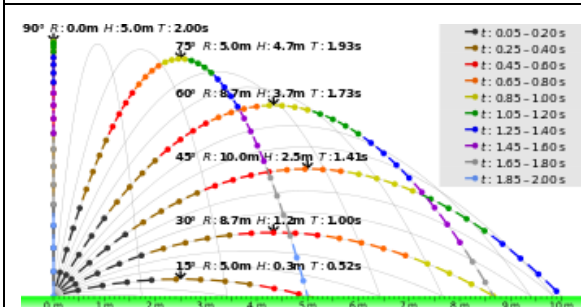


Razmišljamo ...



Slika G4.2. Kosi hitac

Izvor: <http://science.sbccc.edu/physics/flash/projectilemotion.html>, rujan 2016



Slika G4.3. Dometi i najveće visine kod kosog hitca.

Izvor: https://www.google.hr/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2Fthumb%2F%2F61%2Fideal_projectile_motion_for_different_angles.svg%2F350px-Ideal_projectile_motion_for_different_angles.svg.png&imgrefurl=https%3A%2F%2Fhr.wikipedia.org%2Fwiki%2FKosi_hitac&docid=w06gwIJC96kXZM&tbnid=oEHqfG9p30_7GM%3A&w=350&h=175&bih=979&biw=1920&ved=0ahUKEWjUnsi5zlvPAhVGWBQKHakGDigQMwgnKAwwDA&iact=mr&uact=8

Analizirajte sliku 3. i zapišite:

1) Koje su fizičke veličine iste, a koje različite za:

a) domet od 5 m.

Iste: _____ Različite: _____.

b) domet od 9 m:

Iste: _____ Različite: _____.

2) Usporedite najveće visine za domete:

a) od 5 m _____.

b) od 9 m _____.

Posjetite web adresu navedenu ispod slike 2., analizirajte gibanje projektila do najveće visine i usporedite:

a) pomake u vertikalnom smjeru:

_____.

b) pomake u horizontalnom smjeru:

_____.

Što zaključujete, kako se mijenja brzina pri uspinjanju do najveće visine:

a) u vertikalnom smjeru:

_____.

b) u horizontalnom smjeru:

_____.

Analizirajte gibanje projektila s najveće visine do trenutka udara o tlo i usporedite:

a) pomake u vertikalnom smjeru:

_____.

b) pomake u horizontalnom smjeru:

_____.

Što zaključujete, kako se mijenja brzina pri uspinjanju do najveće visine:

a) u vertikalnom smjeru:

_____.

b) u horizontalnom smjeru:

_____.

Što zaključujete, kako se mijenja brzina pri padanju s najveće visine:

a) u vertikalnom smjeru:

_____.

b) u horizontalnom smjeru:

_____.

Analizirajte gibanje koso bačenog projektila i odgovorite:

1) Koliko je ubrzanje koso bačenog projektila pri uspinjanju do najveće visine:

a) u vertikalnom smjeru: _____.

b) u horizontalnom smjeru: _____.

2) Koliko je ubrzanje koso bačenog projektila pri padanju s najveće visine:

a) u vertikalnom smjeru: _____.

b) u horizontalnom smjeru: _____.

3) Kolika sila utječe na koso bačen projektil pri uspinjanju do najveće visine:

a) u vertikalnom smjeru: _____.

b) u horizontalnom smjeru: _____.

3) Kolika sila utječe na koso bačen projektil pri padanju s najveće visine:

a) u vertikalnom smjeru: _____.

b) u horizontalnom smjeru: _____.

Zaključak o vrsti gibanja koso bačenog projektila:

Uspinjanje: _____.

Padanje: _____.

Usporedite najveće visine kuglice bačene koso uvis (projektila) u vakuumu i u zraku:

Iste fizičke veličine: _____.

Različite fizičke veličine: _____.

Usporedite domete kuglice bačene koso uvis u vakuumu i u zraku:

Iste fizičke veličine: _____.

Različite fizičke veličine: _____.

Usporedite najveće visine loptice koso izbačene na Zemlji i na planeti drugačije gravitacije:

Iste fizičke veličine: _____.

Različite fizičke veličine: _____.



Istražujemo... i zaključujemo ...

Pribor: Loptice raznih masa i veličina.

Istraživanje:

Lopticu bacite koso uvis nekoliko puta i istražite:

Kada će loptica postići najveću visinu? Zašto? _____

Je li neka fizička veličina stalna? _____

Kada će se loptica duže uspinjati? Zašto? _____

Kako ćete to postići? _____

Ovisi li najveća visina o masi loptice? Kako ćete to istražiti?

Kako loptica izbačena koso uvis može mijenjati početnu brzinu? Objasnite tvrdnju:

Objasnite možemo li primijeniti Newtonove zakone na lopticu koso bačenu iz ruke:

Prvi: _____.

Drugi: _____.

Treći: _____.



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: računalo s internetskom vezom, web adresa http://www.walterfendt.de/ph6e/n/projectile_en.htm, rujan 2016., računalni programi, kalkulator.

UPUTA (izvor: web adresa http://www.walter-fendt.de/ph6en/projectile_en.htm, rujan 2016.)
Java applet prikazuje gibanje hitca pod pretpostavkom da se otpor sredstva (kojim se giba) može zanemariti.

[Reset] - početno stanje (mogu mu se zadati visina s koje hitac polazi [0,000 m – 100,000 m], intenzitet brzine [0,000 m s⁻¹ – 100,000 m s⁻¹] i kut koji ona zatvara s horizontalom [0° - 90°], kao i masa tijela [0,000 kg – 10,000 kg] i gravitacijsko ubrzanje [1,000 m s⁻² - 100 m s⁻²]).

[Start] - pokrećemo simulaciju.

[Usporeno] - simulaciju usporavamo 10 puta.

Applet crta putanju hitca ispisujući podatke o jednoj od pet veličina koje se mogu izabrati: koordinatama, brzini, ubrzanju, sili ili energiji tijela.

*Savjet: Za cijelu vježbu odaberite visinu 0 m. Radi jednostavnosti odaberite gravitacijsko ubrzanje 10 m·s⁻². Za 1.1.-1.5. odaberite masu i nemojte je mijenjati. Masa iznosi _____ .
Bilježite vrijednosti koje vidite na monitoru. Zanemarite sigurne i nesigurne znamenke.*

ZADATAK VJEŽBE:

1. Analizirati koordinate, brzinu, ubrzanje, silu i energiju tijela bačenog koso uvis.
2. Istražiti i grafički prikazati ovisnost najveće visine, H_m o kvadratu početne brzine tijela, v_o^2 .
3. Istražiti i grafički prikazati ovisnost dometa, D o kvadratu početne brzine, v_o^2 .
4. Grafički prikazati ovisnost komponente brzine, v_y o vremenu, t .
5. Istražiti ovisnost najveće visine, H_m i dometa, D o masi tijela bačenog koso uvis početnom brzinom, v_o .

MJERENJE I OBRADA:

1.1. Pokrenite simulaciju na zadanoj web adresi. Analizirajte brzinu pri uspinjanju i padanju:

Zaključak o vrsti gibanja prema brzini:

pri uspinjanju: _____

pri padanju: _____

1.2. Odaberite ubrzanje i promatrajte vektor ubrzanja pri uspinjanju i padanju:

Zaključak o vrsti gibanja prema ubrzanju:

pri uspinjanju: _____

pri padanju: _____

1.3. Odaberite silu i promatrajte vektor sile pri uspinjanju i padanju:

Zaključak o vrsti gibanja prema sili:

pri uspinjanju: _____

pri padanju: _____

1.4. Odaberite energiju i promatrajte iznose energije pri uspinjanju i padanju:

Zaključak o energiji:

U trenutku izbacivanja brzinom: _____ kinetička energija iznosi: _____,

gravitacijska potencijalna energija iznosi: _____,

ukupna energija iznosi: _____.

Na najvećoj visini brzina iznosi: _____ kinetička energija iznosi: _____,

gravitacijska potencijalna energija iznosi: _____,

ukupna energija iznosi: _____.

U trenutku udara o tlo brzina iznosi: _____ kinetička energija iznosi: _____,

gravitacijska potencijalna energija iznosi: _____,

ukupna energija iznosi: _____.

1.5. Odaberite položaj, pokrenite simulaciju, odaberite kut elevacije i nemojte ga mijenjati.

Mijenjajte početnu brzinu, v_0 i u tablicu 1. bilježite vrijednosti brzine, dometa, D , najveće visine, H_m i ukupnog vremena, t_u . U zadnji stupac zapišite kvadrat početne brzine.

Kut elevacije jest: _____ $\alpha = 30^\circ$. Masa tijela je: _____

Tablica 1. Početna brzina, domet, najveća visina, ukupno vrijeme do padanja na tlo, vrijeme uspinjanja i kvadrat početne brzine

$v_0/m \cdot s^{-1}$	D / m	H_m / m	t_u / s	$v_0^2 / (m \cdot s^{-1})^2$
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				

Pomoću podataka iz tablice 1. grafički prikažite ovisnost najveće visine o kvadratu početne brzine tijela.

Grafički prikaz 1. Ovisnost najveće visine, H_m o kvadratu početne brzine tijela, v_o^2

Zaključak o ovisnosti najveće visine, H_m o kvadratu početne brzine tijela, v_o^2 .

Zaključak o omjeru (H_m / v_o^2).

Pomoću podataka iz tablice 1. grafički prikažite ovisnost dometa o kvadratu početne brzine.

Grafički prikaz 2. Ovisnost dometa, D o kvadratu početne brzine tijela, v_o^2

Zaključak o ovisnosti dometa, D o kvadratu početne brzine tijela, v_o^2 .

Zaključak o omjeru (D / v_o^2).

1.6. Iz tablice 1. zabilježite vrijednost početne brzine, $v_o = 100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i kuta elevacije, $\alpha = 30^\circ$. Vrijeme padanja na tlo iznosi $t = 10 \text{ s}$. Računajte vertikalnu komponentu brzine iz izraza $v_y = v_o \cdot \sin \alpha - gt$.

Tablica 2. Vertikalna komponenta brzine koso bačenog tijela u ovisnosti o vremenu

t / s	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$v_y / \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$											

Grafički prikazite vertikalnu komponentu brzine u ovisnosti o vremenu do padanja na tlo.

Grafički prikaz 3. Ovisnost vertikalne komponente brzine o vremenu do padanja na tlo

Zaključak o ovisnosti vertikalne komponente brzine o vremenu do padanja na tlo.

Na grafičkom prikazu 3. označite vrijeme uspinjanja. Ono iznosi _____.

1.7. Istražite ovisnost najveće visine, H_m i dometa, D o masi tijela bačenog koso uvis. Podatke bilježite u tablicu 3.

Stalne veličine: _____

Promjenjive veličine: _____

Tablica 3. Masa, domet, najveća visina, ukupno vrijeme do padanja na tlo

m / kg	D / m	H_m / m	t_u / s

Zaključak o ovisnosti najveće visine, H_m o masi tijela, m : _____

Zaključak o ovisnosti dometa, D o masi tijela, m : _____



Analiza rezultata

1. O kojim fizičkim veličinama ovisi vrijeme uspinjanja koso bačenog tijela uvis?

2. O kojim fizičkim veličinama ovisi najveća visina koju dosegne tijelo bačeno koso uvis?

3. O kojim fizičkim veličinama ovisi domet tijela bačenog koso uvis?

4. Na kakvu funkciju ukazuje omjer (D / v_o^2) ? Usporedite vrijednost omjera s vrijednošću $\sin(2\alpha)/g$. Obrazložite tvrdnju:

5. Na kakvu funkciju ukazuje omjer (H_m/v_o^2) ? Usporedite vrijednost s vrijednošću $(\sin^2 \alpha)/(2 \cdot g)$. Obrazložite tvrdnju:

6. Gibanje tijela bačenog koso uvis do najveće visine jest _____

7. Gibanje tijela bačenog koso uvis nakon najveće visine jest _____

8. Kolika je vertikalna komponenta brzine tijela bačenog koso uvis u najvišoj točki?

9. Kolika je horizontalna komponenta brzine tijela bačenog koso uvis u najvišoj točki?

10. Kolikom brzinom udari o tlo tijelo bačeno koso uvis?

11. Vrijedi li za kosi hitac zakon očuvanja energije? Obrazložite tvrdnju:



Primjenjujemo naučeno ...



Slika G4.4. Vodoskop. Izvor:

<https://en.wikipedia.org/wiki/File:ParabolicWaterTrajectory.jpg>, rujan 2016.

1. Na slici 4. jest vodoskop.

Što treba uraditi da vodoskop postigne veliku visinu?

Što treba uraditi da vodoskop postigne veliki domet?

Zadatci za samostalno istraživanje:



Slika G4.5. Uređaj za navodnjavanje

Izvor: <http://www.vecernji.hr/media/cac/he/a1/f9/a1f91abb55b01e84500ab22e4e9bb08d.jpg>, rujan 2016.

1. Na slici 5. jest uređaj za navodnjavanje.

Istražite:

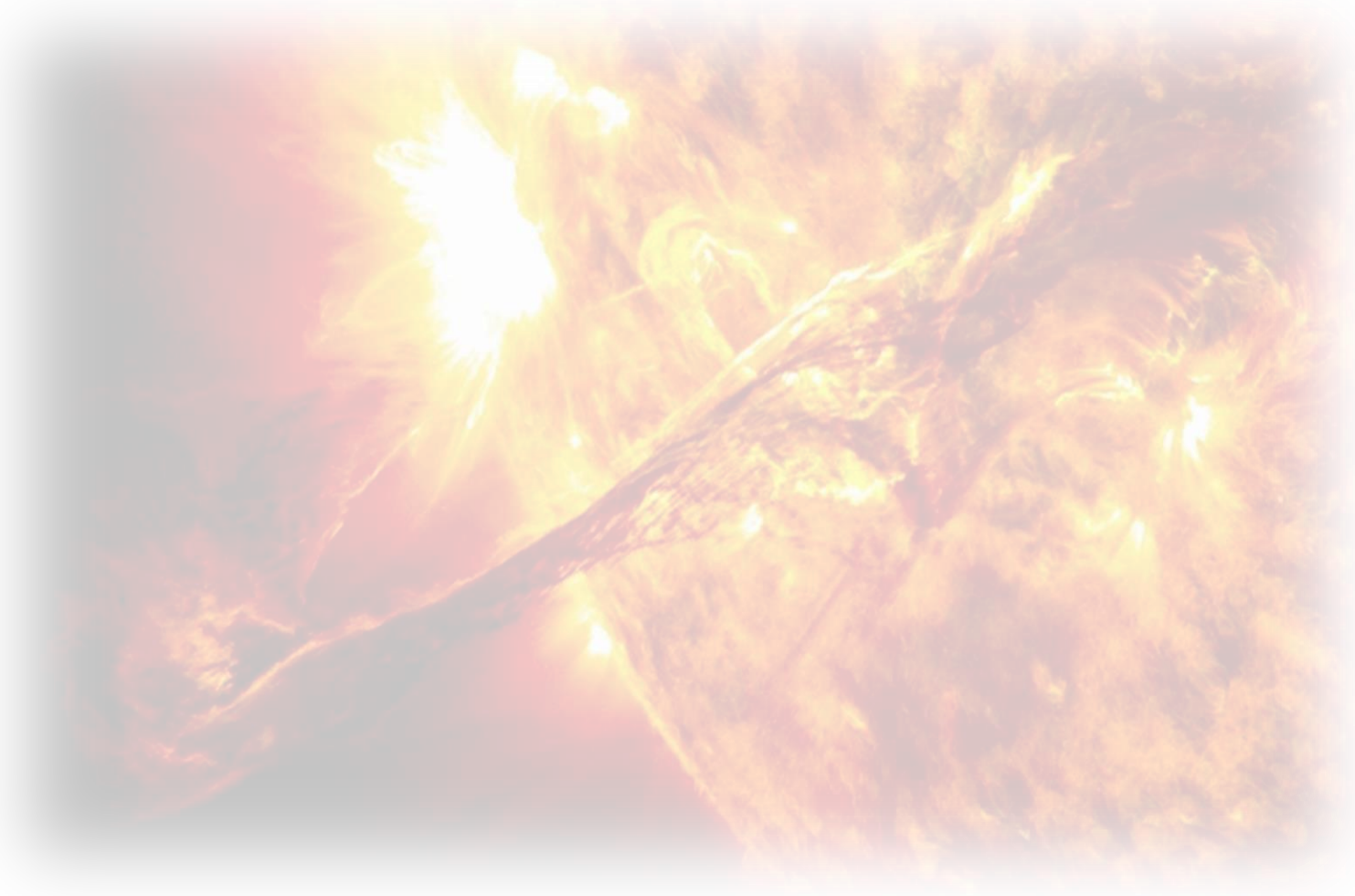
- postotak navodnjavanih površina u RH,
- je li moguće navodnavanje velikih površina,
- kakve je uređaje potrebno nabaviti da bi se oštetilo manje uroda na poljima,
- navodnjavaju li se i neki drugi tereni.

- Istražite sadržaje o rekordu Sandre Perković u bacanju diska, https://hr.wikipedia.org/wiki/Sandra_Perkovi%C4%87, rujan 2016. Istražite kut i brzinu bacanja. Proširite pretragu i na druge izvore.
- Igrač golfa udari lopticu pod kutem 45° prema horizontali brzinom $25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
 - Koliko vremena prođe od udarca do pada loptice na tlo?
 - Gdje će pasti loptica?
 - Nacrtajte njenu putanju u vakuumu i (približnu) putanju u zraku.
 - Prezentirajte svoj multimedijски uradak.

4. Marko gradi kuću za odmor s velikom betonskom terasom, veličine je 8 m x 8 m. Beton je potrebno održavati vlažnim prvih par dana nakon izrade. Čovjek stoji u jednom kutu. Vodovodno crijevo iz kojeg izlazi voda brzinom $11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, pod kutem 30° , drži u ruci na visini 1 m. Može li vodom ovlažiti cijelu terasu? Prezentirajte uradak.
5. Nakon dojave o požaru vatrogasci izlaze na intervenciju. Požar je na visini 13 m. Vatrogasac drži vatrogasno crijevo na visini 1 m iznad tla, pod kutem od 45° . Iz vatrogasnog crijeva izlazi mlaz vode brzinom $18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
 - a) Kolika je brzina u vertikalnom smjeru?
 - b) Kolika je brzina u horizontalnom smjeru?
 - c) Koliko vremena treba mlazu vode da dostigne najvišu točku?
 - d) Može li ovim mlazom ugasiti požar ako stoji 14 m daleko od temelja zgrade?
 - e) Diskutirajte mogućnosti gašenja požara ako se požar proširi na više stanove!
6. Napravite podsjetnik o hitcima. Usporedite grafičke prikaze njihovih gibanja, $F(t)$, $a(t)$, $v(t)$, $H(t)$ i $D(t)$. Je li moguće zapisati algebarski izraz koji objedinjuje sva tri hitca? Usporedite ih sa slobodnim padom. Diskutirajte kuteve $\alpha = 0^\circ$ i $\alpha = 90^\circ$.

Literatura:

- [1] Andreis, T., Plavčić, M., & Simić, N. Fizika 1: udžbenik za 1. razred gimnazije i srodnih škola s četverogodišnjim programom, Zagreb, Profil, 2007.
- [2] Labor, J. Fizika 1, Zagreb, Alfa, 2011.
- [3] Paar, V. Fizika 1 – gibanje i energija, Zagreb, Školska knjiga, 2000.
- [4] Simić, N. Fizika 1: udžbenik za 1. razred gimnazije (inačica A), Zagreb, Profil, 2007.
- [5] Vernić, E., Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, priručnik za laboratorijski rad učenika srednjih škola, Zagreb, Školska knjiga, 1987.
- [6] https://hr.wikipedia.org/wiki/Kosi_hitac, rujan 2016.



ENERGIJA

Popis vježbi sa zadacima u pojedinoj vježbi

VJEŽBA	ZADATAK
E1 - PROUČAVANJE ZAKONA OČUVANJA ENERGIJE POMOĆU LOPTICA KADA PADAJU S NEKE VISINE h I ODSKOČE NA VISINU h'	Istražiti ovisi li predana energija o vrsti loptice. Istražiti koliko energije loptice predaju podlozi pri udaru o nju. Grafički odrediti postotak energije predane podlozi. Primijeniti zakon očuvanja ukupne energije.
E2 - PROUČAVANJE ZAKONA OČUVANJA ENERGIJE POMOĆU KUGLICA KOJE SE SPUŠTAJU NIZ KOSINU S VISINE h NA RAVNU PODLOGU TE PADAJU S VISINE H	Primijeniti zakon očuvanja energije u različitim situacijama (stol visine H , pod te za gibanja po jednako dugim podlogama različite hrapavosti). Grafički prikazati ovisnost gravitacijske potencijalne energije o ukupnoj visini kuglice. Grafički prikazati ovisnost kinetičke energije kuglice o kvadratu brzine.
E3 - PROUČAVANJE KAPACITETA KONDENZATORA U ISTOSMJERNOM I IZMJENIČNOM STRUJNOM KRUGU	Odrediti kapacitet kondenzatora u PhET Colorado simulaciji. Odrediti izraz za ukupni kapacitet serijskog spajanja kondenzatora (različiti kapaciteti). Odrediti ukupni kapacitet paralelnog spajanja kondenzatora (različiti kapaciteti).
E4 - PROUČAVANJE STOJNIH VALOVA. ODREĐIVANJE BRZINE ZVUKA	Odredite brzinu zvuka u zraku pomoću glazbene vilice u stupcu zraka iznad površine vode za dvije ponuđene glazbene vilice.
E5 - ODREĐIVANJE INTERVALA FREKVENCIJA VIDLJIVE SVJETLOSTI OSOBNIM SPEKTROMETROM	Proučiti ogib monokromatske i polikromatske svjetlosti na optičkoj rešetki Odrediti valnu duljinu i frekvenciju monokromatske svjetlosti. Odrediti interval valnih duljina vidljivog spektra (mjerenjem valnih duljina ljubičaste, zelene i crvene svjetlosti) Odrediti interval frekvencija vidljivog spektra.
E6 - ODREĐIVANJE BRZINE SVJETLOSTI U STAKLU I VODI	Proučiti lom svjetlosti i totalnu refleksiju na granici zrak-staklo i zrak-voda. Odrediti indeks loma svjetlosti na granici zrak-staklo i zrak-voda. Odrediti brzinu svjetlosti u staklu i u vodi. Interpretirati grafičku ovisnost sinusa lomljenog kuta o sinusu upadnog kuta. Usporediti rezultate mjerenja sa standardnim vrijednostima mjerenih veličina. Samostalno istražiti primjenu loma svjetlosti i totalne refleksije.
E7 - PROUČAVANJE SERIJSKOG, PARALELNOG I MJEŠOVITOG SPOJA OTPORNIKA	Odrediti električni otpor otpornika R_1 , R_2 , R_3 . Odrediti ukupni električni otpor serijskog spoja. Odrediti ukupni električni otpor paralelnog spoja. Odrediti ukupni električni otpor mješovitog spoja. Ispitati u kakvoj je vezi električna struja koja dolazi iz izvora s električnim strujama u pojedinim granama kod paralelnog spoja.

ZAKON OČUVANJA ENERGIJE I

(POMOĆU LOPTICA KADA PADAJU S NEKE VISINE h I ODSKOČE NA VISINU h')



PODSJETNIK:

Postoje tri vrste mehaničke energije: kinetička, gravitacijska potencijalna energija i elastična potencijalna energija.

Kinetičku energiju, E_k ima tijelo koje se giba. U klasičnoj mehanici jednaka je polovini umnoška mase tijela i kvadrata njegove brzine:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Takav izraz vrijedi za male brzine.

Potencijalna energija ovisi o položaju tijela u prostoru, a tijelo je ima zbog međudjelovanja s drugim tijelima. Postoji samo za konzervativne sile.

Gravitacijsku potencijalnu energiju, E_{gp} ima tijelo određene mase zbog utjecaja gravitacijske sile.

Gravitacijska potencijalna energija jednaka je radu koji treba uložiti da bismo podigli tijelo na neku visinu. Tijelo mase m na visini h iznad Zemljine površine ima gravitacijsku potencijalnu energiju:

$$E_p = m \cdot g \cdot h.$$

To vrijedi ako je visina h mala u usporedbi s polumjerom Zemlje. Inače treba koristiti opći zakon gravitacije.

Potencijalna energija elastične sile jest potencijalna energija čestice koja je pomaknuta iz ravnotežnoga položaja pod utjecajem harmonijske sile, $E_p = \frac{1}{2}kx^2$.

Rad, W prenesena je energija pri međudjelovanju tijela u gibanju.

Za stalnu silu rad je jednak skalarnomu umnošku sile i vektora pomaka, $W = \vec{F} \cdot \vec{x} = F \cdot \cos \alpha \cdot x$.

Rad konzervativne sile pri gibanju čestice ne ovisi o putu, nego samo o početnoj i o konačnoj točki. Pri gibanju po zatvorenoj krivulji rad je jednak nuli.

Rad nekonzervativne sile pri gibanju čestice po zatvorenoj krivulji nije jednak nuli.

Ponovite koje sve jedinice za rad i energiju definiramo u fizici i tehnici.

Očuvanje energije temeljno je načelo koje izriče da se unutar zatvorene sustava razni oblici energije mogu pretvarati jedan u drugi, pri čemu ukupna energija sustava ostaje stalnom. Iz načela očuvanja energije slijede jednačbe s pomoću kojih se može predviđati ponašanje sustava.

Pretvorba energije proces je kojim se energija mijenja iz jednog oblika u drugi.

U konzervativnim poljima sile (gravitacijska sila, elastična sila opruge, Coulombova sila) ukupna je

energija očuvana: $E_{ukupna} = E_k + E_p$

Kod nekonzervativnih polja (sila trenja) dio rada pretvara se u toplinu.



Razmišljamo ...

1. Posjetite web adresu <https://sites.google.com/site/physicsflash/home/air-drag>, kolovoz 2016.

Pokrenite animaciju i analizirajte padanje tijela u vakuumu i zraku te odgovorite na pitanja:

- a) Pada li tijelo jednako dugo u vakuumu i u zraku? Obrazložite tvrdnju:
- b) Skicirajte ukupne sile na tijelo koje pada u:
A) vakuumu: _____ B) zraku: _____
- c) Primijenite zakon očuvanja energije za tijelo na visini h i u trenutku padanja na tlo ($h = 0$ m) u:
A) vakuumu: _____ B) u zraku: _____
- d) Može li tijelo padati jednoliko? Obrazložite tvrdnju: _____

Na koji način možemo odrediti koliko energije loptica mase m koja pada s visine h predaje tlu pri padanju (i odskoku s tla)? _____

Opišite način mjerenja: _____

Koji vam je pribor potreban? _____

Zanimljivosti: **Kosi toranj u Pisi** iako najpopularnija, nije najnagnutija građevina na svijetu. U malom njemačkom selu Suurhusen nalazi se crkva koja je sagrađena u 13. stoljeću. Zvonik crkve danas ima nagib od 5,9 stupnjeva, dok nagib tornja u Pisi iznosi 3,9 stupnja. Zvonik crkve poznat je i kao Kosi toranj u Suurhusenu. No toranj u Pisi mogao bi završiti i na **trećem mjestu** najnagnutijih građevina. Novi najnakošeniji toranj, Capital Gate Tower u Abu Dhabiju nagnut je čak 18 stupnjeva, i to pri visini od 160 metara. Za razliku od tornjeva u Pisi i Suurhusenu Capital Gate nije slučajno nagnut: arhitekti su planirali nagib i ne postoji opasnost od urušavanja.



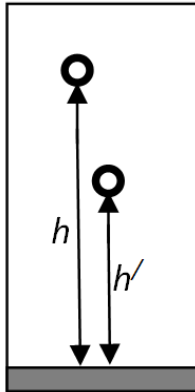
Slika E1.1. Kosi toranj u Pisi, Capital Gate i kosi toranj u Suurhusenu,
FOTO: metro-portal.hr; hr.wikipedia.org, kolovoz 2016.



Istražujemo... i zaključujemo ...

Pribor: različite loptice, metar, dinamometar (ili vaga).

Mjerenje:



Slika E1.2. Kuglica pada s visine h , udari o pod i postigne visinu h'

Postavite lopticu na visinu h . Pustite je, bez početne brzine, te izmjerite visinu njenog skoka h' nakon udara o pod.

Uputa: Prije zapisivanja rezultata mjerenja potrudite se što točnije odrediti visinu odskoka loptice.

Predložite postupak/postupke što točnijeg određivanja visine loptice:

Definirajte broj značajnih znamenki:

1. Istražite ovisi li energija predana podu o visini s koje pada loptica:

Stalne fizičke veličine: _____

2. Istražite ovisi li energija predana podu o vrsti materijala od kojeg je načinjena loptica:

Stalne fizičke veličine: _____

3. Što mislite, predaje li loptica jednake iznose energije pri padanju u istim uvjetima na Zemlji i na Mjesecu? Obrazložite tvrdnju: _____

4. Što mislite, o kojim fizičkim veličinama ovisi brzina loptice u svakom trenutku?



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: različite loptice (gumena, loptica za stolni tenis, metalne...), metar, dinamometar (ili vaga).

ZADATAK VJEŽBE:

1. Istražiti ovisi li predana energija o vrsti loptice.
2. Istražiti koliko energije loptice predaju podlozi pri udaru o nju.
3. Grafički odrediti postotak energije predane podlozi.
4. Primijeniti zakon očuvanja ukupne energije.

MJERENJE I OBRADA :

Uputa: Donji rub loptice podesite na točno određenu visinu.

1. S iste visine pustite metalnu i gumenu lopticu (približno) istih masa, bez početne brzine. Ponovite mjerenja pet puta i zapišite podatke u tablicu 1:

Masa metalne loptice: _____ Masa gumene loptice: _____

Tablica 1. Visine uspinjanja loptica iste mase, a različitih materijala

loptica	h/m	h'_1/m	h'_2/m	h'_3/m	h'_4/m	h'_5/m	h'_{sr}/m
metalna	1,00						
gumena	1,00						

Zaključak o visini h' na koju se uspnu loptice istih masa, a različitih materijala: _____

Zaključak o energiji koju predaju podu:

2. Ponovite sve postupke iz prvog zadatka s metalnim kuglicama različitih masa. Istražite ovisi li predana energija o masi. Mjerene podatke zabilježite u tablicu 2:

Tablica 2. Visine uspinjanja metalnih kuglica različitih masa

m/g	h/m	h'_1/m	h'_2/m	h'_3/m	h'_4/m	h'_5/m	h'_{sr}/m
	2,00						
	2,00						
	2,00						

Zaključak o visini h' na koju se uspnu metalne kuglice različitih masa: _____

Zaključak o energiji koju predaju podu:

3. Vrlo pažljivo i precizno izmjerite visinu gumene loptice, h , iznad poda. Nakon puštanja bez početne brzine loptica pada na pod i uspne se na visinu h' . Izvedite sedam mjerenja padanja s iste visine. Računajte sa srednjom vrijednošću visine, h'_{sr} . Podatke zapišite u tablicu 2. Smanjite visinu loptici i ponovite postupke mjerenja. Za gravitacijsko ubrzanje koristite standardnu vrijednost na dvije decimale, $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (za morsku razinu). Omjer visina h'_{sr}/h odredite računanjem pomoću izmjerenih visina. Gravitacijsku potencijalnu energiju u odnosu na pod odredite iz izraza: $E_{gp} = m \cdot g \cdot h$, te $E'_{gp} = m \cdot g \cdot h'_{sr}$.

Razliku gravitacijskih potencijalnih energija loptice odredite iz izraza $\Delta E = E_{gp} - E'_{gp} = m \cdot g \cdot (h - h'_{sr})$. Relativni odnos energije predanu podu i gravitacijske potencijalne energije loptice odredite omjerom, $(\Delta E / E_{gp})$ za svaku visinu.

Masa loptice: _____

Tablica 3. Visina s koje pada i na koju se uspne loptica nakon udara o pod, gravitacijske potencijalne energije te razlika energija loptice u apsolutnom i relativnom iznosu

h/m	h'_1/m	h'_2/m	h'_3/m	h'_4/m	h'_5/m	h'_6/m	h'_7/m	h'_{sr}/m	h'_{sr}/h	E_{gp}/mJ	E'_{gp}/mJ	$\Delta E/\text{mJ}$	$\Delta E/E_{gp}$
2,00													
1,90													
1,80													
1,70													
1,60													
1,50													
1,40													
1,30													
1,20													
1,10													
1,00													

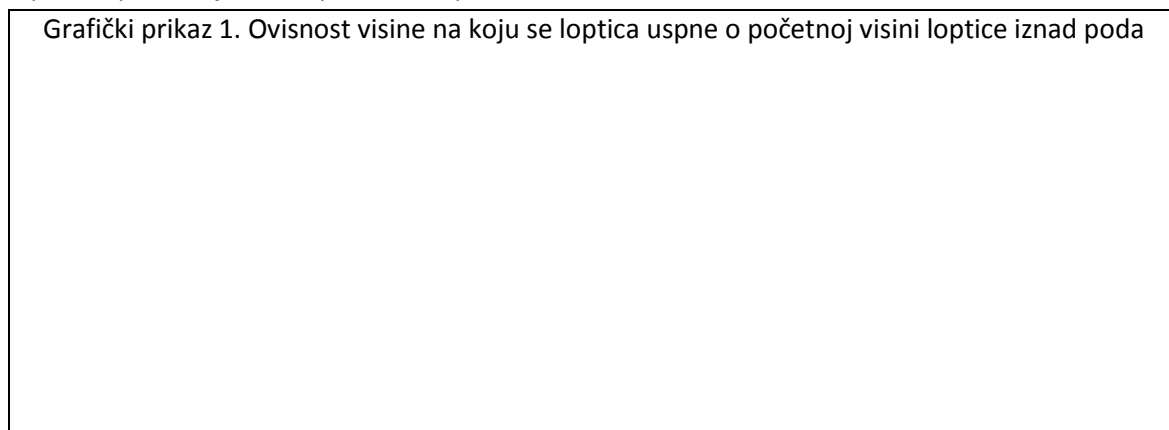
Zaključak o visini s koje pada gumena loptica i na koju se uspne nakon udara o pod: _____

Srednja vrijednost omjera visina h'_{sr}/h :

Zaključak o apsolutnom iznosu energije predane podu: _____

Srednja vrijednost omjera $\Delta E / E_{gp}$:

Prema mjerenim podacima iz tablice 3. grafički prikažite ovisnost visine na koju se uspne gumena loptica o početnoj visini loptice iznad poda.



Zaključak o visini na koju se loptica uspne u ovisnosti o početnoj visini loptice iznad poda:

Prema podacima iz tablice 2. grafički prikažite ovisnost razlike energija o gravitacijskoj potencijalnoj energiji loptice iznad poda.

Grafički prikaz 2. Ovisnost razlike energija o gravitacijskoj potencijalnoj energiji loptice iznad poda

Zaključak o ovisnosti razlike energija o gravitacijskoj potencijalnoj energiji loptice iznad poda:

4. Uzmite lopticu za stolni tenis i ponovite sve postupke iz trećeg zadatka.
Masa loptice: _____

Tablica 4. Visina s koje pada i na koju se uspne loptica nakon udara o pod, gravitacijske potencijalne energije te razlika energija loptice u apsolutnom i relativnom iznosu

h/m	h'_1/m	h'_2/m	h'_3/m	h'_4/m	h'_5/m	h'_6/m	h'_7/m	h'_{sr}/m	h'_{sr}/h	E_{gp}/mJ	E'_{gp}/mJ	$\Delta E/mJ$	$\Delta E/E_{gp}$
2,00													
1,90													
1,80													
1,70													
1,60													
1,50													

Zaključak o visini s koje pada gumena loptica i na koju se uspne nakon udara o pod:

Srednja vrijednost omjera visina h'_{sr}/h : _____

Zaključak o apsolutnom iznosu energije predane podu: _____

Srednja vrijednost omjera $\Delta E / E_{gp}$:

Prema mjerenim podacima iz tablice 4 grafički prikažite ovisnost visine na koju se loptica uspne o početnoj visini loptice za stolni tenis iznad poda.

Grafički prikaz 3. Ovisnost visine na koju se loptica uspne o početnoj visini loptice iznad poda

Zaključak o ovisnosti visine na koju se loptica uspne o početnoj visini loptice iznad poda:

Prema podacima iz tablice 4. grafički prikažite ovisnost razlike energija o gravitacijskoj potencijalnoj energiji loptice za stolni tenis iznad poda.

Grafički prikaz 4. Ovisnost razlike energija o gravitacijskoj potencijalnoj energiji loptice iznad poda:

Zaključak o ovisnosti razlike energija o gravitacijskoj potencijalnoj energiji loptice iznad poda:



Analiza rezultata

1. **Objasnite zašto je važno donji rub loptice postaviti na željenu visinu:**

2. **Objasnite ovisi li energija predana podu o vrsti materijala loptice:**

3. **Objasnite ovisi li energija predana podu o masi:**

4. **Usporedite omjere h'_{sr}/h za gumenu lopticu:**

➤ Srednju vrijednost dobivenu mjerenjem: _____

➤ Vrijednost određenu grafičkom metodom: _____

5. **Usporedite omjere h'_{sr}/h za lopticu za stolni tenis:**

➤ Srednju vrijednost dobivenu mjerenjem: _____

➤ Vrijednost određenu grafičkom metodom: _____

6. **Usporedite omjere $\Delta E/E_{gp}$ za gumenu lopticu:**

➤ Srednju vrijednost dobivenu mjerenjem: _____

➤ Vrijednost određenu grafičkom metodom: _____

7. **Usporedite omjere $\Delta E/E_{gp}$ za lopticu za stolni tenis:**

➤ Srednju vrijednost dobivenu mjerenjem: _____

➤ Vrijednost određenu grafičkom metodom: _____

Zaključak:

1. Je li sav iznos energije ΔE predan podu? Objasnite odgovor:

2. Što označava vrijednost omjera h'_{sr}/h ?

3. Što označava vrijednost omjera $\Delta E/E_{gp}$?

4. Usporedite zbroj omjera h'_{sr}/h i $\Delta E/E_{gp}$ s brojem 1 za gumenu lopticu:

5. Usporedite zbroj omjera h'_{sr}/h i $\Delta E/E_{gp}$ s brojem 1 za lopticu za stolni tenis:

6. Možete li primijeniti zakon očuvanja energije za promatrane slučajeve? Objasnite tvrdnju:

7. Je li razlika energije, ΔE , izgubljena energija? Objasnite tvrdnju:

8. Bi li rezultati mjerenja bili drugačiji da isti postupak mjerenja ponovimo u vakuumu? Zašto?

9. Bi li rezultati mjerenja bili drugačiji da isti postupak mjerenja ponovimo na Mjesecu? Zašto?



Primjenjujemo naučeno ...

1. Posjetite web adresu, pokrenite animaciju i obrazložite rezultat:
<http://faraday.physics.utoronto.ca/PVB/Harrison/Flash/ClassMechanics/RacingSkiers/RacingSkiers.html>, kolovoz 2016.
2. Posjetite web adresu, pokrenite animaciju te zapišite fizikalne zakone za vakuum i za zrak:
http://www.schoolphysics.co.uk/animations/Mechanics%20animations/SHM_trolley%20html5/index.html, kolovoz 2016.
3. Istražite sadržaj o energiji na web adresi te navedite vlastiti primjer:
<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/energy-forms-and-changes>, kolovoz 2016.

Zadatci za samostalno istraživanje i samostalne projekte:

1. Posjetite web adresu <http://www.scienceunleashed.ie/Games/scooter.swf>, kolovoz 2016, te primijenite zakon očuvanja energije za svaki odabrani rezultat brzine gibanja.
2. Posjetite web adresu i proučite primjenu zakona očuvanja energije:
<https://www.youtube.com/watch?v=AuV0p8sSfpQ>, kolovoz 2016.
3. Na web adresi <http://www.chemgeneration.com/milestones/alternative-energysources.html>, kolovoz 2016. proučite sadržaje o alternativnim izvorima energije.
4. Na web adresi http://www.izvorienergije.com/obnovljivi_izvori_energije.html, kolovoz 2016, potražite sadržaje o:
 - obnovljivim izvorima energije i njenom korištenju,
 - neobnovljivim izvorima energije,
 - energiji i ekologiji,
 - korištenju nuklearne energije u mirnodopske svrhe.Spoznajte dopunite i drugim izvorima znanja.
5. Istražite energijsku kartu potrošača energije u svijetu i u RH.
6. Istražite sadržaje o izgradnji „pametnih kuća“. Je li to i Vaš izbor? Obrazložite zašto.
7. Posjetite najbližu elektarnu.

Literatura:

- [1] Labor, J.: Fizika 1, udžbenik za prvi razred gimnazije, Zagreb, Alfa. 2011.
- [2] Paar, V.: Fizika 1, udžbenik za prvi razred gimnazije, Zagreb, Školska knjiga. 2007.
- [3] Vernić, E., Mikuličić, B. : Vježbe iz fizike, Zagreb, Školska knjiga., 1987.

ZAKON OČUVANJA ENERGIJE II

(POMOĆU KUGLICA KOJE SE SPUŠTAJU NIZ KOSINU S VISINE h NA RAVNU PODLOGU TE PADAJU S VISINE H)



PODSJETNIK:

Postoje tri vrste mehaničke energije: kinetička, gravitacijska potencijalna energija i elastična potencijalna energija.

Kinetičku energiju, E_k ima tijelo koje se giba. U klasičnoj mehanici jednaka je polovini umnoška mase tijela i kvadrata njegove brzine:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Takav izraz vrijedi za male brzine.

Potencijalna energija ovisi o položaju tijela u prostoru, a tijelo je ima zbog međudjelovanja s drugim tijelima. Postoji samo za konzervativne sile.

Gravitacijsku potencijalnu energiju, E_{gp} ima tijelo određene mase zbog utjecaja gravitacijske sile.

Gravitacijska potencijalna energija jednaka je radu koji treba uložiti da bismo podigli tijelo na neku visinu. Tijelo mase m na visini h iznad Zemljine površine ima gravitacijsku potencijalnu energiju:

$$E_p = m \cdot g \cdot h.$$

To vrijedi ako je visina h mala u usporedbi s polumjerom Zemlje. Inače treba koristiti opći zakon gravitacije.

Potencijalna energija elastične sile potencijalna je energija čestice koja je pomaknuta iz ravnotežnoga položaja pod utjecajem harmonijske sile, $E_p = \frac{1}{2}kx^2$.

Rad, W jest prenesena energija pri međudjelovanju tijela u gibanju.

Za stalnu silu rad je jednak skalarnomu umnošku sile i vektora pomaka, $W = \vec{F} \cdot \vec{x} = F \cdot \cos \alpha \cdot x$

Rad konzervativne sile pri gibanju čestice ne ovisi o putu, nego samo o početnoj i o konačnoj točki. Pri gibanju po zatvorenoj krivulji rad je jednak nuli.

Rad nekonzervativne sile pri gibanju čestice po zatvorenoj krivulji nije jednak nuli.

Ponovite koje sve jedinice za rad i energiju definiramo u fizici i tehnici.

Očuvanje energije temeljno je načelo koje izriče da se unutar zatvorenoga sustava razni oblici energije mogu pretvarati jedan u drugi, pri čemu ukupna energija sustava ostaje stalnom. Iz načela očuvanja energije slijede jednadžbe s pomoću kojih se može predviđati ponašanje sustava.

Pretvorba energije jest proces kojim se energija mijenja iz jednog oblika u drugi.

U konzervativnim poljima sile (gravitacijska sila, elastična sila opruge, Coulombova sila) ukupna je energija očuvana: $E_{ukupna} = E_k + E_p$.

Kod nekonzervativnih polja (sila trenja) dio rada pretvara se u toplinu.

Horizontalni hitac jest gibanje složeno od jednolikog gibanja stalnom brzinom u horizontalnom smjeru i slobodnog pada u vertikalnom smjeru.

Horizontalne komponente gibanja

Brzina $v_x = v_0$

Put $x = D = v_0 \cdot t$

Vertikalne komponente

Brzina $v_y = g \cdot t$

Put $y = H = \frac{g}{2} t^2$

Sila trenja, F_{tr} javlja se pri klizanju jednog tijela uz drugo dok se tijela međusobno pritišću.

Uvijek se javlja u području dodira, a suprotne je orijentacije od brzine (trenje klizanja): $F_{tr} = \mu \cdot F_p$



Razmišljamo...

Posjetite web adresu

<http://www3.nd.edu/~ysun/Yang/PhysicsAnimation/collection/springP.swf>, kolovoz 2016, te primijenite zakon očuvanja energije na prikazanom primjeru zatvorenog sustava.

Posjetite web adresu <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/by-level/high-school>, kolovoz 2016. i odaberite simulaciju Energy Skate Park. Postavite klizača (skater-a) na željenu visinu, pokrenite simulaciju i usporedite kinetičku, potencijalnu i ukupnu energiju u svakom trenutku gibanja bez trenja:

2. Usporedite početnu visinu, h s visinom h' do koje se klizač uspne na drugoj strani reljefa:

a) kada je faktor trenja jednak nuli: _____

b) kada je faktor trenja različit od nule: _____

Stalna fizička veličina/veličine: _____

Nacrtajte stupčaste grafičke prikaze svih energija za slučajeve:

a)

b)

Istražite ovisi li brzina klizača o masi? Zašto?

Istražite ovisi li brzina klizača o trenju s podlogom? Obrazložite tvrdnju:

Istražite ovisi li brzina klizača o planeti na kojoj se klizač nalazi? Obrazložite tvrdnju:

Kako biste izmjerili brzinu kuglice u podnožju kosine niz glatku i hrapavu podlogu?

Opišite postupak mjerenja:

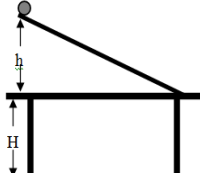
Navedite pribor za mjerenje:



Istražujemo... i zaključujemo ...

Pribor: kosina, stol, različite podloge, kuglice različite mase, metar, dinamometar ili vaga

Mjerenje:



Slika E2.1. Kuglica na vrhu kosine visine h . Kosina na stolu visine H

Kosinu postavite na stol visine H . Kuglicu puštajte bez početne brzine niz kosinu s visine h . Na jednoj je strani kosine glatka a na drugoj hrapava podloga. Nakon kratkotrajnog gibanja po horizontalnoj podlozi (klupi) kuglica pada na tlo. Dopunite sliku 1. putanjom kuglice.

1. Usporedite brzine iste kuglice pri gibanju niz kosinu istog nagiba po glatkoj i hrapavoj podlozi. Odredite je mjerenjem dometa i računanjem vremena padanja.

Stalne fizičke veličine: _____

2. Usporedite kinetičke energije iste kuglice pri gibanju niz kosinu istog nagiba po glatkoj i hrapavoj podlozi.

Stalne fizičke veličine: _____

3. Povećajte visinu kosine i ponovite istraživanje. Jesu li brzine kuglice u podnožju kosine iste? Zašto? _____

Stalne fizičke veličine: _____

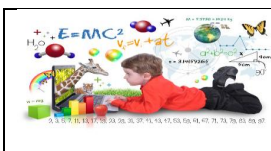
4. Povećajte (ili smanjite) visinu stola, ponovite istraživanje i usporedite kinetičke energije iste kuglice pri gibanju niz kosinu istog nagiba po glatkoj i hrapavoj podlozi.

Je li se brzina kuglice u podnožju kosine promijenila? Zašto? _____

Stalne fizičke veličine: _____

5. Što mislite, o kojim fizičkim veličinama ovisi brzina kuglice u trenutku udara o pod?

Stalne fizičke veličine: _____ pri gibanju niz kosinu istog nagiba po glatkoj i hrapavoj podlozi.



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: kosina, stol, različite podloge, kuglice različite mase, metar, dinamometar ili vaga.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Primijeniti zakon očuvanja energije u različitim situacijama (stol visine H , pod te za gibanja po jednako dugim podlogama različite hrapavosti).
2. Grafički prikazati ovisnost gravitacijske potencijalne energije o ukupnoj visini kuglice.
3. Grafički prikazati ovisnost kinetičke energije kuglice o kvadratu brzine.

MJERENJE I OBRADA :

Uputa: Mjerenja za prvi i drugi zadatak izvodite paralelno, na dvije podloge različite hrapavosti.

1. Vrlo pažljivo i precizno izmjerite visinu kuglice, h na kosini prema slici 1. Nakon spuštanja niz kosinu bez početne brzine neka se kuglica vrlo kratko vrijeme giba po horizontalnoj podlozi. Izmjerite domet kuglice pet puta na istoj visini te računajte sa srednjom vrijednošću dometa. Podatke zapišite u tablicu 1. Povećajte kuglici visinu i ponovite postupke mjerenja za ukupno pet različitih visina. Za gravitacijsko ubrzanje koristite standardnu vrijednost na tri decimale, $g = 9,807 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ (za morsku razinu).

Izmjerite visinu stola, H i odredite vrijeme padanja iz izraza (1.1.):

Brzinu kuglice odredite iz izraza (1.2), a kinetičku energiju kuglice iz izraza (1.3.):

$$(1.1) \quad t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$(1.2) \quad v_o = \frac{D_{sr}}{t}$$

$$(1.3) \quad E_k = \frac{m}{2} v_o^2$$

Gravitacijsku potencijalnu energiju u odnosu na stol odredite iz izraza (1.4): $E_{gp} = m \cdot g \cdot h$. (1.4.)

Razliku gravitacijske potencijalne i kinetičke energije kuglice u svakom položaju odredite iz izraza (1.5.).

$$\Delta E = E_{gp} - E_k. \quad (1.5.)$$

Visina stola: _____ Masa kuglice: _____ Vrijeme padanja: _____ Podloga: glatka

U zadnji stupac zapišite omjer kinetičke energije kuglice u podnožju kosine i gravitacijske potencijalne energije kuglice prema stolu. Za kuglicu koja se giba po glatkoj podlozi niz kosinu, omjer je označen $k_1 = E_{k1} / E_{gp1}$.

Tablica 1. Visina, domet, brzina, potencijalna, kinetička energija i razlika energija kuglice prema stolu

h/m	D_1/m	D_2/m	D_3/m	D_4/m	D_5/m	D_{sr}/m	$v_o/(m\cdot s^{-1})$	E_{gp}/mJ	E_k/mJ	$\Delta E_1/mJ$	k_1

Zaključak o gravitacijskoj potencijalnoj energiji i visini kuglice na kosini:

Zaključak o kinetičkoj energiji i brzini kuglice:

Zaključak o razlici gravitacijske potencijalne energije i kinetičke energije za svaku visinu na glatkoj podlozi:

Iz tablice 1. prepisite podatke za visinu, domet i brzinu u tablicu 2 te primijenite zakon očuvanja energije. Ukupnu visinu ($h + H$) zapišite u drugi stupac.

Brzinu kuglice nakon horizontalne podloge (u trenutku t) odredite iz izraza (1.6), a kinetičku energiju kuglice iz izraza (1.7.):

$$v^2 = v_o^2 + (gt)^2 \quad (1.6.)$$

$$E_k = \frac{m}{2}(v_o^2 + (gt)^2) \quad (1.7)$$

Gravitacijsku potencijalnu energiju u odnosu na pod odredite iz izraza (1.8) : $E_{gp} = m \cdot g \cdot (h + H)$. (1.8.)

Razliku gravitacijske potencijalne energije i kinetičke energije kuglice za svaku pojedinu visinu odredite iz izraza (1.5.).

U zadnji stupac zapišite omjer kinetičke energije kuglice u trenutku udara o pod i gravitacijske potencijalne energije kuglice prema podu. Za kuglicu koja se giba po glatkoj podlozi niz kosinu pa pada sa stola, omjer je označen $k_2 = E_{k2} / E_{gp2}$.

Tablica 2. Visine, domet, brzina, potencijalna i kinetička energija te razlika energija kuglice prema podu

h/m	$(h + H)/m$	D_{sr}/m	$v_o/(m \cdot s^{-1})$	$v^2/(m \cdot s^{-1})^2$	E_{gp}/mJ	E_k/mJ	$\Delta E_2/mJ$	k_2

Zaključak o gravitacijskoj potencijalnoj energiji i ukupnoj visini kuglice:

Zaključak o kinetičkoj energiji i kvadratu brzine kuglice:

Zaključak o razlici gravitacijske potencijalne energije i kinetičke energije za svaku visinu (glatka podloga):

Prema mjerenim podacima iz tablice 2. grafički prikažite ovisnost gravitacijske potencijalne energije kuglice o ukupnoj visini iznad poda:

Grafički prikaz 1. Ovisnost gravitacijske potencijalne energije o ukupnoj visini kuglice iznad poda

Zaključak o fizičkom značenju grafičkog prikaza ovisnosti gravitacijske potencijalne energije o ukupnoj visini kuglice iznad poda:

Prema mjerenim podacima iz tablice 2. grafički prikažite ovisnost kinetičke energije kuglice o kvadratu njene brzine:

Grafički prikaz 2. Ovisnost kinetičke energije o kvadratu brzine kuglice

Zaključak o fizičkom značenju grafičkog prikaza ovisnosti kinetičke energije o kvadratu brzine:

2. Ponovite istraživanje i sve postupke iz prvog zadatka. Neka se kuglica spušta po hrapavijoj podlozi. Podatke mjerenja zapišite u tablicu 3. U tablicu 4. prepisite podatke za visinu, domet i brzinu te primijenite zakon očuvanja energije.

Kinetičku energiju kuglice na stolu odredite iz izraza 1.3.

Gravitacijsku potencijalnu energiju prema stolu odredite iz izraza 1.4., a prema podu iz izraza 1.8.

U zadnji stupac tablice 3. zapišite omjer kinetičke energije kuglice u podnožju kosine i gravitacijske potencijalne energije kuglice prema stolu. Za kuglicu koja se giba po hrapavoj podlozi niz kosinu omjer je označen $k_3 = E_{k1} / E_{gp1}$.

U zadnji stupac tablice 4. zapišite omjer kinetičke energije kuglice u trenutku udara o pod i gravitacijske potencijalne energije kuglice prema podu. Za kuglicu koja se giba po hrapavoj podlozi niz kosinu, pa pada sa stola, omjer je označen $k_4 = E_{k2} / E_{gp2}$.

Visina stola: _____ Masa kuglice: _____ Vrijeme padanja: _____ Podloga: hrapava

Tablica 3. Visina, domet, brzina, potencijalna kinetička energija te razlika energija kuglice prema stolu (hrapava podloga)

h/m	D_1/m	D_2/m	D_3/m	D_4/m	D_5/m	D_{sr}/m	$v_o/(m \cdot s^{-1})$	E_{gp}/mJ	E_k/mJ	$\Delta E_3/mJ$	k_3

Zaključak o gravitacijskoj potencijalnoj energiji i visini kuglice na kosini: _____

Zaključak o kinetičkoj energiji i brzini kuglice: _____

Zaključak o razlici gravitacijske potencijalne energije i kinetičke energije za svaku visinu na hrapavoj podlozi:

Tablica 4. Visine, domet, brzina, potencijalna i kinetička energija te razlika energija kuglice prema podu (hrapava podloga)

h/m	$(h + H)/m$	D_{sr}/m	$v_o/(m \cdot s^{-1})$	$v^2/(m \cdot s^{-1})^2$	E_{gp}/mJ	E_k/mJ	$\Delta E_4/mJ$

Zaključak o gravitacijskoj potencijalnoj energiji i ukupnoj visini kuglice: _____

Zaključak o kinetičkoj energiji i kvadratu brzine kuglice:

Zaključak o razlici gravitacijske potencijalne energije i kinetičke energije za svaku visinu na hrapavoj podlozi:



Analiza rezultata

1. Usporedite vrijednosti gravitacijske potencijalne energije s kinetičkom energijom kuglice za svaku visinu i za svaku podlogu te obrazložite razlike:

2. Usporedite razlike energija, ΔE_1 iz tablice 1. s razlikama energija, ΔE_2 , iz tablice 2. i obrazložite razlike:

3. Usporedite razlike energija ΔE_1 , iz tablice 1. s razlikama energija, ΔE_3 iz tablice 3. Obrazložite razlike: _____

4. Usporedite razlike energija ΔE_2 , iz tablice 2. s razlikama energija, ΔE_4 iz tablice 4. Obrazložite razlike: _____

5. Usporedite razlike energija ΔE_2 , iz tablice 2. s razlikama energija, ΔE_4 iz tablice 4. Obrazložite razlike: _____

6. Usporedite iznos brzine v_0 iz izraza (1.2.) s iznosima $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ i $v = \sqrt{\frac{10}{7} \cdot g \cdot h}$
Koje vrste gibanja izvodi kuglica na nizbrdici?

7. Usporedite omjere k_1 i k_3 :

8. Usporedite omjere k_1 i k_2 :

9. Usporedite omjere k_2 i k_4 :

Zaključak:

1. Usporedite vrijednost nagiba pravca u grafičkom prikazu ovisnosti gravitacijske potencijalne energije o visini s umnoškom mase i gravitacijskog ubrzanja kuglice:

2. Usporedite vrijednost nagiba pravca u grafičkom prikazu ovisnosti kinetičke energije o kvadratu brzine s polovinom mase kuglice:

3. Možete li primijeniti zakon očuvanja energije za svaki od četiri promatrana slučaja? Obrazložite tvrdnju:

4. Je li razlika energije, ΔE izgubljena energija? Obrazložite tvrdnju:

5. Možete li prema rezultatima mjerenja odrediti kada je veći rad sile trenja? Obrazložite tvrdnju:

6. Bi li rezultati mjerenja bili drugačiji da su mjerenja izvedena u vakuumu? Obrazložite tvrdnju:



Primjenjujemo naučeno ...

1. Posjetite web adresu <http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Zelim-znati/Skola-energetike/01-Sto-je-energija> te istražite vezu hrane i energije. Usporedite vaše potrebe za energijom i svakodnevni unos hrane. Evo primjera:

Komad kruha namazanog maslacem sadrži oko 315 kJ energije. Ta energija dostatna je za: 6 minuta trčanja, ili 10 minuta vožnje biciklom, ili 15 minuta šetnje, ili vožnju auta 7 sekundi pri brzini od 80 kilometara na sat, ili rad žarulje od 100 W tijekom jednog sata, ili podizanje tereta od 50 kg na 1 m visine 650 puta.

2. Posjetite web adresu te usporedite vlastiti izračun fizičkih veličina s mjerenim veličinama u simulaciji: http://nedeljko-begovic.com/dqsad/zadatak_1.html, srpanj 2016.

Zadatci za samostalno istraživanje i samostalne projekte:

1. Posjetite web adresu <http://nedeljko-begovic.com/dqsad/rad.html>, kolovoz 2016. Proučite primjer. Algebarski i grafički usporedite radove duž istog puta:

- a) stalne sile;
- b) promjenjive sile, koja na jednakim dijelovima puta jednako povećava iznos sile.

2. Posjetite web adresu http://nedeljko-begovic.com/dqsad/kin_en.html i proučite vezu rada i kinetičke energije. Navedite novi primjer.

3. Posjetite web adresu: <http://www3.nd.edu/~ysun/Yang/PhysicsAnimation/collection/billiardP.swf>, srpanj 2016., proučite zakone očuvanja na primjeru bilijara.

4. Posjetite web adresu <https://sites.google.com/site/physicsflash/home/mechanical-energy>, kolovoz 2016., proučite promjene energije i razmislite kako će se skijaš zaustaviti.

5. Posjetite web adresu i proučite elastične sudare. Izradite simulacije sudara različitih sudionika u prometu. Tko je uvijek ugroženiji sudionik? <https://sites.google.com/site/physicsflash/home/collision>, kolovoz 2016.


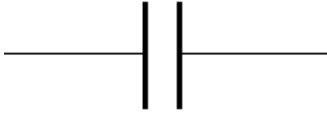
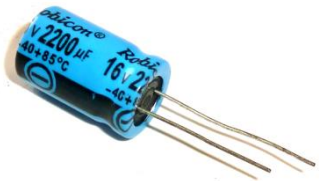
6. Posjetite web adresu http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/mechanics_forces_gravitation_energy_interactive/energy_potential_kinetic_mechanical.htm, kolovoz 2016. Zapišite zakon očuvanja energije za bar tri točke različite visine.

7. Posjetite web adresu http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/mechanics_forces_gravitation_energy_interactive/work_kinetic_energy_theorem.htm, kolovoz 2016. Provjerite izračun i grafičke prikaze.

Literatura:

- [1] V. Paar: «Fizika 1 – gibanje i energija», Školska knjiga, 2000.
- [2] Labor, J. (2011). Fizika 1, Zagreb, Alfa.
- [3] <http://struna.ihj.hr/naziv>, kolovoz 2016.

PROUČAVANJE KAPACITETA KONDENZATORA U ISTOSMJERNOM I IZMJENIČNOM STRUJNOM KRUGU

	PODSJETNIK:
<div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div> <p>Slika E3.1. Kondenzator</p>	<p>Električni naboj jest veličina kojom se opisuje temeljno svojstvo električno nabijenih čestica koje u skladu sa zakonima elektromagnetizma uzajamno djeluju s drugim nabijenim česticama.</p> <p>Postoje dvije vrste naboja, pozitivni, $+q$ i negativni, $-q$.</p> <p>Svojstva naboja:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Međudjelovanje naboja; ➤ Zakon očuvanja naboja; ➤ Aditivnost naboja; ➤ Naboj je kvantiziran $Q = Ne$. <p>Elementarni naboj iznosi $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.</p>

<p>Električno polje jest svojstvo prostora u kojem postoji električno međudjelovanje. Električno polje vektorska je veličina.</p> <p>Jakost električnog polja opisuje električno polje te pokazuje kojom silom polje utječe na naboj od 1 C u nekoj točki u polju.</p> $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$
--

<p>Električni potencijal φ jest fizička veličina koja pokazuje koliku potencijalnu energiju ima naboj u nekoj točki električnog polja.</p> <p>Električni napon U jest fizička veličina koja pokazuje koliki rad obave električne sile kad jedinični naboj prijeđe iz jedne točke električnog polja u drugu.</p> $\varphi = \frac{E_p}{q} \qquad U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{W}{q}$
--

<p>Kondenzator je uređaj koji služi za pohranjivanje električne potencijalne energije i električnog naboja.</p> <p>Kapacitet kondenzatora pokazuje koliki naboj može primiti kondenzator po jedinici napona.</p> $C = \frac{q}{U}$
--

Kapacitivni otpor jest otpor prouzrokovan kapacitetom kondenzatora kad je kondenzator priključen na izvor izmjenične struje.

$$R_c = \frac{1}{C\omega}$$

Izmjenična struja jest električna struja koja se mijenja u vremenu prema zakonu

$$I = I_0 \sin \omega t.$$

Električni napon kod izmjenične struje također oscilira:

$$U = U_0 \sin \omega t.$$



Razmišljamo ...

Mijenja li se kapacitet kondenzatora ako koristimo izmjeničnu struju? DA NE
Što se događa s nabojem na pločama kondenzatora kad je priključen na istosmjernu struju?

Kako se ponaša naboj na pločama kondenzatora kad je kondenzator priključen na izmjeničnu struju?

Vrijedi li za ovaj strujni krug Ohmov zakon? Obrazložite odgovor.

Kako glasi izraz za kapacitivni otpor? _____

Kako se kapacitivni otpor ponaša povećanjem kapaciteta kondenzatora?

Na koji način možemo odrediti kapacitet kondenzatora?

Koji nam je pribor potreban?



Istražujemo... i zaključujemo ...

Pribor:

računalo, PHeT Colorado simulacija. <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab>

Mjerenje:

1. Spojite kondenzator na izvor istosmjerne struje i jedan kondenzator (istih specifikacija) na izvor izmjenične struje.

Kakva je količina naboja na jednom kondenzatoru, a kakva na drugom?

Zašto na kondenzatoru kod izmjenične struje naboj na pločama nije isti u nekom vremenskom intervalu?

Teče li struja strujnim krugom istosmjerne struje s kondenzatorom? DA
NE

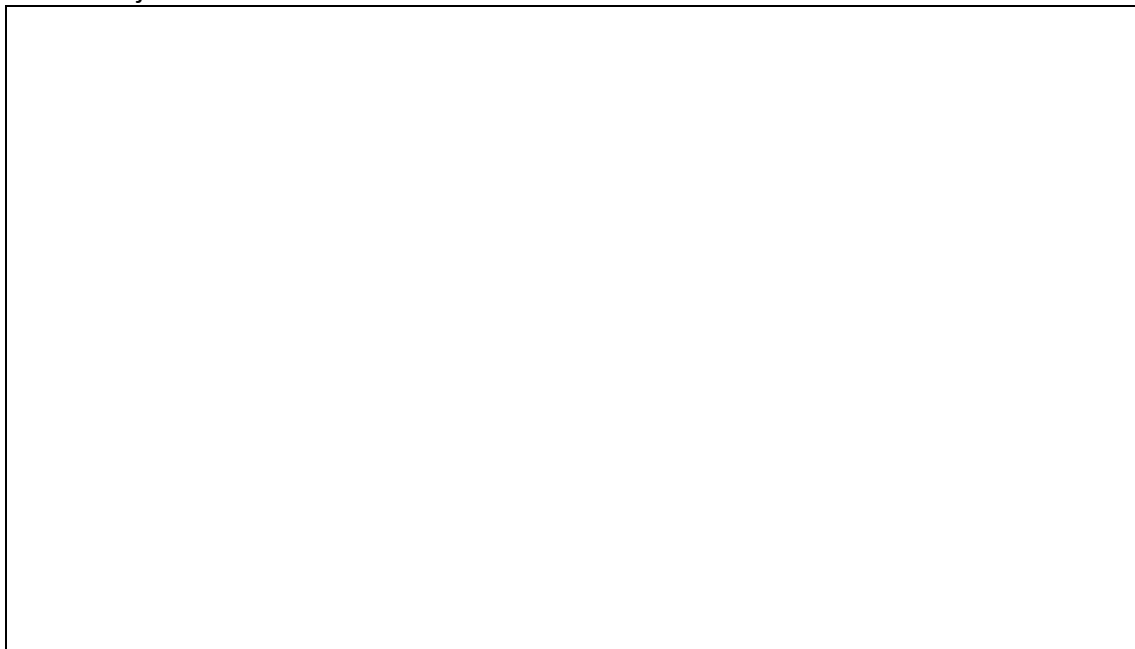
2. Što bi se dogodilo ako bi dodirnuli ploču kondenzatora u istosmjernom strujnom krugu?

3. Što se događa s nabojem na pločama kondenzatora ako u strujni krug serijski spojimo još jedan identični kondenzator, a što ako spojimo kondenzator većeg kapaciteta?

Skicirajte

4. Što se događa s nabojem na pločama kondenzatora kad u električni strujni krug paralelno spojimo još jedan identični kondenzator, a što ako spojimo kondenzator većeg kapaciteta?

Skicirajte



5. Na što utječe frekvencija izmjeničnog napona kod kondenzatora? (Napon postavite na 0,60 V, kapacitet kondenzatora na 0,05 F te mijenjajte frekvenciju po 0,5 Hz.)

6. Što se događa s naponom i električnom strujom ako mijenjamo unutarnji otpor izvora?



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: računalo, PhET Colorado simulacija,

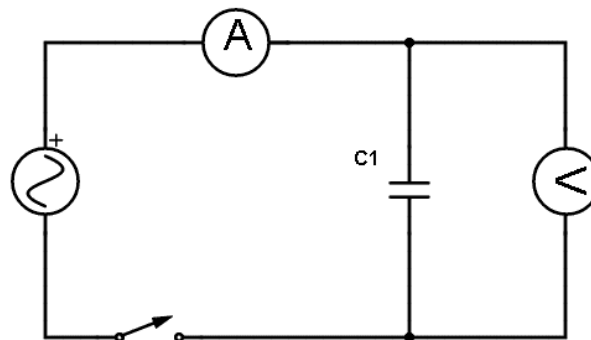
<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab>

ZADATAK VJEŽBE:

1. Odrediti kapacitet kondenzatora u PhET Colorado simulaciji.
2. Odrediti izraz za ukupni kapacitet serijskog spajanja kondenzatora (različiti kapaciteti).
3. Odrediti ukupni kapacitet paralelnog spajanja kondenzatora (različiti kapaciteti).

MJERENJE I OBRADA :

1. Pokrenite PhET Colorado simulaciju. Spojite električni strujni krug prikazan na slici E3.2.



Slika E3.2. Shema strujnog kruga s kondenzatorom i izvorom izmjenične struje

Za određivanje kapaciteta kondenzatora potrebno je u računalnoj simulaciji izvršiti potrebna mjerenja. Kapacitet kondenzatora odredit ćemo mjereći napon izvora U koji je spojen u krug izmjenične struje i mjerenjem električne struje I koja teče električnim strujnim krugom.

Izmjerite električnu struju i napon u električnom strujnom krugu. Izvršite najmanje 5 mjerenja s različitim vrijednostima frekvencije izvora (od 1 Hz do 2 Hz; povećavajte frekvenciju svaki put za 0,2 Hz). Vrijednosti unesite u tablicu 1. Postavite unutarnji otpor izvora veći od 1Ω . Za mjerenje napon izvora postavite u rasponu od 10 do 15 V (preferirano da napon izvora bude 10 V i da ga s tim iznosom imate tijekom svih mjerenja).

**U programu nije moguće postaviti kapacitet kondenzatora da bude nepoznat, tako da ćemo ovim mjerenjem postaviti kapacitet kondenzatora na 0,1 F, a mjerenjima doći do tog iznosa. Zadani kapacitet kondenzatora služi kao provjera točnosti vaših mjerenja.*

Unutarnji otpor izvora: _____

Napon izvora: _____

Tablica 1. Određivanje kapaciteta kondenzatora

Br.	f/Hz	I_0/A	Z/Ω	R_c/Ω	C/F	$\Delta C/\text{F}$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
$C=$						

2. Serijski spojite još jedan kondenzator u električni strujni krug te nacrtajte skicu tog strujnog kruga i ponovite mjerenja. Odaberite U_0 , C_1 , C_2 i r_u .

Skica električnog strujnog kruga.

Unutarnji otpor izvora: _____

Napon izvora: _____

Kapacitet kondenzatora C_1 : _____

Kapacitet kondenzatora C_2 : _____

Tablica 2. Određivanje kapaciteta serijski spojenih kondenzatora

Br.	f/Hz	I_0/A	Z/Ω	$R_{c, \text{serijski}}/\Omega$	C_s/F	$\Delta C/\text{F}$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
$C_s=$						

Ponovite mjerenje tako da promijenite unutarnji otpor izvora r_u , ostale veličine zadržite nepromijenjene.

Unutarnji otpor izvora: _____

Napon izvora: _____

Kapacitet kondenzatora C_1 : _____

Kapacitet kondenzatora C_2 : _____

Tablica 3. Određivanje kapaciteta serijski spojenih kondenzatora

Br.	f / Hz	I_0 / A	Z / Ω	$R_{c, \text{serijski}} / \Omega$	C_s / F	$\Delta C / \text{F}$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
$C_s =$						

1. Kakav je maksimalni napon na pojedinom kondenzatoru?

Maksimalan napon na prvom kondenzatoru: _____

Maksimalan napon na drugom kondenzatoru: _____

2. Na kojem je kondenzatoru maksimalni napon veći? _____

3. Što objašnjava takvu razliku u naponu na kondenzatorima?

4. Kakav je odnos između naboja u svakom trenutku na pločama kondenzatora?

5. Koji zakon vrijedi? Napišite algebarski izraz.

6. Vrijedi li ovaj odnos i u krugu istosmjerne struje? DA NE

7. Objasnite svoj odgovor. _____

3. Spojite dva kondenzatora paralelno u električni strujni krug. Odaberite U_0 , C_1 , C_2 i r_u . Nacrtajte skicu i ponovite mjerenja kao u serijskom spoju kondenzatora, mijenjanjem frekvencije izvora.

Skica električnog strujnog kruga

Unutarnji otpor izvora: _____

Napon izvora: _____

Kapacitet kondenzatora C_1 : _____

Kapacitet kondenzatora C_2 : _____

Tablica 4. Određivanje kapaciteta paralelno spojenih kondenzatora

Br.	f/Hz	I_0/A	Z/Ω	$R_{c, \text{paralelno}}/\Omega$	C/F	$\Delta C/\text{F}$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
$C=$						

Ponovite mjerenje tako da promijenite unutarnji otpor izvora r_u , ostale veličine zadržite nepromijenjene.

Unutarnji otpor izvora: _____

Napon izvora: _____

Kapacitet kondenzatora C_1 : _____

Kapacitet kondenzatora C_2 : _____

Tablica 5. Određivanje kapaciteta paralelno spojenih kondenzatora

Br.	f/Hz	I_0/A	Z/Ω	$R_{c, \text{paralelno}}/\Omega$	C/F	$\Delta C/\text{F}$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
$C=$						

1. Kakav je maksimalni napon na pojedinom kondenzatoru?

Maksimalan napon na prvom kondenzatoru: _____

Maksimalan napon na drugom kondenzatoru: _____

2. Na kojem je kondenzatoru maksimalni napon veći? _____

3. Zašto je tako? _____

4. Kakav je odnos između naboja u svakom trenutku na pločama kondenzatora?

5. Koji zakon vrijedi? Napišite algebarski izraz.

6. Je li na oba kondenzatora količina naboja ista? DA NE

7. Objasnite odgovor.

7. Vrijedi li ovaj odnos i u krugu istosmjernje struje? DA NE

8. Objasnite svoj odgovor. _____



Analiza rezultata

1. Usporedite električne struje u električnom strujnom krugu za manji i veći unutarnji otpor izvora kod serijskog spoja kondenzatora te električne struje kod paralelno spojenih kondenzatora za manji i veći unutarnji otpor izvora.

2. Usporedite impedanciju za manji i veći unutarnji otpor izvora kod paralelnog i serijskog spoja kondenzatora.

3. Usporedite vrijednost dobivenu mjerenjem za kapacitet kondenzatora u serijskom spoju s teorijskom $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ za manji i veći unutarnji otpor izvora.

Manji unutarnji otpor izvora	Veći unutarnji otpor izvora
Mjereno	Mjereno
Teorijski	Teorijski

4. Usporedite vrijednost dobivenu mjerenjem za kapacitet kondenzatora u paralelnom spoju s teorijskom $C_p = C_1 + C_2$ za manji i veći unutarnji otpor izvora.

Manji unutarnji otpor izvora	Veći unutarnji otpor izvora
Mjereno	Mjereno
Teorijski	Teorijski

5. Usporedite iznos impedancije Z i kapacitivnog otpora R_c za manji i veći unutarnji otpor izvora.

Zaključak:

1. Obrazložite zašto ne možemo koristiti Ohmov zakon u ovom obliku $R = \frac{U}{I}$ kod izmjeničnog strujnog kruga u kojemu je spojen kondenzator.

2. Kako moramo spojiti dva kondenzatora ako želimo dobiti najveći mogući kapacitet?

3. Što u električnom strujnom krugu uzrokuje povećanje unutarnjeg otpora izvora?

4. Što u električnom strujnom krugu uzrokuje povećanje frekvencije izvora?



Primjenjujemo naučeno...

- I. **Istražite primjenu kondenzatora u tehnici i životu.**

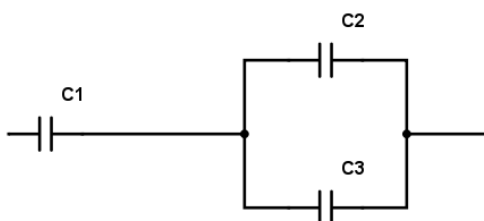
<http://www.kemet.com/Lists/TechnicalArticles/Attachments/6/What%20is%20a%20Capacitor.pdf>

http://www.electronics-radio.com/articles/electronic_components/capacitors/capacitor-uses.php

https://en.wikipedia.org/wiki/Applications_of_capacitors

II. Zadaci za samostalni rad učenika.

1. Istražite koliko je vremena potrebno kondenzatoru da se nabije.
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/capchg.html>
2. Proučite stranicu: <http://www.technologystudent.com/elec1/capac1.htm>
Za što bismo po vašem mišljenju mogli iskoristiti kondenzator u kućanstvu?
3. Proučite sliku E3.2. i izvedite ukupan kapacitet ovog spoja. Pokrenite simulaciju te provjerite računom i mjerenjem ukupan kapacitet ovog spoja.



Slika E3.2. Mješoviti spoj kondenzatora

Literatura:

- [1] Labor, J. Fizika 2, udžbenik za drugi razred gimnazije, Zagreb, Alfa, 2011.
- [2] Paar, V. Fizika 2, udžbenik za drugi razred gimnazije, Zagreb, Školska knjiga, 2007.
- [3] Vernić, E. - Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, Zagreb, Školska knjiga, 1987.

PROUČAVANJE STOJNIH VALOVA I ODREĐIVANJE BRZINE ZVUKA



PODSJETNIK:



Stojni val – nastaje interferencijom vala koji dolazi na neku prepreku i vala koji se odbija od te prepreke.



Trbusi – mjesta na kojima čestice titraju maksimalnom amplitudom. Čvorovi – mjesta na kojima čestice ne titraju.



Osnovna frekvencija (f_0) – najmanja frekvencija za koju nastaje stojni val.



$$f_0 = \frac{v}{2l}$$



Viši harmonici (f_n) – sve veće frekvencije od osnovne

$$f_1 = 2f_0 \quad f_2 = 3f_0 \quad \dots$$

Slika E4.1. Stojni val

Izvor: http://dominis.phy.hr/~pavkovic/S_val4, rujan 2016.

Zvuk – mehanički longitudinalni val

Brzina zvuka – brzina kojom se zvučni val širi sredstvom.

$$v_t = v_0 \sqrt{1 + \frac{t}{273^\circ \text{C}}}$$

v_t - brzina zvuka u zraku pri temperaturi t

v_0 - brzina zvuka pri 0°C (331 ms^{-1})



Razmišljamo ...



Slika E4.2. Staklene čaše

Izvor:// <https://scientificamerican.com>, rujan 2016.

Kakve će zvukove proizvoditi čaše?

Koja će čaša imati najniži, a koja najviši ton?

Ovisi li jačina pritiska prsta na staklo o nastalim zvukovima? Objasnite.

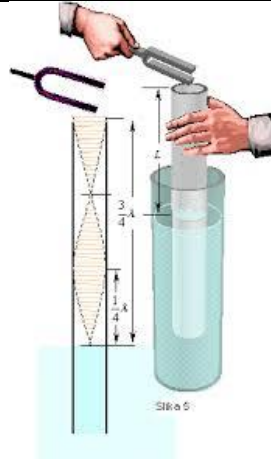


Istražujemo... i zaključujemo ...

Pribor: glazbene vilice, batić za vilicu, menzura, staklena cijev, ravnalo, čaša s vodom.

Zadatak vježbe:

1. Odredite brzinu zvuka u zraku pomoću glazbene vilice u stupcu zraka iznad površine vode za dvije ponuđene glazbene vilice.



Slika E4.3. Stojni valovi pomoću glazbenih vilica

Izvor: <https://www.phy.pmf.unizg.hr>, rujana 2016.

Mjerenje:

1. Cijev dugu oko 30 cm zaronite potpuno u posudu s vodom. Zatitrajte glazbenu vilicu tako je držite u jednoj ruci, a drugom rukom udarate gumenim batićem. Postavite je iznad otvora cijevi. Izvlačite polako cijev sve dok ne čujete da je pojačavanje zvuka najjače. Zaustavite cijev i ravnalom izmjerite razmak od razine vode do gornjeg kraja cijevi.
2. Ponovite postupak više puta i svaki put izračunajte duljinu vala λ iz $l = \frac{\lambda}{4}$.
3. Brzinu zvuka u zraku izračunajte iz poznate frekvencije glazbene vilice i srednje vrijednosti za λ prema izrazu: $v = \lambda \cdot f$.
4. S jednom glazbenom vilicom ponovite postupak tri puta svaki puta ponovno mjereći udaljenost l . Isti postupak ponovite s drugom glazbenom vilicom.

Tablica 1. Određivanje brzine zvuka u zraku

Redni broj mjerenja	f / Hz	l / m	λ / m	v / ms^{-1}
1.				
2.				
3.				

Zaključak:

Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: Kundtova cijev, metalna šipka, plastični disk, nosač, grafoskop, pijesak u boji, kožna krpa.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Određivanje brzine zvuka pomoću Kundtove cijevi.

MJERENJE I OBRADA :

1. Unutar cijevi jednoliko rasporedite pijesak u boji.
2. Umetnite u cijev metalnu šipku krajem na kojem se nalazi plastični disk.
3. Učvrstite šipku nosačem (polovina dužine) i stavite na grafoskop.
4. Kožnom krpom uhvatite šipku kod držača te ne popuštajući stisak povlačite prema kraju šipke čime ćete uzrokovati nastajanje longitudinalnih valova.
5. Izmjerite udaljenost (npr. 10 hrpica), podijelite taj broj sa 5 i odredite duljinu vala λ .
6. Frekvenciju zvučnog vala izračunat ćete prema izrazu: $f = \frac{v}{\lambda}$ (brzina zvuka u zraku pri

određenoj temperaturi: $v = 331 \sqrt{1 + \frac{t}{273^\circ C}} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

7. Brzinu zvuka u cijevi izračunajte prema izrazu: $v = \lambda \cdot f$.
8. Ponovite mjerenje nekoliko puta.
9. Odredite srednju vrijednost dobivenih rezultata i provedite račun pogreške.

Tablica 2. Valna duljina, frekvencija, brzina zvuka

Redni broj mjerenja	λ/m	f/Hz	v/ms^{-1}
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			



Analiza rezultata

Utječe li temperatura prostorije na razmake između čvorova?

Usporedite dobivenu vrijednost za brzinu zvuka s tabličnom vrijednošću iz udžbenika.

Zaključak:

O čemu ovisi brzina zvuka u zraku?



Primjenjujemo naučeno...

1. Posjetite web stranicu <https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string>. Proučite dani sadržaj i prezentirajte ostalim učenicima.


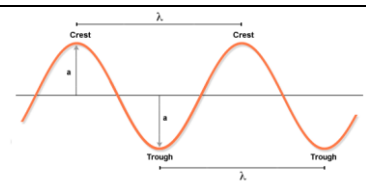
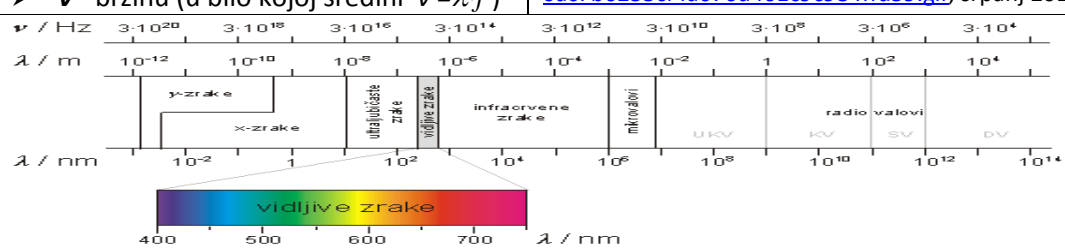
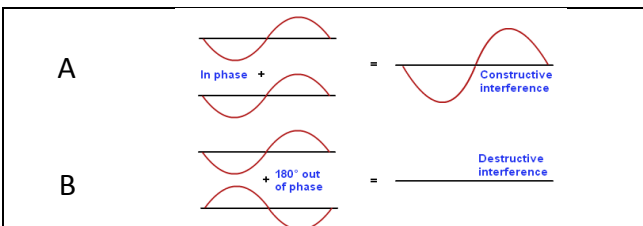
Zadatci za samostalno istraživanje i samostalne projekte:

1. Istražite vezu između fizike i glazbe.
2. Istražite neželjene posljedice stojnih valova u akustici.

Literatura:

- [1] Andreis, T. Plavčić, M. – Simić, N. Fizika 3, Zagreb, Profil, 2009.
- [2] Labor, J. Fizika 3, Zagreb, Alfa, 2014.
- [3] Vernić, E., Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, Zagreb, Školska knjiga, 1987.

ODREĐIVANJE INTERVALA FREKVENCIJA VIDLJIVE SVJETLOSTI OSOBNIM SPEKTROMETROM

	PODSJETNIK:
<p>Na web adresi prikaz je titranja elektromagnetskog vala. Ponovite ih: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/Electromagneticwave3D.gif, srpanj 2016.</p>	
<p>Svjetlost je transversalni elektromagnetski val. Širi se kroz sve sredine. Karakteristike svakog vala su:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ λ - valna duljina (najmanji razmak dviju čestica iste faze) ➤ f - frekvencija (recipročna vrijednost perioda titranja) ➤ v - brzinu (u bilo kojoj sredini $v = \lambda \cdot f$) 	 <p style="text-align: center;">Slika E5.1. Valna duljina, Izvor: http://www.bbc.co.uk/staticarchive/9ffa2ccb46ac7b6253cf4a076d401c9c984ffd59.gif, srpanj 2016.</p>
	
<p>Slika E5.2. Spektar elektromagnetskih valova, Izvor: http://free-zg.t-com.hr/ivanzub/SAMP/foto/spektar.gif, srpanj 2016.</p>	<p>Čovjek vidi mali dio elektromagnetskog spektra valova. Svi se u vakuumu šire istom brzinom, $c = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Često je zaokružimo na $c = 3 \cdot 10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.</p>
<p>Prvo slovo riječi i boja u spektru vidljive svjetlosti počinju istim slovom. Zapišite redoslijed boja:</p> <p style="text-align: center;"> Ljepotica Miluje Pomalenu Zelenu Žabu Na Cigli </p> <p>_____</p> <p>Izvor: http://fizika.beep.com/ogledi.htm, srpanj duga 2016. (napravi dugu)</p>	
<p>Interferencija valova nastaje kada se u istom sredstvu šire istovremeno bar dva vala. Valovi moraju biti koherentni. To znači da valovi moraju imati: razliku faza koja se ne mijenja u vremenu, identične valne duljine i jednake amplitude.</p> <p>Konstruktivnom interferencijom (A) nastaje novi val. Ispunjen je uvjet kašnjenja valova:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) razlika valnih duljina $\Delta x = k\lambda$, $k = 0, 1, 2, \dots$ b) razlika faza $\Delta\theta = 2k\pi$ <p>Destruktivna interferencija (B) nastaje na mjestima poništavanja valova. Ispunjen je uvjet kašnjenja valova:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) razlika valnih duljina $\Delta x = (2k+1)\lambda/2$, $k = 0, 1, 2, \dots$ b) razlika faza $\Delta\theta = (2k+1)\pi$ 	
<p>Slika E5.3. Konstruktivna (A) i destruktivna (B) interferencija, izvor: http://images.tutorcircle.com/cms/images/39/constructive-destructive-wave1.PNG, rujnan 2016.</p>	

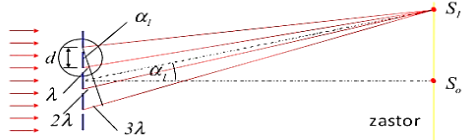
Optička rešetka jest pločica s nizom uskih, paralelnih, jednakih i međusobno jednako udaljenih pukotina.

Konstanta optičke rešetke, d razmak je susjednih pukotina.

Ogibom upadnog vala svaka pukotina postaje izvor valova. Ti koherentni izvori međusobno će interferirati i dati sliku na zaslonu. Valnu duljinu λ možemo mjeriti uz uvjet da je manja od konstante rešetke d .

Ogibnu sliku promatramo na zastoru. Udaljenost maksimumuma (S_0, S_1) označavamo s .

Udaljenost optičke rešetke i zastora označavamo D .



Slika E5.4. Prvi ogibni maksimum, <http://image.slidesharecdn.com/optikareetka-17-140122051733-phpapp02/95/optika-reetka-17-6-638.jpg?cb=1390367892>, rujan 2016.

Sinus ogibnog kuta je

$$\sin \alpha = \frac{s}{L} = \frac{s}{\sqrt{s^2 + D^2}}$$

Jednadžba optičke rešetke

$$d \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda$$

k – red spektra

α_k – ogibni kut k -tog reda spektra

d – konstanta rešetke

λ – valna duljina svjetlosti

Ogib monokromatske svjetlosti (jedne valne duljine) daje niz svijetlih i tamnih pruga. Destruktivnom interferencijom nastaju tamne, a konstruktivnom svijetle pruge.



Razmišljamo ...

Što je zajedničko ljubičastoj i crvenoj boji vidljivog spektra? _____

Po čemu se razlikuju ljubičasta i crvena boja svjetlosti? _____



Slika E5.5. Ogib bijele svjetlosti, Izvor:

<http://www.slideshare.net/Svijet/optika-reetka-17>, rujan 2016.

Proučite sliku E5.5. Je li slika ogibna slika simetrična oko središnje (bije) pruge? Ogibaju li se jednako crvena i ljubičasta boja svjetlosti? Zašto?

Na koji način možemo odrediti frekvenciju svjetlosti? _____

Opišite način mjerenja: _____

Koji vam je pribor potreban? _____



Istražujemo... i zaključujemo ...



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/Laser.symbol-text.svg>

Pribor: osobni spektrometar s optičkom rešetkom i metarskim mjerkama, izvor bijele svjetlosti, laser, komad svile i drvene bojice.

PRI RADU S LASEROM OBRATITI POZORNOST NA VLASTITU SIGURNOST I SIGURNOST DRUGIH U PROSTORIJI.

Mjerenje:

1. Usmjerite osobni spektrometar prema izvoru bijele svjetlosti. Neka optička rešetka bude blizu vašeg oka. Ogibnu sliku promatrajte na zastoru - metalnom dijelu (udaljenijem od oka). Drvenim bojama nacrtajte sliku koju vidite na zastoru.

Jesu li sve pruge jednako obojene? Zašto? _____

Koliko spektara vidite? _____

Ovisi li njihov broj o udaljenosti od vašeg oka? Zašto? _____

2. Promatrajte ogibnu sliku monokromatske svjetlosti na optičkoj rešetki. Drvenim bojama nacrtajte sliku koju vidite na zastoru.

Objasnite sliku: _____

3. Monokromatsku svjetlost usmjerite na komad svile i promatrajte ogibnu sliku. Drvenim bojama nacrtajte sliku koju vidite na zastoru.

Je li ogibna slika identična slikama iz prvog i drugog zadatka? Objasnite odgovor.



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: Osobni spektrometar s optičkom rešetkom i metarskim mjerkama, izvor bijele svjetlosti, laser i komad svile.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Proučiti ogib monokromatke i polikromatske svjetlosti na optičkoj rešetki.
2. Odrediti valnu duljinu i frekvenciju monokromatske svjetlosti.
3. Odrediti interval valnih duljina vidljivog spektra (mjerenjem valnih duljina ljubičaste, zelene i crvene svjetlosti).
4. Odrediti interval frekvencija vidljivog spektra.

MJERENJE I OBRADA:

1. Odredite konstantu optičke rešetke. Na svakoj rešetki piše koliko je zarezna na jednom milimetru.

2. Kroz optičku rešetku promatrajte izvor bijele svjetlosti tako da je optička rešetka blizu vašeg oka. Pomičite metalni dio po drvenom da dobijete jasnu sliku na metalnom dijelu. Pomičite metalni dio tako da vidite udaljenosti izražene u milimetrima (ali ne i one na pola milimetra). U tablicu 1. bilježite udaljenost s od središnje svijetle pruge. Njenu vrijednost očitavate na metalnom dijelu. Na drvenom dijelu uređaja očitavate udaljenost metalnog dijela od optičke rešetke, D . Pomoću ovih vrijednosti odredit ćete vrijednost sinusa ogibnog kuta. Provedite bar sedam mjerenja za ljubičastu svjetlost. Bilježite vrijednosti za prvi i drugi red spektra ($k = 1$ i $k = 2$). Valnu duljinu odredite prema izrazu:

$$\lambda = \frac{d \cdot \sin \alpha}{k} = \frac{d}{k} \frac{s}{\sqrt{s^2 + D^2}}$$

3. Za svako mjerenje odredite valnu duljinu te provedite račun pogreške.
4. Za svako mjerenje odredite frekvenciju te provedite račun pogreške.

Tablica 1. Mjerenje valne duljine ljubičaste svjetlosti

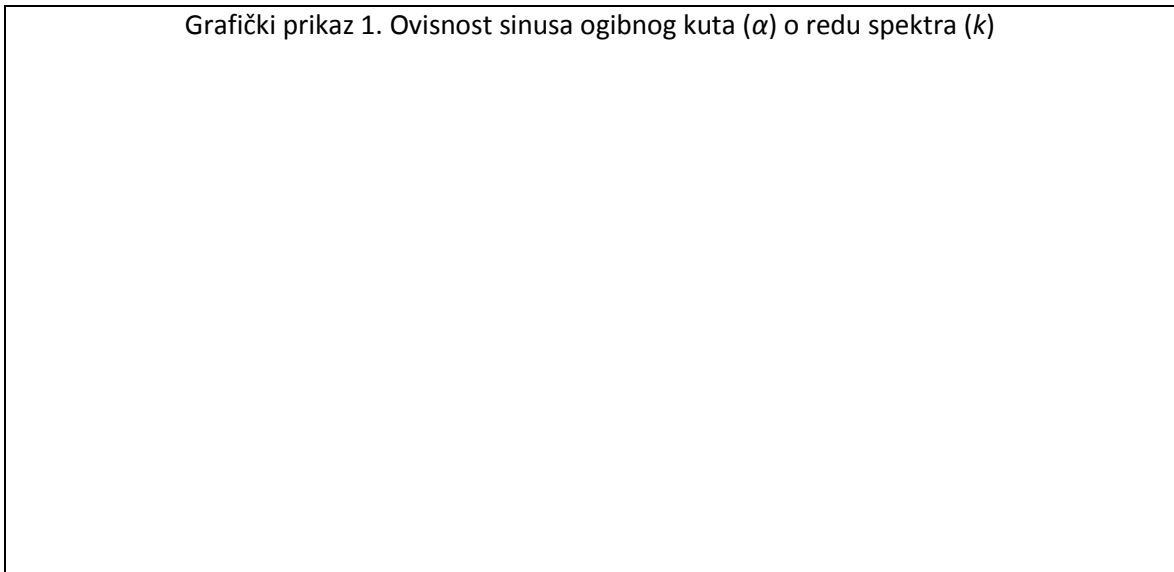
broj	k	s / cm	D / cm	$\sin \alpha$	λ / nm	$\Delta \lambda / \text{nm}$	f / Hz	$\Delta f / \text{Hz}$
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								

Rezultat:

Valna duljina ljubičaste svjetlosti:

Frekvencija ljubičaste svjetlosti:

5. Grafički prikazite ovisnost sinusa ogibnog kuta o redu spektra.



Možete li iz ovog grafičkog prikaza odrediti valnu duljinu ljubičaste svjetlosti? Obrazložite odgovor:

6. Ponovite iste postupke mjerenjem valne duljine zelene svjetlosti.

Tablica 2. Mjerenje valne duljine zelene svjetlosti

broj	k	s/cm	D/cm	$\sin \alpha$	λ/nm	$\Delta\lambda/nm$	f/Hz	$\Delta f/Hz$
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								

Rezultat:

Valna duljina zelene svjetlosti:

Frekvencija zelene svjetlosti:

7. Ponovite iste postupke mjerenjem valne duljine crvene svjetlosti.

Tablica 3. Mjerenje valne duljine crvene svjetlosti

broj	k	s/cm	D/cm	$\sin \alpha$	λ/nm	$\Delta\lambda/nm$	f/Hz	$\Delta f/Hz$
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								

Rezultat:

Valna duljina crvene svjetlosti:

Frekvencija crvene svjetlosti:

8. Odredite valnu duljinu i frekvenciju monokromatske svjetlosti. Ponovite mjerenja tri puta. Podatke zapišite u tablicu 4.

Tablica 4. Mjerenje valne duljine _____ svjetlosti

broj	k	s/cm	D/cm	$\sin \alpha$	λ/nm	$\Delta\lambda/nm$	f/Hz	$\Delta f/Hz$
1.								
2.								
3.								

Rezultat:

Valna duljina _____ svjetlosti:

Frekvencija _____ svjetlosti:

9. Uzmite laser druge boje i ponovite mjerenja kao u prethodnom zadatku. Odredite valnu duljinu i frekvenciju monokromatske svjetlosti. Ponovite mjerenja tri puta. Podatke zapišite u tablicu.

Tablica 5. Mjerenje valne duljine _____ svjetlosti

broj	k	s/cm	D/cm	$\sin \alpha$	λ/nm	$\Delta\lambda/nm$	f/Hz	$\Delta f/Hz$
1.								
2.								
3.								

Rezultat:

Valna duljina _____ svjetlosti:

Frekvencija _____ svjetlosti:



Analiza rezultata

1. **Možete li odrediti valnu duljinu svjetlosti iz grafičkog prikaza ovisnosti sinusa ogibnog kuta o redu spektra? Imate li dovoljno podataka? Obrazložite tvrdnju:**

2. **Poredajte mjerene vrijednosti valnih duljina od najmanje do najveće:**

Boja: _____ Valna duljina: _____

Boja: _____ Valna duljina: _____

Boja: _____ Valna duljina: _____

3. **Poredajte mjerene vrijednosti frekvencija od najmanje do najveće:**

Boja: _____ Frekvencija: _____

Boja: _____ Frekvencija: _____

Boja: _____ Frekvencija: _____

4. **Prema svojim mjerenjima odredite interval valnih duljina svjetlosti iz vidljivog dijela spektra:**

5. **Prema svojim mjerenjima odredite interval frekvencija svjetlosti iz vidljivog dijela spektra:**

6. **Usporedite svoje vrijednosti valnih duljina sa standardnim vrijednostima valnih duljina vidljive svjetlosti.**

7. **Usporedite svoje vrijednosti frekvencija sa standardnim vrijednostima frekvencija vidljive svjetlosti:**

8. **Usporedite svoje pretpostavljene rezultate s izmjerenim vrijednostima. Obrazložite eventualne razlike.**

9. **Usporedite ogibnu sliku nastalu na optičkoj rešetki sa slikom nastalom na svili:**



Primjenjujemo naučeno...

Istražite sadržaje o spektru (elektromagnetskih) valova:

<http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/science/aqa/waves/soundandlightact.shtml>, srpanj 2016.

Zadatci za samostalno istraživanje i samostalne projekte:

1. Istražite uporadu EM zračenja prema web adresi <http://www.bbc.co.uk/education/guides/z66g87h/revision/3>, srpanj 2016.
2. Istražite utjecaj cijelog EM zračenja na čovjeka i na žive organizme.
3. Istražite utjecaj boja na čovjeka, <https://phet.colorado.edu/en/simulation/color-vision>, srpanj 2016.
4. Istražite i obrazložite vezu temperature tijela i valne duljine koju zrači: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/blackbody-spectrum>, srpanj 2016.
Jeste li čuli za kameleon lopte?
5. Istražite stranicu <https://www.khanacademy.org/science/physics/light-waves/interference-of-light-waves/v/thin-film-interference-part-1>, srpanj 2016. i opišite pojavu.
6. Istražite i obrazložite uradak o svojstvima svjetlosti prema uputama na web adresama: <http://www.education.com/science-fair/article/light-wave-thomas-young-double/>, srpanj 2016., i http://www.walter-fendt.de/ph14cr/doubleslit_cr.htm, srpanj 2016.
7. Istražite i obrazložite pojavu te predložite način mjerenja, te: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/wave-interference>, srpanj 2016.
8. Istražite i obrazložite pojavu <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/quantum-wave-interference>, srpanj 2016.
9. Istražite difrakciju na CD-u.
10. Istražite i objasnite interferenciju svjetlosti na mokroj cesti. Uradak potkrijepite fotografijom.
11. Fotografirajte interferenciju valova na vodi, obrazložite uradak.
12. Objasnite antirefleksivni sloj na naočalama. Na koju se stranu stakla nanosi? Obrazložite tvrdnju. Kolika mu je debljina?
13. Obrazložite možemo li uočiti valna svojstva svjetlosti pri prolazu kroz vrata prostorije. Zašto? Usporedite otvor vrata s pukotinama na optičkoj rešetki. Koliki je red veličine otvora?
14. Posjetite web adresu http://www.vacak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_newtonkoto_uc&l=cz&zoom=0, rujan 2016. i odaberite frekvenciju vrtnje kotača da vidimo bijelu svjetlost.

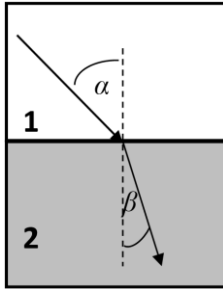
Literatura:

- [1] Brković, N. & Pećina, P. Fizika u 24 lekcije, Zagreb, Element, 2014.
- [2] Labor, J. Fizika 3, udžbenik za treći razred gimnazije Zagreb, Alfa, 2008.
- [3] Paar, V. Fizika 3 – udžbenik za treći razred gimnazije, Zagreb, Školska knjiga, 2005.
- [4] Vernić, E., Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, priručnik za laboratorijski rad učenika srednjih škola, Zagreb, Školska knjiga, 1987.

ODREĐIVANJE BRZINE SVJETLOSTI U STAKLU I VODI



PODSJETNIK:



Slika E6.1. Lom svjetlosti

Zraka svjetlosti prelazi iz gornjeg sredstva (vakuuma), 1. u donje sredstvo, 2.

Okomicu crtamo na mjestu gdje zraka svjetlosti mijenja sredstvo.

Upadni kut α tvori upadna zraka i okomica.

Lomljeni kut β tvori lomljena zraka i okomica.

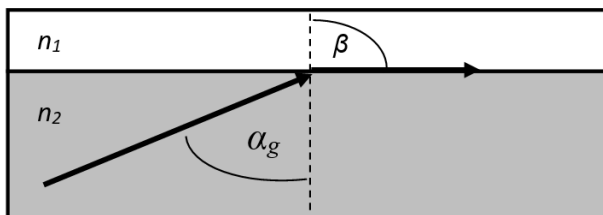
Indeks loma sredstva, n **apsolutni je indeks loma**. Konstantna je vrijednost za to sredstvo. Definiran je omjerom sinusa upadnog i sinusa lomljenog kuta. Jednak je omjeru brzina svjetlosti sredstva 1, iz kojeg svjetlost dolazi, i brzine svjetlosti sredstva 2 u koje svjetlost ulazi:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c}{v} \text{ (Snellov zakon loma)}$$

Relativni indeks loma jest omjer indeksa loma sredstva 1 iz kojeg dolazi svjetlosna zraka i indeksa loma sredstva 2, u koje svjetlosna zraka ulazi. Omjer je indeksa loma brzine svjetlosti v_1 , u sredstvu 1 i brzine svjetlosti, v_2 u sredstvu 2:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} \text{ (poopćeni Snellov zakon loma)}$$

Totalna refleksija nastaje pri prijelazu svjetlosne zrake iz gušćeg sredstva, većeg indeksa loma, u rjeđe sredstvo manjeg indeksa loma. Tada je lomljeni kut, $\beta = 90^\circ$. Upadni je kut granični kut totalne refleksije, α_g .



Slika E6.2. Totalna refleksija

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin \alpha_g} = \frac{1}{\sin \alpha_g}$$

$$\text{za } n_1 = 1, \quad \sin \alpha_g = \frac{1}{n_2}$$

Standardnu brzinu svjetlosti, c u vakuumu odredite prema Maxwellovoj jednadžbi: $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_o \mu_o}}$

$$\epsilon_o = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

$$\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$$



Razmišljamo ...



Slika E6.3. Slamka u vodi

Je li slamka u vodi slomljena? Kako ćete provjeriti?

Kako bi izgledala slamka stavljena u čašu s uljem?

Kako bi izgledao stakleni štap stavljen u čašu s vodom?

Kako možemo odrediti indeks loma prozirnog sredstva?

Navedite pribor za mjerenje:

Na koji način možemo odrediti brzinu svjetlosti?

Opišite način mjerenja:

Što mislite, mijenja li se brzina svjetlosti promjenom sredstva kroz koje prolazi? Zašto?

Procijenite iznos brzine svjetlosti u prozirnog sredstvu prema brzini svjetlosti u vakuumu:

a) veća je;

b) jednaka je;

c) manja je.

Proučite mjere sigurnosti pri radu s laserom.



Istražujemo... i zaključujemo ...



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/Laser_symbol-text.svg

Pribor: laseri raznih boja (npr. crvene i zelene boje), podloga s kutomjerom koji mjeri puni kut, te prozirno sredstvo (polukružna staklena ploča, ili, planparalelna ploča i posudica s vodom) .

PRI RADU S LASEROM OBRATITI POZORNOST NA VLASTITU SIGURNOST I SIGURNOST DRUGIH U PROSTORIJI.

Mjerenje: Postavite prozirno sredstvo na magnetnu podlogu na ravnu crtu. Lasersku zraku usmjerite na granicu zrak - prozirno sredstvo. Izvedite kvalitativna (približna) mjerenja te zapišite svoja zapažanja vezana uz upadne i lomljene kutove:

I. STAKLO:

1. Usporedite veličinu upadnog i lomljenog kuta. Koji je od njih veći? _____
2. Promijenite upadni kut svjetlosne zrake i ponovite mjerenje. Koji je kut veći? _____
3. Prema rezultatima mjerenja usporedite indeks loma s vrijednošću 1: _____
4. Prema rezultatima mjerenja usporedite iznos brzine svjetlosti u staklu s brzinom svjetlosti u vakuumu: _____

II. VODA:

1. Usporedite veličinu upadnog i lomljenog kuta. Koji je od njih veći? _____
2. Promijenite upadni kut svjetlosne zrake i ponovite mjerenje. Koji je kut veći? _____
3. Prema rezultatima mjerenja usporedite indeks loma s vrijednošću 1: _____
4. Prema rezultatima mjerenja usporedite iznos brzine svjetlosti u staklu s brzinom svjetlosti u vakuumu: _____

Pitanje: Što se događa kada je upadni kut svjetlosne zrake jednak nuli?



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: laseri koji daju svjetlost raznih boja (npr. crvene i zelene boje), podloga s kutomjerom koji mjeri puni kut te prozirno sredstvo (polukružna staklena ploča ili planparalelna ploča i posudica s vodom) .

ZADATAK VJEŽBE:

1. Proučiti lom svjetlosti i totalnu refleksiju na granici zrak - staklo i zrak - voda.
2. Odrediti indeks loma svjetlosti na granici zrak - staklo i zrak - voda.
3. Odrediti brzinu svjetlosti u staklu i vodi.
4. Interpretirati grafičku ovisnost sinusa lomljenog kuta o sinusu upadnog kuta.
5. Usporediti rezultate mjerenja sa standardnim vrijednostima mjerenih veličina.
6. Samostalno istražiti primjenu loma svjetlosti i totalne refleksije.

MJERENJE I OBRADA:

I.

1. Postavite staklenu ploču na magnetnu podlogu na ravnu crtu. Lasersku zraku usmjerite na granicu zrak-staklo. Izvedite bar sedam mjerenja mijenjajući vrijednost upadnog kuta. Mjerene vrijednosti upadnog kuta(α) i lomljenog kuta (β) zapišite u tablicu 1.
2. Pomoću kalkulatora odredite sinuse upadnog i lomljenog kuta te izračunajte indeks loma stakla i provedite račun pogreške za indeks loma.

Tablica 1. Lom svjetlosti na granici zrak – staklo (boja laserske svjetlosti _____)

broj	$\alpha / ^\circ$	$\beta / ^\circ$	n	Δn	$v / (m \cdot s^{-1})$	$\Delta v / (m \cdot s^{-1})$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						

3. Grafički prikažite ovisnost sinusa lomljenog kuta o sinusu upadnog kuta. Odredite grafičkom metodom indeks loma stakla.
4. Iz dobivenih podataka (tablica 1.) izračunajte brzinu svjetlosti u staklu te provedite račun pogreške za brzinu svjetlosti.

Rezultat:

Indeks loma stakla:

Brzina svjetlosti u staklu:

Grafički prikaz 1. Ovisnost sinusa lomljenog kuta o sinusu upadnog kuta na granici zrak - staklo

Rezultat:

Indeks loma stakla određen grafičkom metodom:

II.1. Ponovite isti postupak na granici zrak - voda.

Tablica 2. Lom svjetlosti na granici zrak - voda (boja svjetlosti _____)

broj	$\alpha / ^\circ$	$\beta / ^\circ$	n	Δn	$v / (\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	$\Delta v / (\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						

Rezultat:

Indeks loma vode:

Brzina svjetlosti u vodi:

Grafički prikaz 2. Ovisnost sinusa lomljenog kuta o sinusu upadnog kuta na granici zrak - voda

Rezultat: Indeks loma vode određen grafičkom metodom:

Indeks loma vode:

Brzina svjetlosti u vodi:

III. 1. Odredite indeks loma svjetlosti na granici zrak - staklo totalnom refleksijom!

Istražite granični kut totalne refleksije na granici zrak - staklo i zrak - voda te odredite granične kutove totalne refleksije. Koristite lasere crvene i zelene boje svjetlosti. Podatke zapišite u tablice 3. i 4. za staklo te tablice 5. i 6. za vodu. Iz mjerenih podataka odredite indeks loma za oba sredstva.

Tablica 3. Totalna refleksija na staklu, crvena boja svjetlosti

broj	$\alpha / ^\circ$	$\beta / ^\circ$	n

Tablica 4. Totalna refleksija na vodi, crvena boja svjetlosti

broj	$\alpha / ^\circ$	$\beta / ^\circ$	n

Tablica 5. Totalna refleksija na staklu, zelenaboja svjetlosti

broj	$\alpha / ^\circ$	$\beta / ^\circ$	n

Tablica 6. Totalna refleksija na vodi, zelena boja svjetlosti

broj	$\alpha / ^\circ$	$\beta / ^\circ$	n

Rezultat mjerenja dobiven totalnom refleksijom:

	staklo	voda
crvena boja		
zelena boja		



Analiza rezultata

1. Usporedite mjerene vrijednosti indeksa loma u staklu:

- mjerenjem upadnog i lomljenog kuta svjetlosti: _____
- grafičkom metodom: _____
- totalnom refleksijom: _____
- standardna vrijednost indeksa loma za staklo iznosi _____

2. Usporedite vrijednosti brzine svjetlosti u staklu:

- mjerenjem upadnog i lomljenog kuta svjetlosti: _____
- grafičkom metodom: _____
- totalnom refleksijom: _____
- standardna vrijednost brzine svjetlosti za staklo iznosi _____

3. Biste li mogli točnije odrediti brzinu svjetlosti? Obrazložite odgovor!

4. Usporedite mjerene vrijednosti indeksa loma u vodi:

- mjerenjem upadnog i lomljenog kuta svjetlosti: _____
- grafičkom metodom: _____
- totalnom refleksijom: _____
- standardna vrijednost indeksa loma za staklo iznosi _____

5. Usporedite vrijednosti brzine svjetlosti u vodi:

- mjerenjem upadnog i lomljenog kuta svjetlosti: _____
- grafičkom metodom: _____
- totalnom refleksijom: _____
- standardna vrijednost brzine svjetlosti za staklo iznosi _____

6. Usporedite svoje pretpostavljene rezultate s izmjerenim vrijednostima. Obrazložite eventualne razlike. Što biste trebali promijeniti da se vaši rezultati manje razlikuju od standardnih vrijednosti?

Zaključak:

1. Usporedite indeks loma svjetlosti u oba prozirna sredstva s vrijednošću 1:

2. Usporedite brzinu svjetlosti u oba prozirna sredstva s brzinom svjetlosti u vakuumu:

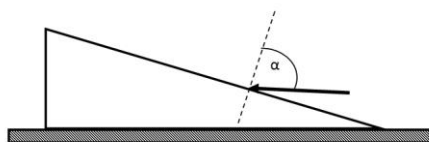


Primjenjujemo naučeno...

- Istražite sadržaje o optičkim vlaknima na web adresi
<http://www.chemgeneration.com/hr/milestones/laser-i-opti%C4%8Dka-vlakna.html>
<http://www.kontaktne-lece.eu/magazin/zakoni-geometrijske-optike/>, kolovoz 2016.
i obrazložite koji dio optičkog vlakna ima veći indeks loma i zašto.

Zadatci za samostalno istraživanje i samostalne projekte:

- Svjetlost iz zraka upada na staklenu prizmu indeksa loma 1,60 pod kutem od 75° . Prizma je položena na ravno zrcalo (slika 1).



Slika E6.4. Optička prizma položena na ravno zrcalo

- Pod kojim će kutem zraka izići iz prizme? Nacrtajte put svjetlosne zrake.
- Nacrtajte put svjetlosne zrake pri upadnom kutu 0° .
- Postoji li neki upadni kut θ takav da svjetlosna zraka ne iziđe iz prizme? Zašto?

2. Svjetlosna zraka upada iz zraka na tanku staklenu pločicu indeksa loma $n_1 = 1,52$ pod kutem od 60° . Ispod staklene pločice tanki je sloj tekućine indeksa loma n_2 . Tekućina je nalivena na dijamantnu pločicu indeksa loma $n_3 = 2,4$.
 - a) Pod kojim kutem svjetlost izlazi iz dijamanta?
 - b) Koliki je lomljeni kut u dijamantu?
 - c) Usporedite brzine svjetlosti u staklu i dijamantu. Koliki je njihov omjer?
3. Istražite primjenu totalne refleksije u prirodi.
4. Istražite primjenu totalne refleksije u medicini i suvremenoj tehnologiji.
5. Istražite način rada čarobnih fontana i njihovu primjenu u turizmu.
6. Usporedite redoslijed svjetlosnih zraka A i B nakon totalne refleksije na optičkoj prizmi. Snimite film.
7. Posjetite web adresu <http://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives/Refraction-and-Lenses/Refraction/Refraction-Interactive>, srpanj 2016., proučite pojavu loma svjetlosti kombinirajući više sredstava različitog indeksa loma. Možete li primijeniti zakon očuvanja energije?
8. Potražite sadržaje i proučite način rada refraktometra: <http://www.zlatarna.com/kamenje/lom-svjetlosti-na-dragom-kamenju>, srpanj 2016. Ima li sve drago kamenje isti indeks loma? Istražite na <http://www.zlatarna.com/>
9. Proučite lom bijele svjetlosti na optičkoj prizmi. *Potražite anegdotu o Isaacu Newtonu i lomu svjetlosti na prizmi*
10. Istražite razliku u nastanku jedne i dvostruke duge. Nastaje li duga samo kada pada kiša? Fotografirajte dugu i objasnite njen nastanak.
11. Fotografirajte i opišite svjetlovod u vama najbližoj okolini
12. Prema rezultatima mjerenja usporedite valne duljine crvene i zelene svjetlosti, njihove frekvencije i energije jednog fotona.
13. Napravite svjetlovod te dokumentirajte uradak.
14. Povežite brzinu svjetlosti u nekom sredstvu s relativnom permitivnošću i permeabilnošću.
15. Istražite mogućnost određivanja brzine svjetlosti pomoću mikrovalne pećnice i čokolade. ***Ne stavljajte čokoladu na aluminijskoj foliji u mikrovalnu pećnicu.***
16. U čašu stavite vodu. Pažljivo dodajte ulje (ili neku drugu tekućinu koja se ne miješa s vodom). Uronite stakleni štapić (ili olovku). Snimite fotografiju. Istražite i obrazložite:
 - a) Redoslijed tekućina. Možete li prije vode staviti ulje?
 - b) Možete li izvesti eksperiment s vodom i alkoholom?
17. Posjetite web stranicu i analizirajte lom svjetlosti u virtualnim uvjetima: http://nedeljko-begovic.com/dgsad/lom_svjetlosti.html, srpanj 2016.

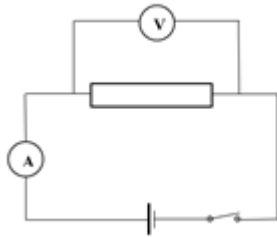
Literatura:

- [1] Brković N. Pećina, P. Fizika u 24 lekcije, Zagreb, Element, 2014.
- [2] Labor, J. Fizika 3, udžbenik za treći razred gimnazije, Zagreb, Alfa, 2008.
- [3] Paar, V. Fizika 3, udžbenik za treći razred gimnazije, Zagreb, Školska knjiga, 2005.
- [4] Vernić, E., Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, priručnik za laboratorijski rad učenika srednjih škola, Zagreb, Školska knjiga, 1987.

PROUČAVANJE SERIJSKOG, PARALELNOG I MJEŠOVITOG SPOJA OTPORNIKA



PODSJETNIK:



Slika E7.1. Shema strujnog kruga

Električni strujni krug sastoji se od izvora električne struje, otpornika, sklopke i spojnih žica.

Ako u električni strujni krug spajamo instrumente, **voltmetar** spajamo paralelno, a **ampermetar** serijski.

Voltmetrom mjerimo električni napon U .

Ampermetrom mjerimo električnu struju I .

Znak za napon izvora jest U_{iz} .

Ohmov zakon (za dio električnog strujnog kruga) govori nam o odnosu električnog napona U , električne struje I i električnog otpora R .

$$I = \frac{U}{R}$$

Električni napon razlika je potencijala.

$$U = \varphi_A - \varphi_B$$

Električna struja teče od mjesta većeg potencijala prema mjestu manjeg potencijala.

Najveći potencijal jest na plus polu izvora.

Električni napon na otporniku jednak je razlici potencijala na početku i na kraju otpornika.



Slika E7.2. Razlika potencijala na krajevima otpornika

Razliku potencijala osim na otporniku imamo i na spojnim žicama.

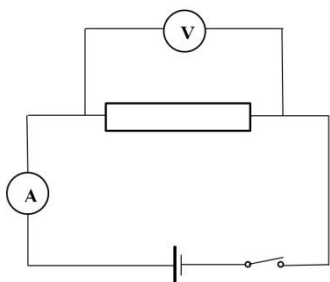
Električnu struju u metalima čini usmjereno gibanje slobodnih elektrona.

Električna struja jest količina naboja koja protekne vodičem u određenom vremenskom intervalu.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$



Razmišljamo ...



Slika E7.3. Shema strujnog kruga

Koji je smjer električne struje u električnom strujnom krugu?

Kakva je električna struja prije i poslije otpornika?

Kako ćete to provjeriti?

Kakva će biti električna struja ako otporniku dodamo još jedan u serijskom spoju?

Kakva će biti električna struja ako otporniku dodamo još jedan u paralelnom spoju?

Kakav će biti izmjereni električni napon na otporniku u odnosu na električni napon izvora? Objasnite.

Kako možemo odrediti električni otpor paralelnog i serijskog spoja otpornika?

Navedite pribor za mjerenje: _____

Opišite način mjerenja: _____

Skicirajte shemu spoja otpornika:

serijskog

paralelnog

--	--



Istražujemo... i zaključujemo ...

Pribor: izvor istosmjerne električne struje, otpornici nepoznatog otpora, spojne žice, sklopka, voltmetri i ampermetri.

ODABERITE MJERNA PODRUČJA VOLTMETRA I AMPERMETRA.

NE UKLJUČUJTE U STRUJNI KRUG BEZ KONZULTACIJE S NASTAVNIKOM.

Mjerenje: Nacrtajte shemu spoja otpornika. Prema shemi spojite elemente u električni strujni krug: najprije serijski, a zatim paralelno. Mjereći električni napon i električnu struju odredite ukupni električni otpor kruga.

I. SERIJSKI SPOJ HEMA SPOJA

1. Kolika je električna struja kada je priključen samo jedan otpornik?
2. Kolika je električna struja kada su serijski priključena oba otpornika uz isti napon izvora?
3. Što se dogodilo s električnom strujom kada smo priključili drugi otpornik?
4. Što se dogodilo s električnim otporom kada smo priključili drugi otpornik?

II. PARALELNI SPOJ HEMA SPOJA

1. Kolika je električna struja kada je priključen samo jedan otpornik?
2. Kolika je električna struja kada su priključena oba otpornika uz isti napon izvora?
3. Što se dogodilo s električnom strujom kada smo priključili drugi otpornik?
4. Što se dogodilo s električnim otporom kada smo priključili drugi otpornik?



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

Pribor: izvor istosmjerne struje, otpornici nepoznatog otpora, spojne žice, sklopka, voltmetri i ampermetri.

ODABERITE MJERNA PODRUČJA VOLTMETRA I AMPERMETRA.

NE UKLJUČUJTE U STRUJNI KRUG BEZ KONZULTACIJE S NASTAVNIKOM.

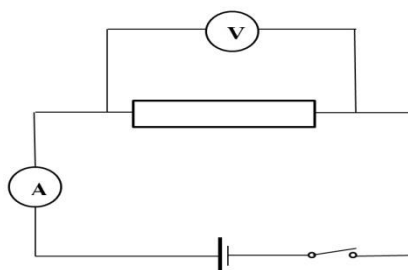
ZADATAK VJEŽBE:

1. Mjerenjem napona i električne struje odredite električni otpor otpornika R_1, R_2, R_3 .
2. Odrediti ukupni električni otpor serijskog spoja.
3. Odrediti ukupni električni otpor paralelnog spoja.
4. Odrediti ukupni električni otpor mješovitog spoja.
5. Ispitati u kakvoj je vezi električna struja koja dolazi iz izvora s električnim strujama u pojedinim granama kod paralelnog spoja.

MJERENJE I OBRADA:

1. U električni strujni krug priključite pojedinačno otpornike R_1, R_2, R_3 te izmjerite električne napone i električne struje i upišite ih u tablice. Električni strujni krug spojite prema shemi E7.4.

Slika E7.4. Shema strujnog kruga



Tablica 1. Mjerenje električnog otpora prvog otpornika

Broj mjerjenja	U/V	I/A	R_1/Ω	$\Delta R_1/\Omega$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Tablica 2. Mjerenje električnog otpora drugog otpornika

Broj mjerjenja	U/V	I/A	R_2/Ω	$\Delta R_2/\Omega$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Tablica 3. Mjerenje električnog otpora trećeg otpornika

Broj mjerjenja	U/V	I/A	R_3/Ω	$\Delta R_3/\Omega$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Računom pogreške izračunajte električne otpore R_1 , R_2 , R_3 .

Rezultati:

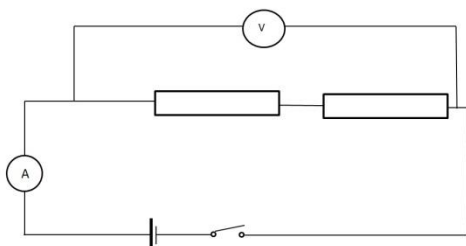
$R_1 =$

$R_2 =$

$R_3 =$

1. Spojite u električni strujni krug otpornike R_1 i R_2 serijski. Izmjerite električni napon i električnu struju na oba otpornika te iz tih podataka izračunajte električni otpor serijskog spoja. Izmjerene podatke upišite u tablicu 4. Električni strujni krug spojite prema shemi E7.5.

Slika E7.5. Shema strujnog kruga



Tablica 4. Mjerenje električnog otpora serijskog spoja otpornika

Broj mjerjenja	U/V	I/A	R_s/Ω	$\Delta R_s/\Omega$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Računom pogreške odredite električni otpor spoja.

Rezultat:

$R_s =$

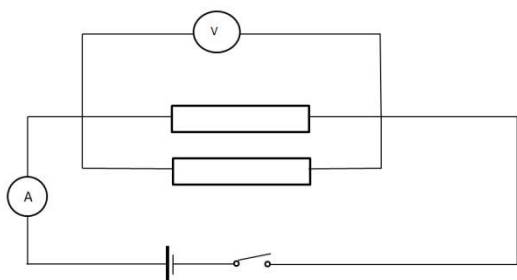
Nakon što ste odredili električni otpor spoja R_s popunite tablicu 5.

Tablica 5. Usporedba zbroja električnih otpora i električnih otpora serijskog spoja

Broj mjerenja	R_1	R_2	R_1+R_2	R_s
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
Električni otpori izračunati računom pogreške				

- Spojite u električni strujni krug otpornike R_1 i R_2 paralelno. Izmjerite električni napon i električnu struju na otpornicima te iz tih podataka izračunajte električni otpor paralelnog spoja. Izmjerene podatke upišite u tablicu 6. Električni strujni krug spojite prema shemi E7.3.

Slika E7.3. Shema strujnog kruga



Tablica 6. Mjerenje električnog otpora paralelnog spoja

Broj mjerenja	U/V	I/A	R_p/Ω	$\Delta R_p/\Omega$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Računom pogreške odredite električni otpor spoja.

Rezultat: $R_p =$

Nakon što ste odredili električni otpor spoja R_p , popunite tablicu 7.

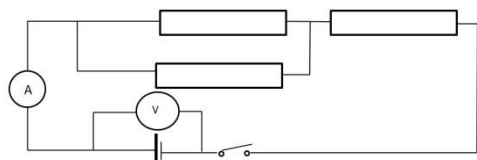
Tablica 7. Usporedba zbroja inverznih vrijednosti električnih otpora i inverzne vrijednosti električnog otpora paralelnog spoja

Broj mjerenja	R_1	R_2	$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$	$\frac{1}{R_p}$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
Električni otpori izračunati računom pogreške				

2. Spojite u električni strujni krug otpornike R_1 i R_2 paralelno te R_3 s njima u seriju. Izmjerite električni napon izvora i električnu struju te iz tih podataka izračunajte električni otpor toga mješovitoga spoja. Izmjerene podatke upišite u tablicu 8. Električni strujni krug spojite prema shemi E7.7.

Tablica 8. Mjerenje električnog otpora mješovitog spoja

Slika E7.7. Shema strujnog kruga



Broj mjerenja	U/V	I/A	R_m/Ω	$\Delta R_m/\Omega$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Računom pogreške odredite električni otpor spoja.

Rezultat: $R_m =$

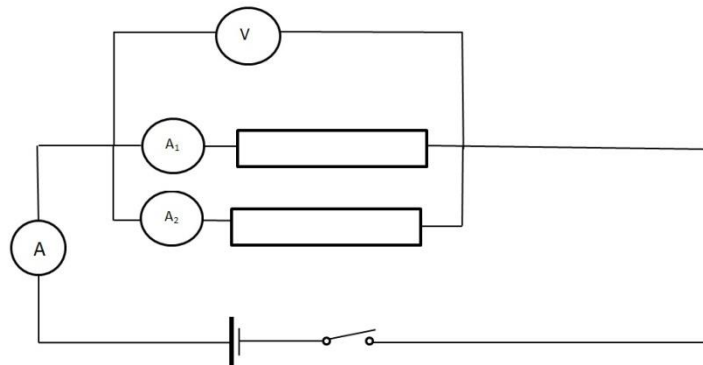
Nakon što ste odredili električni otpor spoja R_m , popunite tablicu 9.

Tablica 9. Usporedba zbroja električnog otpora paralelnog spoja i električnog otpora trećeg otpornika i električnog otpora mješovitog spoja

Broj mjerenja	R_1	R_2	R_3	R_p+R_3	R_m
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
Električni otpori izračunati računom pogreške					

1. Spojite električni strujni krug prema shemi E7.8. Izmjerite električne struje u pojedinim granama i električnu struju koja dolazi iz izvora te popunite tablicu 10.

Slika E7.8. Shema strujnog kruga



Tablica 10. Mjerenje električne struje u električnom strujnom krugu i u pojedinim granama

Broj mjerjenja	I_1 / A	I_2 / A	I / A
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			



Analiza rezultata

- Usporedite električnu struju serijskog spoja s električnom strujom kada je spojen samo jedan otpornik. Što zaključujete?

- Kakav je električni otpor serijskog spoja u odnosu na pojedinačne električne otpore?

- Iz tablice 5 usporedite električni otpor $R_1 + R_2$ i ukupni električni otpor serijskog spoja R_s . Što možete zaključiti?

- Napišite na temelju mjerenja, izraz za ukupni električni otpor serijskog spoja R_s pomoću električnih otpora R_1 i R_2 .

- Usporedite svoj izraz za ukupni električni otpor serijskog spoja i zaključak s izrazom koji ste do sada naučili.

6. Napišite izraz za ukupni električni otpor serijskog spoja tri spojena otpornika R_1 , R_2 i R_3 .

7. Usporedite električnu struju paralelnog spoja s električnom strujom kada je spojen samo jedan otpornik. Što zaključujete?

8. Kakav je električni otpor paralelnog spoja u odnosu na pojedinačne električne otpore?

9. Iz tablice 7 usporedite električne otpore $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ i $\frac{1}{R_p}$. Što možete zaključiti?

10. Napišite na temelju mjerenja izraz za ukupni električni otpor paralelnog spoja R_p pomoću električnih otpora R_1 i R_2 .

11. Napišite izraz za ukupni električni otpor mješovitog spoja (iz tablice 9.).

12. Zaključite kakva je električna struja iz izvora u odnosu na električne struje u granama (iz tablice 10.).

13. Napišite izraz koji povezuje električne struje I_1 , I_2 i I .

14. Objasnite povezanost električnih struja s električnim otporima u granama.

Zaključak:

1. Nakon provedenih mjerenja usporedite svoja razmišljanja i zaključke s rezultatima mjerenja te analizirajte i uskladite eventualne razlike.
2. Biste li mogli napisati izraze za ukupni električni otpor različitih spojeva otpornika? Obrazložite odgovor!



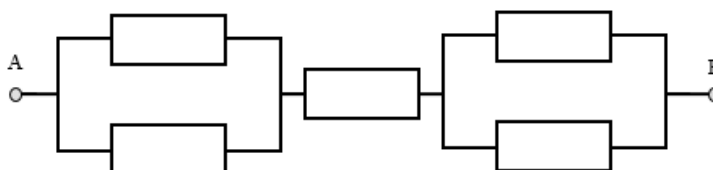
Primjenjujemo naučeno...

1. Primjena naučenoga na web-stranici

http://nedeljko-begovic.com/dgsad/krug_struje.html, srpanj 2016

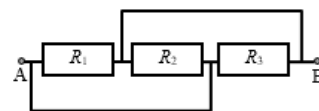
ZADACI:

1. Koliki je ekvivalentni otpor spoja na crtežu između točaka A i B? Svi otpornici imaju jednaku vrijednost otpora od $R = 1 \Omega$.



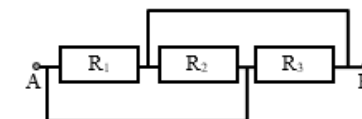
2. Ukupni otpor između točaka A i B otpornika spojenih kao na crtežu iznosi 30Ω . Otpori pojedinih otpornika odnose se kao $R_1 : R_2 : R_3 = 1 : 3 : 5$. Koliki je otpor otpornika R_3 ? Zaokružite ispravan odgovor!

a	b)	c)	d)	e)
46Ω	138Ω	230Ω	$3,3 \Omega$	$16,7 \Omega$

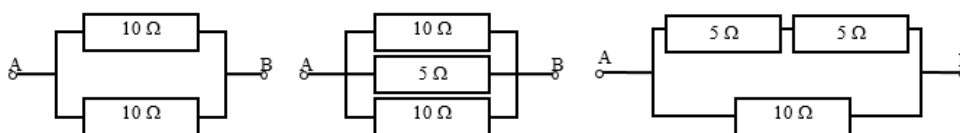


3. Ukupni otpor između točaka A i B otpornika spojenih kao na crtežu iznosi 30Ω . Otpori otpornika odnose se kao $R_1 : R_2 : R_3 = 1 : 3 : 5$. Koliki je otpor otpora R_1 ? Zaokružite ispravan odgovor.

a)	b)	c)	d)	e)
46Ω	138Ω	230Ω	$3,3 \Omega$	$16,7 \Omega$



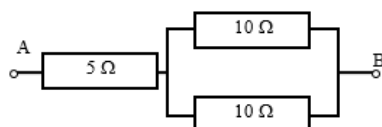
4. Kod koje od predloženih shema ukupni otpor između točaka A i B iznosi 10Ω ? Zaokružite ispravan odgovor!



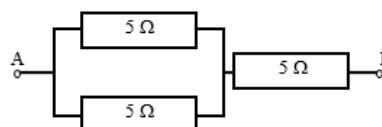
a)

b)

c)



d)



e)

Literatura:

- [1] Brković, N. Zbirka zadataka iz fizike, Zagreb, LUK d.o.o., 2001.
- [2] Vladimir Paar, Vladimir Šips Fizika 2, Zbirka riješenih zadataka, Zagreb, Školska Knjiga, 2007.
- [3] Šindler, G., Mikuličić, B., Boranić, B., Eman, B., Paar, V., Babić, M. Zadaci, laboratorijske vježbe i radovi iz fizike, Zagreb, Školska Knjiga, 1991.
- [4] Vernić E., Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, Školska Knjiga, 1991.



MEĐUDJELOVANJE

Popis vježbi sa zadacima u pojedinoj vježbi

VJEŽBA	ZADATAK
M1 - ODREĐIVANJE FAKTORA TRENJA KLIZANJA NA NIZBRDICI	<p>Istražiti ovisnost ubrzanja tijela o nagibu kosine pri klizanju nizbrdicom.</p> <p>Odrediti faktor trenja klizanja drvenog kvadra po drvenoj podlozi („drvo – drvo“). Provedite račun pogreške.</p> <p>Grafički prikazati ovisnost ubrzanja o nagibu kosine.</p> <p>Odrediti faktor klizanja grafičkom metodom.</p>
M2 - PROUČAVANJE TITRANJA UTEGA NA OPRUZI. ODREĐIVANJE KONSTANTE ELASTIČNOSTI OPRUGE	<p>Ispitati ovisnost vremena T jednog titraja utega na opruzi o amplitudi titranja A, masi utega m i vrsti opruge (konstanti opruge k). Odrediti konstantu opruge.</p> <p>Grafički prikazati ovisnost elastične sile o produljenju opruge i i odrediti konstantu opruge grafičkom metodom, kg_1. Grafički prikazati mjerene vrijednosti u $T - m$ i $T^2 - m$ grafičkom prikazu.</p> <p>Odrediti vrijednost konstante opruge, kg_2 grafičkom metodom.</p> <p>Usporediti eksperimentalne vrijednosti perioda titranja, T_m s teorijskim, T_r.</p>
M3 - ODREĐIVANJE GRAVITACIJSKOG UBRZANJA POMOĆU NJIHALA	<p>Istražiti ovisnost perioda titranja o amplitudi njihala.</p> <p>Istražiti ovisnost perioda titranja o masi njihala.</p> <p>Istražiti ovisnost perioda titranja o duljini njihala.</p> <p>Odrediti ubrzanje sile teže računskim putem te provesti račun pogreške.</p> <p>Grafički prikazati ovisnost perioda titranja o duljini njihala, $T = f(l)$ te ovisnost kvadrata perioda titranja o duljini njihala, $T^2 = f(l)$.</p>
M4 - PROUČAVANJE RAVNOTEŽE SILA NA POLUZI	<p>Ispitati o čemu ovisi odnos sila na poluzi u ravnoteži.</p> <p>Grafički prikazati ovisnost sile na polugu i kraka sile.</p> <p>Odrediti težište tijela.</p>
M5 - PROUČAVANJE CENTRIPETALNE I CENTRIFUGALNE SILE	<p>Proučiti kako centripetalna sila ovisi o periodu kruženja.</p> <p>Interpretirati grafičku ovisnost iznosa centripetalne sile o periodu kruženja.</p> <p>Proučiti kako centripetalna sila ovisi o polumjeru kružne putanje pomoću F_{cp}, T – grafova, za različite polumjere kružne putanje.</p>

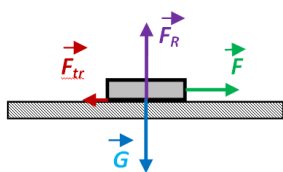
ODREĐIVANJE FAKTORA TRENJA NA NIZBRDICI



PODSJETNIK:

„Mala moja, dajem ti na znanje,
sila masi daje ubrzanje.“

IZVOR: *clinical-neuropsychology.de/mct-psychohis-manual-croatian.html*, srpanj 2016.



Slika M3.1. Sile na tijelo na horizontalnoj podlozi

F_R – reakcija podloge, $[F_R] = G$ (III. Newtonov zakon)

F – vučna sila (izaziva gibanje ako je veća ili jednaka sili trenja)

Prisjetite se sadržaja o gibanju i međudjelovanju tijela na web adresi

http://www.schoolphysics.co.uk/animations/Mechanics%20animations/Newton's_trains_html5/index.html, srpanj 2016.

Sila, F jest međudjelovanje tijela.

Rezultantna sila, F_R jest ukupna sila na tijelo (vektorski zbroj sila). Masa m temeljna je fizička veličina.

Sila tijelu mase m daje **ubrzanje a** : $a = \frac{F_R}{m}$, ili $F_R = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$.

Sila trenja, F_{tr} javlja se u području dodira pri klizanju jednog tijela uz drugo dok se tijela međusobno pritišću. Sila trenja (trenje klizanja) ima suprotnu orijentaciju od brzine:

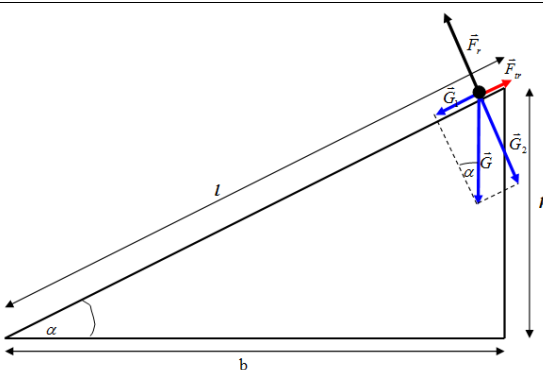
$$F_{tr} = \mu \cdot F_p.$$

μ – faktor trenja;

F_p – sila pritiska na podlogu, okomita na podlogu.

Težina je sila jednaka umnošku mase tijela i lokalnoga ubrzanja slobodnoga pada, $G = m \cdot g$.

g – gravitacijsko ubrzanje. Na Zemlji je standardna vrijednost $g = 9,806\ 65\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.



Slika M3.2. Rastavljanje sila na tijelo na kosini

Na kosini visine h i duljine l , $\sin \alpha = h/l$

težinu rastavljamo na komponente

$$G_1 = mg \sin \alpha \quad \text{i} \quad G_2 = mg \cos \alpha.$$

Sila trenja jest $F_{tr} = \mu \cdot G_2$.

Reakcija podloge jest $F_r = -G_2$

Prema II. Newtonovom zakonu jednadžbu gibanja pišemo: $\vec{F}_R = m\vec{a}$

$$a = \frac{mg(\sin \alpha - (\cos \alpha)\mu)}{m} = g(\sin \alpha - (\cos \alpha)\mu)$$



Razmišljamo ...

Neizostavne zimske radosti i sanjkanje dio su naših sjećanja. Prisjetite se mjesta na kojima ste se sanjkali i odgovorite na pitanja:



Slika M3.2.
<http://2.bp.blogspot.com/-eIPwhxYFAMc/Vo2EQXsQ7qI/AAAAAAAAAeY/WyCsEdST8mQ/s320/sanjkanje.jpg>, srpanj 2016.

Jesu li vaša sanjkališta bila na ravnom, ili na nagnutom terenu? _____.

Objasnite zašto: _____

Jeste li se jednako brzo spuštali niz isto brdo ako ste bili sami ili ako ste se spuštali u paru?

Zašto? _____

Sanjkate li se jednako dobro kada snijeg počne kopniti pa se na sanjkalištu vide dijelovi asfalta?

Zašto? _____

Kako biste odredili faktor trenja? Opišite postupak: _____

Navedite pribor za mjerenje: _____

Mijenja li se faktor trenja promjenom vrste podloge? Zašto? _____

O čemu ovisi faktor trenja? _____

Može li faktor trenja biti veći od 1? Zašto? _____

Biste li prihvatili poziv prijatelja na sanjkanje na lopatama za sanjkanje? Zašto?



Slika M3.3.
<http://www.bubamar.a.in/img/U09910/800/0/800/lopta-za-sanjkanje.jpg>, rujan 2016.



Istražujemo... i zaključujemo ...

Pribor: kvadar s kukicama (s drvenom i gumenom podlogom), utezi, dinamometar i ravnalo.

Skicirajte sve sile na tijelo koje se giba jednoliko po nekoj horizontalnoj i hrapavoj podlozi: Čemu je jednaka sila trenja?

Mjerenje: Dinamometar pričvrstite za kukicu kvadra te stalnom silom vucite kvadar po horizontalnoj podlozi tako da gibanje bude jednoliko.

1. Istražite ovisnost sile trenja o sili pritiska na horizontalnu podlogu:

Povećajte silu pritiska te ponovite mjerenja.

Što se događa sa silom trenja kada silu pritiska povećamo? Zašto?

Stalne fizičke veličine:

2. Istražite ovisnost sile trenja o veličini dodirne površine s podlogom:

Pomoću dinamometra vucite kvadar jednoliko. Promijenite površinu dodirne plohe s podlogom, i ponovite mjerenja.

Što se događa sa silom trenja kada površinu povećamo? Zašto?

Stalne fizičke veličine:

3. Istražite ovisnost sile trenja o hrapavosti podloge:

Pomoću dinamometra vucite kvadar jednoliko. Promijenite podlogu za hrapaviju i ponovite mjerenja.

Što se događa sa silom trenja kada je podloga hrapavija? Zašto? _____

Stalne fizičke veličine:



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: kosina, tijela različitih masa, kvadar s kukicama (s drvenom i gumenom podlogom), metar, ravnalo, dinamometar i zaporni sat.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Istražiti ovisnost ubrzanja tijela o nagibu kosine pri klizanju nizbrdicom.
2. Odrediti faktor trenja klizanja drvenog kvadra po drvenoj podlozi („drvo – drvo“). Provesti račun pogreške.
3. Grafički prikazati ovisnost ubrzanja o nagibu kosine. Odrediti faktor trenja klizanja grafičkom metodom.
4. Ponoviti postupke 1-3 te odrediti faktor trenja klizanja kvadra s gumenom oblogom po drvenoj podlozi („guma – drvo“).

MJERENJE I OBRADA:

1. Postavite kvadar na kosinu na drvenu podlogu. Izmjerite visinu h i stranicu b . Pomoću ovih vrijednosti možete odrediti trigonometrijske vrijednosti kuta ($\sin \alpha$, $\cos \alpha$ i $\operatorname{tg} \alpha$). Mjerene vrijednosti bilježite u tablicu 1. Mjerite vrijeme klizanja (bez početne brzine) na putu s (poželjno je da je put veliki). Iz sedam mjerenih vrijednosti odredite srednju vrijednost vremena klizanja, t_{sr} . Za svaku visinu, h odredite brzanje, a i faktor trenja, μ . Ubrzanje odredite iz prvog, a faktor trenja iz drugog izraza:

$$a = \frac{2s}{t_{sr}^2} \qquad \mu = \operatorname{tg} \alpha - \frac{a}{g \cdot \cos \alpha}$$

Promijenite visinu bar pet puta i ponovite mjerenje. Put $s =$ _____

Tablica 1. Određivanje faktora trenja klizanja „drvo – drvo“

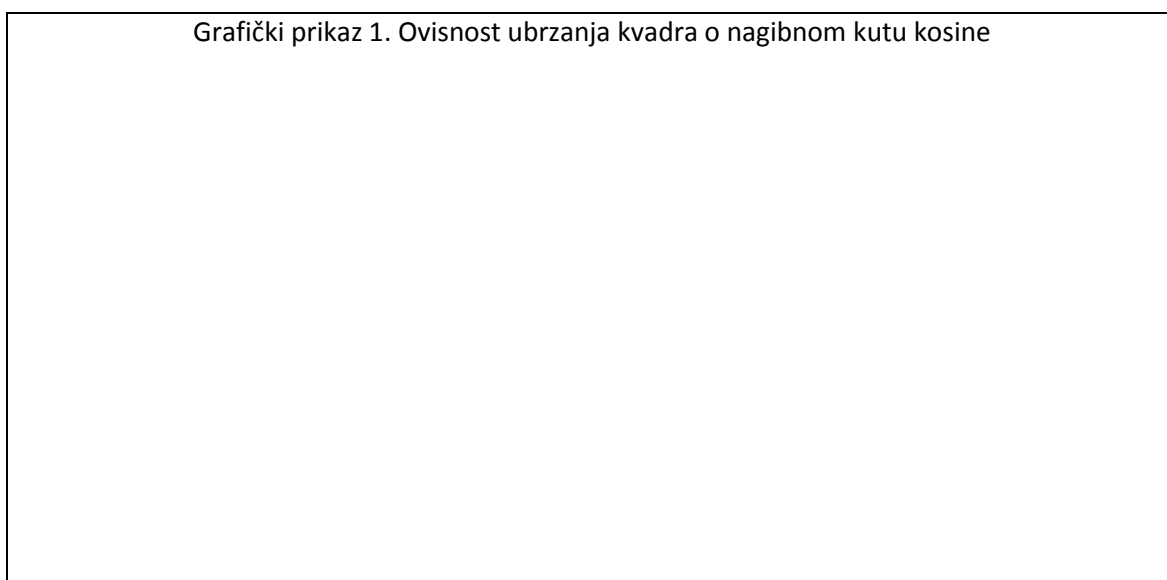
h/m	t_1/s	t_2/s	t_3/s	t_4/s	t_5/s	t_6/s	t_7/s	t_{sr}/s	$a/$ $(m \cdot s^{-2})$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	μ	$\Delta\mu$

Zaključak o ubrzanju i sinusu nagibnog kuta kosine:

Rezultat:

Faktor trenja klizanja drvenog kvadra po drvenoj podlozi („drvo – drvo“):

2. Grafički prikazite ovisnost ubrzanja kvadra o nagibnom kutu kosine:



Rezultat:

Faktor trenja klizanja „drvo – drvo“ određen grafičkom metodom:

Zaključak:

Najmanji kut pri kojem se kvadar spušta nizbrdicom iznosi:

3. Ponovite sve ranije postupke. Pustite kvadar s gumenom oblogom da jednoliko kliže po drvenoj podlozi („guma – drvo“). Mjerene podatke bilježite u tablicu 2.

Tablica 2. Određivanje faktora trenja klizanja „guma – drvo“

h/m	t_1/s	t_2/s	t_3/s	t_4/s	t_5/s	t_6/s	t_7/s	t_{sr}/s	$a/$ $(m \cdot s^{-2})$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	μ	$\Delta\mu$

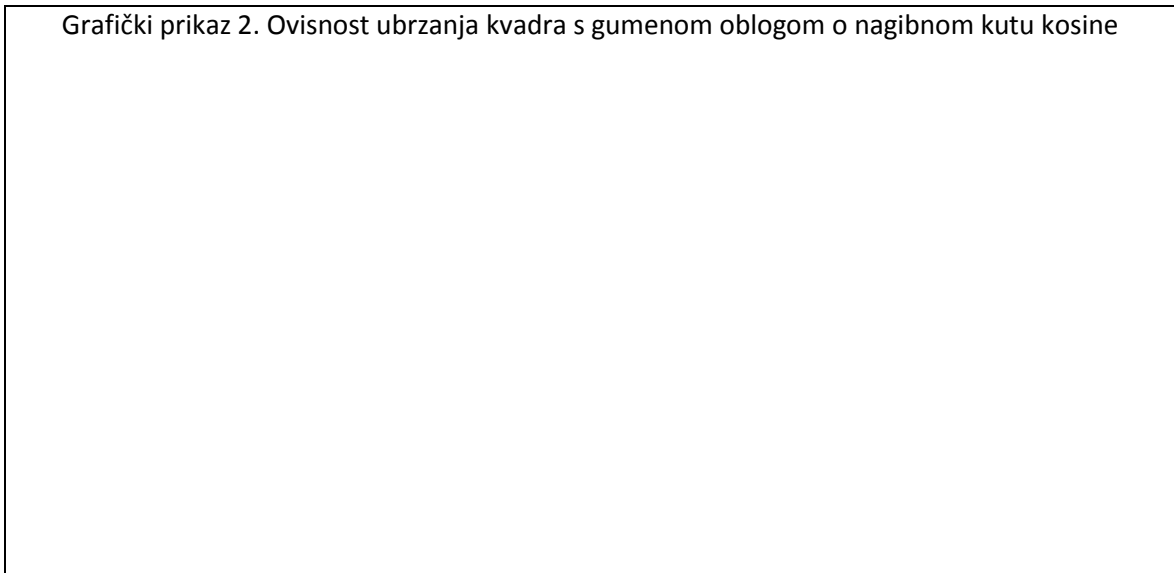
Zaključak o ubrzanju i sinusu nagibnog kuta kosine:

Rezultat:

Faktor trenja klizanja drvenog kvadra s gumenom oblogom po drvenoj podlozi („guma – drvo“):

4. Grafički prikazite ovisnost ubrzanja kvadra s gumenom oblogom o nagibnom kutu kosine:

Grafički prikaz 2. Ovisnost ubrzanja kvadra s gumenom oblogom o nagibnom kutu kosine



Rezultat:

Faktor trenja klizanja „guma – drvo“ određen grafičkom metodom:

Zaključak:

Najmanji kut pri kojem se kvadar s gumenom oblogom spušta nizbrdicom iznosi:



Analiza rezultata

1. Usporedite vrijednosti faktora trenja klizanja za plohe „drvo – drvo“:

- određena mjerenjem puta i vremena, računanjem ubrzanja i nagiba kosine:

- određena grafičkom metodom:

- standardna vrijednost:

2. Usporedite vrijednosti faktora trenja klizanja za plohe „drvo – drvo“:

- određena mjerenjem puta i vremena, računanjem ubrzanja i nagiba kosine:

- određena grafičkom metodom:

- standardna vrijednost: _____

Zaključak:

1. Usporedite faktora trenja klizanja „drvo – drvo“ s 1.

2. Usporedite faktora trenja klizanja „guma – drvo“ s 1.

3. Usporedite silu trenja sa silom pritiska na horizontalnu podlogu.

4. Usporedite silu trenja sa silom pritiska na nizbrdicu.



Primjenjujemo naučeno...

1. Posjetite web adresu <https://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion>, srpanj 2016. Istražite sadržaje o gibanju tijela u različitim uvjetima.
2. Istražite vrste guma i zakonsku obvezu njihova korištenja u različitim vremenskim uvjetima. Razmotrite potrošnju goriva u različitim vremenskim uvjetima. Usporedite svoju ljetnu i zimsku obuću.
3. Zanimljivost: fanovi Formule 1 kao suvenir neprocjenjive vrijednosti nakon utrke skupljaju gumu ostalu na stazi. Istražite što znači voziti s mekšim ili tvrdim gumama. (Pomoć: <http://maxf1.net/upoznajte-f1-gume/>, srpanj 2016.)

Tragovi guma vidljivi su na donjoj slici:



Izvor: Slika M3.4.

https://www.formula1.com/content/fomwebsite/en/championship/drivers/sebastianvettel/_ic_r_content/gallery/image3.img.640.medium.jpg

Zadatci za samostalno istraživanje i samostalne projekte:

1. Posjetite web stranicu, proučite sadržaj i primijenite u svom vozačkom iskustvu: http://free-zg.t-com.hr/Sonja-Banic/pdf_materijali/ZAUSTAVNI%20PUT%20VOZILA.pdf, srpanj 2016.

2. U priručniku za polaganje vozačkog ispita proučite sadržaje o „brzini prilagođenoj uvjetima na cesti“.

Posebnu pažnju obratite na znak opasnosti koji ukazuje na približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge bez branika ili polubranika.

Razmotrite uvjete suhe i mokre ceste te prijevoznih sredstava različitih masa.

- Kada se vozila mogu zaustaviti na udaljenosti od 240 m?
- Kada se vozila ne mogu zaustaviti na toj udaljenosti?

Prometni znakovi / Znakovi opasnosti / Približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge bez branika ili polubranika



Značenje

Znak -približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge bez branika ili polubranika (M30) označuje udaljenost do prijelaza ceste preko željezničke pruge u razini koja nije sigurna branicama ili polubranicama. Znak ima oblik pravokutnika, čija osnovica čini vrh i stranica. Znak se postavlja tako da se znak u obliku pravokutnika i tri kose pruge i odgovarajućim znakom opasnosti postavlja na 240 m ispred mjesta križanja ceste i željezničke pruge u razini, znak s dvije kose pruge na 160 m, a znak s jednom kosom prugom na 80 m ispred mjesta križanja ceste i željezničke pruge u razini tako da je niža strana kosih pruga bliža kolniku. Iznad znaka s jednom kosom prugom može biti postavljen znak opasnosti.

Slika M3.5. Izvor: <http://autoskola-ispiti.com/prometni-znakovi/znakovi-opasnosti/priblizavanje-prijelazu-cestes-preko-zeljeznice-pruge-bez-branika-ili-polubranika>, srpanj 2016.

3. Posjetite web stranicu, proučite sadržaj i primijenite u svom vozačkom iskustvu:
http://promet-ekspert.hr/radovi/Primjer_Virtual_CRASH2.2.pdf, srpanj 2016.
4. Posjetite web stranicu i istražite povezanost strukture tvari i sile trenja:
http://eskola.hfd.hr/pitanja_odgovori/show_answ.php?pitanje=/8/trenje.html, srpanj 2016.
5. Posjetite web stranice: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Kosina>, rujan 2016. i https://en.wikipedia.org/wiki/Inclined_plane, rujan 2016. Istražite uporabu kosine. Istražite uporabu kosine u vašoj okolini.
6. Posjetite web stranicu
http://www.bbc.co.uk/schools/scienceclips/ages/10_11/forces_action_fs.shtml, rujan 2016., zabavite se i istražite zaustavni put kamiona u različitim uvjetima.
7. Obrazložite neke primjere korisnih, a neke nepoželjnih učinaka sile trenja.
8. Istražite trenje mirovanja, klizanja i kotrljanja. Izvedite mjerenja, provedite račun pogreške i prezentirajte rezultate.
9. Istražite mogućnosti smanjenja trenja u čovjekovim zglobovima i očuvanje zglobova.

Literatura:

- [1] Brković, N. & Pećina, P. Fizika u 24 lekcije, Zagreb, Element, 2014.
- [2] Labor, J. Fizika 1, udžbenik za prvi razred gimnazije Zagreb, Alfa, 2008.
- [3] Paar, V. Fizika 1 – udžbenik za prvi razred gimnazije, Zagreb, Školska knjiga, 2005.
- [4] Vernić, E., Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, priručnik za laboratorijski rad učenika srednjih škola, Zagreb, Školska knjiga, 1987.
- [5] <http://info.ifpan.edu.pl/firststep/old/>. Natjecanje First step to Nobel prize, **Prizes and Honourable Mentions in the Fourteenth International Competition First Step to Nobel Prize in Physics, CATEGORY - CONTRIBUTIONS. (All the honourable mentions in this category are equivalent)**, 2006.
Zoran ARSENOVIC (Croatia) *Translation on an Incline*, mentor S. Polašek
Vladimir KOVAC (Croatia) *Rotation on an Incline*, mentor S. Polašek
- [6] http://natjecanja.hfd.hr/smotra_natjecanje/p/2004-05/srednje_pozvani_radovi.html, Arsenović, Z & Kovač, V. Gibanje nizbrdicom, učenički rad na državnom natjecanju iz fizike u RH, mentor S. Polašek, 2004./05

PROUČAVANJE PERIODA TITRANJA UTEGA NA OPRUZI



PODSJETNIK:

Veličine važne za opis titranja

Materijalna točka jest idealizirano tijelo kojemu je ukupna masa koncentrirana u jednoj točki.

Periodično gibanje jest gibanje materijalne točke koje se nakon jednakih vremenskih intervala vraća u isti položaj (gibanje Sunca).

Titranje je periodično gibanje materijalne točke oko ravnotežnog položaja (njhalo, atomi u kristalnoj rešetki...).

Tijelo koje titra jest **oscilator** ili **titrač**.

Period titranja, T jest vrijeme za koje oscilator napravi jedan puni titraj (gibanje koje se ponavlja).

Učestalost ili frekvencija titranja, f jest broj titraja u jedinici vremena, $f = 1/T$.

Kružna frekvencija, ω jednaka je umnošku punog kuta u radianima s frekvencijom kruženja ili titranja, $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$.

Ravnotežni položaj jest položaj u kojem je ukupna sila na oscilator jednaka nuli.

Elongacija (x ili y), jest bilo koja udaljenost od ravnotežnog položaja.

Amplituda x_o , y_o (ili A) jest najveća elongacija.

Elongaciju oscilatora u trenutku t prikazujemo jednadžbom

$$x = x_o \sin(\omega t + \theta) \text{ ili } y = y_o \sin(\omega t + \theta).$$

Harmonijsko titranje jest gibanje pod utjecajem elastične sile. Kažemo da je elastična sila harmonijska. Proporcionalna je iznosu pomaka iz ravnotežnog položaja, ali suprotna njegovu smjeru, $\vec{F} = -k\vec{x}$ ili $\vec{F} = -k\vec{y}$.

Titrajni sustav čine tijelo mase m (uteg ili kuglica) i opruga konstante elastičnosti, k .

Kinetičku energiju ima tijelo mase m ovješeno o oprugu, a giba se brzinom v , $E_k = \frac{mv^2}{2}$.

Elastičnu potencijalnu energiju ima opruga sabijena ili istegnuta za x : $E_{ep} = \frac{kx^2}{2}$.

Ukupna energija sustava u svakom je trenutku očuvana,

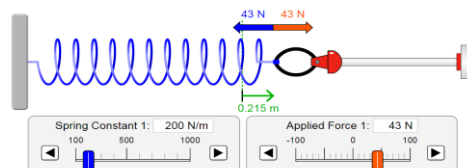
$$E_{uk} = E_k + E_{ep} = \frac{k \cdot x_o^2}{2} = \frac{m \cdot v_o^2}{2} = \frac{k \cdot x^2}{2} + \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Želite li pogledati video materijal i ponoviti sadržaje o harmonijskom titranju, posjetite web adresu <https://www.youtube.com/watch?v=HGK7yOuEX-E>, rujan 2016.

Na web adresi

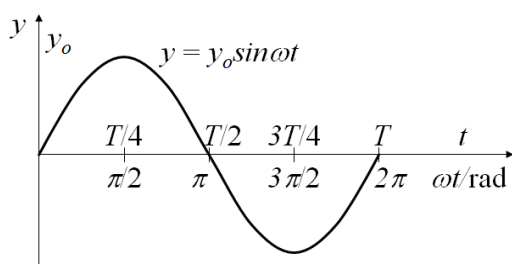
<https://phet.colorado.edu/en/simulation/hookes-law>, rujan 2016, pokrenite simulaciju i analizirajte ovisnost elastične sile (plava boja) o sili istežanja (crvena boja) te ovisnost elastične sile o konstanti opruge i istežanju opruge.

Vrijedi li III. Newtonov zakon? Zašto?



Slika M2.1. primjer simulacije na zadanoj web adresi

Slika M2.2. Grafički prikaz elongacije materijalne točke u jednom periodu



Period titranja utega mase m na opruzi konstante k je

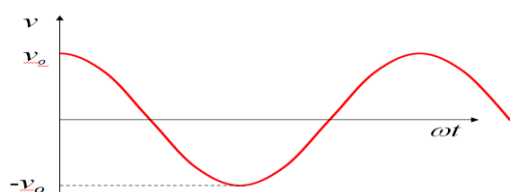
$$T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Frekvencija titranja utega mase m na opruzi konstante k

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

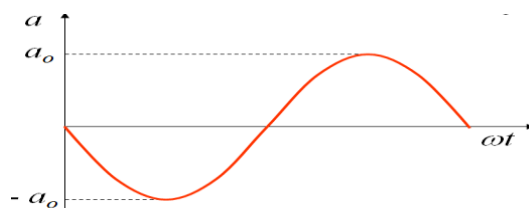
Pitanje: Može li titranje započeti iz ravnotežnog položaja? Zašto?

Slika M2.3. Grafički prikaz brzine oscilatora



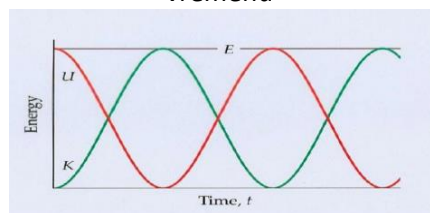
$$v = v_o \cdot \cos \omega t, v_o = \omega x_o$$

Slika M2.4. Grafički prikaz ubrzanja oscilatora



$$a = -\omega^2 x_o \sin(\omega t + \varphi_o) = -\omega^2 x$$

Slika M2.5. Grafički prikaz energija oscilatora u vremenu



Izvor za sliku M2.5.

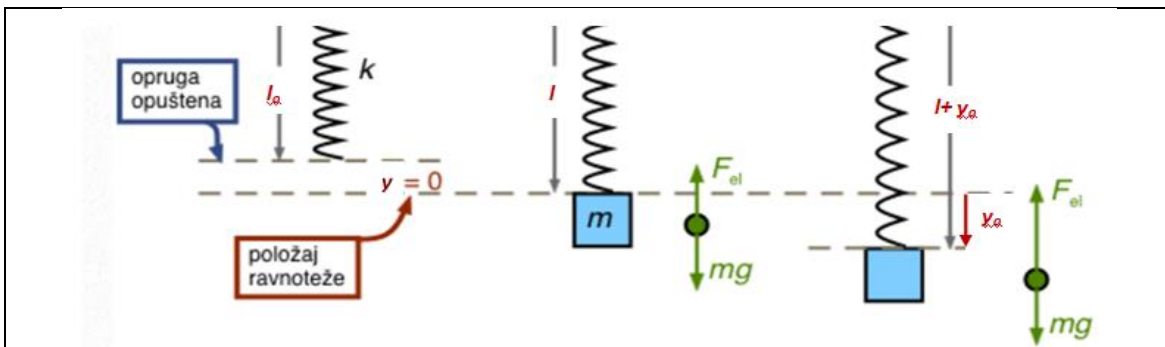
<https://www.fer.unizg.hr/download/repository/TITRANJE-PREDAVANJE2.pdf>, strana 8, rujan 2016.

Zadatak 1. Na slici M2.5. označite jedan period titranja.

Zadatak 2. Na istom grafu nacrtajte energije oscilatora između $(-A)$ i $(+A)$.



Razmišljamo ...



Slika M2.6. Neopterećena opruga (lijevo), uteg na opruzi u ravnotežnom položaju (u sredini) i u amplitudnom položaju (desno)

Izvor: https://www.fer.unizg.hr/download/repository/HARMONICKI_OSCILATOR.pdf, rujan 2016.

Proučite sliku M2.6. i odgovorite:

a) što označavamo simbolima:

l_0 - _____ ; l - _____ ; produljenje opruge $\Delta l =$ _____

b) Koje su i kolike su sile u ravnotežnom položaju:

sila na uteg: _____ sila na oprugu: _____ Usporedite ih: _____

c) Usporedite sile na sustav kada je uteg u amplitudnom položaju:

Kako ćete točnije odrediti vrijeme jednog perioda titranja? Obrazložite odgovor:

Kako ćete odrediti produljenje opruge? _____

Kako ćete odrediti konstantu opruge? _____

Navedite pribor za mjerenje: _____

Opišite način mjerenja: _____

Što mislite, ovisi li period titranja o amplitudi titranja?



Istražujemo... i zaključujemo ...

Pribor: stalak s metarskom mjerkom, opruge, utezi različitih masa, dinamometar (ili vaga) i zaporni sat.

Uputa: Uteg iz ravnotežnog položaja povucite prema dolje, okomito na ravnotežni položaj. Treba se gibati samo gore - dolje.

Mjerenje: Za svako mjerenje odredite vrijeme titranja jednog perioda, T_m tako da izmjereno vrijeme, t za 20 perioda podijelite brojem titraja.

Izvedite kvalitativna (približna) mjerenja te zapišite svoja zapažanja vezana uz period titranja, amplitudu titranja i masu utega:

1. Istražite ovisnost perioda titranja o amplitudi:

Stalne fizičke veličine: _____

Ovisnost:

2. Istražite ovisnost perioda titranja o masi utega:

Stalne fizičke veličine: _____

Ovisnost:

3. Istražite ovisnost perioda titranja o konstanti opruge:

Stalne fizičke veličine: _____

Ovisnost:

4. Ako titranje utega nakon nekog vremena prestane, možete li primijeniti zakon očuvanja energije na titranja? Zašto?



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: stalak s metarskom mjerkom, opruge, utezi različitih masa, dinamometar (ili vaga) i zaporni sat.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Ispitati ovisnost vremena T jednog titraja utega na opruzi o amplitudi titranja A , masi utega m i vrsti opruge (konstanti opruge k).
2. Odrediti konstantu opruge.
3. Grafički prikazati ovisnost elastične sile o produljenju opruge i odrediti konstantu opruge grafičkom metodom, k_{g1} .
4. Grafički prikazati mjerene vrijednosti u $T - m$ i $T^2 - m$ grafičkom prikazu. Odrediti vrijednost konstante opruge, k_{g2} grafičkom metodom.
5. Usporediti eksperimentalne vrijednosti perioda titranja, T_m s teorijskim, T_r .

MJERENJE I OBRADA:

1.1. Ispitajte ovisnost perioda titranja utega T_m o amplitudi titranja A . Radite s istom oprugom i istom masom utega. Birajte amplitudu titranja od 1 cm, 3 cm i 5 cm. Podatke zapišite u tablicu 1. Izvedite zaključak iz mjerenih vrijednosti!

Stalne veličine: $N =$ _____ $m =$ _____ opruga 1 _____

Tablica 1. Ovisnost perioda titranja o amplitudi

t / s	T / s	A / cm
		1
		3
		5

Zaključak o periodu titranja i amplitudi:

1.2. Ovisnost perioda titranja istražite mijenjanjem mase utega. Nakon mjerenja perioda utega mase m , povećajte masu dva i pet puta. Podatke zapišite u tablicu 2.

Stalne veličine: $N =$ _____ $A =$ _____ $l =$ _____

Tablica 2. Ovisnost perioda titranja o masi

t / s	T / s	m / kg

Zaključak o periodu titranja i masi njihala:

1.3. Ovisnost perioda titranja istražite mijenjanjem opruga. Masa je ovješanih utega stalna. Podatke zapišite u tablicu 3.

Stalne veličine: $N =$ _____ $A =$ _____ $m =$ _____

Tablica 3. Ovisnost perioda titranja o konstanti opruge

opruga	t / s	T / s
opruga 1		
opruga 2		
opruga 3		

Zaključak o periodu titranja i konstanti opruge:

2. Izmjerite duljinu neopterećene opruge, l_0 . Oprugu opteretite utegom poznate mase i izmjerite duljinu opterećene opruge, l_m . Odredite istezanje opruge Δl kao razliku duljine opterećene i duljine neopterećene opruge, izraz (1). Izvedite sedam mjerenja s utezima poznate mase mjereći silu istezanja opruge, G i duljinu opruge, Δl . Mjerene vrijednosti unesite u tablicu, odredite konstantu k iz izraza (2) i provedite račun pogreške. Izmjerite vrijeme titranja za 20 perioda za svaku masu utega i odredite iz izraza (3) period jednog titraja, T_m . Teorijsku vrijednost perioda, T_r , odredite računom iz izraza (4) za svaku masu utega i konstantu opruge. Podatke bilježite u tablicu 4.

$$\Delta l = l_m - l_0 \quad (1)$$

$$k = \frac{m \cdot g}{\Delta l} \quad (2)$$

$$T_m = \frac{t}{N} \quad (3)$$

$$T_r = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (4)$$

$$N = \text{_____};$$

$$l_0 = \text{_____}$$

Tablica 4. Ovisnost perioda titranja o masi utega i konstanti opruge

m/kg	G/N	l/m	$\Delta l/\text{m}$	$k/(\text{N} \cdot \text{m}^{-1})$	$\Delta k/(\text{N} \cdot \text{m}^{-1})$	t/s	T_m/s	T_m^2/s^2	T_r/s	$(T_m - T_r)/\text{s}$

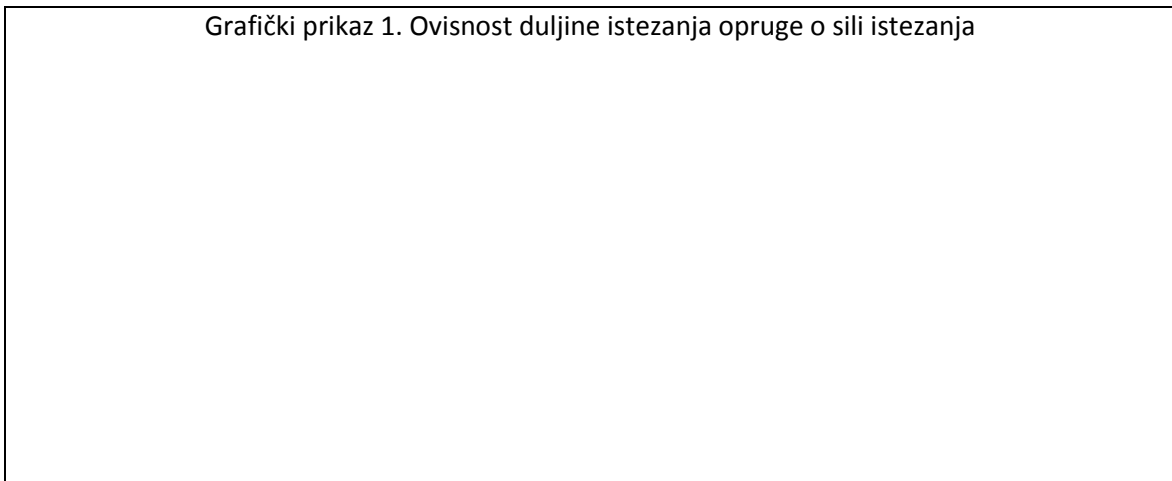
Rezultat:

Konstanta opruge:

Zaključak o periodu titranja i masi utega:

3.1. Grafički prikažite ovisnost duljine istezanja opruge o sili istezanja

Grafički prikaz 1. Ovisnost duljine istezanja opruge o sili istezanja



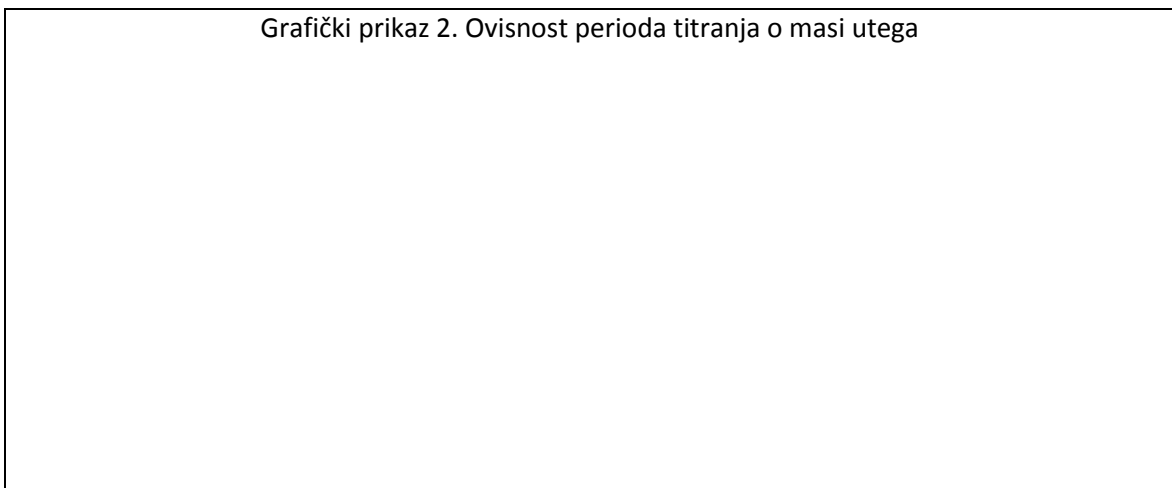
Zaključak o ovisnosti duljine istezanja opruge o sili istezanja:

Rezultat:

Konstanta opruge, k_{gr1} određena grafičkom metodom:

3.2. Grafički prikažite ovisnost perioda titranja o masi utega

Grafički prikaz 2. Ovisnost perioda titranja o masi utega



Zaključak o ovisnosti perioda titranja o masi utega:

3.3. Grafički prikazite ovisnost kvadrata perioda utega na opruzi o masi utega te grafičkom metodom odredite konstantu opruge

Grafički prikaz 3. Ovisnost kvadrata perioda titranja o masi utega

Zaključak o ovisnosti kvadrata perioda utega na opruzi o masi utega:

Rezultat:

Konstanta opruge, k_{gr2} određena grafičkom metodom:



Analiza rezultata

1. Period titranja utega na opruzi ovisi o:

2. Period titranja utega na opruzi ne ovisi o:

3. Usporedite vrijednosti konstante opruge:

- računanjem iz mjerenih podataka
- dobivena grafičkom metodom, k_{gr1}
- dobivena grafičkom metodom, k_{gr2}

4. Usporedite eksperimentalne vrijednosti perioda titranja, T_m s teorijskim, T_r :

5. Usporedite svoje pretpostavljene rezultate s izmjerenim vrijednostima. Obrazložite eventualne razlike:
-

Zaključak:

1. O kojim fizičkim veličinama ovisi period titranja utega na opruzi?

2. Mijenja li se period titranja utega na planeti čija je gravitacija različita od Zemljine? Zašto?

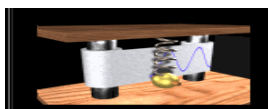


Primjenjujemo naučeno ...

1. Posjetite web adresu <http://free-zg.t-com.hr/potresi/>, rujan 2016. i proučite sadržaje o potresima. Istražite razliku seizmografa i seizmograma.
2. Na web adresi <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/shm2.html#c4>, kolovoz 2016. ponovite sadržaje o harmonijskom titranju utega na opruzi te napišite jednadžbe gibanja. Simbol KE označava kinetičku, a PE elastičnu potencijalnu energiju.
 - a) Vrijedi li zakon očuvanja energije za titrajni sustav?
 - b) Kolika je elongacija kada su iznosi kinetičke i potencijalne energije sustava jednaki?
3. U kojem su trenutku iznosi kinetičke i potencijalne energije sustava jednaki? Neka je period titranja 4 s, a amplituda titranja 2 m. Može li ove uvjete ispuniti kuglica mase 200 g?
4. Na web adresi <https://hr.wikipedia.org/wiki/Opruga>, rujan 2016. istražite primjenu opruge zbog elastičnih svojstava.
5. Usporedite period titranja utega mase m i konstante opruge ako:
 - a) povećamo masu za osam puta?
 - b) povećamo koeficijent elastičnosti opruge devet puta?
 - c) povećamo amplitudu za tri puta?

Zadatci za samostalno istraživanje i samostalne projekte:

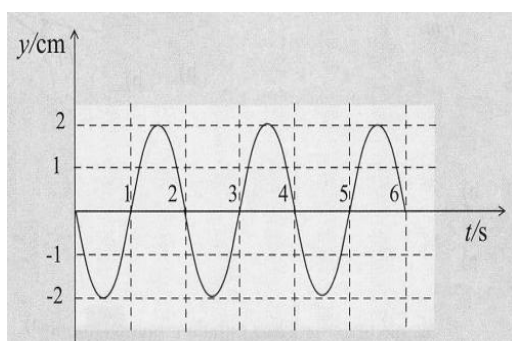
1. Na web adresi https://phet.colorado.edu/sims/mass-spring-lab/mass-spring-lab_en.html, rujan 2016. istražite:
 - a) titranje u vakuumu (bez trenja) i u sredstvu gdje postoji trenje
 - b) usporedite periode titranja iste mase na različitim oprugama
 - c) usporedite periode titranja različitih masa na istoj opruzi
 - d) usporedite isti titrajni sustav na različitim planetama
 - e) obrazložite grafove promjene energija u svim slučajevima.
2. Posjetite web adresu <http://physics-animations.com/Physics/English/mech.htm>, rujan 2016., te a) napravite titrajni sustav
b) istražite titranje dviju kuglica povezanih oprugom (pronađite ikonicu u izborniku)



3. Posjetite web adresu http://www.schoolphysics.co.uk/animations/Mechanics%20animations/SHM_trolley%20html5/index.html, rujan 2016., analizirajte gibanje utega i primijenite zakon očuvanja energije.

Zadaci za razmišljanje:

1. Razlikuju li se Janovi i Franovi rezultati ako Jan mjeri 40 perioda, a Fran 20 perioda titranja na istoj opruzi s utegom iste mase u istim uvjetima? Zašto?
2. a) Uteg mase 100 g titra na opruzi s kojom ste radili. Kreće iz amplitudnog položaja. Amplituda titranja je 5 cm. Napišite jednadžbe titranja za elongaciju, brzinu i ubrzanje utega.
b) U istom grafičkom prikazu prikažite ovisnost ukupne energije sustava, kinetičke energije utega i potencijalne energije opruge o amplitudi.
c) U istom grafičkom prikazu prikažite ovisnost ukupne energije sustava, kinetičke energije utega i potencijalne energije opruge za jedan period.
- 3.



Izvor:

<https://fizikagfp.files.wordpress.com/2014/01/graf-titranja2.png>, rujan 2016.

Analizirajte grafički prikaz elongacije harmoničkog oscilatora mase 100 g o vremenu te odredite:

- a) amplitudu titranja,
- b) period titranja,
- c) početnu fazu titranja,
- d) napišite jednadžbe $y(t)$, $v(t)$, $a(t)$,
- e) konstantu opruge,
- f) povratnu silu,
- g) ukupnu energiju oscilatora,
- h) kinetičku energiju u trenutku $t = 4$ s.

4. Uteg mase 50 g ovješén o oprugu istegne je za 1 cm. Titra iz gornjeg amplitudnog položaja. Amplituda titranja iznosi 2 cm.

- a) Koliko tijela čini titrajni sustav?
- b) Kolika je konstanta opruge?
- c) Koliki je period titranja?
- d) Kolika je kružna frekvencija ω_0 ?
- e) Napišite jednadžbu elongacije!
- f) Kolika je najveća brzina utega?
- g) Napišite jednadžbu brzine utega!
- h) Kolika je najveća akceleracija?
- i) Napišite jednadžbu akceleracije.
- j) U kojem je trenutku elongacija 0,5 cm?
- k) Kolika je brzina utega u trenutku kada je elongacija 0,5 cm?
- l) Kolika je najveća sila na uteg?
- m) Kolika je najveća elastična sila?
- n) Odredite najveći iznos elastične potencijalne energije!
- o) Odredite najveći iznos kinetičke energije!
- p) Kolika je elastična potencijalna energija kada je elongacija 0,5 cm?
- q) Kolika je kinetička energija kada je elongacija 0,5 cm?
- r) Kolika je ukupna energija titrajnog sustava u tom trenutku?

5. Posjetite web adresu

http://www.schoolphysics.co.uk/animations/Mechanics%20animations/Damped_oscillations_html5/index.html, rujan 2016., bilježite duljinu opruge i nacrtajte približni graf elongacije u funkciji vremena (procijenite period).

- a) Kakvo je ovo titranje?
- b) Vrijedi li zakon očuvanja energije?

6. Posjetite web adresu

http://www.vacak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=kv_mechanicky_oscilator&l=cz, rujan 2016. Pokrenite simulaciju i proučite grafičke prikaze elongacije, brzine, kinetičke i potencijalne energije titrajnog sustava. Postoji li fazni pomak? Zašto?

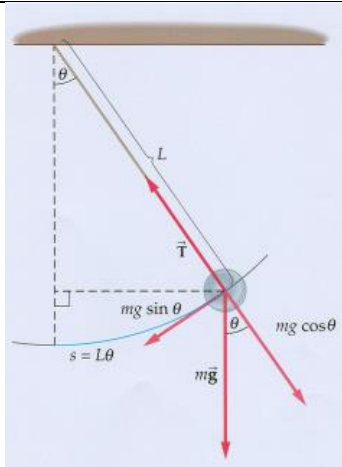
Literatura:

- [1] Henč-Bartolić, V.-Kulišić, P. Valovi i optika, Zagreb, Školska knjiga, 1989.
- [2] Labor, J. Fizika 3, Zagreb, Alfa, 2011.
- [3] Paar, V. Fizika 3, Zagreb, Školska knjiga, 2005.
- [4] Vernić, E.-Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, Zagreb, Školska knjiga, 1987.
- [5] https://www.fer.unizg.hr/download/repository/HARMONICKI_OSCILATOR.pdf, srpanj 2016.
- [6] https://hr.wikipedia.org/wiki/Materijalna_to%C4%8Dka, srpanj 2016.

ODREĐIVANJE GRAVITACIJSKOG UBRZANJA POMOĆU NJIHALA



PODSJETNIK:



Slika M3.1. Sile na njihalo
<https://www.fer.unizg.hr/download/repository/NJIHALA.pdf>,
 str.4,
 srpanj 2016.

Idealizirano jednostavno (matematičko) njihalo čini sitno tijelo ili materijalna točka koja se njiše ovješena o nerastezljivu, laganu nit duljine l , čiju masu zanemarimo.

a) U ravnotežnom položaju postoji ravnoteža sile napetosti niti, F_N i sile teže, F_g : $\vec{F}_N = -\vec{F}_g = -m\vec{g}$

b) U svakom drugom položaju sila je napetosti niti manja. Jednaka je normalnoj komponenti sile teže:

$$\vec{F}_N = -m\vec{g} \cos \theta$$

Tangencijalna komponenta sile teže usmjerena je prema ravnotežnom položaju. Zbog djelovanja te sile njihalo njiše oko ravnotežnog položaja.

Za male kutove θ vrijedi $\sin \theta \approx \theta$.

Negativan predznak '-' pokazuje da sila djeluje u smjeru suprotnom od smjera povećanja kuta.

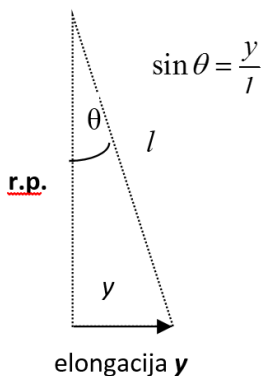
$$\vec{F}_t = -m\vec{g} \sin \theta \approx -m\vec{g}\theta$$

Sila je harmonijska i gibanje je njihala analogno gibanju harmonijskog oscilatora (za male amplitude). Za velike amplitude njihanje matematičkog njihala nije harmonijsko.

Za harmonijsko titranje jednadžbu gibanja pišemo

$$\vec{F} = -k\vec{y}$$

U proučavanju titranja njihala ove uvjete dobro ispunjavaju nerastezljiva (svilena) nit i homogeno tijelo. To su najčešće sitna tijela pravilna oblika, uteg ili kuglica. Biramo male kutove otklona (poželjno je $\theta < 4^\circ$).

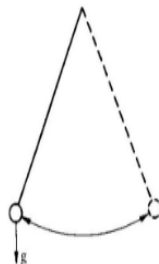


Slika M3.2. Elongacija njihala, y
 ravnotežni položaj i kut
 otklona, θ

Karakteristične jednadžbe i veličine za titranje njihala:

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

l – duljina niti
 g – ubrzanje sile teže



Slika M3.3. Pola perioda
 njihala,
 dvije amplitude

Period titranja T – vrijeme za koje iz jednog amplitudnog položaja tijelo ode u suprotni amplitudni položaj, kratko zastane i vrati se u početni položaj

Elongacija y – bilo koji pomak od ravnotežnog položaja

Amplituda y_0 – najveća elongacija

Duljina niti l – duljina od ovjesišta do središta masa

Gravitacijsko ubrzanje g - ubrzanje sile teže



Razmišljamo ...

Analizirajte animaciju gibanja njihala s promjenama vektora brzine i ubrzanja:
https://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Oscillating_pendulum.gif, srpanj 2016.
Vrijede li zakoni harmonijskog titranja za njihalo? Zašto?



Slika M3.4: Antikni sat

Fotografija lijevo prikazuje antikni sat.

Treba li za njegovo pokretanje energija? Obrazložite tvrdnju:

Kako se takav sat pokreće?

Što mislite, pokazuje li takav sat točno vrijeme? Zašto?

Što treba činiti ako sat „žuri“?

Kako možemo odrediti gravitacijsko ubrzanje? _____

Navedite pribor za mjerenje: _____

Opišite način mjerenja: _____

Je li gravitacijsko ubrzanje jednako na svim mjestima na Zemlji? Zašto?

Je li gravitacijsko ubrzanje jednako na svim planetima? _____



Istražujemo... i zaključujemo ...

Pribor: Stalaku, metar, utezi različitih masa, dinamometar, ravnalo i zaporni sat.

Mjerenje: Zapornim satom mjerite 20 titraja, t . Iz ovog podatka odredite vrijeme jednog titraja. Uteg ili kuglicu ovjesite o nit. Izvedite kvalitativna (približna) mjerenja te zapišite svoja zapažanja vezana uz period titranja, amplitudu, masu i duljinu niti:

1. Istražite ovisnost perioda o amplitudi titranja:

Stalne fizičke veličine: _____

Ovisnost: _____

2. Istražite ovisnost perioda o masi njihala:

Stalne fizičke veličine: _____

Ovisnost: _____

3. Istražite ovisnost perioda o duljini njihala:

Stalne fizičke veličine: _____

Ovisnost: _____

Pitanje 1. Što mislite, bi li vaši prijatelji u Australiji dobili iste podatke? Zašto?

Pitanje 2. Što mislite, bi li vaši rezultati bili isti da s istim priborom mjerite u liftu? Zašto?

Pretpostavka: Lift vas vozi na veliku visinu.



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: Stalak, metar, utezi različitih masa, dinamometar, ravnalo i zaporni sat.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Istražiti ovisnost perioda titranja o amplitudi njihala
2. Istražiti ovisnost perioda titranja o masi njihala
3. Istražiti ovisnost perioda titranja o duljini njihala
4. Odrediti ubrzanje sile teže računskim putem te provesti račun pogreške
5. Grafički prikazati ovisnost perioda titranja o duljini njihala, $T = f(l)$ te ovisnost kvadrata perioda titranja o duljini njihala, $T^2 = f(l)$.

MJERENJE I OBRADA:

1.1. Ispitajte ovisnost perioda titranja utega T_m o amplitudi titranja A . Masa i duljina niti jednake su pri ovom istraživanju. Amplitudu titranja mijenjajte na 1 cm, 3 cm i 5 cm. Podatke zapišite u tablicu 1. Izvedite zaključak iz mjerenih vrijednosti!

Stalne veličine: $N =$ _____ $m =$ _____ $l =$ _____

Tablica 1. Ovisnost perioda titranja o amplitudi

t / s	T / s	A / cm

Zaključak o periodu titranja i amplitudi:

1.2. Ovisnost perioda titranja istražite mijenjanjem masa njihala. Povećajte masu dva i tri puta. Podatke zapišite u tablicu 2.

Stalne veličine: $N =$ _____ $A =$ _____ $l =$ _____

Tablica 2. Ovisnost perioda titranja o masi

t / s	T / s	m / kg

Zaključak o periodu titranja i masi njihala:

1.3. Prije početka mjerenja odredite početnu visinu ovjesišta njihala. Duljinu njihala mjerite od ovjesišta do centra mase. Odredite period jednog titraja. Za svaku od bar sedam duljina izvedite po tri mjerenja te računajte sa srednjom vrijednošću, T_{sr} . Birate duljine između 50 cm i 90 cm. Podatke zapišite u tablicu 3. Odredite gravitacijsko ubrzanje za svako mjerenje i provedite račun pogreške:

Tablica 3. Ovisnost perioda titranja o duljini niti njihala

l / m	T_1 / s	T_2 / s	T_3 / s	T_{sr} / s	T_{sr}^2 / s^2	$g / (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$	$\Delta g / (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$

Zaključak o periodu titranja i duljini niti njihala:

1.4. Gravitacijsko ubrzanje

Rezultat:

1.5.1. Grafički prikazite ovisnost perioda titranja o duljini niti

Grafički prikaz 1. Ovisnost perioda titranja o duljini niti njihala

Zaključak:

1.5.2. Grafički prikazite ovisnost kvadrata perioda titranja o duljini niti njihala te grafičkom metodom odredite gravitacijsko ubrzanje

Grafički prikaz 2. Ovisnost kvadrata perioda titranja o duljini niti njihala

Zaključak:

Rezultat:

Gravitacijsko ubrzanje određeno grafičkom metodom:



Analiza rezultata

1. Period titranja njihala ovisi o:

2. Period titranja njihala ne ovisi o:

3. Usporedite vrijednosti gravitacijskog ubrzanja:

- računanjem iz mjerenih podataka _____
- dobivena grafičkom metodom _____

4. Usporedite svoje pretpostavljene rezultate s izmjerenim vrijednostima. Obrazložite eventualne razlike:

Zaključak:

1. Zašto je ura njihalica točna?

2. Usporedite vrijednost gravitacijskog ubrzanja s dogovorenom standardnom vrijednošću na razini mora od $9,80665 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.



Primjenjujemo naučeno...

1. Na web adresi potražite informacije i pogledajte animaciju https://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Foucault_pendulum_animated.gif, srpanj 2016.
2. Na web adresi potražite podatke o Foucaultovom njihalu: <https://www.youtube.com/watch?v=7XB9ztdKb6c&feature=youtu.be>, srpanj 2016. Na nekom od turističkih putovanja posjetite neku od brojnih lokacija na kojima se eksperiment izvodi u turističke svrhe. Evo popisa: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Foucault_pendulums, srpanj 2016.

Zadaci za samostalno istraživanje i samostalne projekte:

1. Na web adresi <https://youtu.be/aAN8yenz3nA>, srpanj 2016. istražite sadržaj te obrazložite značenje Foucaultovog eksperimenta s njihalom.
2. Istražite rad ure njihalice te detaljno obrazložite odgovore na pitanja:
 - a) Vrijedi li zakon očuvanja energije za uru njihalicu
 - b) Treba li je „navijati“?
 - c) Zašto ure njihalice ne treba micati?
3. Izradite njihalo kojim ćete dokazati da za male amplitude titranja elongaciju prikazujemo zakonima titranja za harmonijske oscilatore.

Literatura:

- [1] Henč-Bartolić, V.- Kulišić, P.Valovi i optika, Zagreb, Školska knjiga, 1989.
- [2] Labor, J. Fizika 3, Zagreb, Alfa, 2011.
- [3] Paar, V. Fizika 3, udžbenika za treći razred gimnazije, zagreb, Školska knjiga, 2005.
- [4] Vernić,E. - Mikuličić,B. Vježbe iz fizike,Zagreb, Školska knjiga, 1987.
- [5]<https://hr.wikipedia.org/wiki/Gravitacija>, srpanj 2016.
- [6] http://hr.wikipedia.org/wiki/Slobodni_pad, srpanj 2016.
- [7] <https://www.fer.unizg.hr/download/repository/NJIHALA.pdf>, srpanj 2016.
- [8] Ciriković, E & Rakijašić,D. Određivanje gravitacijskog ubrzanja metrom i laserom, Učnički rad na državnom natjecanju iz fizike u RH, 2002./03., prva nagrada, : mentor: S. Polašek, http://natjecanja.hfd.hr/smotra_natjecanje/p/2002-03/srednje_poredak_radovi.html,srpanj 2016.

PROUČAVANJE RAVNOTEŽE SILA NA POLUZI

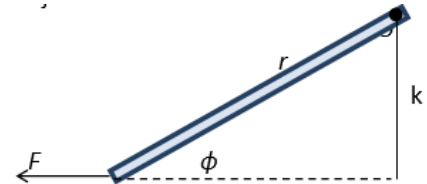


PODSJETNIK:

Moment sile (zakretni moment) javlja se pri zakretanju tijela. Njegov je iznos jednak umnošku kraka sile (k) i sile (F)

$$M = k \cdot F.$$

Jedinica momenta sile jest N m.



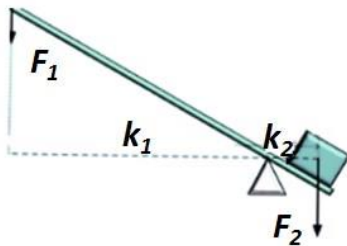
Slika M4.1. Sila i krak sile

Krak sile je okomita udaljenost između smjera sile i osi oko koje se tijelo zakreće.

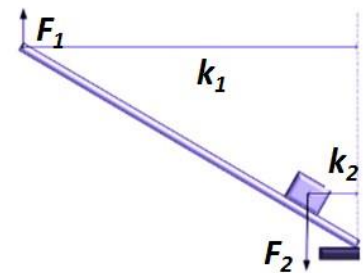
Poluga je svako kruto tijelo koje ima oslonac oko kojeg se može zakretati.

Poluga može biti jednostrana i dvostrana.

Poluga je u ravnoteži ako je zbroj momenata sila s obzirom na točku oslonca jednak nuli.



Slika M4.2. Dvostrana poluga



Slika M4.3. Jednostrana poluga

Težište je hvatište sile teže.



Razmišljamo ...

Posjetite web <https://phet.colorado.edu/en/simulation/balancing-act> rujan 2016. Pokrenite animaciju i analizirajte ravnotežu sila na poluzi te riješite zadatke.



Slika M4.4. Prikazuje oca i kćer na klackalici
Izvor: Internet, kolovoz2016.

Može li dijete podići roditelja?

Dok su se njihali dijete poželi da roditelj sjedne na kraj klackalice, može li dijete u tom slučaju podići roditelja?

Na koji još način možemo utjecati na ravnotežu klackalice, a da osobe na njoj ne mijenjaju svoj položaj?

Za podizanje teških predmeta koji nadilaze mišićnu silu naših ruku koristimo dugu motku.

Uz koje će uvjete motka povećati učinak mišićne sile naših ruku?



Slika M4.5. Podizanje kamena pomoću motke
Izvor: Internet, kolovoz 2016.

Kako možemo to ispitati u učionici?



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

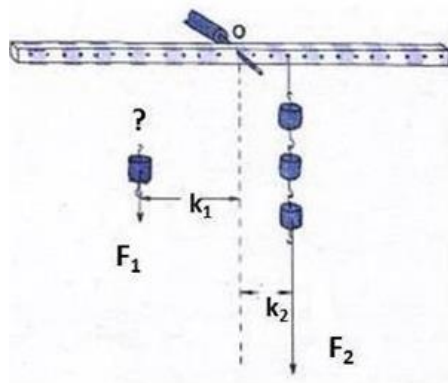
PRIBOR: stalak s letvicom koja se može zakretati oko osi, utezi s kukicama, ravnalo, (ili ravnalo, matice za vijke jednakih masa), drvene letvice homogene i nehomogene (izbušene sa strane), željezna šipka.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Ispitati o čemu ovisi odnos sila na poluzi u ravnoteži.
2. Grafički prikazati ovisnost sile na polugu i kraka sile.
3. Odrediti težište tijela.

MJERENJE I OBRADA

1. Sastavimo uređaj kao na slici.



Nekoliko utega postavimo na letvicu s jedne strane, to je teret koji podižemo F_2 . Drugi utezi, koje postavljamo na suprotnu stranu oslonca, su sila F_1 .

Kojom silom utezi djeluju na letvicu?

Slika M4.6. Letvica opterećena utezima

Ako jedan uteg ima masu 100 g, kolikom silom on opterećuje letvicu?

Postavite četiri utega na jednu stranu letvice na udaljenosti 10 cm od oslonca. Što se događa s letvicom?

Pokušajte pomoću jednog utega letvicu vratiti u horizontalni položaj. Gdje ćete postaviti uteg?

Na koliku ste udaljenost od oslonca postavili uteg da se letvica vrati u horizontalni položaj?

Uz koji ste uvjet uspjeli uravnotežiti letvicu?

Možemo li letvicu uravnotežiti i na drugi način, djelujući drugačijim silama slijeva i zdesna?

Izvedite mjerenja prema predloženoj tablici i dopunite je svojim podacima za postignutu ravnotežu letvice.

Tablica 1. Mjerenje sile i kraka sile

F_1 / N	k_1 / m		F_2 / N	k_2 / m	
1 uteg =			4 utega =	0,1	
1 uteg =			3 utega =	0,1	
1 uteg =			1 uteg =	0,1	
2 utega =			4 utega =	0,15	
3 utega =			1 uteg =	0,24	
4 utega =	0,12		2 utega =		

Analizirajte podatke prva tri mjerenja. U kakvom je odnosu udaljenost jednog utega od oslonca prema iznosu sile koju uteg uravnotežuje?

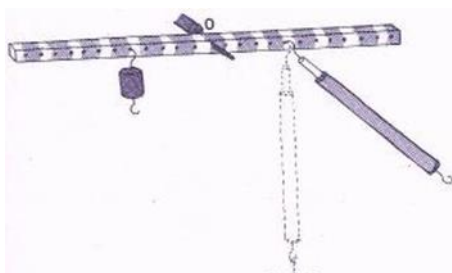
U kojem slučaju nismo smanjili silu pomoću letvice? Što ostaje stalno?

Analizirajte podatke posljednja tri mjerenja. Uočite i iskažite pravilnost koja vrijedi među vrijednostima u prva dva stupca te u četvrtom i petom stupcu: a) riječima, b) algebarski.

Odgovarajućim vrijednostima ispunite treći i šesti stupac. Koja je to fizička veličina? Označite je njezinom oznakom i mjernom jedinicom u prvom retku tablice.

Letvicu opteretimo utegom i uspostavimo ravnotežu nekom silom preko dinamometra usmjerenom vertikalno na polugu.

Silu koju pokazuje dinamometar usporedimo s težinom utega.



Uspostavimo ravnotežu letvice djelujući dinamometrom pod određenim kutom.

Hoće li vrijednost sile koju pokazuje dinamometar biti jednaka, veća ili manja od težine utega?

Slika M4.7. Ravnoteža letvice ostvarena dinamometrom pod određenim kutom

2. Izvedite mjerenja i tablicu dopunite podacima za postignutu ravnotežu letvice uz uvjet da je moment sile konstantan.

$$M = \text{_____} \text{ N m}$$

Tablica 2. Mjerenje kraka sile i sile uz stalan moment sile

Krak sile / m					
Sila / N					

Grafički prikažite ovisnost sile o kraku sile

Grafički prikaz 1. Ovisnost sile o kraku sile

Zaključak o ovisnosti sile o kraku sile:

Stalne veličine: _____.

Promjenjive veličine: _____.

3. Težište letvice odredit ćete tako da stavite letvicu na stalak i u kojem položaju ona miruje zabilježite točku oslonca, težište.

Odredite i zabilježite na ljepljivoj traci težište homogene letvice. Skicirajte.

Odredite i zabilježite na ljepljivoj traci težište nehomogene letvice, bezželjezne šipke i sa željeznom šipkom u otvoru letvice. Skicirajte svaki položaj težišta.

Opišite međusobne položaje težišta.



Primjenjujemo naučeno...

1. Razmak osovina automobila iznosi 3 m, a masa 3 200 kg. Ako su samo prednji kotači na platformi vage, vaga pokazuje pritisnu silu kotača 21 kN. Odredite udaljenost težišta od pravca djelovanja sile prednjih kotača.
2. Jedna polovina štapa dugog 50 cm načinjena je od bakra, a druga od aluminija. Gdje se nalazi težište štapa ako je njegov presjek svuda jednak.
3. Građevinska daska mase 40 kg i duljine 5 m položena je na ravan krov tako da dio daske duljine 80 cm prelazi preko ruba krova. Po dasci hoda radnik mase 90 kg. Koliko se radnik smije najviše udaljiti od ruba krova, a da se daska ne izvrne?
4. Istražite primjenu poluge, oruđa.
5. Istražite: Poluga u ljudskom tijelu.
6. Istražite: Poluga u sportu.
7. Istražimo zašto postoji težište tijela. Težište u bestežinskom stanju.
8. Istražite situacije kada je potrebno održavati ravnotežu. Što se događa ako ne održavamo dobro ravnotežu?
9. Istražite mora li težište uvijek biti točka na tijelu.
10. Istražite kako možemo odrediti težište tijela.
11. Istražite što je u čovjekovom tijelu odgovorno za održavanje ravnoteže.

Literatura:

- [1] Kulišić, P. Fizika 3, udžbenik za 3.razred strukovnih škola, Zagreb: Školska knjiga, 2007
- [2] Labor, J. Fizika 3, udžbenik za 3.razred strukovnih škola s četverogodišnjim programom fizike, Zagreb: Alfa, 2014.
- [3] Mikuličić, B. & Šindler, G. Fizika Čestice i međudjelovanja, udžbenik za 7. razred osnovne škole, Zagreb: Školska knjiga, 1994.
- [4] Tečić, A. Vodič za samostalno učenje-1, Fizika – Mehanika, Zagreb: Profil, 2001.
- [5] <https://phet.colorado.edu/en/simulation/balancing-act>, kolovoz 2016.

PROUČAVANJE CENTRIPETALNE I CENTRIFUGALNE SILE



PODSJETNIK:

Jednoliko kružno gibanje

Putanja tijela jest kružnica.

Veličine karakteristične za ovo gibanje:

Period gibanja T vrijeme potrebno je da tijelo opiše cijelu kružnicu. Mjerna jedinica jest sekunda.

Frekvencija f je broj ophoda u jednoj sekundi. Mjerna jedinica jest herc, Hz.

$$f = \frac{1}{T}$$

Obodna ili tangencijalna brzina v jest kvocijent duljine kružnog luka i vremenskog intervala potrebnog da se opiše taj luk.

$$v = \frac{2r\pi}{T} \quad v = 2r\pi f$$

Obodna brzina mjeri se u $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Brzina je po iznosu konstantna, dok se smjer vektora brzine neprestano mijenja.

Centripetalna akceleracija a_{cp} , usmjerena prema središtu putanje, računa se po formuli

$$a_{cp} = \frac{v^2}{r} \quad a_{cp} = 4r\pi^2 f^2$$

Mjerna je jedinica $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Kutna brzina ω jednaka je kvocijentu opisanog kuta u radijanima i vremenskog intervala za koji je taj kut opisan.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \omega = 2\pi f$$

Mjerna jedinica jest radijan u sekundi, $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$.

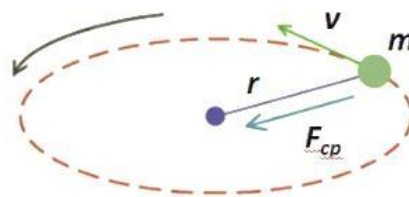
Veza između obodne i kutne brzine jest $v = r\omega$.

Centripetalna sila F_{cp} odgovorna je za centripetalno ubrzanje.

Usmjerena je prema središtu kružnice.

Stalnog je iznosa, a smjer joj se mijenja.

$$F = m a_{cp} \qquad F = \frac{m 4\pi^2 r}{T^2}$$



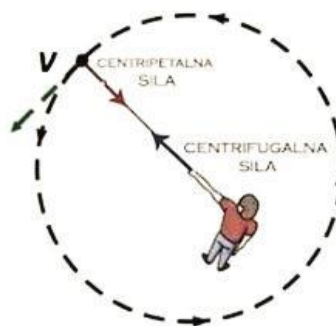
Slika M5.1. Tijelo kruži po kružnici
Izvor: Internet, kolovoz 2016.

Inercijska sila javlja se u ubrzanim (akceleriranim) sustavima. Djeluje na pokretnog motritelja u ubrzanom sustavu. Njezin je smjer suprotan od smjera ubrzanja sustava.

Centrifugalna sila F_{cf} inercijska je sila koja se javlja u sustavu koji jednoliko rotira. Jednaka je umnošku mase tijela i akceleracije.

$$F_{cf} = m \cdot a_{cf}$$

Po iznosu je jednaka centripetalnoj sili, ali je suprotnog smjera.



Slika M5.2. Djelovanje centripetalne i centrifugalne sile, izvor: Internet, kolovoz 2016.



Razmišljamo ...

Posjetite web

<http://www.thephysicsaviary.com/Physics/Programs/Labs/CircularForceLab/index.html>

rujan 2016. Pokrenite animaciju i analizirajte kružno gibanje tijela, te riješite zadatke.

Nadopunite rečenice:

Centripetalna sila mijenja _____ brzine tijela.

Pri jednolikom kruženju tijela centripetalna sila stalnog je _____ i promjenjiva _____ .

Da bi se period kruženja uz stalni polumjer kružne putanje i stalnu masu tijela povećao, centripetalnu silu moramo _____ .

Ako masu tijela udvostručimo, uz nepromijenjeni period kruženja i polumjer kružne putanje, centripetalna se sila _____ .

Ako polumjer kružne putanje udvostručimo, uz konstantnu masu tijela i period kruženja, centripetalna se sila _____ .

Kuglicu ovješenu o nit vrtimo u horizontalnoj ravnini. U jednom trenutku nit pukne. Kuglica se nastavlja gibati _____ .

Navedene rečenice označit kao točne/netočne (T/N):

Sustavi koji miruju ili se gibaju jednoliko pravocrtno, nazivamo inercijski sustavi.

Vrtite se na vrtuljku. Na vas djeluje sila usmjerena od središta vrtnje.

Inercijska sila djeluje na čovjeka u automobilu koji se giba jednoliko po ravnoj cesti.

Kada vozač kočeci smanjuje brzinu autobusa, akceleracija autobusa ima suprotan smjer od brzine autobusa, a inercijska sila ima smjer brzine autobusa.

Učinak tromosti tijela osjeća promatrač koji se vrti s kružno akceleriranim sustavom.

Prijatelj nam se vrti na vrtuljku. Mi uočavamo da na njega djeluje centripetalna sila.



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

I. Proučavanje centripetalne sile

PRIBOR: uređaj za proučavanje centripetalne sile, dinamometar, zaporni sat, ravnalo.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Proučiti kako centripetalna sila ovisi o periodu kruženja.
2. Interpretirati grafičku ovisnost iznosa centripetalne sile o periodu kruženja.
3. Proučiti kako centripetalna sila ovisi o polumjeru kružne putanje pomoću F_{cp}, T –grafova za različite polumjere kružne putanje.

MJERENJE I OBRADA:

1. Odaberite iznos sile i polumjer kružne staze. Odredite vrijeme za 10 ophoda. Odredite vrijeme jednog ophoda, njegovu recipročnu vrijednost i recipročnu vrijednost kvadrata ophodnog vremena. Povećajte iznos centripetalne sile. Izvedite tri mjerenja te mjerene podatke i izračunane vrijednosti predočite tablično .

Tablica 1. Centripetalna sila o periodu kruženja za $r =$ _____

F / N	$10T / s$	T / s	T^{-1} / s^{-1}	T^{-2} / s^{-2}

2. Grafički prikazite ovisnost centripetalne sile o periodu kruženja.

Grafički prikaz 1. Ovisnost centripetalne sile o periodu kruženja.

Zaključak o ovisnosti centripetalne sile o periodu kruženja:

Stalne veličine:

_____.

Promjenjive veličine: _____.

Grafički prikaz 2. Ovisnost centripetalne sile o recipročnoj vrijednosti perioda kruženja.

Zaključak o ovisnosti centripetalne sile o recipročnoj vrijednosti perioda kruženja:

Stalne veličine:

_____.

Promjenjive veličine:

_____.

Grafički prikaz 3. Ovisnost centripetalne sile o recipročnoj vrijednosti kvadrata perioda kruženja.

Zaključak o ovisnosti centripetalne sile o recipročnoj vrijednosti kvadrata perioda kruženja:

Stalne veličine:

_____.

Promjenjive veličine:

_____.

3. Kako centripetalna sila ovisi o polumjeru kružne putanje?

Da bismo mogli odgovoriti na to pitanje, treba izvršiti mjerenje što smo izvršili u prvom zadatku za još dvije vrijednosti polumjera kružne putanje.

Mjerne podatke i izračunate vrijednosti predočimo tablično.

Tablica 2. Centripetalna sila i period kruženja za $r = \underline{\hspace{2cm}}$

F / N	$10T / \text{s}$	T / s	T^{-1} / s^{-1}	T^{-2} / s^{-2}

Tablica 3. Centripetalna sila i period kruženja za $r = \underline{\hspace{2cm}}$

F / N	$10T / \text{s}$	T / s	T^{-1} / s^{-1}	T^{-2} / s^{-2}

Sve grafičke prikaze unesite u isti koordinatni sustav i uz svaki naznačite kojem polumjeru odgovaraju.

(Crtajte u onom grafičkom prikazu u prvom zadatku u kojem ste uočili linearnu funkciju.)

Grafički prikaz 4. Ovisnost centripetalne sile $\underline{\hspace{2cm}}$

Uputa: Da biste odgovorili na pitanje u zadatku obratite pozornost da masa i period kruženja budu stalni. Prvi je uvjet ispunjen kada su sva mjerenja obavljena istim utegom mase m .

Period kruženja učinit ćemo konstantnim tako da sve grafove u koordinatnom sustavu presiječete pravcem usporednim s osi F_{cp} koji prolazi kroz neku točku na vremenskoj osi. Za svaku točku, koja je nastala na taj način, očitajte podatak za F_{cp} i podatak za r . Očitane vrijednosti predočite tablično.

Tablica 4. Ovisnost centripetalne sile o polumjeru kružne putanje za $T = \underline{\hspace{2cm}}$

F / N			
r / m			

Grafički prikaz 5. Ovisnost centripetalne sile o polumjeru kružne putanje.



Analiza rezultata

Iskažite riječima zaključke koje izvodite iz dobivenih grafičkih prikaza:

- ovisnost centripetalne sile o periodu kruženja

- ovisnost centripetalne sile o recipročnoj vrijednosti perioda kruženja

- ovisnost centripetalne sile o recipročnoj vrijednosti kvadrata perioda kruženja

- ovisnost centripetalne sile o polumjeru kružne putanje

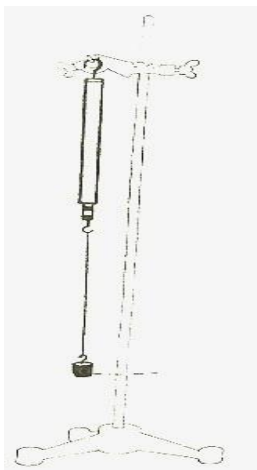
Proučavanje centrifugalne sile

PRIBOR: dinamometar (2 N), nit duljine 50 cm, uteg mase 100 g, dva stalka, kvačica za rublje, ravnalo.

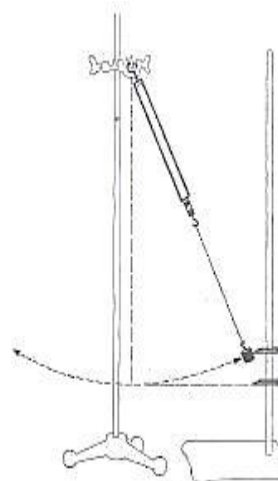
ZADATAK VJEŽBE: Provjeriti izraz za centrifugalnu silu kod jednostavnog njihala.

MJERENJE I OBRADA:

Složimo njihalo prema slici.



Slika M5.3. Njihalo u ravnotežnom položaju



Slika M5.4. Njihalo pomaknuto iz ravnotežnog položaja

Što pokazuje dinamometar kada je njihalo u ravnotežnom položaju?

Njihalo pomaknite iz ravnotežnog položaja i pustite ga. Promatrajte gibanje njihala i vrijednosti sile što je pokazuje dinamometar.

Kolika je vrijednost sile koju pokazuje dinamometar u amplitudnom položaju?

Obrazložite dobiveni rezultat.

Kolika je vrijednost sile koju pokazuje dinamometar u ravnotežnom položaju? Usporedimo je s težinom utega.

Odredi iznos centrifugalne sile.

Odredimo vrijednost centrifugalne sile koristeći izraz $F_{cf} = \frac{mv^2}{r}$ pomoću podataka za:

masu utega $m =$ _____, brzinu utega kad prolazi ravnotežnim položajem $v =$ _____,

polumjer kružnog luka $r =$ _____ .

Brzinu utega kad prolazi položajem ravnoteže izračunajte iz izraza $v^2 = 2gh$, gdje je h visina na koju podižete uteg kad ga želite zanjhati. Kad uteg držite na toj visini, dinamometar mora biti toliko istegnut da pokazuje vrijednost koja odgovara težini utega. Polumjer r jest udaljenost od ovjesišta dinamometra do težišta utega uvećanoj za izduženje dinamometra koje odgovara centrifugalnoj sili.

Mjesto za račun

Usporedimo dobiveni rezultat s vrijednošću što smo je za centrifugalnu silu dobili očitavajući dinamometar.

Zaključak:

Provjerimo točnost odgovora koje smo naveli u dijelu Razmišljamo ...



Primjenjujemo naučeno...

1. Pri kružnom gibanju centripetalna sila i centrifugalna sila imaju isti iznos a suprotnu orijentaciju. Dakle njihov zbroj je jednak nuli. No ako je ukupna sila na tijelo jednaka nuli, to bi značilo da je akceleracija tijela jednaka nuli pa se tijelo giba po pravcu. Gdje je greška u tom zaključivanju?
2. Vlak se giba brzinom 45 km/h po zakrivljenom dijelu staze. Kuglica obješena o nit u vagonu otklanja se pri tome za kut 5° . Odredi radijus zakrivljenosti staze.

3. Tijelo mase 600 g privezano je za kraj užeta i vrti se u vertikalnoj ravnini oko drugog kraja užeta. Odredite razliku sila napetosti užeta kada se tijelo nalazi u najvišoj i najnižoj točki putanje.
4. Istražite primjenu centripetalne i centrifugalne sile u ustanovama za zabavu.
5. Istražite primjenu centrifugalne sile u uređajima koji se koriste u medicini.
6. Istražite primjenu centrifugalne sile u uređajima koji se koriste u poljoprivredi.
7. Istražite na koji se način astronauti privikavaju na velike akceleracije.
8. Istražite Coriolisovu silu i njeno djelovanje na zračne i vodene tokove na Zemlji.
9. Istražite gibanje cestovnih prijevoznih sredstava koji prolaze zavojem.
10. Istražite kako vrtnja sustava u kojem se nalaze biljke utječe na njihov rast.

Literatura:

- [1] Labor, J. Fizika 1, udžbenik za 1.razred strukovnih škola s četverogodišnjim programom fizike, Zagreb: Alfa, 2014.
- [2] Paar, V. Fizika 1, udžbenik za prvi razred gimnazije. Zagreb: Školska knjiga,2006.
- [3] Vernić , E. & Mikulčić, B. , Vježbe iz fizike, Zagreb: Školska knjiga,2008.
- [4] <http://www.thephysicsaviary.com/Physics/Programs/Labs/CircularForceLab/index.html>

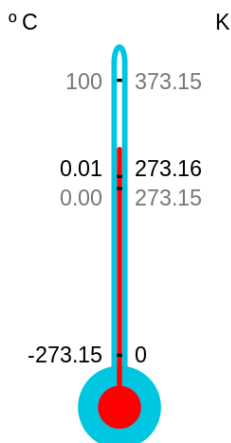


STRUKTURA TVARI

Popis vježbi sa zadatcima u pojedinoj vježbi

VJEŽBA	ZADATAK
S1 - PROUČAVANJE TOPLINSKIH IZMJENA KRUTOG TIJELA S OKOLINOM	<p>Odrediti specifični toplinski kapacitet utega.</p> <p>Odrediti specifični toplinski kapacitet željeznog ključa ili nekog drugog metalnog predmeta.</p>
S2 - PROUČAVANJE TOPLINE TALJENJA LEDA	<p>Odrediti toplinu taljenja leda.</p> <p>Odrediti odstupanje dobivene vrijednosti od vrijednosti navedene u tablici u udžbeniku.</p>
S3 - PROUČAVANJE ELEKTRIČNOG OTPORA VODIČA	<p>Istražiti kako električni otpor ovisi o duljini vodiča.</p> <p>Istražiti kako električni otpor ovisi o površini poprečnog presjeka vodiča.</p> <p>Istražiti kako električni otpor ovisi o vrsti materijala od kojega je vodič napravljen.</p>
S4 - PROUČAVANJE OHMOVA ZAKONA ZA VODIČ I POLUVODIČ	<p>Odrediti električni otpor vodiča i poluvodiča $U - I$ metodom.</p> <p>Prikazati grafički ovisnost električnog napona o električnoj struji. Odrediti iz grafa električni otpor vodiča i poluvodiča.</p> <p>Prikazati grafički ovisnost električne struje o vrijednosti električnog napona.</p>
S5 - PROUČAVANJE OHMOVA ZAKONA ZA CIJELI STRUJNI KRUG	<p>Odrediti unutarnji električni otpor izvora napona.</p> <p>Prikazati grafički ovisnost električnog napona pod opterećenjem (napon na vanjskom dijelu električnoga strujnog kruga) o električnoj struji.</p> <p>Iz grafičkog prikaza odrediti elektromotorni napon i električnu struju kratkog spoja te odredite električni napon na unutarnjem i vanjskom dijelu strujnog kruga.</p>
S6 - PROUČAVANJE PLINSKIH ZAKONA	<p>Odrediti koliki je umnožak tlaka i volumena zraka</p> <p>Prikazati grafički vezu između tlaka zraka i volumena.</p> <p>Prikazati grafički vezu između tlaka zraka p i recipročne vrijednosti volumena $1/V$.</p> <p>Odrediti kvocijent tlaka zraka i termodinamičke temperature.</p> <p>Grafički prikazati ovisnost tlaka zraka o temperaturi u stupnjevima celzija.</p> <p>Grafički prikazati ovisnost tlaka zraka p o temperaturi T.</p>

PROUČAVANJE TOPLINSKIH IZMJENA KRUTOG TIJELA S OKOLINOM



Termodinamika je grana fizike koja proučava odnos topline i rada te zakone toplinske ravnoteže i pretvaranja topline u različite oblike energije.

Mjerna jedinica za temperaturu, T u SI sustavu jest Kelvin (K).

$$T = t + 273.15$$

Slika S1.1. Temperaturne ljestvice

Izvor: <https://www.google.hr/CelsiusKelvin.svg>, rujan 2016.

Toplina, Q - dio unutarnje energije koji u termodinamičkom procesu prelazi s jednog termodinamičkog sustava na drugi.

$$Q = mc\Delta T$$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

Specifični toplinski kapacitet, c – količina topline koju treba dovesti jednom kilogramu neke tvari da mu se temperatura povisi za 1 K.

Specifični toplinski kapacitet određujemo pomoću kalorimetra.

Jednadžba toplinske ravnoteže:

$$Q_1 = Q_2$$

$$m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2$$

$$m_1 c_1 (t_1 - \tau) = m_2 c_2 (\tau - t_2)$$

m_1 - masa toplijeg tijela

m_2 - masa hladnijeg tijela

t_1 - početna temperatura toplijeg tijela

t_2 - početna temperatura hladnijeg tijela

τ - temperatura smjese (ravnoteže)



Razmišljamo ...

Što će se dogoditi zagrijavanjem nekog tijela (sustava)?

Vrijedi li i obrat?

Kako se prenosi toplina između dva tijela različitih temperatura?

O čemu ovisi toplina koju prima tijelo koje zagrijavamo?

Kako možemo eksperimentom provjeriti ovisnost topline o masi?

Kako možemo provjeriti ovisnost o vrsti tvari koju grijemo?

Kako možemo provjeriti ovisnost o temperaturnoj razlici?



Istražujemo... i zaključujemo ...

Pribor: Nekoliko čaša od vatrostalnog stakla, termometar, zaporni sat, voda, ulje, vaga i električno kuhalo.

Mjerenje: Usporedite vremena koja su potrebna za zagrijavanje:

1. vode različitih obujmova sobne temperature na neku proizvoljnu temperaturu,
2. vode i ulja istog obujma sobne temperature na neku proizvoljnu temperaturu,
3. iste količine vode, ali na različitu temperaturnu razliku.

Zaključak: Kako toplina ovisi o masi tijela, vrsti materijala od kojeg je tijelo građeno i porastu temperature?



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: Kalorimetar, uteg, željezni ključ ili neki drugi metalni predmet, posuda za grijanje vode, menzura, vatrostalna čaša, termometar.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Odrediti specifični toplinski kapacitet utega (2-3 komada).
2. Odrediti specifični toplinski kapacitet željeznog ključa ili nekog drugog metalnog predmeta.

MJERENJE I OBRADA :

- U kalorimetar ulijemo vodu sobne temperature. Odredimo joj masu m_1 i temperaturu t_1 .
- U električnom grijaču ugrijemo vodu do vrenja (100°C) te uronimo čvrsto tijelo (uteg mase m_2) u kipuću vodu tako da lebdi i ostavimo neko vrijeme da postigne temperaturu vode t_2 (10 min).
- Utteg prenesemo u kalorimetar tako da lebdi u vodi. Vodu miješamo utegom dok se temperatura ne ustali. To je temperatura smjese koju trebamo izmjeriti (τ).
- Vježbu napravimo s više utega različitih masa te usporedimo rezultate za specifični toplinski kapacitet.

Za određivanje specifičnog toplinskog kapaciteta koristimo pravilo smjese:

$$m_1 c_1 (t_1 - \tau) = m_2 c_2 (\tau - t_2).$$

Tablica 1.

Redni broj mjerjenja	m_1 / kg	$t_1 / ^\circ\text{C}$	m_2 / kg	$t_2 / ^\circ\text{C}$	$\tau / ^\circ\text{C}$	$c_2 / \text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$
1.						
2.						
3.						



Analiza rezultata

Usporedite mjerene rezultate za specifični toplinski kapacitet s vrijednostima iz tablice.

Što možemo promijeniti da se rezultati manje razlikuju od standardnih vrijednosti?

Zaključak:

Što je toplina?



Primjenjujemo naučeno...

1. Istražite svojstva termos boce.



Slika S1.2. Termos boca

Izvor: <http://www.pretragaoglasa.com>, rujan 2016.

2. Proučite zašto nas duže grije kaljeva peć od željezne.
3. Istražite kakav utjecaj ima veliki specifični toplinski kapacitet vode na klimu.

Zadatci za samostalno istraživanje i samostalne projekte:

1. Istražite gdje se primjenjuje toplinski kapacitet u prehrambenoj industriji.

Literatura:

- [1] Labor, J. Fizika 2, Zagreb, Alfa, 2014.
[2] Vernić, E. – Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, Zagreb, Školska knjiga, 1987.

PROUČAVANJE TOPLINE TALJENJA LEDA



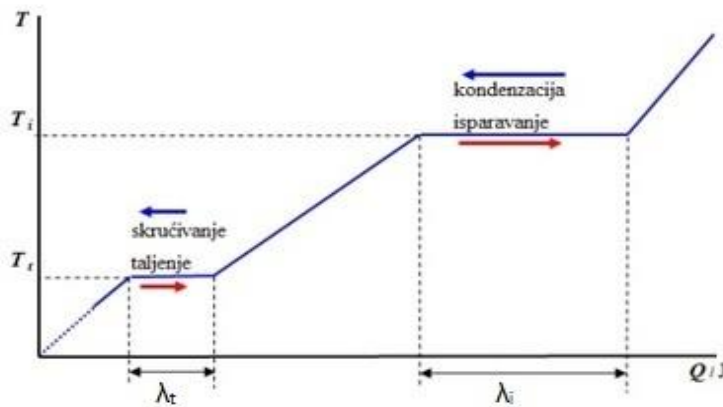
PODSJETNIK:

Vrste agregatnih stanja:

1. čvrsto – sile između čestica relativno su jake,
2. tekuće – sile između čestica nešto su slabije,
3. plinovito – sile između čestica gotovo su neznatne (osim u trenutku sudara).

Fazni prijelaz – prijelaz iz jednog u drugo agregatno stanje.

Graf ovisnosti temperature o primljenoj toplini, tzv. FAZNI dijagram :



T_i – temperatura taljenja
 λ_t – latentna toplina taljenja
 λ_i – latentna toplina isparavanja

Slika S2.1. Fazni dijagram

Izvor: <https://www.skole.hr>, rujan 2016.

Taljenje – prijelaz iz čvrstog u tekuće agregatno stanje.

Talište – temperatura na kojoj se odvija taljenje.

Latentna toplina taljenja - toplina potrebna da jedan kilogram neke tvari taljenjem prijeđe iz čvrstog u tekuće agregatno stanje.

Toplina potrebna da se led pretvori u vodu proporcionalna je masi leda: $Q_t = \lambda_t m$.

λ_t - specifična toplina taljenja leda (334,8 kJkg⁻¹)



Razmišljamo ...



Slika S2.2. Čaša s vodom

Izvor: <https://www.google.hr/glass-of-icewater>, rujan 2016.

Zašto se led tali u vodi?

Kolika će biti izmjena topline između leda i vode tijekom taljenja leda?

Što je sa izmjenom topline u trenutku izjednačavanja njihovih temperatura?



Istražujemo... i zaključujemo ...

Pribor: termometar, vatrostalne posude, električno kuhalo, voda i led.

Mjerenje: Istucite led u komadiće, stavite u jednu vatrostalnu čašu i nalijte vode tek toliko da se u smjesu leda i vode može staviti termometar. Očitajte temperaturu takve smjese. Stavite čašu sa smjesom na električno kuhalo i pažljivo pratite promjene na termometru i u čaši.

Što pokazuje termometar?

Mijenja li se razina vode u čaši?

Ako da, kada?

Zaključak:

1. Zašto se temperatura leda i vode nije mijenjala za vrijeme grijanja?

2. Kamo nestaje primljena toplina?



Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: kalorimetar, led, posuda za grijanje vode, menzura, vatrostalna čaša, filter papir.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Odrediti specifičnu toplinu taljenja leda.
2. Odrediti odstupanje dobivene vrijednosti od vrijednosti navedene u tablici u udžbeniku.

MJERENJE I OBRADA:

Led mase m_l i temperature $0\text{ }^\circ\text{C}$ stavite u vodu mase m_v i temperature t_1 (oko $60\text{ }^\circ\text{C}$).

Vodu stavite u kalorimetar. Kada se led otopi nastala smjesa imat će temperaturu τ . Pri tom se miješaju toplina što ju je voda mase m_v utrošila na taljenje leda i na zagrijavanje nastale vode od $0\text{ }^\circ\text{C}$ do τ .

Masu vode m_v prije miješanja odredite vaganjem ili menzurom. Temperaturu joj odredite termometrom.

Da biste bili sigurni da led ima temperaturu $0\text{ }^\circ\text{C}$, usitnite ga i u vodu ga sipajte preko filter papira kako bi što manje rastaljene vode ušlo s ledom u vodu.

Smjesu termometrom miješajte tako dugo dok se posljednji komad leda ne rastali i dok se ne izjednače temperature. Očitajte temperaturu smjese te ponovo izmjerite masu vode u kalorimetru (M) i iz nje odredite masu leda:

$$m_{\text{leda}} = M - m_{\text{vode}}$$

Specifičnu toplinu taljenja leda određujemo pomoću pravila smjese:

$$m_v c(t_1 - \tau) = m_l \lambda_t + m_l c(\tau - 0^\circ\text{C})$$

Tablica 1. Toplina taljenja leda

Redni broj mjerjenja	m_v / kg	$t_1 / \text{ }^\circ\text{C}$	m_l / kg	$\tau / \text{ }^\circ\text{C}$	$c_v / \text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	$c_l / \text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	$\lambda_t / \text{Jkg}^{-1}$
1.							
2.							
3.							

Mjerenja ponovite nekoliko puta.



Analiza rezultata

Usporedite svoje izmjerene rezultate s vrijednošću specifične topline taljenja leda.

Zaključak:

Što se događa pri taljenju neke tvari?



Primjenjujemo naučeno...

1. Istražite kako taljenje leda utječe na život polarnih medvjeda.
2. Istražite štetne učinke taljenja leda tijekom zime.

Zadatci za samostalno istraživanje i samostalne projekte:

1. Istražite razloge otapanja ledenjaka te njihove posljedice na budućnost ljudi.
2. Istražite postupak recikliranja ambalažnog materijala.



Slika S2.3. Limenke

Izvor:// <https://www.flickr.com>, rujana 2016.

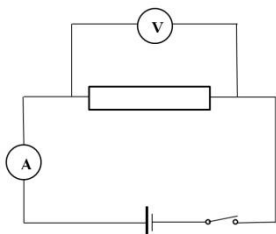
Literatura:

- [1] Andreis, T., Plavčić, M., Simić, N. Fizika 2, Zagreb, Školska knjiga, 2002.
[1] Labor, J. Fizika 2, Zagreb, Alfa, 2014.
[2] Vernić, E. – Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, Zagreb, Školska knjiga, 1987.

PROUČAVANJE ELEKTRIČNOG OTPORA VODIČA



PODSJETNIK:



Slika S3.1. Shema spoja

Električni strujni krug sastoji se od izvora električne struje, otpornika, sklopke i spojnih žica.

Ako u električni strujni krug spajamo instrumente, **voltmetar** spajamo paralelno, a **ampermetar** serijski.

Voltmetrom mjerimo električni napon **U** .

Ampermetrom mjerimo električnu struju **I** .

Ohmov zakon (za dio električnog strujnog kruga) govori nam o odnosu električnog napona električne struje I i električnog otpora R .

$$I = \frac{U}{R}$$

Otpornici su pasivne elektroničke komponente koje pružaju otpor protjecanju električne struje.

Najvažnija karakteristika otpornika jest električni otpor.

Električni otpor objašnjavamo sudarima slobodnih elektroma, u metalima, s ionima rešetke i primjesama.

Promjenjivi otpornik jest otpornik kojemu pomoću klizača možemo mijenjati otpor.

Otpornost računamo po formuli.

$$\rho = \frac{RS}{l} / \Omega \text{ m}$$

ρ - električna otpornost materijala

S - površina presjeka vodiča

l - duljina vodiča



Razmišljamo ...

1. Razmislite u čemu je razlika između vodiča i izolatora?

2. Koje materijale možemo koristiti za izradu vodiča?

3. Obrazložite zašto je jedna vrsta vodiča bolja od druge vrste.

4. Što mislite od kojih materijala je napravljena većina vodiča koje koristimo u svakodnevnom životu?

5. Jesu li samo fizička svojstva materijala presudna za odabir od kojih ćemo materijala napraviti vodiče? Obrazložite.

6. Jesu li svi vodiči jednako "debeli"? Hoće li vodič za računalo biti jednako "debel" kao onaj za pećnicu? Obrazložite.



Istražujemo... i zaključujemo...

Pribor: baterija, žaruljica, daska na kojoj su razvučene žice od različitog materijala i različite površine poprečnog presjeka (npr. jednake površine poprečnog presjeka od bakra, aluminijske, željezne, kantala, a onda dvostruko veće površine poprečnog presjeka od bakra), spojne žice, „bananice“.

Mjerenje: Na bateriju spojite žaruljicu tako da strujni krug zatvorite preko žica, svaki puta preko druge, i to najprije na krajevima, a zatim na različitim mjestima na žici.

1. Ako žaruljicu priključite na krajeve vodiča od različitih materijala iste površine poprečnog presjeka, svijetli li žaruljica jednakim intenzitetom?
2. Ako ne svijetli jednakim intenzitetom, zaključite zašto.
3. Pri kojem materijalu žaruljica najjače svijetli? Što to znači?
4. Usporedite jakost intenziteta žaruljice kod bakra i kod bakra dvostruko većeg poprečnog presjeka. Što ste zaključili?
5. Usporedite jakosti intenziteta žaruljice pri različitim duljinama žice npr. od bakra (može i kod drugog materijala).
6. Zaključite kakav je intenzitet žaruljice kod kraćih vodiča. Što ste zaključili? Objasnite zašto.

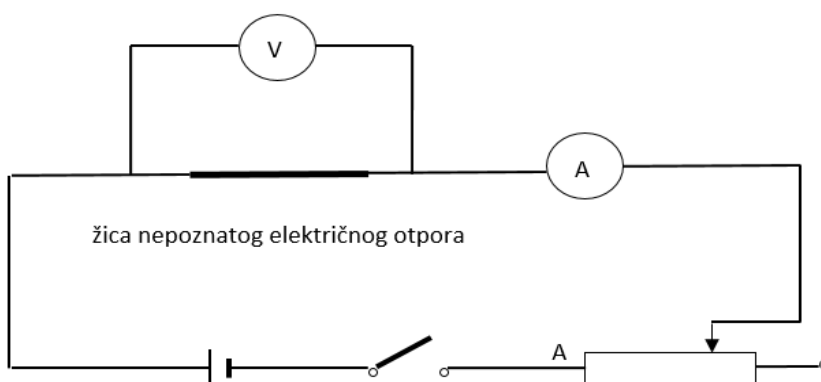


Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo...

PRIBOR: Izvor istosmjerne električne struje, žice nepoznatog električnog otpora (vodiči), klizni otpornik, ampermetar, voltmetar, prekidač, mjerna vrpca, pomična mjerka, žice za spajanje.

- ZADATAK:**
1. Istražite kako električni otpor ovisi o duljini vodiča.
 2. Istražite kako električni otpor ovisi o površini poprečnog presjeka vodiča.
 3. Istražite kako električni otpor ovisi o vrsti materijala od kojega je vodič napravljen.

Sastavite strujni krug prema shemi:



Slika S3.2. Shema spoja

Namjestite klizač promjenjivog otpornika na tri četvrtine od točke A. Uključite prekidač da biste zatvorili električni strujni krug. Izmjerite električnu struju i električni napon na otporniku (žici). Pomićući klizač u lijevo izmjerite električne struje i pripadajuće električne napone za pet mjerenja.

1. a) U električni strujni krug prema shemi spojite vodič od istog materijala i istog presjeka vodiča, ali različite duljine. Za svaki slučaj izmjerite električni napon i električnu struju i upišite ih u tablicu 1. Iz izmjerenih podataka izračunajte električni otpor te električnu otpornost i upišite u tablicu 1.

Tablica 1. Mjerenje ovisnosti električnog otpora vodiča o duljini vodiča (prvi vodič)

Broj mjerenja	S / m^2	l / m	U / V	I / A	R / Ω	$\rho = \frac{RS}{l} / \Omega \cdot \text{m}$	$\Delta \rho / \Omega \cdot \text{m}$

b) U električni strujni krug prema shemi spojite vodič od istog materijala (različitog od slučaja a)) i istog poprečnog presjeka vodiča ali različite duljine. Za svaki slučaj izmjerite električni napon i električnu struju i upišite ih u tablicu 2. Iz izmjerenih podataka izračunajte električni otpor te električnu otpornost i upišite u tablicu 2.

Tablica 2. Mjerenje ovisnosti električnog otpora vodiča o duljini vodiča (drugi vodič)

Broj mjerenja	S / m^2	l / m	U / V	I / A	R / Ω	$\rho = \frac{RS}{l} / \Omega \cdot \text{m}$	$\Delta\rho / \Omega \cdot \text{m}$

2. a) U električni strujni krug prema shemi spojite vodič od istog materijala i iste duljine vodiča ali različite površine poprečnog presjeka. Za svaki slučaj izmjerite električni napon i električnu struju i upišite ih u tablicu 3. Iz izmjerenih podataka izračunajte električni otpor te električnu otpornost i upišite u tablicu 3.

Tablica 3. Mjerenje ovisnosti električnog otpora vodiča o površini poprečnog presjeka vodiča (prvi vodič)

Broj mjerenja	S / m^2	l / m	U / V	I / A	R / Ω	$\rho = \frac{RS}{l} / \Omega \cdot \text{m}$	$\Delta\rho / \Omega \cdot \text{m}$

c) U električni strujni krug prema shemi spojite vodič od istog materijala (različitog od onoga u slučaju a)) i iste duljine vodiča, ali različitih površina poprečnih presjeka. Za svaki slučaj izmjerite električni napon i električnu struju i upišite ih u tablicu 4. Iz izmjerenih podataka izračunajte električni otpor te električnu otpornost i upišite u tablicu 4.

Tablica 4. Mjerenje ovisnosti električnog otpora vodiča o površini poprečnog presjeka vodiča (drugi vodič)

S / m^2	l / m	U / V	I / A	R / Ω	$\rho = \frac{RS}{l} / \Omega \cdot \text{m}$	$\Delta\rho / \Omega \cdot \text{m}$

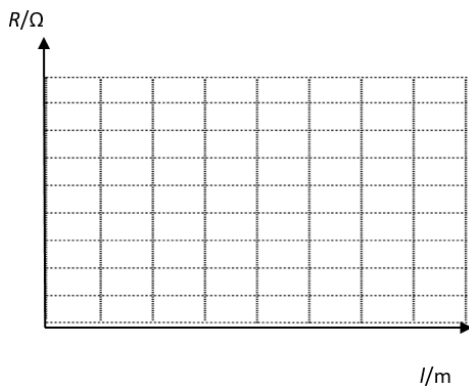
Računom pogreške odredite električnu otpornost prvog vodiča koristeći se podacima iz tablica 1. i 3. za otpornost materijala ($\rho = \frac{RS}{l} / \Omega \cdot m$).

REZULTAT:

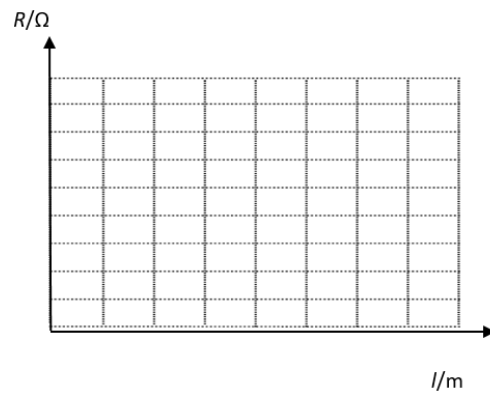
Računom pogreške odredite električnu otpornost aluminija koristeći se podacima iz tablica 2. i 4. za otpornost materijala ($\rho = \frac{RS}{l} / \Omega \cdot m$).

REZULTAT:

3. Nacrtajte grafove funkcija koje prikazuju ovisnosti otpora o duljini vodiča za prvi i drugi vodič koristeći se podacima iz tablica 1. i 2.

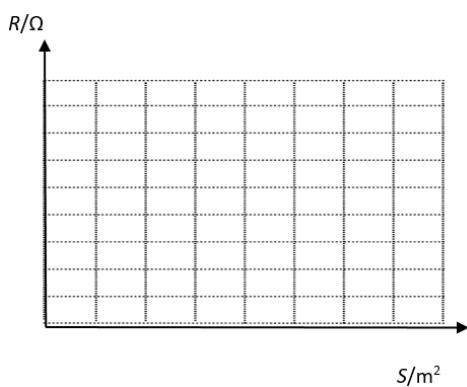


Grafički prikaz 1. Ovisnost električnog otpora prvog vodiča o duljini vodiča

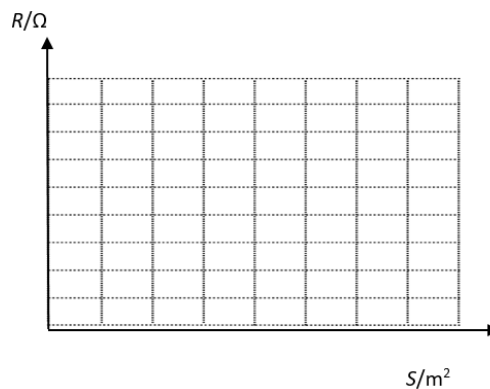


Grafički prikaz 2. Ovisnost električnog otpora drugog vodiča o duljini vodiča

Nacrtajte grafove funkcija koje prikazuju kako otpor vodiča ovisi o površini poprečnog presjeka vodiča za prvi i drugi vodič koristeći se podacima iz tablica 3. i 4.



Grafički prikaz 3. Ovisnost električnog otpora prvog vodiča o površini poprečnog presjeka vodiča



Grafički prikaz 4. Ovisnost električnog otpora drugog vodiča o površini poprečnog presjeka vodiča

Koristeći podatke iz tablice 3. napravite tablicu 5. i podatke ucrtajte u grafički prikaz 5.

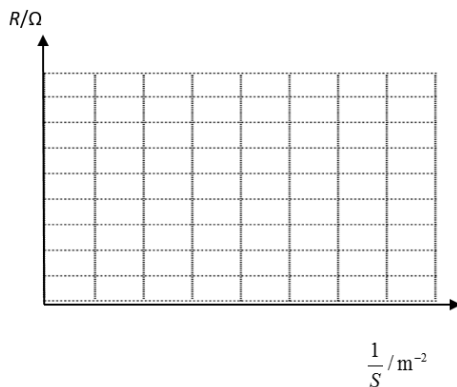
Koristeći podatke iz tablice 4. napravite tablicu 6. i podatke ucrtajte u grafički prikaz 6.

Tablica 5. Ovisnost električnog otpora o inverznoj površini poprečnog presjeka prvog vodiča

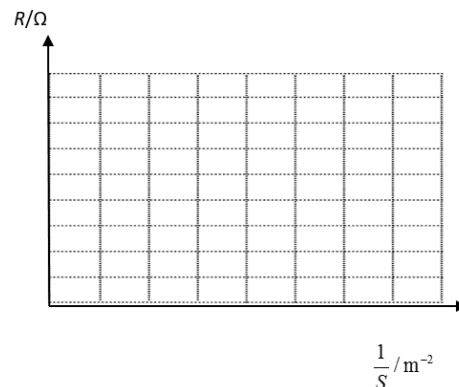
R/Ω					
$\frac{1}{S} / \text{m}^{-2}$					

Tablica 6. Ovisnost električnog otpora o inverznoj površini poprečnog presjeka drugog vodiča

R/Ω					
$\frac{1}{S} / \text{m}^{-2}$					



Grafički prikaz 5. Ovisnost električnog otpora prvog vodiča o inverznoj vrijednosti površine poprečnog presjeka vodiča



Grafički prikaz 6. Ovisnost električnog otpora drugog vodiča o inverznoj vrijednosti površine poprečnog presjeka vodiča



Analiza rezultata

1. Koji materijal ima veću električnu otpornost?

2. Što to znači za vođenje električne struje?

3. Koji materijal bolje provodi električnu struju?

4. Kako električna otpornost materijala ovisi o duljini vodiča, a kako o površini poprečnog presjeka vodiča?

5. Koji od materijala ima veću koncentraciju slobodnih elektrona?

6. U kakvom su odnosu električna otpornost i koncentracija slobodnih elektrona u vodiču?

7. Možete li zaključiti zašto proizvodimo bakrene vodiče u svakodnevnom životu?

8. Kako električni otpor vodiča ovisi o duljini vodiča?

9. Analizirajući grafičke prikaze 1. i 2. odgovorite koji pravac ima veći nagib?

10. Može li se iz nagiba pravca zaključiti koji materijal ima veću električnu otpornost? Objasnite.

11. Iz grafičkih prikaza 1. i 2. izračunajte koeficijente smjera te ih usporedite s vrijednostima električne otpornosti za bakar i aluminij. Napišite zaključak.

12. Kako električni otpor vodiča ovisi o površini poprečnog presjeka vodiča?

13. Koja funkcija prikazuje kako električni otpor vodiča ovisi o površini poprečnog presjeka vodiča?

14. Ako promatrate $R,1/S$ grafički prikaz, možete li zaključiti kako otpor ovisi o površini poprečnog presjeka vodiča?

15. Za koji je vodič veći nagib pravca u grafičkim prikazima 5. i 6.? Objasnite.

16. Usporedite nagibe u R,l i $R,1/S$ grafičkom prikazu. Objasnite zapaženo.

17. Po čemu će se razlikovati produžni kabel koji morate kupiti za računalo i za pećnicu ako su jednako udaljeni od utičnice? Objasnite.

18. Hoće li dva produžna kabla za računalo imati jednake električne otpore ako je jedan dulji, a drugi kraći? Objasnite.

19. Koje materijale možemo koristiti za izradu vodiča električne struje?

20. Jesu li svi vodiči električne struje jednako "debeli"? Zašto?

Zaključak:

1. Nakon provedenih mjerenja usporedite svoja razmišljanja i zaključke s rezultatima mjerenja te analizirajte i uskladite eventualne razlike.

2. O čemu morate razmišljati kada kupujete produžni kabel?



Primjenjujemo naučeno...

O čemu ovisi koji i kakav kabel moramo koristiti za određenu snagu trošila, proučite pod naslovom „Dimenzioniranje vodova“ na ovdje navedenoj web stranici:

http://www.pfst.unist.hr/~ivuovic/stare_stranice/pdf_zip_word/kabeli.pdf, kolovoz 2016.

Koje poprečne presjeka vodiča moramo koristiti za trošila ovisi o električnoj struji i vrsti vodiča. To proučite na ovim web stranicama:

<http://www.elteh.net/el-instalacije/presjek-kabela.html>, kolovoz 2016.


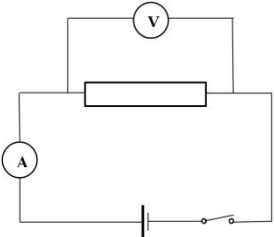
Zadatak za samostalni rad:

Napraviti prezentaciju o vrsti kablova koji se koriste za pojedine namjene te o površinama poprečnih presjeka ovisno o namjeni.

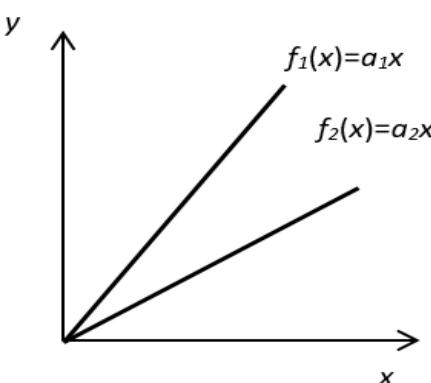
Literatura:

- [1] Brković, N. Zbirka zadataka iz fizike, Zagreb, LUK d.o.o., 2001.
- [2] Vladimir Paar, Vladimir Šips Fizika 2, Zbirka riješenih zadataka, Zagreb, Školska knjiga, 2007.
- [3] Šindler, G., Mikuličić, B., Boranić, B., Eman, B., Paar, V., Babić, M. Zadaci, laboratorijske vježbe i radovi iz fizike, Zagreb, Školska knjiga, 1991.
- [4] Vernić E., Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, Zagreb, Školska knjiga, 1991.

PROUČAVANJE OHMOVA ZAKONA ZA VODIČ I POLUVODIČ

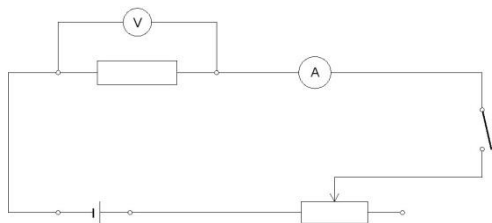
	<p>PODSJETNIK:</p>
	<p>Električni strujni krug sastoji se od izvora električne struje, otpornika, sklopke i spojnih žica.</p> <p>Ako u električni strujni krug spajamo instrumente, voltmetar spajamo paralelno, a ampermetar serijski.</p> <p>Voltmetrom mjerimo električni napon U.</p> <p>Ampermetrom mjerimo električnu struju I.</p>
<p>Slika S4.1. Shema strujnog kruga</p>	

<p>Ohmov zakon (za dio električnog strujnog kruga) govori nam o odnosu električnog napona U, električne struje I i električnog otpora R.</p> $I = \frac{U}{R}$
<p>Električni napon jest razlika potencijala. $U = \varphi_A - \varphi_B$ Električna struja teče od mjesta većeg potencijala prema mjestu manjeg potencijala. Najveći je potencijal na plus polu izvora.</p>
<p>Električnu struju u metalima čini usmjereno gibanje slobodnih elektrona.</p>
<p>Otpornici su pasivne elektroničke komponente koje pružaju otpor protjecanju električne struje. Najvažnija karakteristika otpornika jest električni otpor. Promjenjivi otpornik jest otpornik kojemu pomoću klizača možemo mijenjati otpor.</p>

	<p>Funkciju oblika $f(x) = ax$ zovemo linearna funkcija.</p> <p>Veličinu x zovemo varijabla (veličina koju mijenjamo).</p> <p>Veličinu $f(x)$ zovemo vrijednost funkcije.</p> <p>Veličinu a zovemo koeficijent smjera i ona određuje nagib pravca.</p> <p>Budući da graf funkcije f_1 ima veći nagib od grafa funkcije f_2, znači da je $a_1 > a_2$.</p>
<p>Slika S4.2. Grafički prikaz linearne funkcije</p>	



Razmišljamo ...



Slika S4.3. Shema električnoga strujnoga kruga

Analizirajući električni strujni krug prikazan shemom odgovorite što će se dogoditi s električnim otporom kruga ako klizač pomičemo ulijevo? Obrazložite odgovor.

Razmislite i zaključite, što će se dogoditi s električnom strujom ako klizač pomičemo ulijevo? Obrazložite odgovor.

Što će se dogoditi s električnim naponom na otporniku stalnoga električnoga otpora ako klizač pomičemo ulijevo? Obrazložite odgovor.

Kako možemo pomoću voltmetra i ampermetra odrediti električni otpor u električnom strujnom krugu?

Kakav električni strujni krug, osim onoga na shemi, možemo sastaviti ako hoćemo odrediti električni otpor otpornika?

Navedite pribor za mjerenje: _____

Opišite način mjerenja: _____

Skicirajte shemu električnog strujnog kruga:



Istražujemo... i zaključujemo...

PRIBOR: izvor istosmjerne struje, otpornici nepoznatog električnog otpora (vodiči, poluvodič), klizni otpornik, ampermetar, voltmetar, prekidač, žice za spajanje.

ODABERITE MJERNA PODRUČJA VOLTMETRA I AMPERMETRA.

NE UKLJUČUJTE U STRUJNI KRUG BEZ KONZULTACIJE S NASTAVNIKOM.

Mjerenje: Najprije nacrtajte shemu spoja otpornika. Prema shemi spojite elemente u električni strujni krug. Mjereći električni napon i električnu struju odredite ukupni električni otpor kruga.

1. Što se događa s električnom strujom ako u električnom strujnom krugu povećavamo električni napon?

2. Što se događa s električnom strujom ako u električnom strujnom krugu smanjujemo električni napon na isti način kako smo ga povećavali?

3. Što se događa s električnim otporom otpornika na kojemu mjerimo električni napon i električnu struju koja njime prolazi?

4. Kolika je električna struja kada je električni napon jednak nuli?

5. Kojom bi funkcijom mogli prikazati ovisnost električnog napona o električnoj struji?

6. Kojom bi funkcijom mogli prikazati ovisnost električne struje o električnom naponu?

7. Imaju li grafovi funkcije ovisnosti električnog napona o električnoj struji i ovisnosti električne struje o električnom naponu isti nagib?

8. Ako ta dva grafa funkcije nemaju isti nagib, koji ima veći nagib?



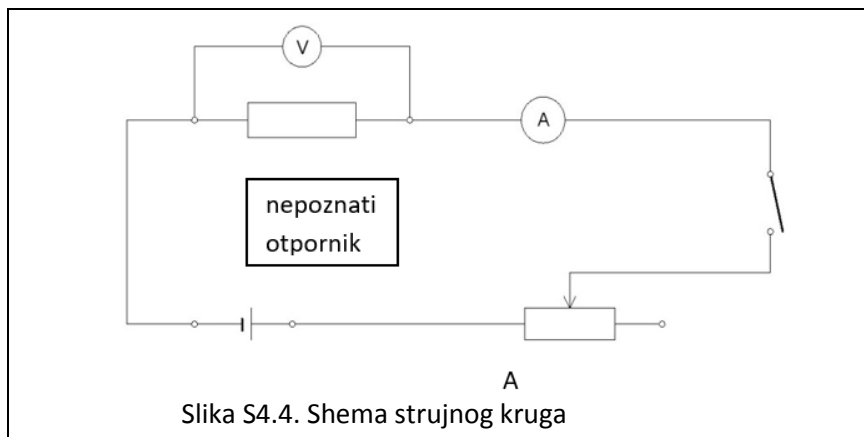
Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: izvor istosmjerne struje, otpornici nepoznatog električnog otpora (vodiči, poluvodič), klizni otpornik, ampermetar, voltmetar, prekidač, žice za spajanje

ODABERITE MJERNA PODRUČJA VOLTMETRA I AMPERMETRA.
NE UKLJUČUJTE U STRUJNI KRUG BEZ KONZULTACIJE S NASTAVNIKOM

- ZADATAK:**
1. Odredite električni otpor vodiča i poluvodiča $U - I$ metodom.
 2. Prikažite grafički ovisnost električnog napona o električnoj struji. Odredite iz grafa električni otpor vodiča i poluvodiča.
 3. Prikažite grafički ovisnost električne struje o vrijednosti električnog napona.

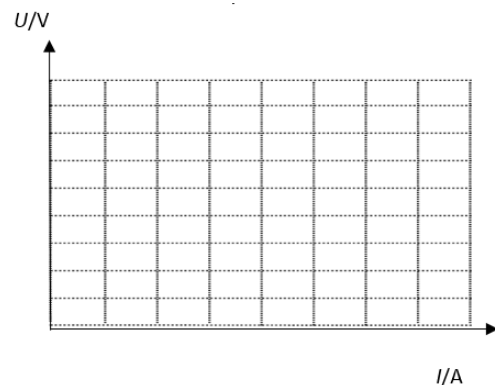
OPIS RADA: Složite električni strujni krug prema shemi.



1. Namjestiti klizač promjenjivog otpornika na tri četvrtine otpornika od točke A. Uključiti prekidač da biste zatvorili električni strujni krug. Izmjeriti električnu struju i električni napon na otporniku nepoznatog električnog otpora. Pomičući klizač u lijevo izmjeriti električnu struju i pripadajući električni napon za pet mjerenja. Izmjerene vrijednosti upisati u tablicu 1. Električni otpor izračunajti računom pogreške. Osim ovakvoga spoja možete spojiti električni strujni krug bez promjenljivog otpornika ali s izvorom električnog napona koji možemo mijenjati.

Tablica 1. Mjerenje električne struje i električnog napona prvog otpornika

U/V					
I/A					
R/Ω					
ΔR/Ω					



Vrijednosti električnog napona i električne struje iz tablice 1. ucrtajte u grafički prikaz 1.

Grafički prikaz 1. Ovisnosti električnog napona o električnoj struji prvog vodiča

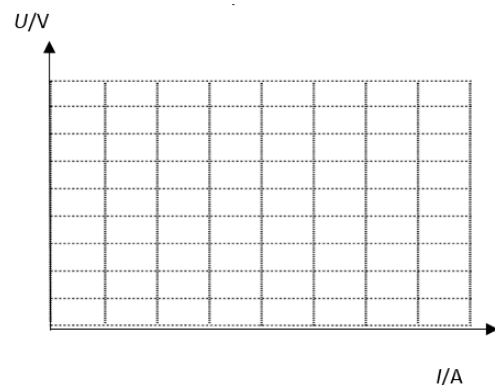
Računom pogreške izračunajte električni otpor
otpor
otpornika 1:

Rezultat: $R_1 =$

2. U električni strujni krug uključite drugi otpornik nepoznatog električnog otpora i vrijednosti električne struje i električnog napona upišite u tablicu 2.

Tablica 2. Mjerenje električne struje i električnog napona drugog otpornika

U/V					
I/A					
R/Ω					
ΔR/Ω					



Vrijednosti električnog napona i električne struje iz tablice 2. ucrtajte u grafički prikaz 2.

Grafički prikaz 2. Ovisnost električnog napona o električnoj struji drugog vodiča

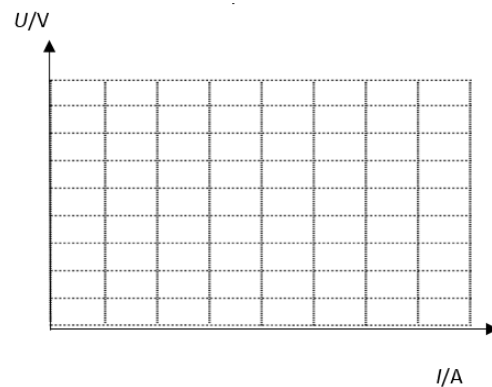
Provedite račun pogreške za drugi otpornik i izrazite rezultat.

REZULTAT: $R_2 =$

3. U strujni krug umjesto vodiča priključite poluvodič te izmjerite električne napone U i električne struje I te vrijednosti upišite u tablicu.

Tablica 3. Mjerenje električne struje i električnog napona poluvodiča

U/V					
I/A					
R/Ω					
$\Delta R/\Omega$					

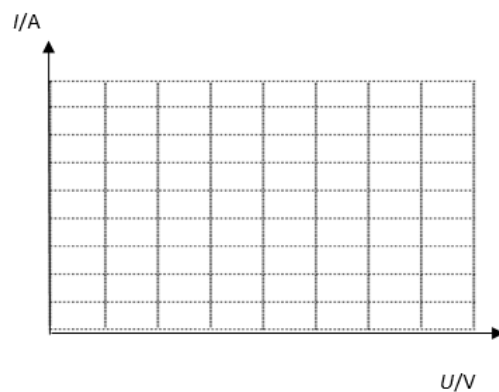


Grafički prikaz 3. Ovisnost električnog napona o električnoj struji poluvodiča

Vrijednosti električnog napona i električne struje iz tablice 3. ucrtajte u grafički prikaz 3. Računom pogreške izračunajte električni otpor poluvodiča.

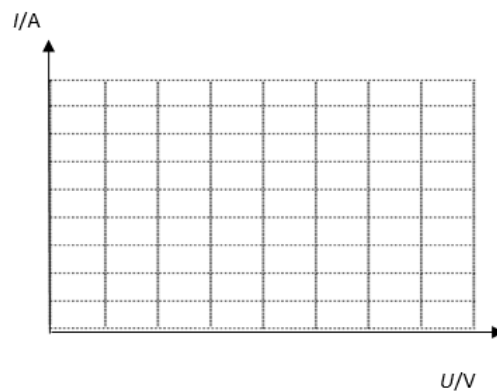
REZULTAT: $R_3 =$

Vrijednosti električnog napona i električne struje iz tablica 1. ucrtajte u grafički prikaz 4.



Grafički prikaz 4. Ovisnost električne struje o električnom naponu prvog vodiča

Vrijednosti električnog napona i električne struje iz tablice 2. ucrtajte u grafički prikaz 5.



Grafički prikaz 5. Ovisnost električne struje o električnom naponu drugog vodiča



Analiza rezultata

1. Analizirajte tablice 1, 2, 3 i zaključite što se događa s električnom strujom pomicanjem klizača promjenljivog otpornika ulijevo prema shemi spoja. Zašto?

2. Usporedite vrijednosti električne struje i električnog napona i odgovorite u kakvom su odnosu?

3. Napišite taj odnos matematički.

4. Koja bi fizička veličina bila konstanta koja ulazi u izraz da bismo umjesto znaka proporcionalnosti mogli staviti znak jednakosti?

5. Napišite izraz koji povezuje električni napon, električni otpor i električnu struju.

6. Analizirajte grafičke prikaze 1., 2. i 3. te zaključite kakve su to funkcije?

7. Napišite tu funkciju matematički.

8. Zaključite koja fizička veličina određuje nagib pravca u grafičkim prikazima ovisnosti napona o električnoj struji?

9. Izračunajte električni otpor vodiča (poluvodiča) grafičkom metodom.

10. Usporedite vrijednosti električnog otpora dobivene grafički i računski. Obrazložite.

11. Analizirajte grafičke prikaze 4. i 5. te zaključite kakve su to funkcije?

12. Koja fizička veličina određuje nagib pravca u grafičkim prikazima ovisnosti električne struje o naponu?

13. Napišite izraz koji povezuje električni otpor i vodljivost

14. Napišite funkciju (iz 12. pitanja) matematički.

Zaključak:

1. Nakon provedenih mjerenja usporedite svoja razmišljanja i zaključke s rezultatima mjerenja te analizirajte i uskladite eventualne razlike.

2. Možete li iz $U - I$ grafa izračunati električni otpor električnoga strujnog kruga? Obrazložite!

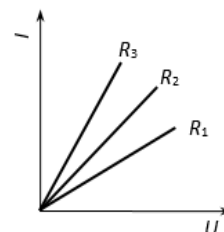
3. Možete li iz $I - U$ grafa izračunati električni otpor električnoga strujnog kruga? Obrazložite!



Primjenjujemo naučeno...

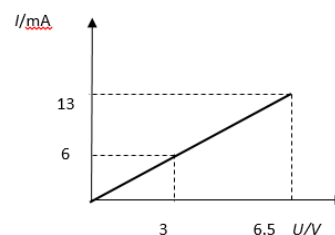
Riješite postavljene zadatke i obrazložite:

1. Tri otpornika otpora R_1 , R_2 i R_3 priključena su na izvor stalnog napona U . Strujno-naponska karakteristika $I = f(U)$ predočena je na crtežu. Kako se odnose električnim otpori tih otpornika? Zaokružite ispravan odgovor!



a)	b)	c)	d)	e)
$R_1 > R_2 > R_3$	$R_1 = R_2 = R_3$	$R_1 < R_2 < R_3$	$R_1 > R_2 = R_3$	$R_1 = R_2 > R_3$

2. Izveden je eksperiment za određivanje nepoznatog otpora. Na temelju podataka mjerenja nacrtan je graf ovisnosti električne struje o naponu. Vrijednost otpora dobivena iz grafa jest:

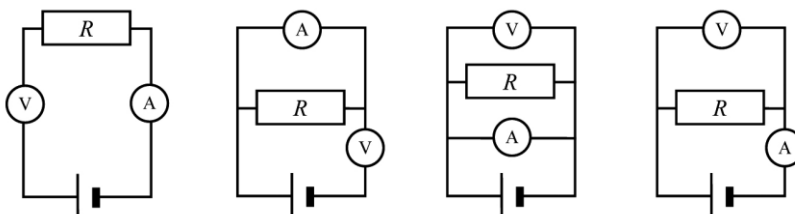


- a) 0.5Ω b) 50Ω c) 500Ω d) 5000Ω

3. Na temelju grafa iz prethodnog zadatka odredite vodljivost. Vodljivost je:

- a) $2 \cdot 10^{-3} \text{ S}$ b) 5 S c) $2 \cdot 10^{-2} \text{ S}$ d) $5 \cdot 10^{-3}$

4. Koji se od električnih strujnih krugova prikazanih shemama može uporabiti da se izmjeri iznos električnog otpora R ?




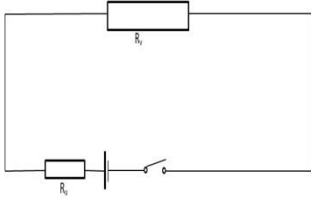
Zadatak za samostalni rad:

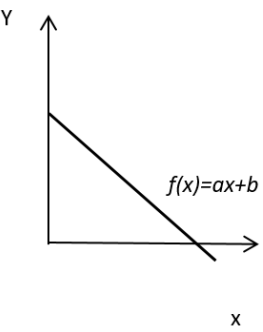
Proučite web stranicu: [https://www.fer.unizg.hr/download/repository/MM - Tema 5.pdf](https://www.fer.unizg.hr/download/repository/MM-Tema_5.pdf), srpanj 2016

Literatura:

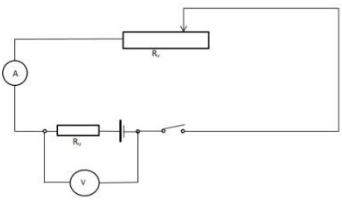
- [1] Brković, N. Zbirka zadataka iz fizike, Zagreb, LUK d.o.o., 2001.
 [2] Vladimir Paar, Vladimir Šips Fizika 2, Zbirka riješenih zadataka, Zagreb, Školska knjiga, 2007.
 [3] Šindler, G., Mikuličić, B., Boranić, B., Eman, B., Paar, V., Babić, M. Zadaci, laboratorijske vježbe i radovi iz fizike, Zagreb, Školska knjiga, 1991.
 [4] Vernić E., Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, Zagreb, Školska knjiga, 1991.

PROUČAVANJE OHMOVA ZAKONA ZA CIJELI STRUJNI KRUG

	PODSJETNIK:
<div style="text-align: center;">  </div> <p>Slika S5.1. Shema strujnog kruga</p>	<p>Električni strujni krug sastoji se od izvora električne struje, otpornika, sklopke i spojnih žica.</p> <p>Izvor električne struje zajedno s električnim otporom izvora zovemo unutarnji dio električnoga strujnog kruga. Električni otpor izvora električne struje zovemo unutarnji električni otpor R_u.</p> <p>Sve ostalo u električnom strujnom krugu zovemo vanjski dio strujnog kruga. U vanjskom dijelu strujnog kruga imamo vanjski električni otpor R_v.</p>
<p>Ohmov zakon (za dio električnog strujnog kruga) govori nam o odnosu električnog napona U, električne struje I i električnog otpora R.</p> $I = \frac{U}{R}$	
<p>Ohmov zakon (za cijeli električni strujni krug) nam govori o odnosu elektromotornog napona ε, električne struje I i ukupnog otpora $R_u + R_v$.</p> $I = \frac{\varepsilon}{R_u + R_v}$	
<p>Električnu struju u metalima čini usmjereno gibanje slobodnih elektrona. Slobodni se elektroni u vanjskom dijelu električnoga strujnog kruga gibaju pod utjecajem električne sile, a u unutarnjem dijelu pod utjecajem neelektrične sile.</p> <p>Električna struja teče kroz vanjski dio električnog strujnog kruga i kroz izvor električne struje (unutarnji dio električnog strujnog kruga).</p> <p>U električnom strujnom krugu postoji električni napon na unutarnjem otporu i na vanjskom otporu.</p> <p>Elektromotorni napon jest zbroj električnog napona na unutarnjem električnom otporu i na vanjskom električnom otporu.</p> $\varepsilon = U_u + U_v$	
<p>Otpornici su pasivne elektroničke komponente koje pružaju otpor protjecanju električne struje. Najvažnija karakteristika otpornika jest električni otpor. Promjenjivi otpornik jest otpornik kojemu pomoću klizača možemo mijenjati otpor.</p>	

 <p>Slika S5.2. Grafički prikaz linearne funkcije</p>	<p>Funkciju oblika $f(x) = a \cdot x + b$ zovemo linearna funkcija.</p> <p>Veličinu x zovemo varijabla (veličina koju mijenjamo).</p> <p>Veličinu $f(x)$ zovemo vrijednost funkcije.</p> <p>Veličinu a zovemo koeficijent smjera i ona određuje nagib pravca.</p> <p>Ako je koeficijent smjera a negativan, funkcija je silazna, odnosno graf funkcije jest padajući.</p>
--	--

	<p>Razmišljamo...</p>
---	------------------------------

 <p>Slika S5.3. Shema električnog strujnog kruga</p>	<p>Analizirajući električni strujni krug prikazan shemom, odgovorite što će se dogoditi s električnim otporom vanjskog dijela električnog strujnog kruga ako klizač pomičemo ulijevo (prema shemi)? Obrazložite odgovor.</p> <hr/> <hr/> <hr/> <p>Što će se dogoditi s električnim otporom unutarnjeg dijela električnog strujnog kruga ako klizač pomičemo ulijevo? Obrazložite odgovor.</p> <hr/> <hr/> <hr/> <p>Što će se dogoditi s električnim otporom električnoga strujnog kruga ako klizač pomičemo ulijevo? Obrazložite odgovor.</p> <hr/> <hr/> <hr/> <p>Razmislite i zaključite, što će se dogoditi s električnom strujom ako klizač pomičemo ulijevo? Obrazložite odgovor.</p> <hr/> <hr/> <hr/>
---	--

	<p>Što će se dogoditi s električnim naponom na otporniku u unutarnjem dijelu strujnoga kruga R_u stalnog električnog otpora ako klizač pomičemo ulijevo? Obrazložite odgovor.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Što će se dogoditi s električnim naponom na otporniku u vanjskom dijelu električnog strujnog kruga R_v stalnog električnog otpora ako klizač pomičemo ulijevo? Obrazložite odgovor.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Kada će biti najveći električni napon na izvoru električne struje?</p> <p>_____</p> <p>Smijemo li vanjski električni otpor smanjiti na najmanju vrijednost? Obrazložite odgovor.</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
--	--

Kako možemo pomoću voltmetra i ampermetra odrediti elektromotorni napon i električni napon u električnom strujnom krugu?

U kakvom strujnom krugu mjerimo elektromotorni napon?

Navedite pribor za mjerenje:

Opišite način mjerenja:

Skicirajte shemu električnog strujnog kruga:



Istražujemo... i zaključujemo...

PRIBOR: izvor istosmjernog napona (baterija, akumulator), klizni otpornik, ampermetar, voltmetar, prekidač, žice za spajanje.

ODABERITE MJERNA PODRUČJA VOLTMETRA I AMPERMETRA.
NE UKLJUČUJTE U STRUJNI KRUG BEZ KONZULTACIJE S NASTAVNIKOM.

Mjerenje: Nacrtajte shemu spoja otpornika. Prema shemi spojite elemente u električni strujni krug. Mjereći električni napon i električnu struju obrazložite što se događa u električnom strujnom krugu.

1. Mjereći napon na izvoru, najprije u otvorenom, a zatim u zatvorenom električnom strujnom krugu, odgovorite u čemu je razlika. Obrazložite.
2. Što se događa s električnim naponom smanjenjem električnog otpora kod promjenjivog otpornika? Obrazložite.
3. Što se događa s električnom strujom smanjenjem električnog otpora kod promjenjivog otpornika? Obrazložite.
4. Što se događa s električnim naponom na unutarnjem električnom otporu smanjenjem električnog otpora kod promjenjivog otpornika? Obrazložite.
5. Što se događa s električnim naponom na vanjskom električnom otporu smanjenjem električnog otpora kod promjenjivog otpornika? Obrazložite.



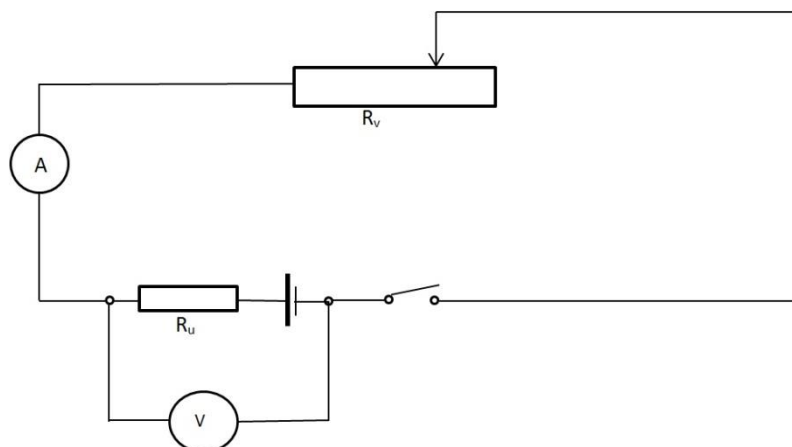
Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: izvor istosmjerne struje (baterija, akumulator), klizni otpornik, ampermetar, voltmetar, prekidač, žice za spajanje.

ODABERITE MJERNA PODRUČJA VOLTMETRA I AMPERMETRA.
NE UKLJUČUJTE U STRUJNI KRUG BEZ KONZULTACIJE S NASTAVNIKOM.

- ZADATAK:**
1. Odredite unutarnji električni otpor izvora napona.
 2. Prikažite grafički ovisnost električnog napona pod opterećenjem (napon na vanjskom dijelu električnoga strujnog kruga) o električnoj struji.
 3. Iz grafičkog prikaza odredite elektromotorni napon i električnu struju kratkog spoja te odredite električni napon na unutarnjem i vanjskom dijelu strujnog kruga.

OPIS RADA: Složite električni strujni krug prema shemi (sklopka obvezno otvorena).



Slika S5.4. Shema strujnog kruga

Mjerenje i obrada:

1. Namjestite klizač promjenjivog otpornika tako da napon na vanjskom otporu bude nešto manji od elektromotornog napona. Kada je prekidač otvoren, izmjerite električni napon. Uključite prekidač da biste zatvorili električni strujni krug. U zatvorenom električnom strujnom krugu izmjerite električnu struju i električni napon. Električni napon pod opterećenjem mjeren je na stupčićima akumulatora. Strujni krug isključite nakon očitanih vrijednosti električne struje i električnog napona. Pomičući klizač tako da smanjujete otpor, izmjerite električnu struju i pripadajući električni napon za pet mjerenja. Nemojte električni otpor na promjenjivom otporniku smanjivati na jako male vrijednosti ili ako to radite, strujni krug smije biti zatvoren jako kratko vrijeme. Izmjerene vrijednosti upišite u tablicu 1. Unutarnji električni otpor izračunajte koristeći izraz:

$$R_u = \frac{\varepsilon - U_v}{I}$$

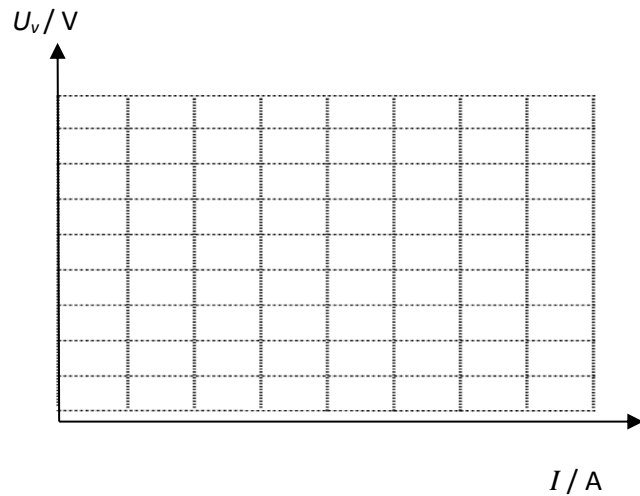
Tablica 1. Mjerenje unutarnjeg električnog otpora izvora istosmjerne struje

ε / V					
U_v / V					
I / A					
R_u / Ω					
$\Delta R_u / \Omega$					

Vrijednosti električnog napona vanjskog dijela strujnog kruga U_v i električne struje iz tablice 1. ucrtajte u grafički prikaz 1.

Računom pogreške izračunajte unutarnji električni otpor.

Rezultat: $R_U =$



Grafički prikaz 1. Ovisnost električnog napona na vanjskom dijelu električnog strujnoga o električnoj struji



Analiza rezultata

1. Usporedite vrijednosti električnog napona u otvorenom i zatvorenom električnom strujnom krugu. Obrazložite zapaženo.

2. Teče li električna struja kroz unutarnji i vanjski dio električnog strujnog kruga?

3. Ima li izvor električnog napona električni otpor?

4. Kako računamo električni napon na unutarnjem i vanjskom električnom otporu (po Ohmovom zakonu za dio električnog strujnog kruga). Napišite to matematički.

5. Kako su spojeni unutarnji i vanjski električni otpor?

6. Napišite matematički izraz za ukupni električni otpor električnog strujnog kruga.

7. Čemu je jednak elektromotorni napon (napon izvora) po drugom Kirchhoffovom pravilu?
Napišite matematički izraz.
-
8. Čemu je jednaka razlika električnog napona, na polovima izvora napona, u neopterećenom i opterećenom stanju. Napišite matematički izraz.
-
9. Na temelju dosadašnjih saznanja i zaključaka napišite matematički izraz za unutarnji električni otpor.
-
10. Iz grafičkog prikaza 1. odredite nagib pravca $\left(\frac{\Delta U}{\Delta I}\right)$? Koje fizičko značenje ima nagib pravca?
-
11. Usporedite vrijednosti unutarnjeg električnog otpora dobivenih iz grafa i mjerenjem?
Objasnite zaključak.
-
12. Ako produljite pravac do osi ordinata, koliki ćete napon očitati? Kolika je električna struja u tom trenutku? Usporedite očitani napon s izmjerenim elektromotornim naponom.
-
13. Ako produljite pravac do osi apscisa, kakvu ćete vrijednost električne struje moći očitati. Kako zovemo tu električnu struju i kolika joj je vrijednost?
-
14. Što se događa s električnim naponom na vanjskom električnom otporu kada se povećava električna struja?
-
15. Što se događa s električnim naponom na unutarnjem električnom otporu kada se povećava električna struja?
-
16. Koliki je električni napon na vanjskom električnom otporu kada je električna struja najjača (struja kratkog spoja)?
17. Napišite matematički izraz za struju kratkog spoja.
-

Zaključak:

1. Nakon provedenih mjerenja usporedite svoja razmišljanja i zaključke s rezultatima mjerenja te analizirajte i uskladite eventualne razlike.

2. Bi li se unutarnji otpor izvora napona mogao odrediti ako se poznaje vrijednost otpora R_v ?

3. Zašto kod mjerenja električne struje kratkog spoja ne smijete dugo držati uključen električni strujni krug?

4. Objasnite zašto u električni strujni krug kod instalacija ugrađujemo osigurač.

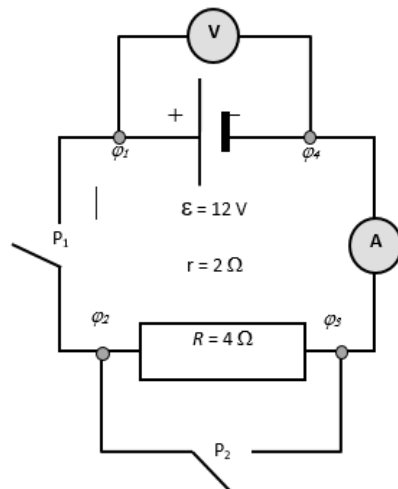
5. Smije li unutarnji električni otpor imati veću vrijednost nego vanjski električni otpor? Objasnite.



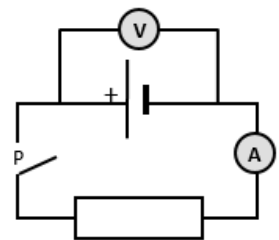
Primjenjujemo naučeno...

1. Elektromotorni napon izvora iznosi 12 V. Struja kratkog spoja iznosi 6 A.
 - a) Koliki je unutarnji otpor izvora napona?
 - b) Kolika električna struja prolazi kroz izvor ako je on priključen na vanjski otpor od 10 Ω ?
 - c) Koliki je električni napon na vanjskom otporu?
2. Kad na bateriju elektromotornog napona 24V priključimo otpornik od 2 Ω , krugom prolazi električna struja od 10A. Kolika je električna struja kad je baterija kratko spojena?
3. Kolika je električna struja kratkog spoja akumulatora koji ima elektromotorni napon 12 V i unutarnji otpor 0,1 Ω ?
4. Crtež prikazuje električni strujni krug koji se sastoji od izvora elektromotornog napona $\epsilon = 12V$, unutarnjeg električnog otpora $R_u = 2\Omega$, vanjskog električnog otpora $R = 4\Omega$, dva prekidača P_1 i P_2 , idealnog voltmetra V i ampermetra A. Odredite električni napon koji pokazuje voltmetar, električnu struju koju pokazuje ampermetar te potencijale točaka φ_1 , φ_2 i φ_3 ako je potencijal točke $\varphi_4 = 0$ u slučaju:

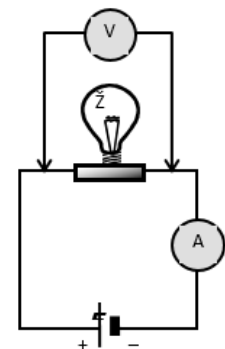
- a) kad su prekidači P_1 i P_2 otvoreni
- b) ako je prekidač P_1 zatvoren, a P_2 otvoren
- c) ako su prekidači P_1 i P_2 zatvoreni.



5. Na crtežu je prikazan električni strujni krug. Kad je prekidač P otvoren voltmetar pokazuje električni napon od 1,52 V. Kad se prekidač P zatvori voltmetar pokazuje 1,37V, a ampermetar električnu struju od 1,5A. Koliki je unutarnji otpor izvora elektromotornog napona? Instrumenti su idealni, tj. električni je otpor ampermetra nula, a voltmetra beskonačno velik.



6. U električnom strujnom krugu na izvor stalnog napona zanemarivog unutarnjeg otpora priključena je žaruljica, idealni ampermetar i voltmetar (crtež). Voltmetar pokazuje električni napon od 4,5V, dok ampermetar pokazuje električnu struju 0,1A. Ako žaruljica pregori, tada će voltmetar pokazivati električni napon U , a ampermetar električnu struju I . Zaokružite ispravan odgovor!



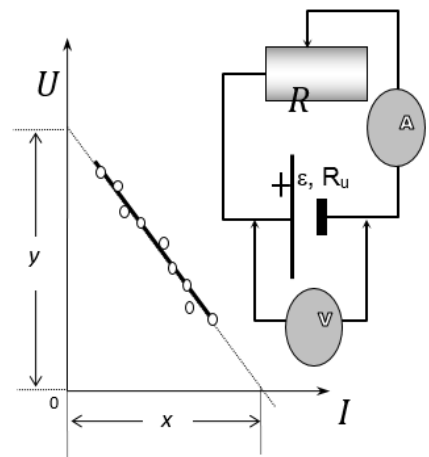
- a) $U = 0 \text{ V}; I = 0 \text{ A}$
- b) $U = 4,5 \text{ V}; I = 0,1 \text{ A}$
- c) $U = 0 \text{ V}; I = 0,1 \text{ A}$
- d) $U = 4,5 \text{ V}; I = 4,5 \text{ A}$
- e) $U = 4,5 \text{ V}; I = 0 \text{ A}$
- f) nijedan od predloženih odgovora nije ispravan.

7. Promjenjivi otpornik ukupnog električnog otpora R priključen je na izvor elektromotornog napona, unutarnjeg otpora R_u . Ovisnost električnog napona U koji mjerimo na idealnom voltmetru V o električnoj struji I koju pokazuje idealni ampermetar A prikazana je na U, I grafom (crtež).

I. Koju fizikalnu veličinu predstavljaju y i x ?

II. Što predstavlja omjer y i x ? Zaokružite ispravan odgovor!

- a) razliku vanjskog i unutarnjeg otpora ($R - r$)
- b) zbroj vanjskog i unutarnjeg otpora ($R + r$)
- c) vanjski otpor R
- d) unutarnji otpor izvora r
- e) omjer vanjskog i unutarnjeg otpora R/r .



Zadatak za samostalno istraživanje: Odredite unutarnji otpor akumulatora automobila.

Literatura:

- [1] Brković, N. Zbirka zadataka iz fizike, Zagreb, LUK d.o.o., 2001.
- [2] Paar, V., Šips, V. Fizika 2, Zbirka riješenih zadataka, Zagreb, Školska knjiga, 2007.
- [3] Šindler, G., Mikuličić, B., Boranić, B., Eman, B., Paar, V., Babić, M. Zadaci, laboratorijske vježbe i radovi iz fizike, Zagreb, Školska knjiga, 1991.
- [4] Vernić E., Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, Zagreb, Školska knjiga, 1991.

PROUČAVANJE PLINSKIH ZAKONA



PODSJETNIK:

Da biste ponovili gradivo o linearnim funkcijama posjetite web adresu http://www.os-ljudevita-gaja-zapresic.skole.hr/Nastava/matematika/7_razred?news_id=780, rujan 2016.

Da biste ponovili gradivo o plinskim zakonima i molekularno-kinetičkoj teoriji, posjetite web adresu:

http://www.auxilia.hr/fdsak3jnFsk1Kfa/pripreme/Molekularno-kineticka_teorija_intro_novo.pdf, kolovoz 2016.



Razmišljamo ...



p_2, V_2



p_1, V_1

Slika S6.1. Baloni

Jedan balon napužete i zavežete ga, a onda ga malo stisnete rukom. Je li tlak u balonima jednak? Objasnite.

Koje se fizičke veličine, koje opisuju stanje plina, mijenjaju u ovom primjeru i kako? Objasnite.

O kojoj se promjeni stanja plina radi?

Kupili smo bocu plina zimi (boca je stajala vani) pa smo je unijeli u kuću.

Kakvi su tlakovi plina vani i unutra? Objasnite.

Koje se fizičke veličine, koje opisuju stanje plina, mijenjaju u ovom primjeru i kako?

O kojoj se promjeni stanja plina radi?

Što će se dogoditi ako malo napuhani balon (koji je zavezan) zagrijavamo?

Hoće li balon odmah puknuti?

Ako ne, hoće li uopće puknuti? Objasnite.

Koje su se promjene stanja plina ovdje dogodile?

Kako možemo izmjeriti tlak plina u medicinskoj šprici?

Navedite pribor za mjerenje:

Opišite način mjerenja:



Slika S6. 2. Uređaj za mjerenje tlaka pri stalnoj temperaturi

Pribor: U-cijev, medicinska šprica, gumeno crijevo, ravnalo

Mjerenje: Medicinsku špricu spojite gumenim crijevom s U-cijevi. Klip medicinske šprice namjestite tako da visina stupca tekućine u kraku, koji je spojen na medicinsku špricu, bude jednaka visini stupca tekućine u kraku koji je otvoren. Gornji krajevi stupaca tekućine neka pokazuju nula na skali (nulti položaj). Nakon toga pritisćite klip medicinske šprice i promatrajte što se događa s visinama stupaca tekućine u oba kraka U-cijevi.

Zapišite svoja zapažanja:

1. Koji tlak mjerimo visinom stupca tekućine u kraku U-cijevi koji je priključen na medicinsku špricu?
2. Koji tlak mjerimo u otvorenom kraku U-cijevi?
3. Kakvi su tlakovi kada su tekućine u nultom položaju?
4. Što se događa s visinom stupca tekućine u kraku koji je priključen na medicinsku špricu, a što u otvorenom dijelu U-cijevi kada pritišćemo klip medicinske šprice?
5. Što se događa s volumenom kada pritišćemo klip?
6. Što se događa s tlakom kada pritišćemo klip?
7. Kakav je tlak u medicinskoj šprici u odnosu na atmosferski tlak?
8. Koji tlak nam pokazuje visina stupca tekućine (iznad nultog položaja) u otvorenom kraku cijevi?
9. Kako ćete izračunati tlak u medicinskoj šprici?



Izvodimo eksperiment mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo...

PRIBOR: Medicinska šprica, gumeno crijevo, U-cijev, ravnalo, kuhalo, vatrostalne posude, tikvica, gumeni čep s rupicama, termometar, stalak, hvataljke.

PRI RADU S KUHALOM RADITE OPREZNO. PREPORUČA SE UPORABA HVATALJKE.

Zadatak vježbe:

1. Odrediti koliki je umnožak tlaka i volumena zraka.
2. Prikazati grafički vezu između tlaka zraka i volumena.
3. Prikazati grafički vezu između tlaka zraka p i recipročne vrijednosti volumena $1/V$.
4. Odrediti kvocjent tlaka zraka i termodinamičke temperature.
5. Grafički prikazati ovisnost tlaka zraka o temperaturi u stupnjevima celzija.
6. Grafički prikazati ovisnost tlaka zraka p o temperaturi t (T je u kelvinima).

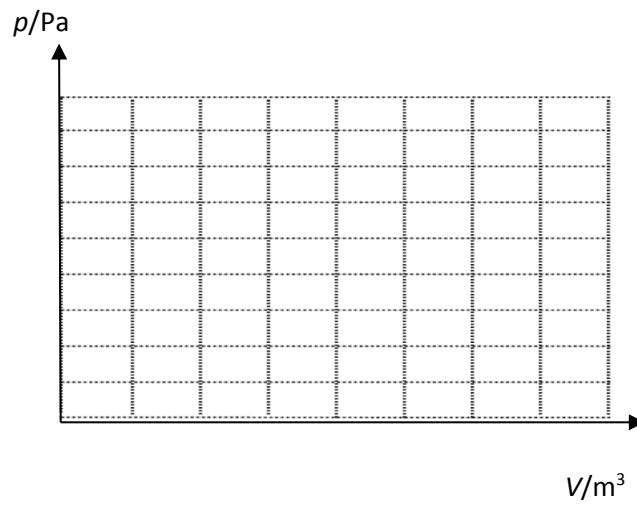
Mjerenje i obrada:

- i. 1. Uzmite medicinsku špricu i spojite je gumenim crijevom na U-cijev u kojoj se nalazi tekućina (može voda koju obojamo). Klip medicinske šprice namjestite tako da razina tekućine u kraku U-cijevi, koji je spojen na medicinsku špricu, bude jednaka razini tekućine u otvorenom kraku U-cijevi, nula na skali (nulti položaj). Klip medicinske šprice pomičite tako da se volumen zraka u medicinskoj šprici smanjuje. Za svaki volumen zraka u medicinskoj šprici izmjerite i zapišite visinu tekućine h u odnosu na nulti položaj te ih upišite u tablicu 1. Tekućina uzrokuje hidrostatski tlak pa ćemo tlak računati po formuli $p = p_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$. Atmosferski tlak izmjerimo barometrom. Pošto smo izračunali tlakove, vrijednosti tlaka p i volumena V upišemo u tablicu 1. u koju upišemo i vrijednosti umnoška tlaka i volumena pV .

Tablica 1. Mjerenje tlaka i volumena zraka pri konstantnoj temperaturi

Broj mjerenja	h / m	p / Pa	V / m^3	$p \cdot V / N \cdot m$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

2. Koristeći podatke iz tablice 1. grafički prikažite ovisnost tlaka zraka o volumenu.

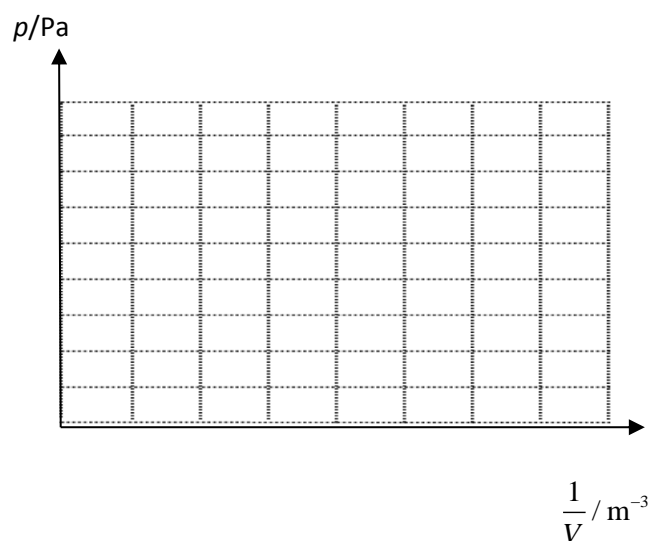


Grafički prikaz 1. Prikaz ovisnosti tlaka o volumenu

3. Grafički prikažite ovisnost tlaka zraka p o recipročnoj vrijednosti volumena $1/V$ koristeći se podacima iz popunjene tablice 2.

Tablica 2. Prikaz tlaka i recipročne vrijednosti volumena

Redni broj mjerjenja	p / Pa	$\frac{1}{V} / \text{m}^{-3}$
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		



Grafički prikaz 2. Prikaz ovisnosti tlaka o recipročnoj vrijednosti volumena

1. Tikvicu, u kojoj je zrak, zatvorite gumenim čepom kroz čiju je jednu rupicu uvučena staklena cjevčica, a kroz drugu termometar. Staklenu cjevčicu spojite gumenim crijevom s U-cijevi. Tikvicu zatim stavite u vatrostatnu posudu i vatrostatnu posudu napunite vodom tako da skoro cijela tikvice bude u vodi. Grlo tikvice obuhvatite hvataljkom i učvrstite je za stalak. Vatrostatnu posudu stavite na kuhalo. Kuhalo zagrijava vodu, a time i zrak u tikvici. Temperaturu zraka mjerimo termometrom. Na U-cijevi mjerimo visinu stupca tekućine u otvorenom kraku U-cijevi u odnosu na nulti položaj. Tekućina uzrokuje hidrostatski tlak pa ćemo tlak računati po formuli $p = p_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$. Atmosferski tlak izmjerimo barometrom. Izmjerene podatke upišemo u tablicu 3.

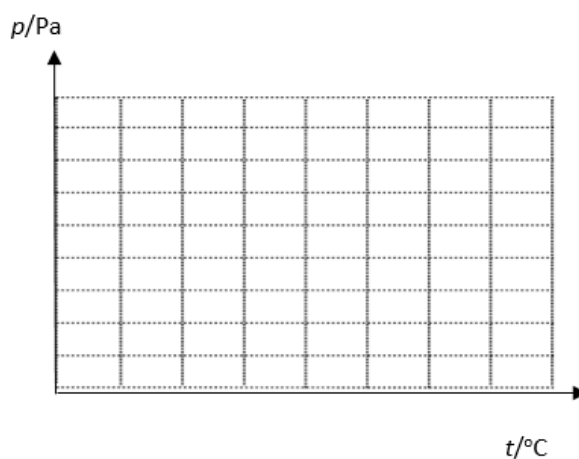


Slika S6.3. Uređaj za mjerenje tlaka pri konstantnom volumenu

Tablica 3. Mjerenje tlaka i temperature pri konstantnom volumenu

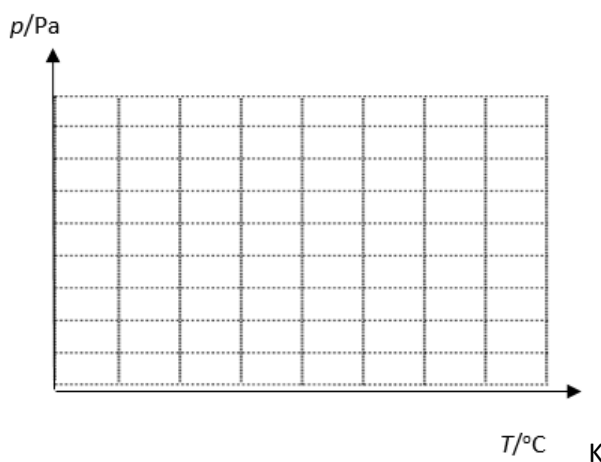
Redni broj mjerjenja	h / m	p / Pa	$t / ^\circ C$	T / K	$\frac{p}{T} / Pa K^{-1}$
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

2. Koristeći podatke iz tablice 3. grafički prikažite ovisnost tlaka zraka p o temperaturi t u stupnjevima celzija.



Grafički prikaz 3. Prikaz ovisnosti tlaka o temperaturi pri konstantnom volumenu

3. Koristeći podatke iz tablice 3. grafički prikažite ovisnost tlaka zraka o termodinamičkoj temperaturi .



Grafički prikaz 4. Prikaz ovisnosti tlaka o termodinamičkoj temperaturi pri konstantnom volumenu



Analiza rezultata

1. Objasnite kakav je tlak u medicinskoj šprici u odnosu na tlak u otvorenom kraku U-cijevi kada se smanji volumen zraka.

2. Što bi se dogodilo s razinama tekućine u krakovima U-cijevi da smo povećali volumen zraka? Objasnite.

3. Objasnite kakav je tlak u medicinskoj šprici u odnosu na tlak u otvorenom kraku U-cijevi kada smo povećali volumen zraka.

4. Analizirajući tablicu 1. zaključite kakav je umnožak tlaka zraka i volumena. Što to govori o odnosu tlaka zraka i volumena? Objasnite.

5. Što je s temperaturom zraka kada mijenjamo volumen i tlak zraka?

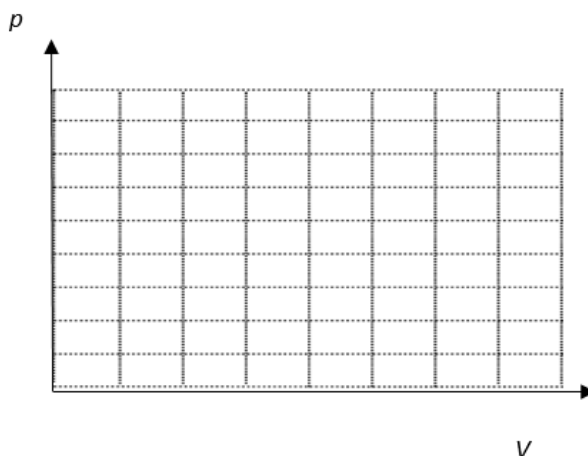
6. O kojoj se promjeni stanja plina se ovdje radi?

7. Uspoređujući grafički prikaz 1. i grafički prikaz 2. odgovorite koji vam je graf pogodniji za analizu? Zašto?

8. Koja funkcija opisuje ovisnost tlaka zraka o volumenu, a koja ovisnost tlaka zraka o recipročnoj vrijednosti volumena?

9. Iz grafičkog prikaza 2. odredite koeficijent smjera prikazanog grafa funkcije i usporedite ga s umnoškom tlaka i volumena. Objasnite.

10. Kako bi izgledao graf funkcije u pV dijagramu da je temperatura zraka veća nego ona na kojoj smo mjerili? Skicirajte to.



Grafički prikaz 5. p, V dijagram

11. Pomoću molekularno-kinetičke teorije objasnite odnos tlaka i volumena uz konstantnu temperaturu.

12. Analizirajući tablicu 3. zaključite što se događa s tlakom zraka u tikvici na višoj temperaturi. Objasnite.

13. Analizirajući tablicu 3. zaključite kakav je kvocijent tlaka i pripadne termodinamičke temperature. Što to govori o promjeni tlaka u odnosu na promjenu termodinamičke temperature?

14. U čemu je razlika između grafova p, t i p, T ?

15. Kako bi izgledao p, T graf da je nulti položaj bio na višoj termodinamičkoj temperaturi? Objasnite.

Zaključak:

1. Nakon provedenih mjerenja usporedite svoja razmišljanja i zaključke s rezultatima mjerenja, te analizirajte i uskladite eventualne razlike.
2. Možete li objasniti zašto na ekspres loncu mora biti sigurnosni ventil?
3. Možete li objasniti zašto balon ne smijemo jako stisnuti?
4. Možete li objasniti zašto plinsku bocu ne smijemo držati pokraj vatre?



Primijenjujemo naučeno...

Zadatci za samostalno istraživanje:

1. Proučite plinske zakone na ovoj stranici:

<http://mmarcus.fizika.org/samp/seminar24.php>, kolovoz 2016.

2. Plinske zakone možemo primjeniti koristeći ekspres lonac. O ekspres loncu proučite na sljedećoj web stranici:

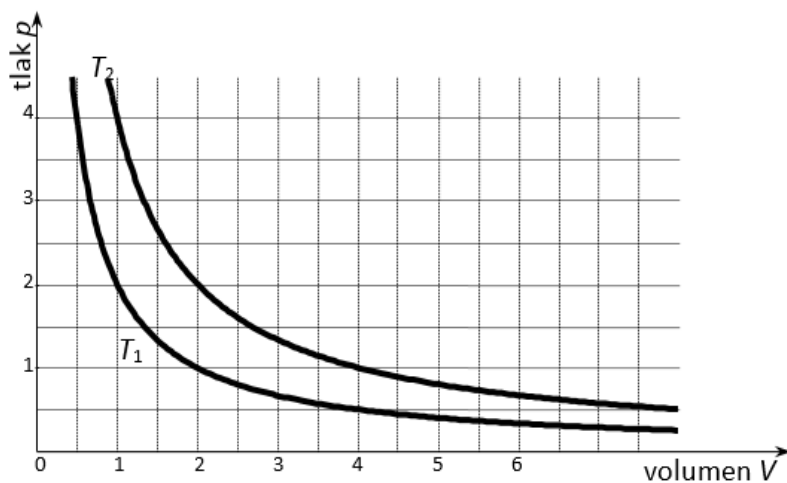
<http://gastro.24sata.hr/friske-vijesti/kako-kuhati-u-ekspres-loncu-304>, kolovoz 2016.

3. Na ovoj stranici možete proučiti rad pluća i druge primjere iz života:

https://www.google.hr/?gws_rd=ssl#q=plinski+zakoni+fizika, kolovoz 2016.

Zadatci:

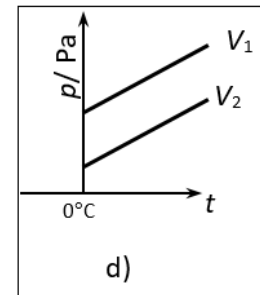
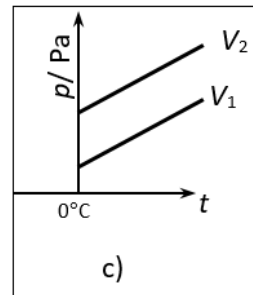
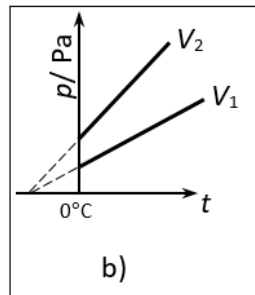
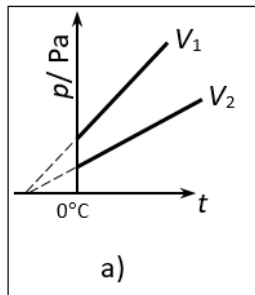
1. Na crtežu su prikazane dvije izoterme u p, V grafu temperatura T_1 i T_2 idealnog plina zatvorenog u cilindru s pomičnim klipom.



Možete li na osnovi crteža zaključiti o omjeru temperatura tih izotermi?

- Ne, jer ne znamo koji je to plin.
- Da točno, temperatura $T_2 = 2 \cdot T_1$.
- Da približno, samo da je temperatura $T_2 > T_1$.
- Da točno, temperatura $T_1 = 2 \cdot T_2$.
- Da približno, samo da je temperatura $T_1 > T_2$.

2. Koji od predloženih p, t grafova najbolje opisuje izohorni proces određene mase idealnog plina za dva različita volumena V_1 i V_2 pri čemu je $V_1 < V_2$.



3. Idealni plin temperature 300 K pri izotermnoj ekspanziji poveća svoj volumen dva puta i zatim se izohorno zagrijava tako da mu tlak bude jednak onom prije ekspanzije. Kolika je konačna temperatura plina nakon zagrijavanja?
4. Zatvoreni cilindar sadrži zrak na temperaturi 100 °C. Na kojoj bi temperaturi trebao biti zrak u posudi da tlak bude dva puta veći?
5. Cilindar s pomičnim klipom sadrži 1 mol idealnog plina. Plinu se mijenja volumen pri stalnoj temperaturi, dakle izotermna promjena. Pri temperaturi okoline T_1 Stjepkica je dobila vrijednosti:

V / dm^3	1	2	3	...
$p / 10^5 \text{ Pa}$	6	3	2	...

dok je Filip za drugu temperaturu T_2 okoline s istim ostalim početnim uvjetima kao i Stjepkica dobio vrijednosti:

V / dm^3	1	2	3	...
$p / 10^5 \text{ Pa}$	12	6	4	...

- a) Tko je mjerio pri višoj temperaturi?
- b) Često se umjesto prikaza u p, V grafu izotermička promjena stanja plina prikazuje u $p, \frac{1}{V}$ grafu. Nacrtajte kako izgledaju grafovi izotermi različitih temperatura u oba grafa te označite koja je temperatura najveća, a koja najmanja.

Literatura:

- [1] Brković, N. Zbirka zadataka iz fizike, Zagreb, LUK d.o.o., 2001.
- [2] Paar, V., Šips, V. Fizika 2, Zbirka riješenih zadataka, Zagreb, Školska knjiga, 2007.
- [3] Šindler, G., Mikuličić, B., Boranić, B., Eman, B., Paar, V., Babić, M. Zadaci, laboratorijske vježbe i radovi iz fizike, Zagreb, Školska knjiga, 1991.
- [4] Vernić E., Mikuličić, B. Vježbe iz fizike, Zagreb, Školska knjiga, 1991.

POPIS PRIBORA PO VJEŽBAMA

DOMENA:		GIBANJA
Proučavanje pravocrtnih gibanja	G1	Kosina visine h i duljine s , metarska mjerka, dvije kuglice različitih masa, vaga i zaporni sat
Proučavanje složenih gibanja. Horizontalni hitac	G2	“Dvostrani balistički pištolj” s dvije metalne kuglice ili novčići i ravnalo, dvije loptice, podloge različite visine i metar
Proučavanje složenih gibanja. Vertikalni hitac	G3	Računalo s internetskom vezom, web adresa http://www.walter-fendt.de/ph6en/projectile_en.htm , rujan 2016.
Proučavanje složenih gibanja. Kosi hitac	G4	Računalo s internetskom vezom, web adresa http://www.walter-fendt.de/ph6en/projectile_en.htm , rujan 2016.
DOMENA:		ENERGIJA
Proučavanje zakona očuvanja energije pomoću loptica kada padaju s neke visine h i odskoče na visinu h' (ZOE I)	E1	Različite loptice (gumena, loptica za stolni tenis, metalne...), metar, dinamometar (ili vaga)
Proučavanje zakona očuvanja energije pomoću kuglica koje se spuštaju niz kosinu s visine h na ravnu podlogu te padaju s visine H ((ZOE II)	E2	Kosina, stol, različite podloge, kuglice različitih masa, metar, dinamometar ili vaga
Proučavanje kapaciteta kondenzatora u istosmjernom i izmjeničnom strujnom krugu	E3	Računalo s internetskom vezom, web stranica https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab , rujan 2016.
Proučavanje stojnih valova. Određivanje brzine zvuka	E4	Glazbene vilice, batić za vilicu, menzura, staklena cijev, ravnalo, čaša s vodom
Određivanje intervala frekvencija vidljive svjetlosti osobnim spektrometrom	E5	Osobni spektrometar s optičkom rešetkom i metarskim mjerkama, izvor bijele svjetlosti, laser, komad svile i drvene bojice
Određivanje brzine svjetlosti u staklu i vodi	E6	Laseri raznih boja (npr. crvene i zelene boje), podloga s kutomjerom koji mjeri puni kut, te prozirno sredstvo (polukružna staklena ploča, ili planparalelna ploča) i posudica s vodom
DOMENA:		MEĐUDJELOVANJE
Određivanje faktora trenja klizanja na nizbrdici	M1	Kosina, tijela različitih masa, kvadar s kucicama (s drvenom i gumenom podlogom), metar, ravnalo, dinamometar i zaporni sat
Proučavanje titranja utega na opruzi. Određivanje konstante elastičnosti opruge	M2	Stalak s metarskom mjerkom, opruge, utezi različitih masa, dinamometar (ili vaga) i zaporni sat
Određivanje gravitacijskog ubrzanja pomoću njihala	M3	Stalak, metar, utezi različitih masa, ravnalo, dinamometar i zaporni sat

Proučavanje ravnoteže sila na poluzi	M4	Stalak s letvicom koja se može zakretati oko osi, utezi s kukicama, ravnalo (ili ravnalo, matice za vijke jednakih masa), drvene letvice homogene i nehomogene (izbušene sa strane) i željezna šipka
Proučavanje centripetalne i centrifugalne sile	M5	Uređaj za proučavanje centripetalne sile, dinamometar, zaporni sat, ravnalo, dinamometar (2 N), nit duljine 50 cm, uteg mase 100 g, dva stalka i kvačica za rublje
DOMENA: STRUKTURA TVARI		
Proučavanje toplinskih izmjena krutog tijela s okolinom	S1	Nekoliko čaša od vatrostalnog stakla, termometar, zaporni sat, voda, ulje, vaga i električno kuhalo, kalorimetar, uteg, željezni ključ ili neki drugi metalni predmet, posuda za grijanje vode, menzura i termometar
Proučavanje topline taljenja leda	S2	Termometar, vatrostalne posude, električno kuhalo, voda i led, kalorimetar, posuda za grijanje vode, menzura i filter papir
Proučavanje električnog otpora vodiča	S3	Baterija, žaruljica, daska na kojoj su razvučene žice od različitog materijala i različite površine poprečnog presjeka (npr. jednake površine poprečnog presjeka od bakra, aluminijska, željezna, kantala, a onda dvostruko veće površine poprečnog presjeka od bakra), spojne žice, „bananice“, izvor istosmjerne električne struje, žice nepoznatog električnog otpora (vodiči), klizni otpornik, ampermetar, voltmetar, prekidač, mjerna vrpca, pomična mjerka i žice za spajanje
Proučavanje Ohmova zakona za vodič i poluvodič	S4	Izvor istosmjerne struje, otpornici nepoznatog električnog otpora (vodiči, poluvodič), klizni otpornik, ampermetar, voltmetar, prekidač i žice za spajanje
Proučavanje Ohmova zakona za cijeli strujni krug	S5	Izvor istosmjernog napona (baterija, akumulator), klizni otpornik, ampermetar, voltmetar, prekidač i žice za spajanje
Proučavanje plinskih zakona	S6	U-cijev, medicinska šprica, gumeno crijevo, ravnalo, kuhalo, vatrostalne posude, tikvica, gumeni čep s rupicama, termometar, stalak i hvataljke
Proučavanje serijskog, paralelnog i mješovitog spoja otpornika	S7	Izvor istosmjerne struje, otpornici nepoznatog otpora, spojne žice, sklopka, ampermetri i voltmetri