

Projekt *Zajedno kroz prirodoslovlje*

Fizikalni eksperimenti

Priručnik za nastavnike

Izdavač



Gimnazija Petra Preradovića,
Virovitica

Naslov Priručnik za nastavnike 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 naslovnicu 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 140602060.

ISBN 978-953-8147-05-0

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.



Projekt *Zajedno kroz prirodoslovlje*

Fizikalni eksperimenti

PRIRUČNIK ZA NASTAVNIKE

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
PRIJEDLOG IZVEDBENOG KURIKULUMA	11
DOMENE S POPISOM VJEŽBI	13
PREPORUKE ZA VREDNOVANJE USVOJENOSTI ISHODA.....	14
OBRADA REZULTATA MJERENJA	21
IZVJEŠTAJ O PROVEDENOJ VJEŽBI	37
IZRADA SAMOSTALNOG ISTRAŽIVAČKOG RADA.....	37
GIBANJE	39
POPIS VJEŽBI SA ZADATCIMA U POJEDINOJ VJEŽBI	40
PROUČAVANJE PRAVOCRTNIH GIBANJA.....	41
PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (HORIZONTALNI HITAC).....	52
PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (VERTIKALNI HITAC).....	58
PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (KOSI HITAC).....	64
ENERGIJA	71
POPIS VJEŽBI SA ZADATCIMA U POJEDINOJ VJEŽBI	72
PROUČAVANJE ZAKONA OČUVANJA ENERGIJE I.....	73
PROUČAVANJE ZAKONA OČUVANJA ENERGIJE II.....	79
PROUČAVANJE KAPACITETA KONDENZATORA U ISTOSMJERNOM I IZMJENIČNOM STRUJNOM KRUGU.....	86
PROUČAVANJE STOJNIH VALOVA I ODREĐIVANJE BRZINE ZVUKA	91
ODREĐIVANJE INTERVALA FREKVENCIJA VIDLJIVE SVJETLOSTI OSOBNIM SPEKTROMETROM.....	93
ODREĐIVANJE BRZINE SVJETLOSTI U STAKLU I VODI.....	99
PROUČAVANJE SERIJSKOG, PARALELNOG I MJEŠOVITOG SPOJA OTPORNIKA	106
MEĐUDJELOVANJE	113
POPIS VJEŽBI SA ZADATCIMA U POJEDINOJ VJEŽBI	114
ODREĐIVANJE FAKTORA TRENJA KLIZANJA NA NIZBRDICI	115
PROUČAVANJE PERIODA TITRANJA UTEGA NA OPRUZI.....	121
ODREĐIVANJE GRAVITACIJSKOG UBRZANJA POMOĆU NJIHALA.....	126
PROUČAVANJE RAVNOTEŽE SILA NA POLUZI.....	130
PROUČAVANJE CENTRIPETALNE I CENTRIFUGALNE SILE	133
STRUKTURA TVARI.....	141
POPIS VJEŽBI SA ZADATCIMA U POJEDINOJ VJEŽBI	142
PROUČAVANJE TOPLINSKIH IZMJENA KRUTOG TIJELA S OKOLINOM	143
PROUČAVANJE TOPLINE TALJENJA LEDA	145
PROUČAVANJE ELEKTRIČNOG OTPORA VODIČA.....	147
OHMOV ZAKON ZA VODIČ I POLUVODIČ	152
PROUČAVANJE OHMOVA ZAKONA ZA CIJELI STRUJNI KRUG.....	157
PROUČAVANJE PLINSKIH ZAKONA	160
POPIS PRIBORA PO VJEŽBAMA.....	165

PREDGOVOR

U vašim je rukama priručnik za nastavnike 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 nastavnicima fizike koji izvode nastavu fakultativnog predmeta *Fizikalni eksperimenti*. Predmet je namijenjen učenicima trećeg i četvrtog razreda gimnazija (i strukovnih škola) koji žele produbiti 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 formulira se 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.

Nastavnički priručnik

Nastavnicima se nudi Priručnik za nastavnike s opisom i fotografijama mjernih uređaja na kojima su izvođena mjerenja te s riješenim radnim listićima.

Nastavnički priručnik sadrži *Prijedlog izvedbenog kurikuluma, Popis vježbi po domenama i Preporuke za vrednovanje usvojenosti ishoda*. Za svaki ciklus vježbi navedeni su ishodi važni za učenje i kompetencijama učenika nakon učenja nastavnog predmeta *Fizikalni eksperimenti*.

U priručniku su navedene cjeline. Prvu cjelinu čine sadržaji potrebni za analizu mjerenih podataka, *Obrada rezultata mjerenja*. Stečene kompetencije primjenjuju se u svim vježbama.

Drugu cjelinu čine radni listići iz domene *Gibanja*, a treću iz domene *Energija*. Četvrtu cjelinu čine radni listići iz *Međudjelovanja*, a petu radni listići iz *Strukture tvari*.

Uloga nastavnika

Zajedničkim dogovaranjem pravila s učenicima nastavnik u razredu stvara pozitivno ozračje koje pridonosi ugodnoj radnoj atmosferi, ali i učenikovo odgovornosti. Uloga je nastavnika da potiče učenike i pomaže im, kada zatreba, da osmisle eksperiment i način mjerenja, pregleda kako su učenici postavili eksperiment te mjere li na ispravan način, raspravlja s učenicima, pomaže im u formuliranju matematičkog modela koji opisuje fizički zakon ili prirodnu pojavu. Uloga je nastavnika da prati aktivnost svakog učenika i da poučavanje organizira tako da učenici što lakše organiziraju svoje učenje. U pravilu jednu vježbu učenici bi trebali završiti i obraditi rezultate mjerenja u jednom dvosatu. Za uspješnu realizaciju nastave nastavnik mora biti informatički osposobljen te kompetentan za korištenje novih tehnologija. Za primjenu novih nastavnih metoda mora poznavati i suvremene načine poučavanja.

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.

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.

Preporuke za izvođenje nastave

Eksperimenti se izvode jednostavnim priborom. Naglasak je na istraživačkom pristupu nastavi, uključivanju učenika u samostalni istraživački rad i povezivanju sadržaja fizike, matematike i informatike.

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.

PRIJEDLOG IZVEDBENOG KURIKULUMA

	CJELINA	ISHODI	PREDVIĐENI BROJ SATI	NAPOMENA
FIZIKALNI EKSPERIMENTI	Uvodni sat	1. Formirati skupine učenika 2. Upoznati učenike s nastavnim planom i pravilima rada	1	Ponoviti sadržaje o fizičkim veličinama, jedinicama i predmetcima decimalnih jedinica
	Obrada rezultata mjerenja	1. Ispravno zapisati fizičku veličinu i jedinicu 2. Odrediti sigurne i pouzdane znamenke 3. Odrediti srednju vrijednost mjerene veličine 4. Odrediti apsolutnu i relativnu pogrešku 5. Tablično prikazati rezultat mjerenja 6. Rabiti računalo u nastavi fizike 7. Povezati fizičke, matematičke i informatičke sadržaje na konkretnom primjeru	5	Eksperimentalni zadatak: Mjerenje osobnog vremena reakcije
	Eksperimenti I	1. Provoditi eksperiment prema zadanim parametrima	21	1. ciklus vježbi
	Eksperimenti II	2. Analizirati rezultate mjerenja pomoću matematičkih i računalnih alata i vještina	21	2. ciklus vježbi
	Eksperimenti III	3. Primijeniti fizičke zakone u svakodnevnom životu	21	3. ciklus vježbi
		Evaluacija aktivnosti u predmetu <i>Fizikalni eksperimenti</i>	1	

Ukupan broj sati je 70, od čega se za uvodni i završni sat predlaže po jedan sat.

Nastava fakultativnog predmeta *Fizikalni eksperimenti* provodi se većinom u učionici za fiziku. Planiranje izvođenja eksperimenata i pisanje izvještaja provodi se kod kuće. Učenici i nastavnici odabiru 15 vježbi u tri ciklusa po 5 vježbi. Vježbe se izvode ciklički u skupinama.

Plan aktivnosti za jedan ciklus od 5 vježbi:

Aktivnost	Broj sati	Napomena
Ciklus od 5 vježbi u dvosatu	10	5 vježbi u dvosatu U učeničkom priručniku cjeline Istražujemo i zaključujemo, Izvodimo eksperiment, mjerimo, crtamo
Rezervni termin	2	Za učenike koji žele ponoviti mjerenja i popraviti rezultate mjerenja.
Za ciklus od 5 vježbi: Planiranje izvođenja vježbe: Priprema za vježbe i rješavanje domaće zadaće u pisanom obliku, ili, online slanje na platformu za e – poučavanje. RAD KOD KUĆE	2	U učeničkom priručniku cjeline Podsjetnik, Razmišljamo
Za ciklus od 5 vježbi: Pisanje izvještaja ili online slanje izvještaja na platformu za e – poučavanje. RAD KOD KUĆE	3	U učeničkom priručniku Analiza rezultata, Zaključak
Prezentacija vlastitih istraživačkih radova iz ovog ciklusa vježbi	3	Svali listić sadrži prijedloge za vlastiti istraživački rad. U jednom ciklusu učenik treba imati jedan vlastiti istraživački rad
Analiza postignuća iz ovog ciklusa vježbi	1	

DOMENE S POPISOM VJEŽBI

Domena	Kratica	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

PREPORUKE ZA VREDNOVANJE USVOJENOSTI ISHODA

Vrednovanje predstavlja sastavni dio procesa učenja i poučavanja, a pruža nam obavijest o razini usvojenosti fizičkih, matematičkih i informatičkih znanja te njihovu primjenu u analizi rezultata dobivenih eksperimentima. Usmjerenje prema kompetencijama zahtijeva orijentaciju na više razine kognitivnih procesa. U vrednovanju učenici trebaju pokazati da mogu analizirati, sintetizirati, argumentirati, procjenjivati, generalizirati, uspoređivati, povezivati, istraživati, postavljati hipoteze, vrednovati podatke i informacije, zaključivati, osmišljavati, stvarati, dokazivati te obrazlagati ideje. Vrednovanje usvojenosti ishoda sastoji se od niza aktivnosti kojima je svrha praćenje rada i napredovanja svakog učenika te pripremanje učenika za daljnje obrazovanje.

U ovom se predmetu nastavniku daje mogućnost odabira načina vrednovanja ishoda. Važno je postupke vrednovanja prilagoditi učenicima i nastavniku. Navodi se više mogućnosti.

a) Praćenje odgojnih ishoda

Za provjeru odgojnih ishoda preporučuje se bilježenje aktivnosti tijekom nastave. Promatraju se, prate i bilježe zapažanja o aktivnostima učenika. Zapažanja se bilježe oznakama plus ili minus. Oznaka plus (+) dodjeljuje se za napredovanje, plus i minus (±) za stagniranje, a oznaka minus (-) za nazadovanje. Broj pluseva može na kraju označavati broj dodatnih bodova za učenika.

Tablica 1. Praćenje odgojnih ishoda

Element/učenik	Uredno priprema eksperiment i posprema radno mjesto	Uredno i precizno zapisuje mjerene podatke	Odgovorno odrađuje vježbu	Odgovorno surađuje tijekom grupnog rada ili rada u paru	Brine i o sigurnosti (svojoj i drugih)
Učenik 1					
Učenik 2					

b) Vrednovanje istraživačkog rada

Pri vrednovanju izrade istraživačkog rada obraća se pozornost na kvalitetu sadržaja, estetski izgled, pridržavanje propozicija izrade rada, kvalitetu izlaganja i kreativnost u iznalaženju novih sadržaja. Za istraživački se rad vrednuje izlaganje. Za Izvještaj o provedenoj vježbi izlaganje nije potrebno.

Tablica 2. Vrednovanje istraživačkog rada

Oblik rada	Ocjena			
	dovoljan (2)	dobar (3)	vrlo dobar (4)	odličan (5)
Pisani oblik rada	Rad je predan; najveći je dio teksta prepisan i bez vlastitog zaključka. Propozicije pisanja nisu u potpunosti zadovoljene. Estetski nije dotjeran. Ne navodi se literatura (ili autori). U izlaganju potrebna pomoć.	U tekstu se prepoznaju jednostavne zakonitosti. Zaključak nije samostalan. Ne pridržava se u potpunosti zadanih propozicija. Estetski neprihvatljiv. Izlaganje nepovezano.	Uz zadane sadržaje sadržaji su samostalno odabrani. Zaključak pisan vlastitim riječima. Propozicije pisanja zadovoljene, uz manje pogreške. Estetski je dotjeran. U izlaganju potrebna pomoć.	Fizičke zakonitosti i primjena povezani su i prošireni na nove sadržaje. Sadržaji su samostalno odabrani. Zaključak je samostalan i detaljno obrazložen. Propozicije pisanja zadovoljene. Estetski je dotjeran. Izlaganje korektno i zanimljivo.

c) Vrednovanje izrade plakata

Pri vrednovanju izrade plakata obraća se pozornost na kvalitetu sadržaja, estetski izgled, pridržavanje propozicija izrade rada, kvalitetu izlaganja i kreativnost u iznalaženju novih sadržaja.

Tablica 3. Vrednovanje izrade plakata

Oblik rada	Ocjena			
	dovoljan (2)	dobar (3)	vrlo dobar (4)	odličan (5)
Plakat	Plakat je napravljen, nepovezani sadržaji (skinuti s interneta). Propozicije pisanja nisu u potpunosti zadovoljene. Estetski nedorađen. Izlaganje manjkavo.	Plakat je sadržajem manjkav. Propozicije pisanja zadovoljene. Estetski nedorađen. Izlaganje nesigurno.	Plakat je sadržajem potpun. Propozicije pisanja zadovoljene. Estetski je dotjeran. Izlaganje nesamostalno.	Plakat je sadržajem potpun. Propozicije pisanja zadovoljene. Estetski je dotjeran. Izlaganje korektno i zanimljivo.

d) Vrednovanje izrade i izlaganja PowerPoint prezentacija

Pri vrednovanju izrade PowerPoint prezentacija (*ppt*) obraća se pozornost na kvalitetu sadržaja, estetski izgled, pridržavanje propozicija izrade i kvalitetu izlaganja.

Tablica 4. Vrednovanje izrade i izlaganja PowerPoint prezentacija

Oblik rada	Ocjena			
	dovoljan (2)	dobar (3)	vrlo dobar (4)	odličan (5)
PowerPoint prezentacija	<i>ppt</i> napravljena. Sadržaji su skinuti s interneta i nepovezani. Propozicije pisanja nisu zadovoljene. Estetski neprihvatljiva. Izlaganje manjkavo.	<i>ppt</i> je sadržajem manjkava. Propozicije pisanja zadovoljene. Estetski neprihvatljiva. Izlaganje nepovezano.	<i>ppt</i> je sadržajem potpuna. Propozicije pisanja zadovoljene. Estetski je dotjerana. U izlaganju potrebna pomoć.	<i>ppt</i> je sadržajno potpuna. Propozicije pisanja zadovoljene. Estetski je dotjerana. Izlaganje korektno i zanimljivo.

e) Vrednovanje sadržaja na platformi za e-poučavanje

Za vrednovanje sadržaja na platformi za e-poučavanje predlaže se praćenje učeničkih aktivnosti prema Priručniku za učenike. *Planiranje* učenik provodi kod kuće. Odgovore na pitanja postavlja na platformu prije izvođenja eksperimenta. U školi se *provodi eksperiment*. *Vrednovanje istraživanja* učenik provodi kod kuće i postavlja sadržaj na platformu nakon obrade rezultata mjerenja. Nastavnik prati učenikove aktivnosti na platformi za e-poučavanje (tablica 5.).

U tablici 6. prijedlog je vrednovanja po elementima.

Tablica 5. Praćenje učeničkih aktivnosti na platformi za e-poučavanje prema cjelinama priručnika za učenike

Postupak	Cjelina u Učeničkom priručniku
Planiranje	<i>Podsjetnik, Razmišljamo i Istražujemo i zaključujemo</i>
Provođenje eksperimenta	<i>Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...</i>
Vrednovanje istraživanja	<i>Analiza rezultata, Zaključak, Primjenjujemo naučeno</i>

Tablica 6. Vrednovanje učeničkih aktivnosti na platformi za e-poučavanje prema cjelinama priručnika za učenike

Elementi vrednovanja.	Ocjena			
	dovoljan (2)	dobar (3)	vrlo dobar (4)	odličan (5)
Planiranje	Izreći znanje o temi i cilju. Pripremiti se za izvođenje vježbe iako ne razumije što treba raditi.	Utvrđiti što treba mjeriti. Pripremiti se za izvođenje vježbe tako da razumije što treba raditi.	Napisati predviđanja i kako ih provjeriti.	Utvrđiti što će se mijenjati, a što ostati isto. Ispravno zaključiti što će proizaći iz mjerenja.
Provođenje	Izreći što radimo i što se događa. Popuniti tablicu rezultatima mjerenja. Ne zna nacrtati rezultate računalnim programima.	Crta rezultate mjerenja računalnim programima i objašnjava crtež.	Može samostalno mjeriti, prikazati rezultate mjerenja u tablice i grafove.	Na temelju rezultata mjerenja predlaže poboljšanja te uočava gdje je gruba pogreška.
Obrada podataka. Vrednovanje istraživanja.	Izreći što se dogodilo na temelju mjerenja. Izreći jesu li potvrđena predviđanja.	Izreći što se različito događa promjenama varijabli. Izreći vezu između događanja i predviđanja.	Objasniti promjene i rezultate prikazane grafički. Objasniti poteškoće pri provođenju istraživanja.	Objasniti zašto su rezultati takvi. Izreći kako možemo poboljšati istraživanja.

Na isti se način mogu pratiti učeničke aktivnosti i bez platforme za e-poučavanje.

f) Vrednovanje aktivnosti u pripremi i izvođenju eksperimenta, prikazivanju i analizi rezultata mjerenja te učenikove kreativnosti

Vrednovanje učeničkih aktivnosti moguće je pratiti i bilježiti u tablicu 7. prema elementima iz tablice 8. Redovitim praćenjem učenikova rada i napredovanja učenika je moguće ocijeniti ili mu dodijeliti dodatne bodove.

Tablica 7. Praćenje aktivnosti u pripremi i provođenju eksperimenta te kreativnosti učenika

Učenici	Aktivnost u pripremi i izvođenju vježbi	Opis eksperimenta	Tablično i grafičko prikazivanje rezultata mjerenja	Analiza rezultata	Kreativnost pri stvaranju i provjeravanju hipoteza
Učenik 1					
Učenik 2					

Tablica 8. Opis aktivnosti prema elementima vrednovanja

Aktivnost	nedovoljna aktivnost (-)	osnovna aktivnost (+)	aktivnost (++)	izuzetna aktivnost (+++)	
Opis eksperimenta	nije opisan eksperiment (-)	minimalni opis (+)	potpuni opis (++)		
Prikaz rezultata mjerenja	nema prikaza (-)	neprecizan i neuredan prikaz (+)	neprecizan i uredan prikaz (++)	precizan i neuredan prikaz (+++)	precizan i uredan prikaz (++++)
Analiza rezultata	nema analize (-)	nepotpuna analiza (+)	potpuna analiza (++)	potpuna analiza s objašnjenjima (+++)	
Kreativnost	nema kreativnosti (-)	kreativnost (+)	izuzetna kreativnost (++)		

g) Vrednovanje po elementima usvojenost znanja, primjena znanja i istraživanje pojava

- Usvojenost znanja** – vrednuje se učenikovo razumijevanje fizičkih koncepata, ali i njihovo povezivanje i primjena u objašnjavanju fizičkih pojava. Vrednovanje uključuje logičko povezivanje i zaključivanje u tumačenju grafičkih prikaza i jednadžbi.
- Primjena znanja** – vrednuje se sposobnost učenikove primjene fizičkih koncepata u strategiji rješavanja zadataka.
- Istraživanje pojava** – vrednuje se stalnim praćenjem aktivnosti učenika u istraživački usmjerenom učenju i poučavanju. Vrednuju se eksperimentalne vještine, donošenje zaključaka na temelju obrade i zapisa podataka, doprinos timskom radu pri izvođenju eksperimenta, sustavnost i potpunost u opisu eksperimenta, kreativnost u osmišljavanju novih eksperimenata. Vrednuje se učenikova kreativnost pri stvaranju i provjeravanju hipoteza. Vrednovanje uključuje kontinuirano praćenje i pregledavanje učenikovih zapisa eksperimentalnog rada (npr. listića, bilježnica, portfolio).

Učenici se mogu uključiti u proces vrednovanja i samovrednovanja.

Tablica 9. Vrednovanje usvojenosti i primjene znanja te istraživanja pojava

Elementi vrednovanja	Ocjena			
	dovoljan (2)	dobar (3)	vrlo dobar (4)	odličan (5)
Usvojenost znanja	Objašnjava osnovne fizičke pojave, tumači grafičke prikaze bez jednadžbi uz pomoć nastavnika.	Objašnjava osnovne fizičke pojave, tumači osnovne grafičke prikaze i jednadžbe.	Objašnjava sve fizičke pojave, tumači sve grafičke prikaze i jednadžbe ali ne povezuje sa sličnim sadržajima.	Poznaje fizičke koncepte i primjenjuje ih na objašnjenja fizičkih pojava i sve povezuje sa sličnim sadržajima.
Primjena znanja	Rješava dane zadatke uz pomoć drugog člana para i nastavnika.	Dio zadataka rješava samostalno, a dio uz povremenu pomoć drugog člana para i nastavnika.	Samostalno i vješto koristi fizičke koncepte te rješava zadatke u suradnji s drugim članom para.	Kreativno, samostalno i vješto koristi fizičke koncepte i rješava zadatke. Pomaže drugom članu para. Samostalno pronalazi druge slične zadatke te ih rješava.
Istraživanje pojava	Površno se priprema za vježbe, u radu pri izvođenju vježbe treba mu pomoć drugog člana u paru. Eksperiment opisuje nedovoljno opširno. Zna prikazati rezultate mjerenja u tablicama i nacrtati graf. Ne može donijeti potpune zaključke na temelju obrade podataka.	Aktivan je u pripremi za vježbe i na vježbama te sudjeluje u radu u paru. Dobro opisuje eksperiment. Zna prikazati rezultate mjerenja u tablicama i precizno crta grafove. Može zaključiti što se događa promjenama varijabli.	Radi pripreme za vježbe sustavno i veoma je aktivan na vježbama te pomaže drugom članu u paru. Sustavno i potpuno opisuje eksperiment te zna objasniti poteškoće u provođenju istraživanja. Može objasniti sve promjene i rezultate dobivene mjerenjima. Zna provesti račun pogreške i prikazati rezultat. Nije kreativan u osmišljavanju novih eksperimenata.	Kreativan je pri stvaranju i provjeravanju hipoteze te u osmišljavanju novih eksperimenata. Može predvidjeti rezultate mjerenja i valorizirati ih. Može preporučiti kako se mogu poboljšati istraživanja.

Elementi 1., 2. i 3. vrednuju se ocjenama od 1 do 5. Doprinos *istraživanje pojava* u zaključnoj ocjeni, treba imati najveći postotak (40%), *usvojenost znanja* (30%) i *primjena znanja* (30%)

Koristeći ove smjernice nastavnik može izraditi obrazac za ocjenjivanje u koji će unijeti svoje bilješke i zapažanja te lakše pojasniti učeniku iz čega je proizašla konačna ocjena.

Pri formativnom ocjenjivanju preporučuje se izrada pisanih materijala pomoću *IKT*-a.

Nastavnik treba vrednovati učenika po svim elementima vrednovanja različitim metodama stalnim praćenjem tijekom nastavne godine.

Zaključna ocjena ne mora biti aritmetička sredina svih ocjena.

Primjeri vrednovanja mogu se pratiti na platformi za e-poučavanje.

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

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

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 (preuzet 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 ekstrasolarnoj ljestvici).

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...).

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) $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$; $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$. Svaki put predmetak kilo označava tisuću jedinica.

b) $1 \mu\text{s} = 0,000\,001 \text{ s}$; $1 \mu\text{m} = 0,000\,001 \text{ m}$. 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.

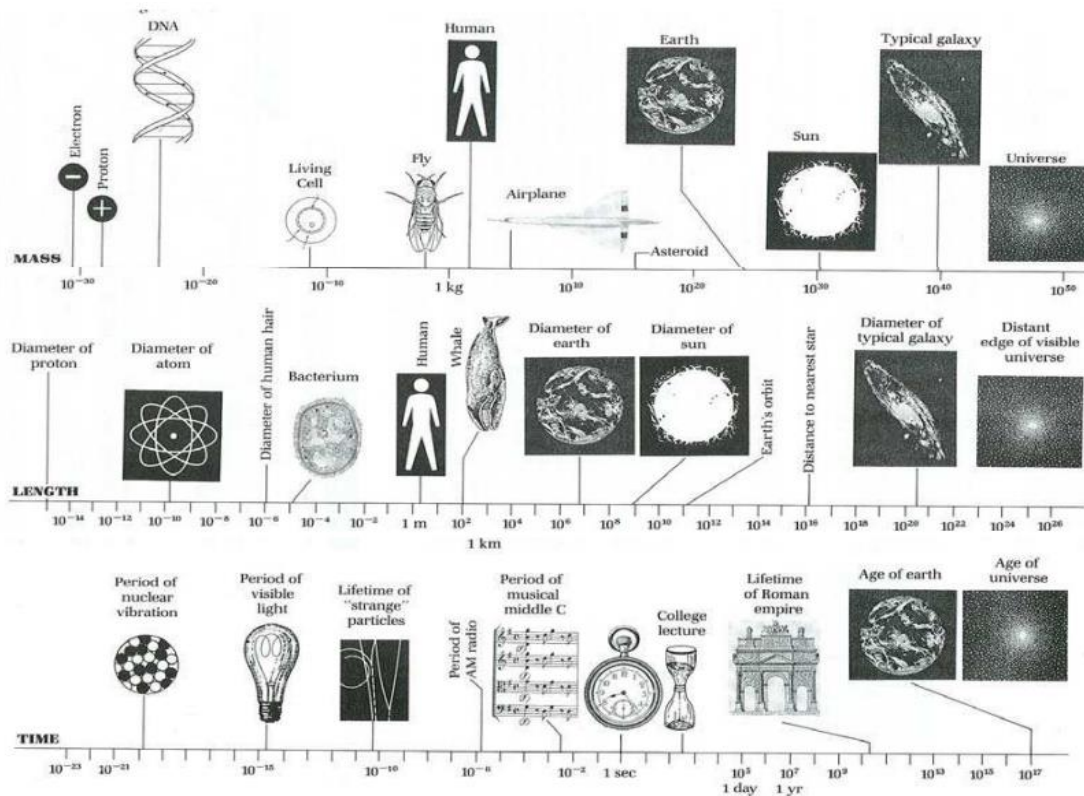
<p>Ispravan zapis fizičke veličine:</p> <p>A - fizička veličina</p> <p>{A} - iznos fizičke veličine $A = \{A\} \cdot [A]$</p> <p>[A] - mjerna jedinica</p>	<p>Primjer ispravno zapisane fizičke veličine:</p> $t = \{6\} \cdot [s]$ <p>t – fizička veličina <i>italic</i></p> <p>s – mjerna jedinica - uspravno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

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

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

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 mjerila.

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.

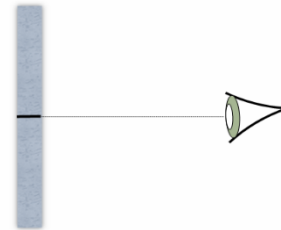
Pogreške mogu biti :

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.

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

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 duljina 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:

- a) Analizom podataka iz tablice.
- b) 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?

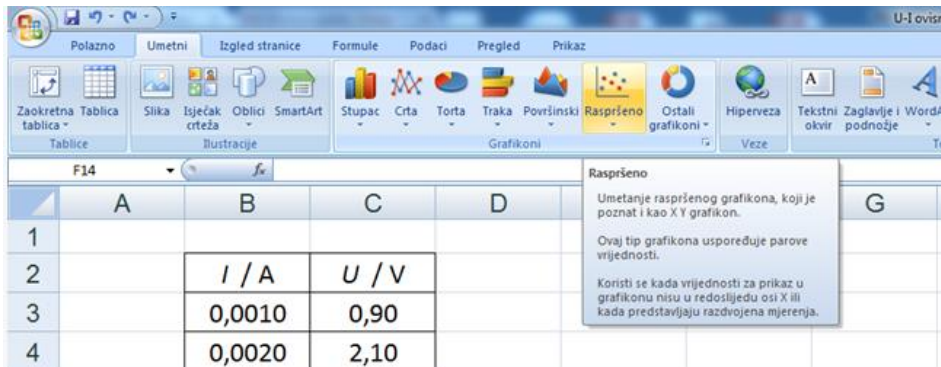
- porastom električne struje raste i napon na otporniku
- prirasti električne struje daju priraste napona:
 - struja poraste 2 puta, napon 2,1 puta
 - struja poraste 6 puta, napon 6,33 puta
 - struja poraste 7,5 puta, napon 9 puta

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



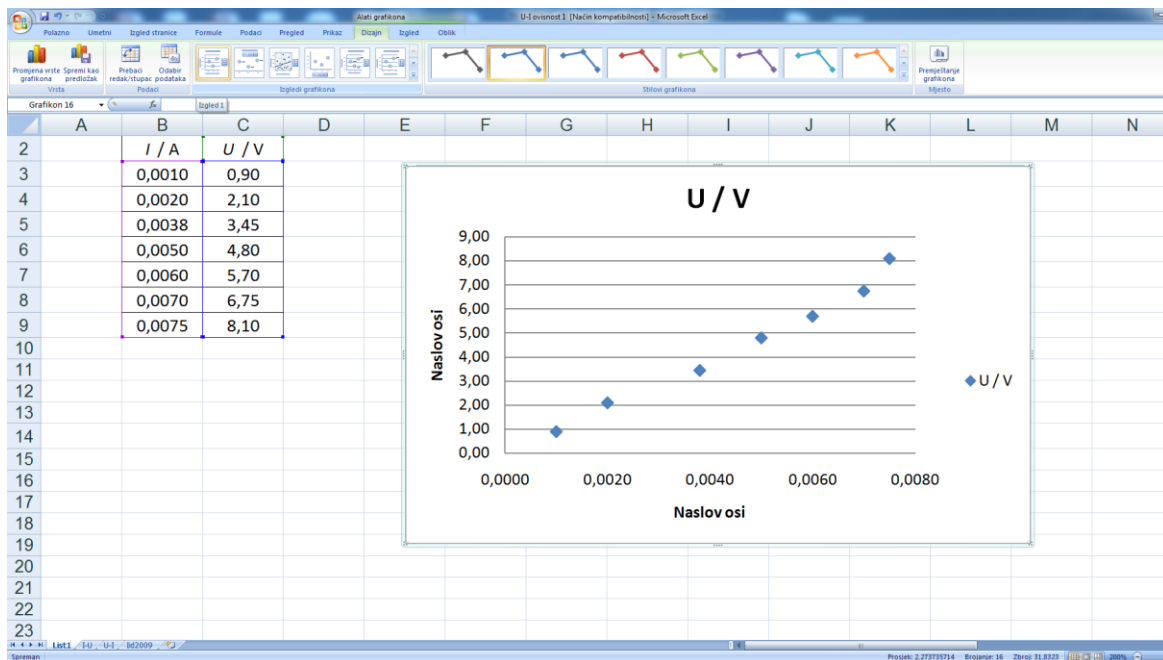
Slika 4. Detalj alatne trake

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



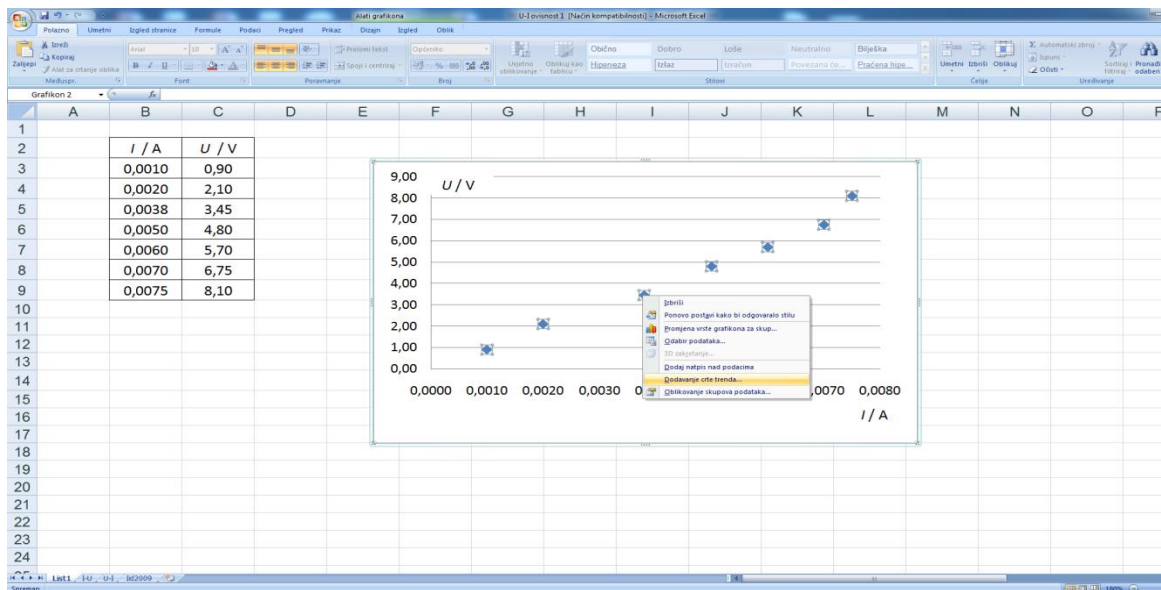
Slika 5. Detalj alatne trake, odabir naredbe raspršeno

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

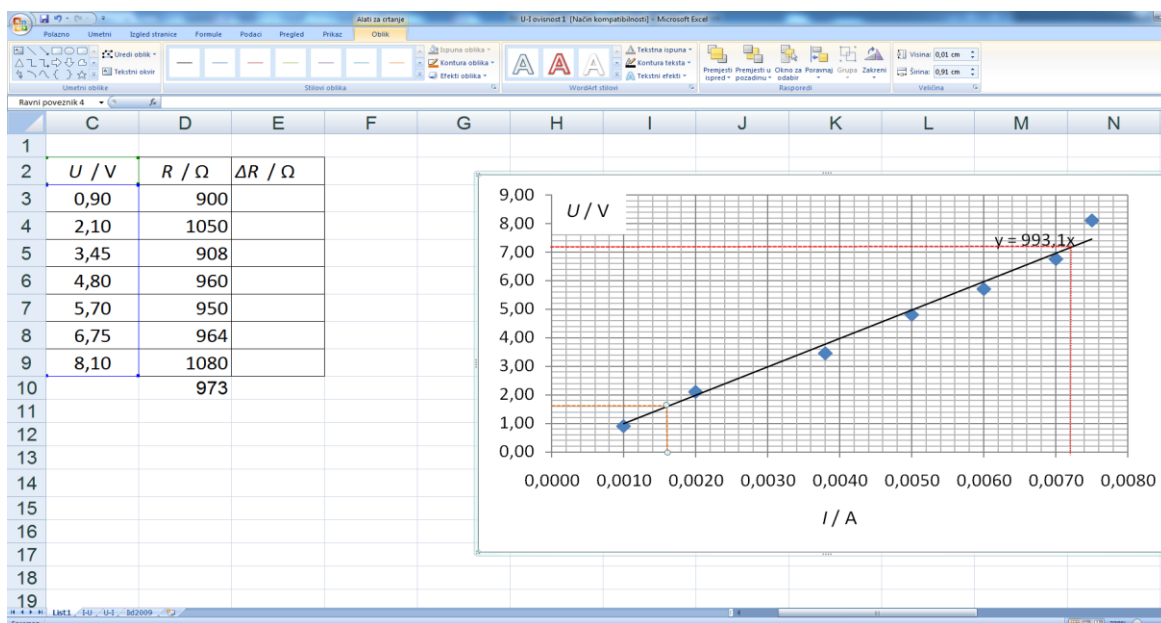
Položaj točaka u grafičkom prikazu pokazuje da porast električne struje kroz otpornik povećava napon otpornika. Produžetak pravca provučenog kroz najveći broj točaka prolazi kroz ishodište. Desnim klikom miša na jednu točku otvara se izbornik iz kojeg biramo „Dodavanje crte trenda“. Prikazana je ovisnost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

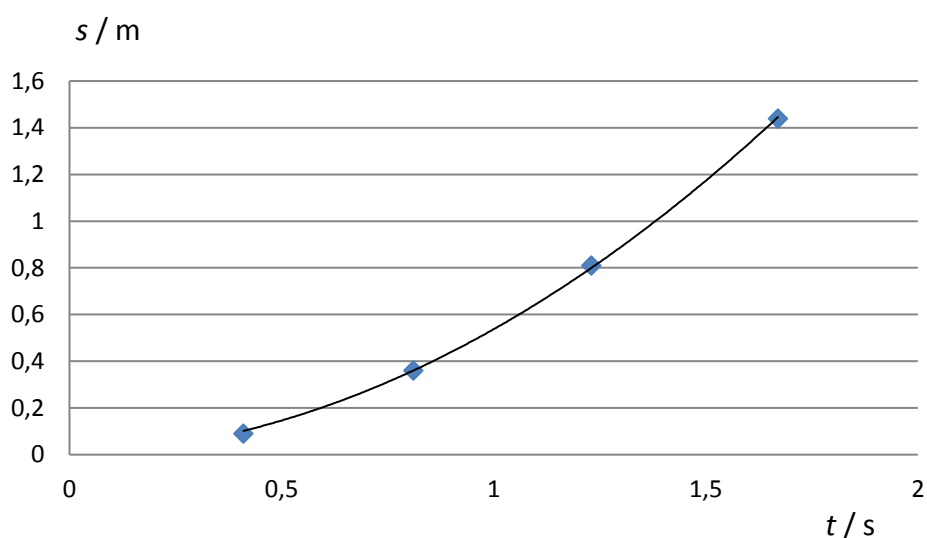
Analiza mjerenih podataka:

- 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.



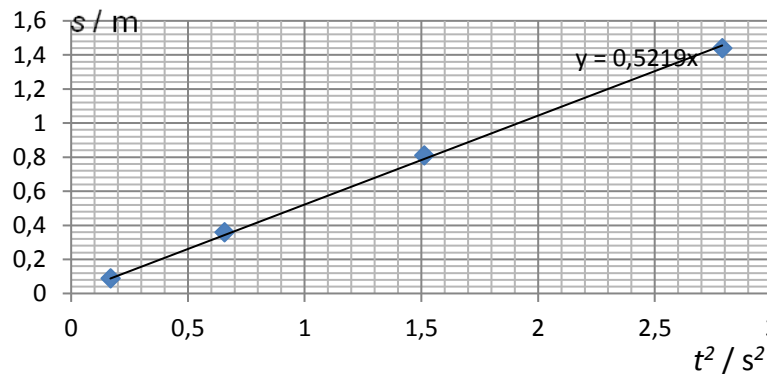
Grafički prikaz 1. Ovisnost ukupnog puta o ukupnom vremenu spuštanja kuglice nizbrdicom

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 spuštanju 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 spuštanju nizbrdicom

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

Fizički sadržaji na webu

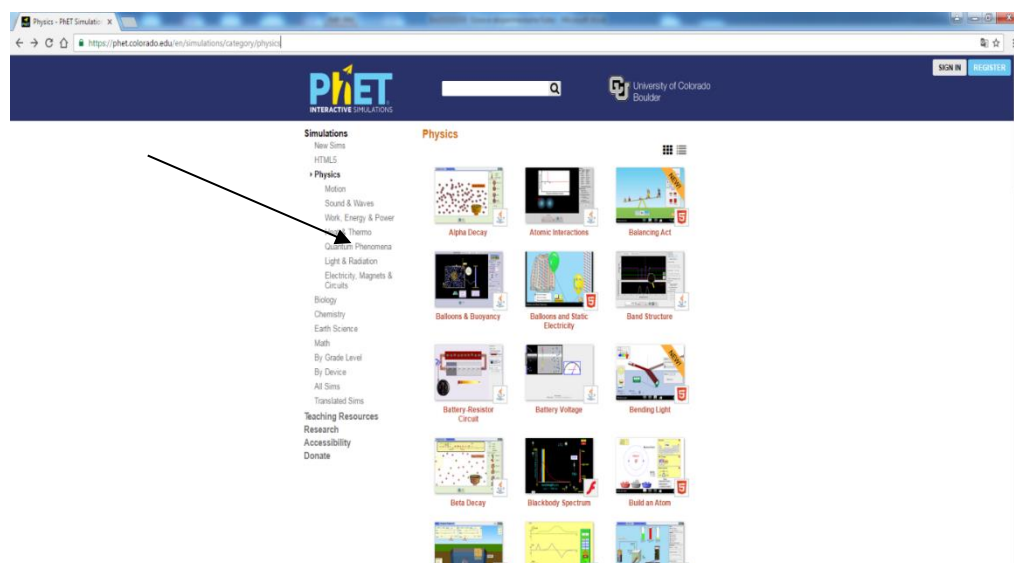
Za istraživanje sadržaja vezanih za nastavu fizike na internetu važno je primijeniti kompetencije s nastave informatike. Za računanja važno je primijeniti kompetencije iz matematike.

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/>.

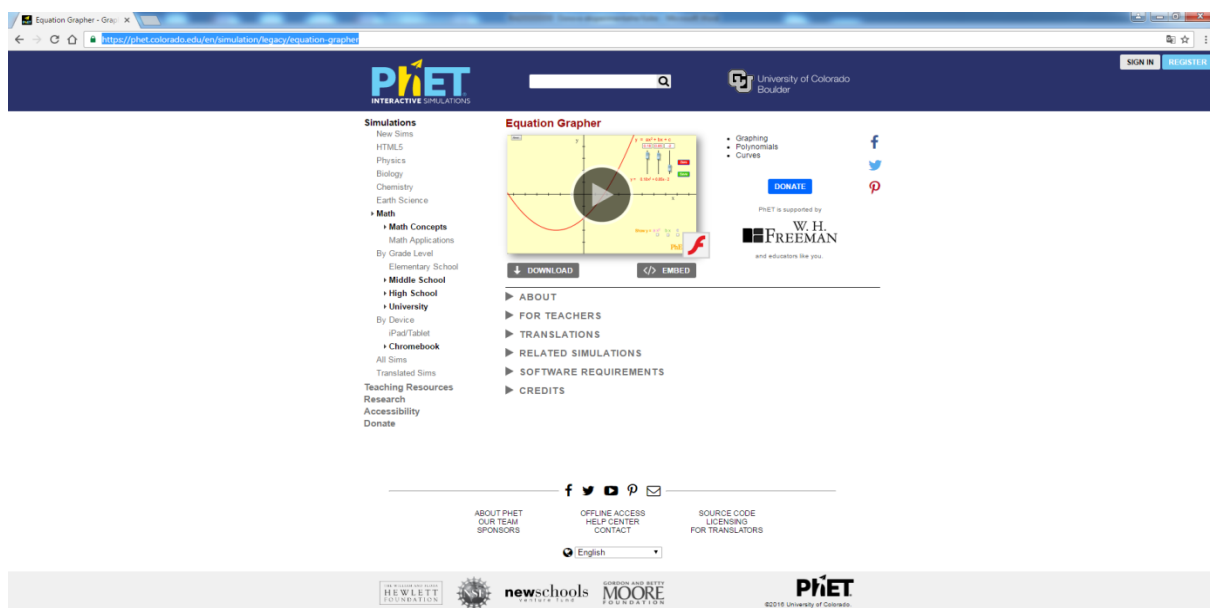
Neke sadržaje treba snimiti, a neke animacije pokrenuti.

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>.



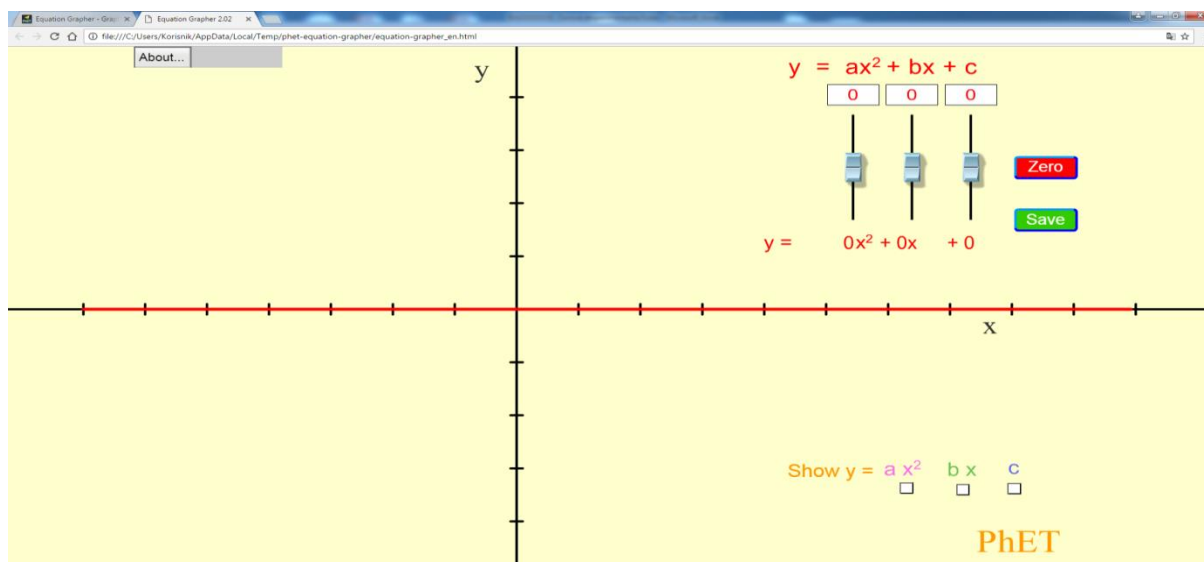
Slika 9. Slika na monitoru na navedenoj stranici. U izborniku s lijeve strane (pokazuje strelica) moguće je odabirati različite razine

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 dogovoriti 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.



GIBANJE

Popis vježbi sa zadacima 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 vertikalno 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 brzinom, 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 brzinom, v_o.</p>

PROUČAVANJE PRAVOCRTNIH GIBANJA



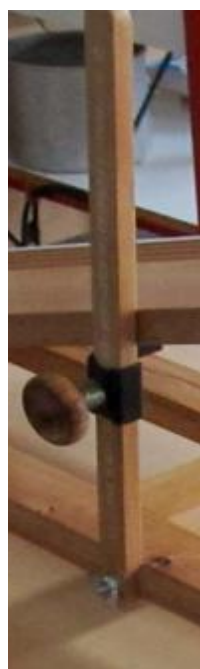
UPUTE NASTAVNIKU



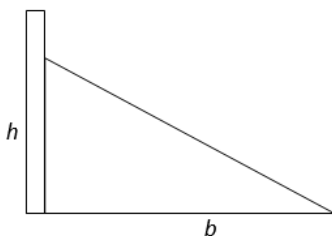
Slika G1.1. Kosina (Galilejeva kosina)

Opis mjernog uređaja

Za realizaciju nastave fizike na projektom danu „Renesansa u Gimnaziji Petra Preradovića“ napravljena je ova drvena kosina. Duga je oko 160 cm. Polovina je glatka, a na drugoj su polovini 4 utora za kuglice. Stezačima se može podešavati duljina puta kuglice. Na drvenom štapu (na slici je uspravan) metalni je potporanj koji pridržava gornju dasku kosine. Nagib kosine može se mijenjati. Na rubu je metarska mjerka (krojački metar).



Slika G1.2. Nosač kosine



Slika G1.3. Nagib kosine

h – visina kosine

b – udaljenost potpornja i podnožja kosine

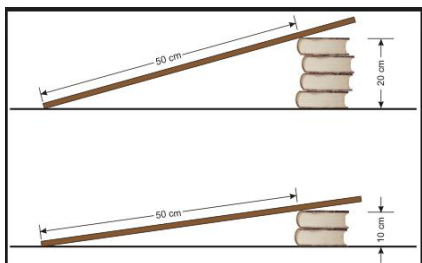
$$\operatorname{tg} \alpha = h / b$$

Preporuke za mjerenje:

Za izvođenje eksperimenta koristite metalne kuglice. Postavite kuglicu tako da njen prednji rub prelazi zadani put. Dužinu puta odredite pomoću metra na kosini. Nagib odredite mjerenjem visine kosine i duljine kosine do potpornja koji drži gornju dasku kosine. Vrijeme mjerite mobilnim telefonom. Uz ove eksperimente prikazano je više grafičkih prikaza u GeoGebri i u Excelu. Razmotrite s učenicima značenje površine ispod grafičkih prikaza.



Razmišljamo ...



Slika G1. 4. Kosine

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?
Kuglice se istovremeno spuštaju niz kosinu.

Koja će kuglica imati veće ubrzanje? Zašto?
Ubrzanja su im jednaka. (II. Newtonov zakon).

Koja će kuglica u podnožju kosine imati veću brzinu?
Brzine su im jednake u vakuumu.

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

Kuglice se istovremeno spuštaju niz kosinu.

Koja će kuglica imati veće ubrzanje? Zašto?

Ubrzanja su im jednaka. (II. Newtonov zakon).

Koja će kuglica u podnožju kosine imati veću brzinu?

Brzine su im jednake u vakuumu.

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?

Veće je ubrzanje niz kosinu većeg nagiba.

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

Tijelo slobodno pada ubrzanjem g .

Usporedite ovo gibanje s gibanjem nizbrdicom:

Tijelo se niz kosinu spušta manjim ubrzanjem, $a < g$.



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?

Kuglice istovremeno stižu niz kosinu. (Na gibanje u zraku utječe i otpor zraka).

Usporedite njihova ubrzanja:

$$a_m = a_M. \text{ Jednaka su.}$$

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?

Kuglice se istovremeno spuštaju niz kosinu.

Usporedite njihova ubrzanja:

$$a_m = a_M. \text{ Jednaka su, ali su veća niz kosinu većeg nagiba.}$$

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

Ubrzanje kuglice pri gibanju nizbrdicom ovisi o nagibu kosine (i gravitacijskom polju u kojem se kuglica giba), ako zanemarimo trenje.

II. Kuglicu mase m pustite niz nagnutu kosinu. Duljinu kosine podijelite na dva jednaka dijela. Izmjerite vrijeme gibanja niz prvu polovinu duljine kosine

$$s_1 = \text{_____}; \quad t_1 = \text{_____}$$

Drugi puta mjerite vrijeme za koje će prevaliti drugu polovinu kosine. Vrijeme mjerite od trenutka kad kuglica dođe do polovišta kosine, do kraja kosine:

$$s_2 = \text{_____}; \quad t_2 = \text{_____}.$$

$$s_1 = s_2 \quad t_1 > t_2$$

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

$$t_2 = 2 \cdot t_1$$

Prema rezultatima mjerenja pokušajte odrediti vrstu gibanja: *jednoliko ubrzano gibanje.*



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 putove 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 putove 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

$$a = \frac{2s}{t_{sr}^2} \quad \text{i} \quad v = \frac{2s}{t_{sr}}. \text{ Masa prve kuglice je } m_1 = 52,5 \text{ g.}$$

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	$a/(m \cdot s^{-2})$	$v/(m \cdot s^{-1})$
0,09	0,45	0,44	0,42	0,45	0,50	0,48	0,46	0,46	0,86	0,39
0,36	0,80	0,89	0,91	0,91	0,92	0,95	0,90	0,90	0,90	0,80
0,81	1,38	1,30	1,37	1,28	1,36	1,31	1,33	1,33	0,91	1,22
1,44	1,72	1,73	1,80	1,84	1,87	1,87	1,81	1,81	0,88	1,60

Rezultat:

Omjer uzastopnih pomaka kuglica: $\Delta x_1 : \Delta x_2 : \Delta x_3 : \Delta x_4 = (9 : 27 : 45 : 63) = 9 (1 : 3 : 5 : 7)$

Uzastopni se pomaci kuglica odnose kao niz neparnih brojeva.

Omjer uzastopnih vremenskih intervala: $\Delta t_{1sr} : \Delta t_{2sr} : \Delta t_{3sr} : \Delta t_{4sr} = (0,46 : 0,44 : 0,43 : 0,48)$

Male su razlike u stotinkama sekunde. Smatramo da su vremenski intervali jednaki.

Odredite omjer putova u vremenskim intervalima: $s_1 : s_2 : s_3 : s_4 = 9 (1 : 4 : 9 : 16)$

Teorijski su rezultati $(1 : 2^2 : 3^2 : 4^2)$. Ukupni putovi u uzastopnim vremenskim intervalima odnose se kao niz kvadrata cijelih brojeva.

Omjer ukupnih vremenskih intervala $t_{1sr} : t_{2sr} : t_{3sr} : t_{4sr} = 0,46 (1 : 1,96 : 2,89 : 3,93)$

Teorijski bi rezultati bili (1 : 2 : 3 : 4). Uzastopni se vremenski intervali odnose kao niz cijelih brojeva.

Ubrzanje prve kuglice uz proveden račun pogreške daje iznos $a = (0,89 \pm 0,02) \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1.2. Ponovite mjerenja s drugom kuglicom. Masa druge kuglice $m_2 = 5,6 \text{ g}$.

Tablica 2. Vrijeme, put i brzina kod jednoliko ubrzanog 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	$a / (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$	$v / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
0,09	0,40	0,41	0,41	0,43	0,42	0,39	0,40	0,41	1,08	0,43
0,36	0,81	0,83	0,81	0,84	0,77	0,79	0,80	0,81	1,11	0,88
0,81	1,23	1,21	1,20	1,21	1,31	1,20	1,23	1,23	1,08	1,32
1,44	1,67	1,64	1,65	1,74	1,67	1,64	1,67	1,67	1,03	1,73

Rezultati za kuglicu mase m_2 :

Omjer uzastopnih pomaka kuglica: $\Delta x_1 : \Delta x_2 : \Delta x_3 : \Delta x_4 = (9 : 27 : 45 : 63) = 9 (1 : 3 : 5 : 7)$
Uzastopni se pomaci kuglica odnose kao niz neparanih brojeva.

Omjer uzastopnih vremenskih intervala: $\Delta t_{1sr} : \Delta t_{2sr} : \Delta t_{3sr} : \Delta t_{4sr} = (0,41 : 0,40 : 0,43 : 0,45)$
Male su razlike u stotinkama sekunde. Smatramo da su vremenski intervali jednaki.

Odredite omjer putova u vremenskim intervalima: $s_1 : s_2 : s_3 : s_4 = 9 (1 : 4 : 9 : 16)$
Teorijski su rezultati (1 : 2² : 3² : 4²). Ukupni putovi u uzastopnim vremenskim intervalima odnose se kao niz kvadrata cijelih brojeva.

Odredite omjer putova u vremenskim intervalima: $t_{1sr} : t_{2sr} : t_{3sr} : t_{4sr} = 0,41 (1 : 1,98 : 3 : 4)$
Teorijski su rezultati (1 : 2² : 3² : 4²). Ukupni putovi u uzastopnim vremenskim intervalima odnose se kao niz kvadrata cijelih brojeva.

Omjer ukupnih vremenskih intervala: $t_{1sr} : t_{2sr} : t_{3sr} : t_{4sr} = 0,41 (1 : 1,98 : 3 : 4)$
Teorijski bi rezultati bili (1 : 2 : 3 : 4). Uzastopni se vremenski intervali odnose kao niz cijelih brojeva.

Srednja vrijednost ubrzanja druge kuglice označena je s a_{sr} .
 $a_{sr} = (1.07 \pm 0.04) \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Zaključak o ubrzanjima kuglica različitih masa niz kosinu istog nagiba:

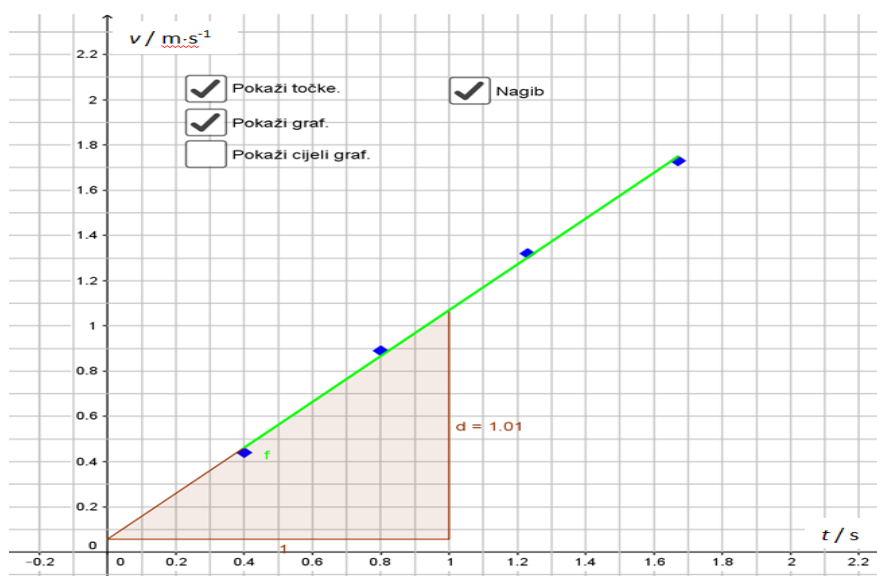
Brojčane se vrijednosti ubrzanja razlikuju. Odredili smo ih posrednim mjerenjem. Griješili smo mjereći vrijeme i duljinu. Ubrzanja su istog reda veličine.

Ubrzanja bi im bila jednaka u vakuumu. Naša su mjerenja izvedena u zraku. Njihovi volumeni nisu jednaki.

Zanemarili smo trenje. Izučavali smo translacijsko gibanje kuglica. Ove se kuglice rotiraju spuštajući se nizbrdicom.

2. Koristite podatke iz tablice 1 ili iz tablice 2. Za jednu kuglicu grafički prikažite ovisnost brzine o vremenu.

Grafički prikaz 1. Ovisnost brzine o vremenu (GeoGebra)

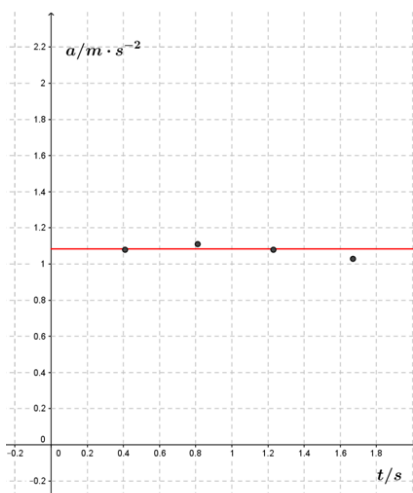


Brzina je linearna funkcija vremena. Jednadžba brzine u ovisnosti o vremenu gibanja dana je izrazom $v = k_1 \cdot t = 1,01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot t$.

Koeficijent smjera pravca iznosi $1,01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Grafičkom metodom određeno ubrzanje iz ovog grafičkog prikaza iznosi $1,01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Izračunata srednja vrijednost ubrzanja $a_{sr} = 1,07 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

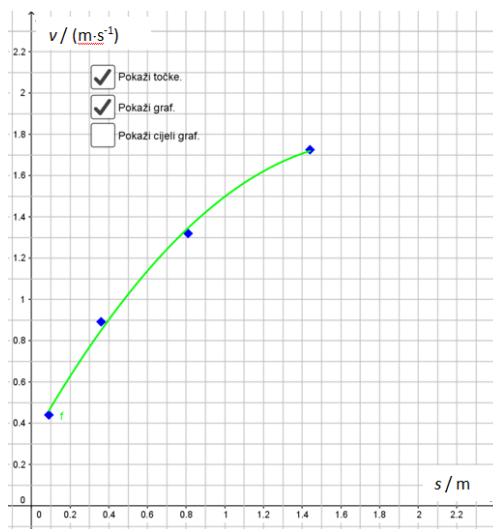
Algebarski zapis ovisnosti brzine o vremena za jednoliko ubrzano gibanje je $v = a \cdot t$.

Grafički prikaz 2. Ovisnost ubrzanja o vremenu



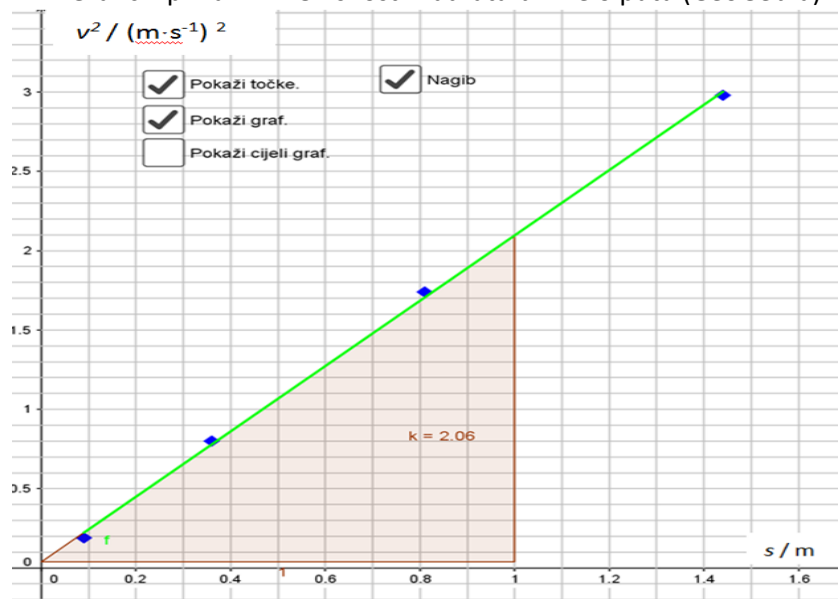
Graf funkcije približno je pravac paralelan apscisi .

Grafički prikaz 3. Ovisnost brzine o putu



Funkcija nije linearna. Ukazuje na kvadratnu funkciju.

Grafički prikaz 4.1. Ovisnost kvadrata brzine o putu (GeoGebra)



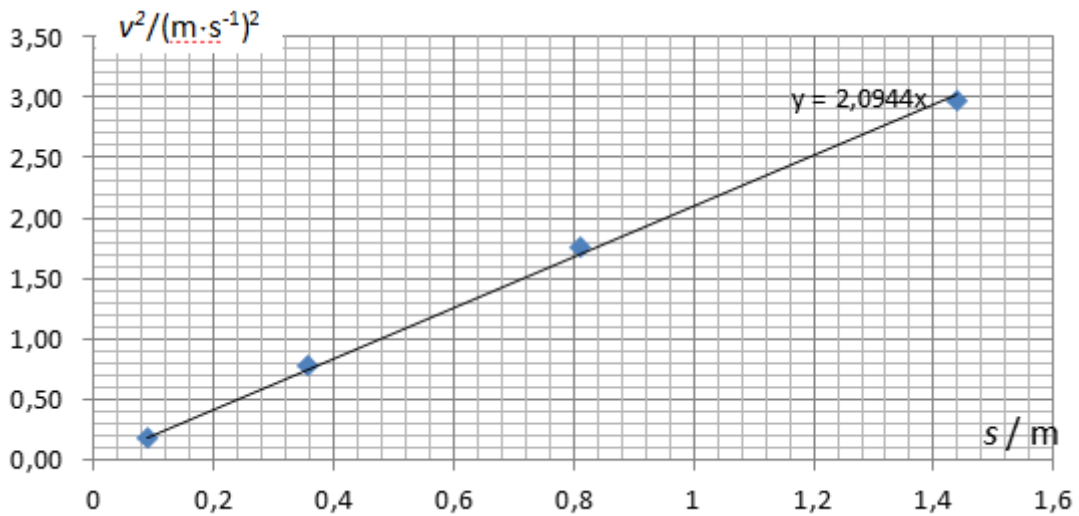
Kvadrat brzine jest linearna funkcija vremena čiju jednadžbu pišemo $v^2 = (2,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}) \cdot s$. Nagib pravca uspoređujemo s vrijednošću $2,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Grafičkom metodom određeno ubrzanje iznosi $1,03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Srednja vrijednost ubrzanja $a_{sr} = 1,07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Algebarski je zapis ovisnosti brzine o putu kod jednoliko ubrzanog gibanja je $v^2 = 2 \cdot a \cdot s$.

Grafički prikaz 4.2. Ovisnost kvadrata brzine o putu (Excel)



Graf funkcije je pravac.

Kvadrat brzine linearna je funkcija vremena čiju jednadžbu pišemo $v^2 = (2,094 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}) \cdot s$.

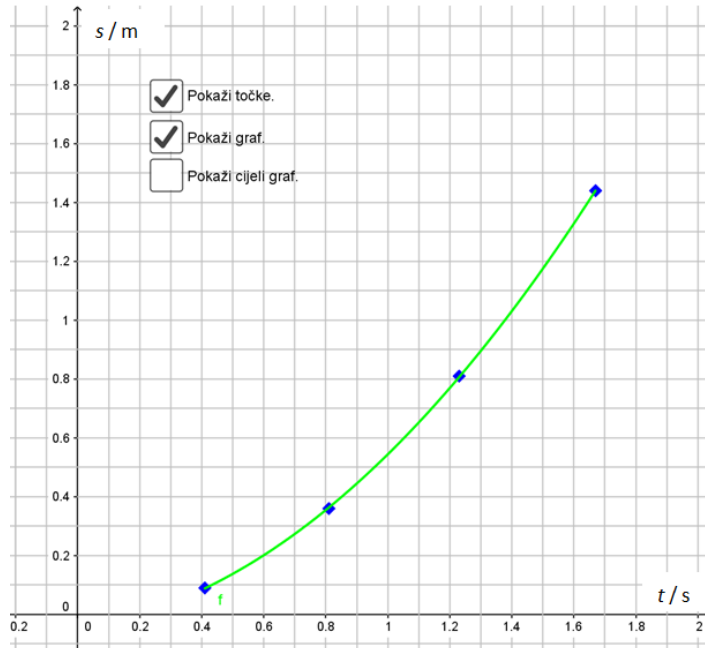
Nagib je pravca $2,094 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ i to je dvostruki iznos ubrzanja, $2a$. Fizičke jedinice konstante (nagiba pravca), $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, određene su iz grafičkog prikaza.

Grafičkom metodom određeno ubrzanje iznosi $1,048 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} = 1,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Srednja je vrijednost ubrzanja $a_{sr} = 1,07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

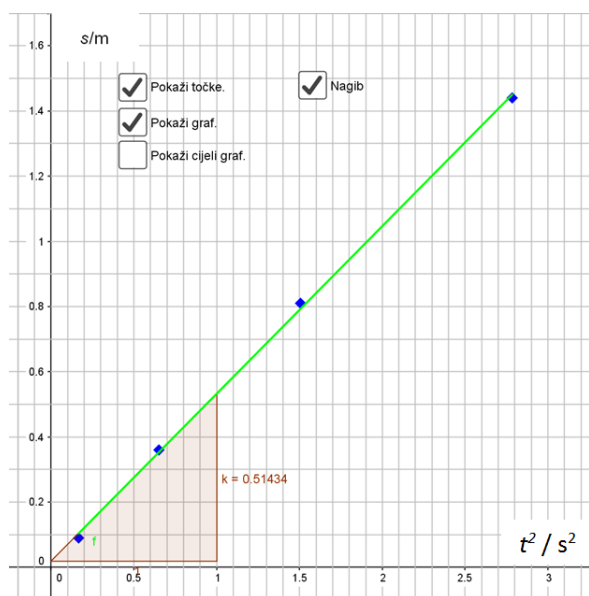
Algebarski je zapis ovisnosti brzine i puta kod jednoliko ubrzanog gibanja $v^2 = 2 \cdot a \cdot s$.

Grafički prikaz 5. Ovisnost puta o vremenu (GeoGebra)



Graf funkcije jest parabola (drugi dio se ne crta jer vrijeme ne može biti negativno). Ukazuje na kvadratnu ovisnost puta o vremenu.

Grafički prikaz 6.1. Ovisnost puta o kvadratu vremena (GeoGebra)



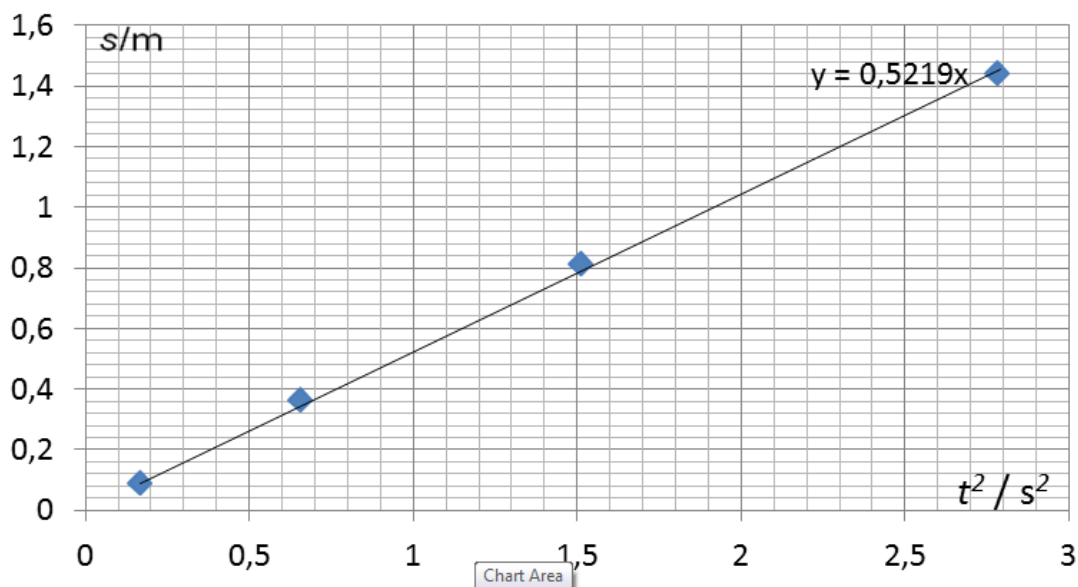
Funkcija je linearna, $s = k_1 \cdot t^2 = 0,51434 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot t^2$.

Grafičkom metodom određeno ubrzanje iznosi $1,02868 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 1,03 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Izračunata srednja vrijednost ubrzanja $a_{sr} = 1,07 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Algebarski je zapis ovisnosti puta o vremenu kod jednoliko ubrzanog gibanja $s = (a \cdot t^2) / 2$.

Grafički prikaz 6.2. Ovisnost puta o kvadratu vremena (Excel, izgled 3)



Funkcija je linearna, $s = k \cdot t^2 = 0,521 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot t^2$.

Grafičkom metodom određeno ubrzanje iznosi $1,042 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 1,04 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Izračunata srednja vrijednost ubrzanja $a_{sr} = 1,07 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Algebarski je zapis ovisnosti puta o vremenu kod jednoliko ubrzanog gibanja $s = (a \cdot t^2) / 2$.

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 $s = 1,44$ m

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

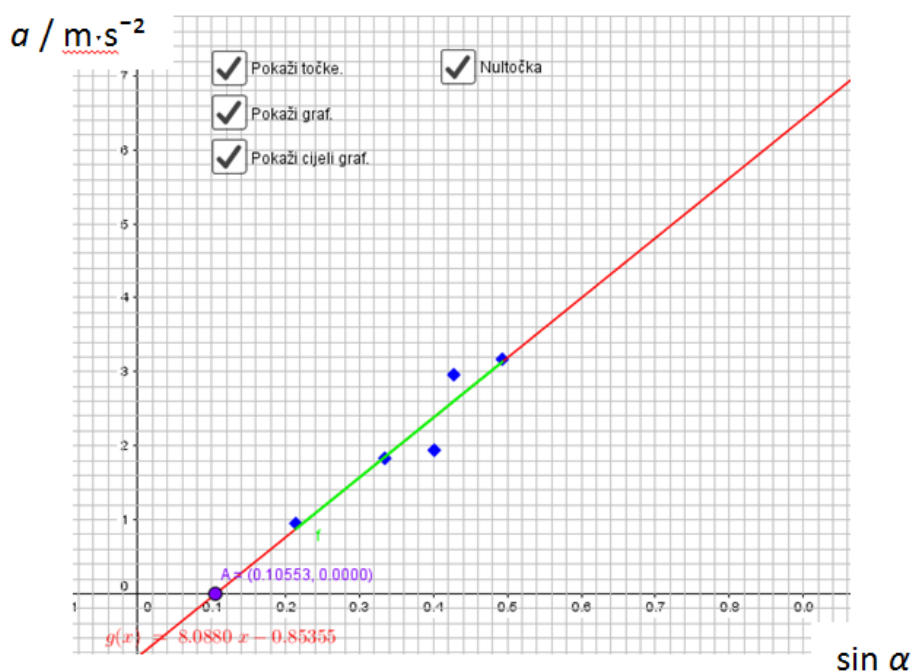
h / m	t_1 / s	t_2 / s	t_3 / s	t_4 / s	t_5 / s	t_6 / s	t_7 / s	t_{sr} / s	$\sin \alpha$	$a / (m \cdot s^{-2})$
0,100	1,68	1,75	1,80	1,76	1,76	1,69	1,75	1,74	0,21376	0,95
0,162	1,22	1,28	1,22	1,28	1,22	1,26	1,29	1,25	0,33411	1,83
0,200	1,19	1,23	1,28	1,19	1,22	1,15	1,27	1,22	0,40092	1,94
0,216	1,03	1,00	0,97	0,98	0,97	0,93	1,02	0,99	0,42732	2,96
0,259	0,92	0,96	0,96	0,95	0,97	0,95	0,96	0,95	0,49306	3,17

Zaključak o iznosu ubrzanja i sinusu nagibnog kuta kosine:

Porastom nagibnog kuta raste visina kosine, ali i ubrzanje.

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

Grafički prikaz 7.1. Ovisnost ubrzanja o nagibnom kutu kosine (GeoGebra)



Rezultat:

Ovisnost ubrzanja o sinusu nagibnog kuta prikazujemo izrazom: $a = 8,0880 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \sin \alpha - 0,85355$.

Ubrzanje je linearna funkcija sinusa nagibnog kuta kosine. Iz izraza za $a = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ računamo $\sin \alpha = 0,10553$. Jednoliko gibanje kuglice je za kut $\alpha = 6,06^\circ$. Ako je kosina manje nagnuta, kuglica se neće gibati. Za veći nagibni kut gibanje je jednoliko ubrzano.

Zaključak:

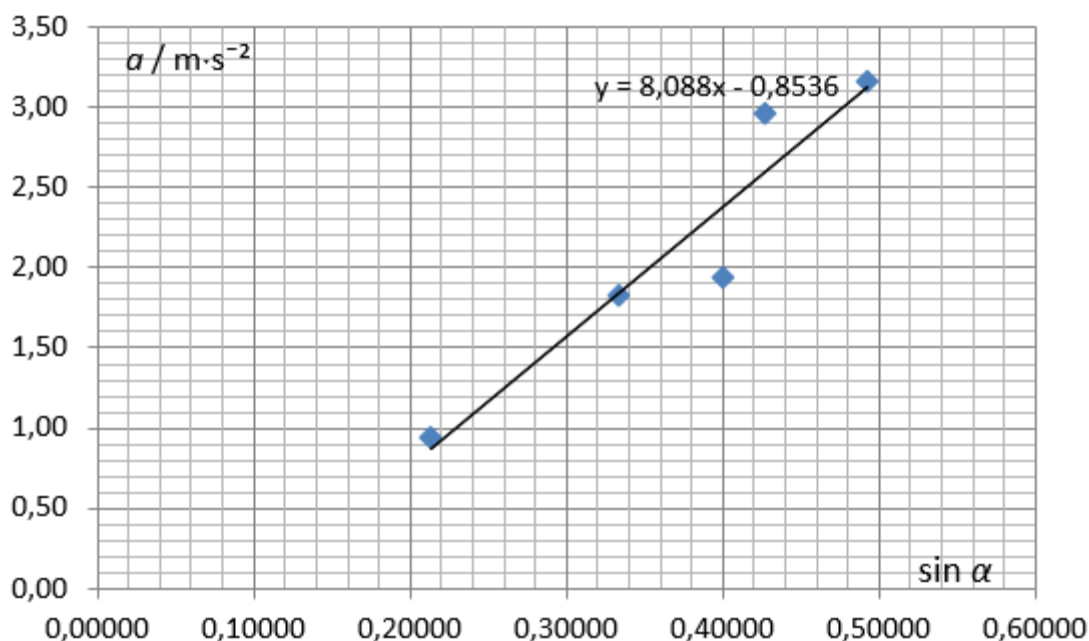
Najmanji kut pri kojem se kuglica spušta nizbrdicom : $\alpha = 6,06^\circ$

Za gibanje nizbrdicom bez trenja i bez rotacije ubrzanje treba biti po II. Newtonovom zakonu

$$a = g \cdot \sin \alpha.$$

Iz grafičkog prikaza čitamo da kuglica nema ubrzanje za kut čiji je $\sin \alpha = 0,10553$. Za kut $\alpha = 6,06^\circ$ gibanje je jednoliko. Za manje kutove nema gibanja, a za veće kutove gibanje je ubrzano.

Grafički prikaz 7.2. Ovisnost ubrzanja o nagibnom kutu kosine (Excel)

**Rezultat:**

Ovisnost ubrzanja o sinus nagibnog kuta prikazujemo izrazom: $a = 8,088 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \sin \alpha - 0,853$.

Ubrzanje je linearna funkcija sinusa nagibnog kuta kosine.

Zaključak:

Najmanji kut pri kojem se kuglica spušta nizbrdicom jest $6,054^\circ$.

Iz jednadžbe $a = 8,088 \cdot \sin \alpha - 0,853$ odredit ćemo sinus kuta uvrštavanjem vrijednosti $a = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Dobivena je vrijednost $\sin \alpha = 0,853/8,088 = 0,105464$ ili $\alpha = 6,05^\circ$.

Za gibanje nizbrdicom bez trenja i bez rotacije ubrzanje treba biti prema II. Newtonovom zakonu

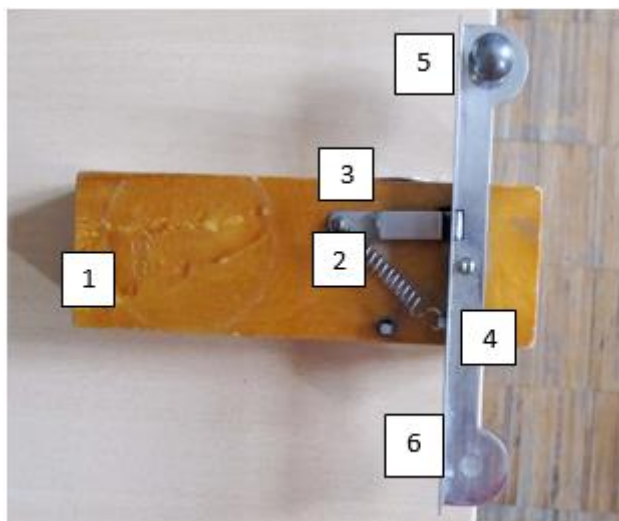
$$a = g \cdot \sin \alpha.$$

Za kut $\alpha = 6,05^\circ$ gibanje je jednoliko. Za manje kutove nema gibanja, a za veće kutove gibanje je ubrzano.

PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (HORIZONTALNI HITAC)



UPUTE NASTAVNIKU



Slika G2. 1. „Dvostrani balistički pištolj“ s dvije metalne kuglice (pogled odozgo)

Preporuke za mjerenje: Za obavljenja mjerenja visina s koje kuglica izvodi gibanje horizontalnog hitca mijenja se postavljanjem drvenih kutija za učila. Domet i visina mjere se metrom. Najmanja očitana vrijednost jest u milimetrima. Vrijeme se računa u tisućinkama sekunde.

Gravitacijsko ubrzanje $g = 9,807 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Dio eksperimenta moguće je izvesti pomoću ravnala i dva novčića. Tada se početna brzina novčića u horizontalnom smjeru ne može održavati stalnom.

Opis mjernog uređaja

Ovaj uređaj neobičnog imena proizveden je prije pedesetak godina. U inventaru se vodi pod imenom „dvostrani balistički pištolj“. Na drvenom bloku (1) pričvršćena je opruga (2). Prikazan je položaj u kojem je opruga napeta. Metalni dio (3) povezuje oprugu i metalnu polugu (4).

Pritiskom metalnog dijela (3) nadolje oslobađa se poluga (4). Zbog zakreta poluge naprijed (udesno) kuglica (5) iz ovog položaja izvodi gibanje horizontalnog hitca.

Metalna poluga (4) ima dva utora za kuglice. Kuglica postavljena u položaj (6) nakon pomicanja poluge (4) slobodno pada.

U drvenom je bloku prostor za skladištenje kuglica. Preko otvora je mali metalni poklopac.

Uređaj je pogodan za demonstracijski eksperiment neovisnosti gibanja.

Uređajem se dobivaju dobri podatci.



Slika G2.2.a. (lijevo): Pogled na uređaj odozgo. Kuglica je postavljena u položaj u kojem opruga nije napeta.

Slika G2.2.b. (desno): Pogled na uređaj sa strane.





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

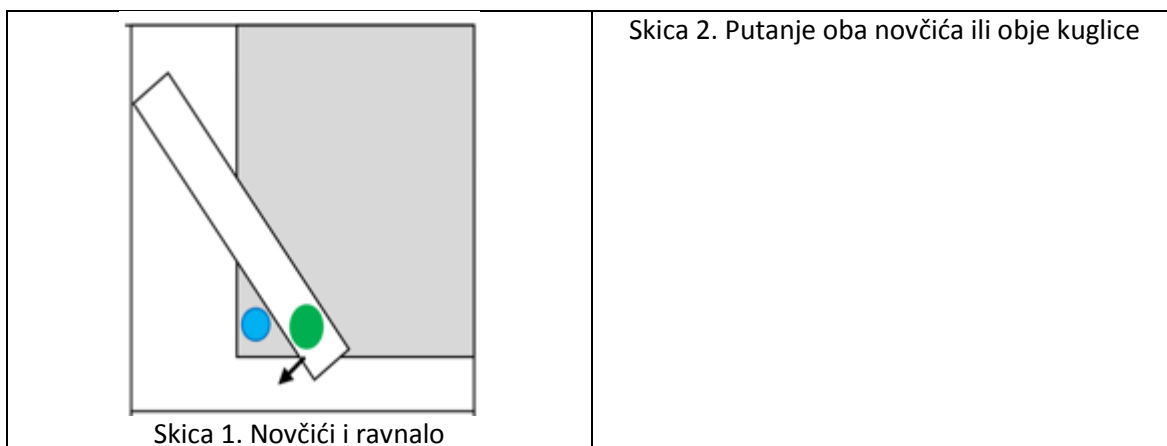
PRIBOR: “Dvostrani balistički pištolj” s dvije metalne kuglice ili novčići i ravnalo, dvije loptice, podloge različite visine i metar.

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



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

Zaključak o vremenu padanja tijela:

Kuglice padaju istovremeno. Treba pažljivo gledati i osluškivati. Kuglica koja izvodi gibanje horizontalnog hitca pada istovremeno kad i kuglica koja slobodno pada, ali odskoči od poda i ponovno padne.

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

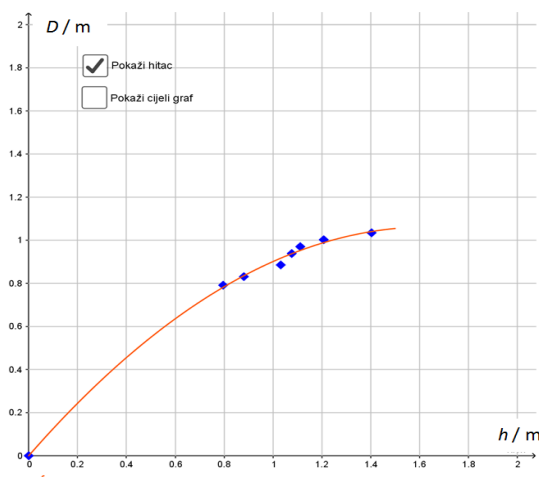
h / m	D_1 / m	D_2 / m	D_3 / m	D_4 / m	D_5 / m	D_6 / m	D_7 / m	D_{sr} / m
0,796	0,782	0,785	0,795	0,800	0,798	0,806	0,800	0,791
0,881	0,804	0,835	0,840	0,839	0,860	0,855	0,858	0,831
1,032	0,870	0,895	0,897	0,895	0,885	0,902	0,900	0,885
1,077	0,945	0,940	0,942	0,923	0,927	0,923	0,930	0,938
1,112	0,970	0,970	0,981	0,975	0,975	0,969	0,969	0,970
1,208	0,998	0,995	1,000	1,001	0,998	1,015	1,005	1,002
1,404	1,023	1,034	1,042	1,037	1,032	1,029	1,045	1,034

Zapažanja o ovisnosti dometa o visini prema podacima mjerenja:

Pri povećanju visine i domet se povećava. Povećanje visine s h na približno $2 h$ nije domet D povećalo na približno dvostruki iznos.

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

Grafički prikaz 1. Ovisnost dometa D o visini h u GeoGebri



Grafički prikaz nacrtan je u GeoGebri i koristi se na nastavi matematike.

Dodana je vrijednost koordinata točke $(0, 0)$.

Za nastavu matematike moguća je analiza cijele funkcije.

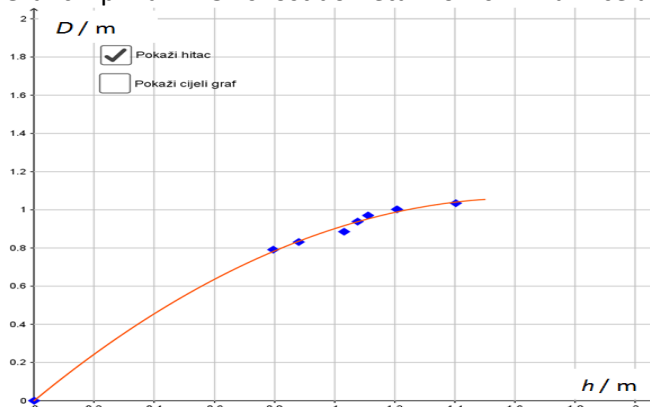
Zapažanja o ovisnosti dometa o visini prema podacima mjerenja:

Oblik grafa pokazuje polinomsku ovisnost dometa o visini.

Isti grafički prikaz za analizu eksperimentalnih podataka moguće je razmatrati u Excelu.

Zaključak je isti.

Grafički prikaz 2. Ovisnost dometa D o visini h u Excelu



5. Iz tablice 1. prepisite podatke o visini h i domet D_{sr} u tablicu 2. Dopunite stupce izračunatim vremenom padanja, t , kvadratom srednje vrijednosti dometa, D^2 , početnom brzinom v_0 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	$v_0 / (m \cdot s^{-1})$	$\Delta v_0 / (m \cdot s^{-1})$
0,796	0,791	0,6257	0,403	1,963	0,014
0,881	0,831	0,6906	0,424	1,960	0,017
1,032	0,885	0,7832	0,459	1,928	0,049
1,077	0,938	0,8789	0,469	1,999	0,022
1,112	0,970	0,9399	0,476	2,037	0,060
1,208	1,002	1,0030	0,496	2,019	0,042
1,404	1,034	1,0692	0,535	1,933	0,044

Rezultat:

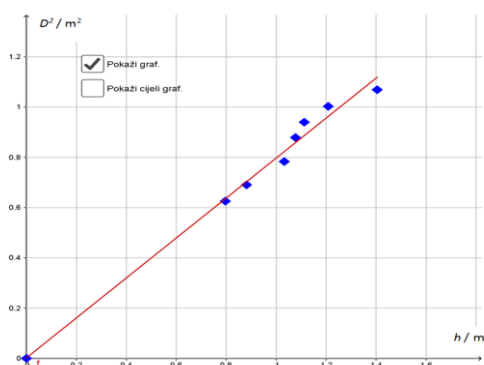
Početna brzina za svako mjerenje kvocijent je srednje vrijednosti dometa i izračunatog vremena. Zbog principa neovisnosti gibanja koji su učenici ranije dokazali mjerenjem, vrijeme računamo za svaku visinu h kao vrijeme slobodnog padanja.

Početna brzina horizontalno izbačenog tijela:

$$v_0 = (1,977 \pm 0,060) m \cdot s^{-1}$$

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

Grafički prikaz 3. Ovisnost kvadrata dometa, D^2 o visini h u GeoGebri



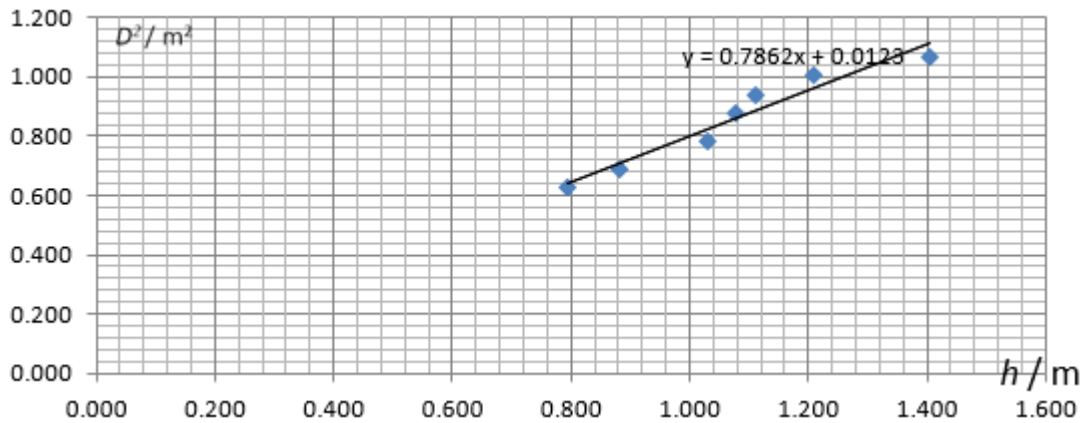
Zapis brojeva prikladan je za nastavu matematike.

Linearna funkcija koristi se za analizu na satu matematike.

Računalni program daje linearnu funkciju

$$y = 0,79543 \cdot x + 0,0020963.$$

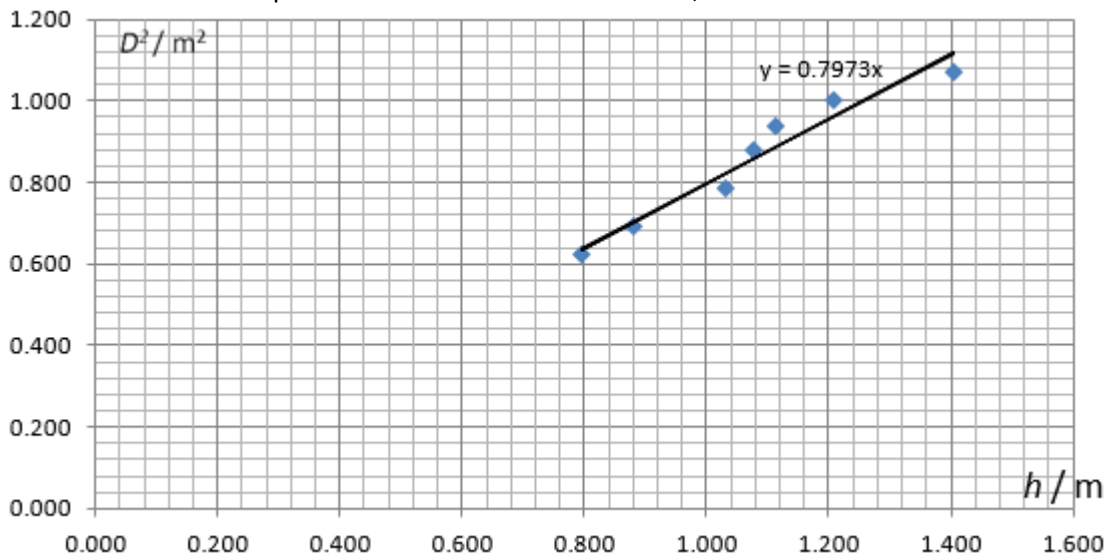
Grafički prikaz 4. Ovisnost kvadrata dometa, D^2 o visini h u Excelu



Analizom podataka bez uključivanja mogućnosti prolaza funkcije kroz ishodište jednadžba funkcije je $y = 0,786x + 0,012$.

Uključimo li pretpostavku prekida u ishodištu, jednadžba ima oblik $y = 0,797x$.

Grafički prikaz 5. Ovisnost kvadrata dometa, D^2 o visini h u Excelu



Rezultat: početna brzina dobivena grafičkom metodom

Ako kuglicu smatramo materijalnom točkom koja pada u vakuumu, zanemarujemo njene dimenzije i otpor zraka. Kuglica ima domet kada je izbačena horizontalno s visine h . Iako nije mjerena vrijednost točka (0, 0) uključen je prekid funkcije u ishodištu. Razmatramo jednadžbu $D^2 = (2 \cdot h/g) \cdot v_o^2$ i uspoređujemo s ovom linearnom funkcijom.

Koeficijent smjera pravca uspoređujemo s vrijednošću iz jednadžbe

$$k = \frac{D^2}{h} = \frac{2 \cdot v_o^2}{g} = 0,797 \text{ m}$$

Jedinice konstante k vidljive su iz grafičkog prikaza. Početnu brzinu, v_{ogr} određujemo grafičkom metodom.

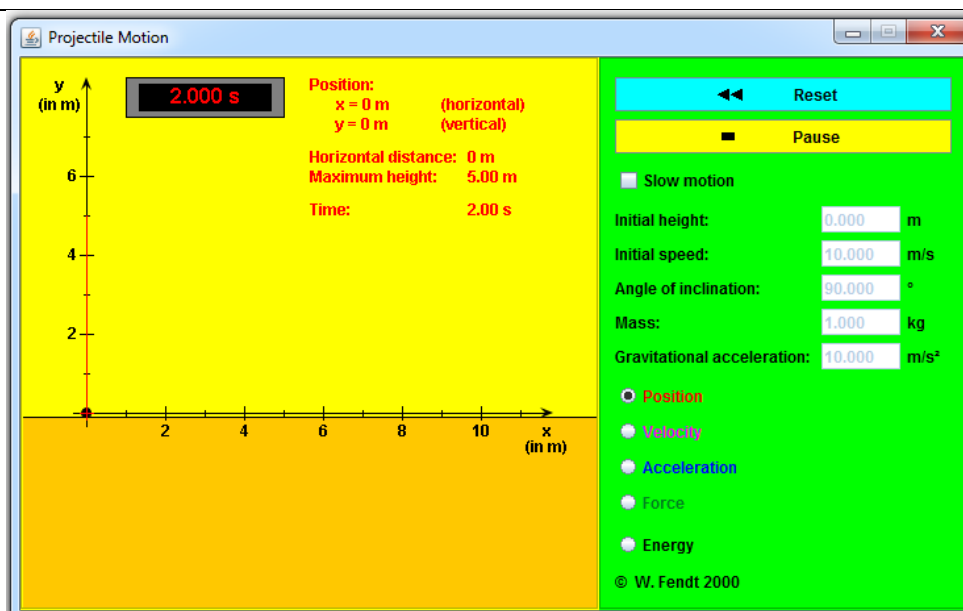
$$v_{ogr} = \sqrt{\frac{k \cdot g}{2}} = 1,977 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Ova se vrijednost uspoređuje sa srednjom izračunatom vrijednošću. Male su razlike bez obzira na to koji računalni program za crtanje grafova koristimo.

PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (VERTIKALNI HITAC)



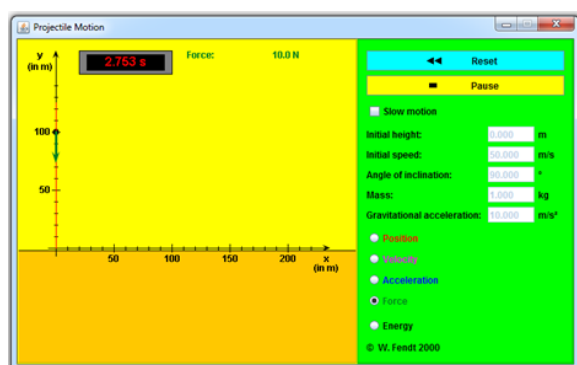
UPUTE NASTAVNIKU



Slika G3.1. Slika aplikacije sa stranice http://www.walter-fendt.de/ph6en/projectile_en.htm, rujan 2016.

Opis mjernog uređaja

Vježba se izvodi pomoću računalne simulacije na navedenoj web adresi.



Slika G3.2. Prikazana je slika na monitoru kada odaberete prikaz sile. Iznos sile 10 N. Masa 1 kg, početna brzina $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, početna visina 0 m, ubrzanje sile teže $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Preporuke za mjerenje:

Računalna simulacija izvrsno približava učenicima ovo složeno gibanje.

Za vertikalni hitac odaberite početnu visinu $h = 0$ m. Kut izbacivanja je 90° . Ubrzanje slobodnog padanja neka je $10,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Vrijednosti su ispisane na zaslonu monitora.

Za male vrijednosti brzina prikazane su visine i u cm ($v_o = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $H_m = 5,00$ m). Povećanjem brzine najveća visina prikazana je u metrima ($v_o = 100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $H_m = 500$ m).

Vrijednosti treba zapisivati kako su navedene u simulaciji.



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

PRIBOR: Računalo s internetskom vezom, web adresa http://www.walter-fendt.de/ph6en/proje_ctile_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 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: položaj, brzina, ubrzanje, sila i energija tijela.

Uputa: Za cijelu vježbu odaberite kut izbacivanja 90°. Namjestite početnu visinu na 0 m. Radi jednostavnosti odaberite gravitacijsko ubrzanje 10,00 m·s⁻². Za 1.1.-1.5. odaberite masu i nemojte je mijenjati. Masa iznosi m = 1 kg.

Za zadatak 1.6. odaberite brzinu v₀ = 100 m ·s⁻¹ i nemojte je mijenjati.

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: jednoliko usporeno gibanje.

pri padanju: jednoliko ubrzano gibanje.

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

Zaključak o vrsti gibanja prema ubrzanju:

pri uspinjanju: *jednoliko usporeno gibanje.*

pri padanju: *jednoliko ubrzano gibanje.*

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

Zaključak o vrsti gibanja prema sili:

pri uspinjanju: *jednoliko usporeno gibanje.*

pri padanju: *jednoliko ubrzano gibanje.*

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

Zaključak o energiji: Masa tijela $m = 1$ kg.

Trenutak	h / m	E_{gp} / kJ	E_u / kJ	E_k / kJ	$v / m \cdot s^{-1}$
izbacivanje	0	0	5	5	100
najveća visina	500	5	5	0	0

Ukupna je energija sustava očuvana.

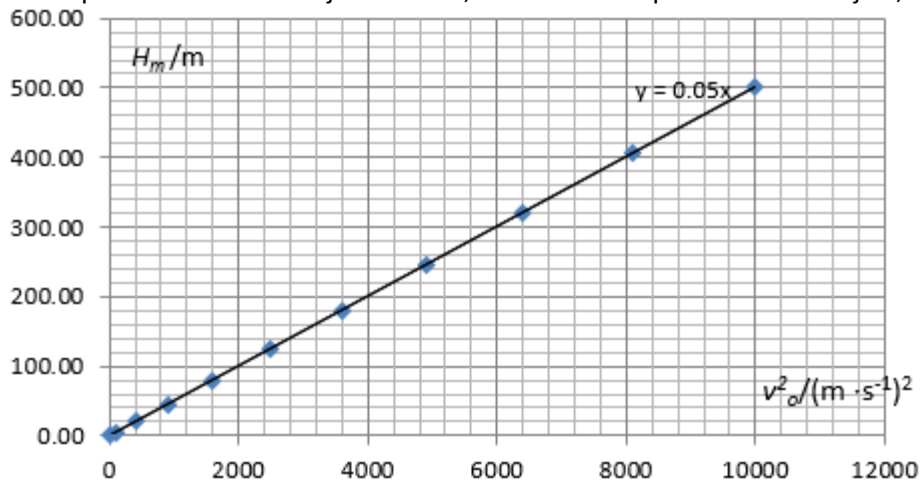
1.5. Odaberite položaj, pokrenite simulaciju, mijenjajte početnu brzinu, v_o i u tablicu 1. bilježite vrijednosti ukupnog vremena t_u (dvostruko vrijeme uspinjanja t_H), i najveće visine H_m . U zadnji stupac zapišite kvadrat početne brzine.

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

$v_o / m \cdot s^{-1}$	H_m / m	t_u / s	t_H / s	$v_o^2 / (m \cdot s^{-1})^2$
5	1,25	1,00	0,50	25
10	5,0	2,00	1,00	100
20	20,0	4,00	2,00	400
30	45,0	6,00	3,00	900
40	80,0	8,00	4,00	1600
50	125	10,00	5,00	2500
60	180	12,00	6,00	3600
70	245	14,00	7,00	4900
80	320	16,00	8,00	6400
90	405	18,00	9,00	8100
100	500	20,00	10,00	10000

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 :

Najveća visina linearna je funkcija kvadrata početne brzine. $H_m = k_1 \cdot v_o^2 = \frac{v_o^2}{2 \cdot g}$

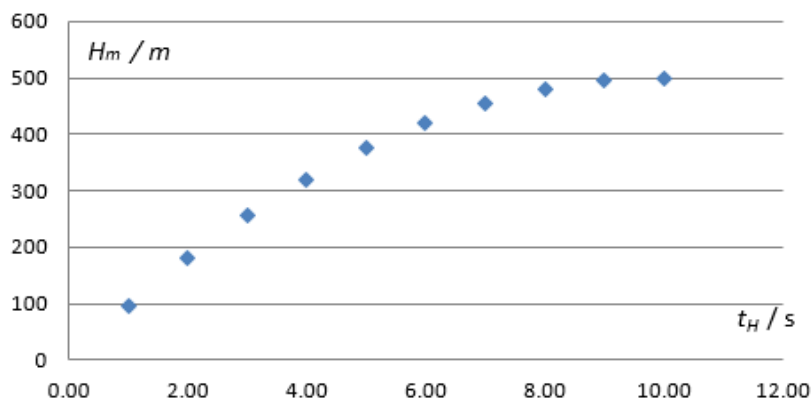
Podatci za najveću visinu bilježeni su kako piše u računalnoj simulaciji. Grafovi su crtani u Excelu.

Zaključak o omjeru (H_m/v_o^2):

Omjer je stalan. Linearna funkcija ima koeficijent smjera pravca $k_1 = 0,05 \text{ s}^2 \cdot \text{m}^{-1}$. Jedinice su određene iz grafičkog prikaza. Nagib $0,05 \text{ s}^2 \cdot \text{m}^{-1}$ jednak je konstanti $k_1 = \frac{1}{2g}$.

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



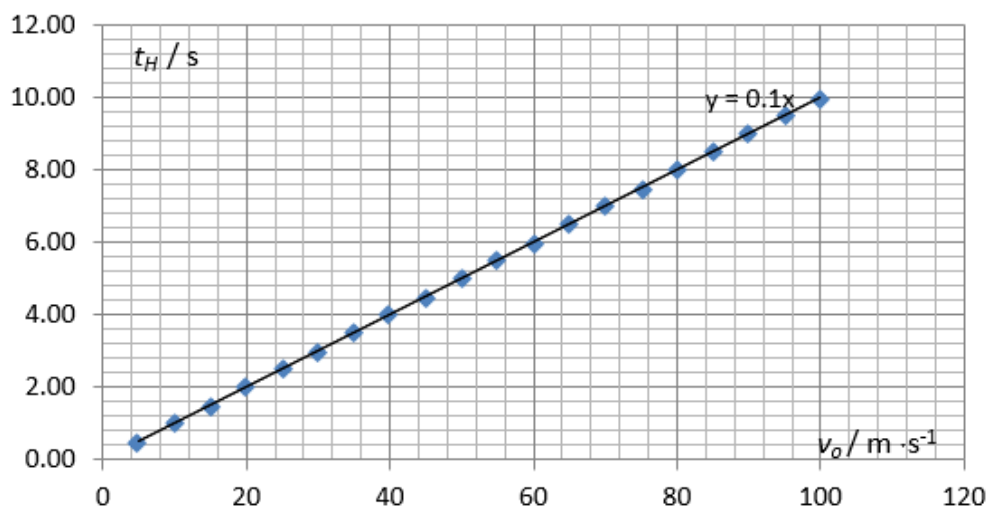
Zaključak o ovisnosti najveće visine, H_m o vremenu uspinjanja, t_H :

Graf ukazuje na jednoliko usporeno gibanje.

Vrijeme uspinjanja ovisi o: početnoj brzini.

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



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

Vrijeme uspinjanja linearna je funkcija brzine, $t_H = k_2 \cdot v_o = \frac{v_o}{g}$. Koeficijent smjera je

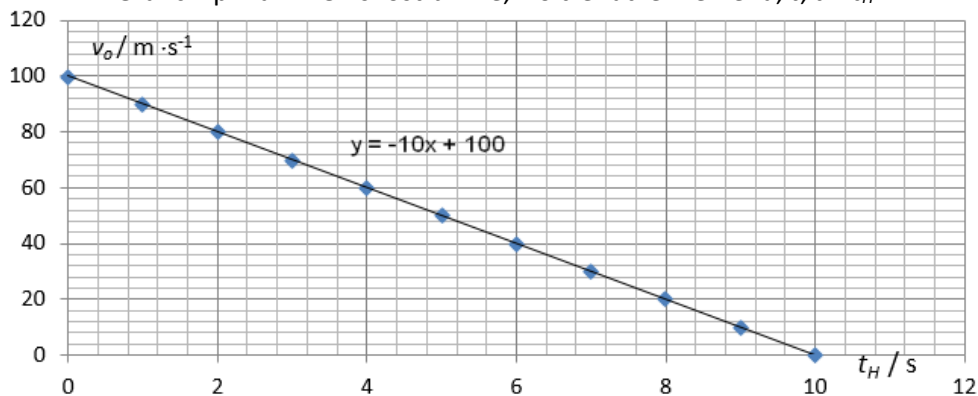
$$k_2 = \frac{1}{g} = 0,1 \frac{\text{s}^2}{\text{m}}$$

Gibanje tijela koje se uspinje početnom brzinom v_o do najviše točke je jednoliko usporeno.

Pomoću podataka iz tablice 1. grafički prikažite ovisnost brzine v o trenutku vremena, t , $t < t_H$. Odaberite početnu brzinu $v_o = 100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ te izračunajte brzinu u svakoj sekundi uspinjanja tijela.

$v / \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
t / s	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Grafički prikaz 4. Ovisnost brzine, v o trenutke vremenu, t , $t < t_H$



Zaključak o ovisnosti brzine, v o trenutke vremenu, t , $t < t_H$:

brzina je linearna funkcija vremena. Koeficijent smjera ima negativan predznak. Jednadžba je jednaka $v = v_0 - g \cdot t$.

U trenutku $t = 5$ s vektor brzine mijenja orijentaciju. Nakon toga gibanje je ubrzano.

Gibanje tijela koje se uspinje u trenutku t , $t < t_H$ jest: jednoliko usporeno.

1.6. 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: $v_0 = 50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

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

m / kg	H_m / m	t_u / s	t_H / s
1	125	10,0	5,0
2	125	10,0	5,0
5	125	10,0	5,0
10	125	10,0	5,0

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

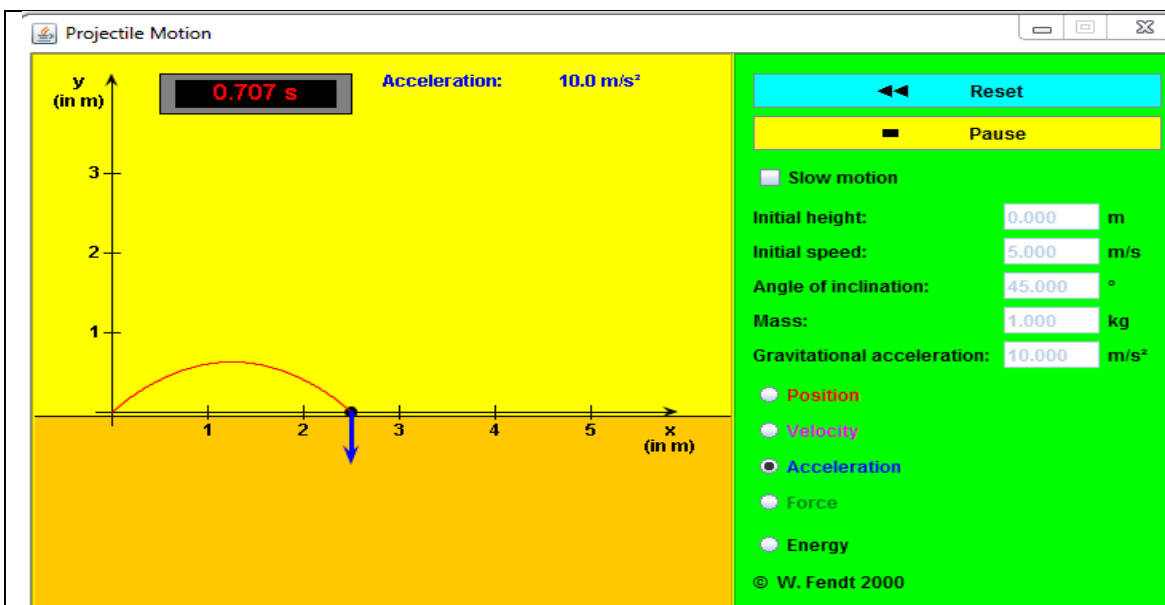
Najveća visina ne ovisi o masi tijela.

$$H_m = \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$$

PROUČAVANJE SLOŽENIH GIBANJA (KOSI HITAC)



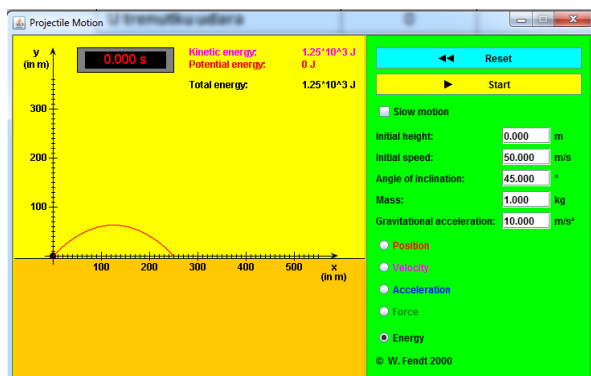
UPUTE NASTAVNIKU



Slika G4.1. Slika aplikacije sa stranice http://www.walter-fendt.de/ph6en/projectile_en.htm, rujan 2016.

Opis mjernog uređaja

Vježba se izvodi pomoću računalne simulacije na napisanoj web adresi.



Slika G4 2. Slika aplikacije, odabir energija. Masa tijela 1 kg, brzina $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, kut elevacije 45° , početna visina 0 m, ubrzanje sile teže $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Početni trenutak:

- Kinetička energija 1,25 kJ
- Gravitacijska potencijalna energija 0 J
- Ukupna energija 1,25 kJ.

Preporuke za mjerenje:

Isprepliću se sadržaji domena gibanja, međudjelovanja i energije.

Za analizu podataka koriste se sadržaji iz fizike, matematike i IKT tehnologije.

Za kosi hitac odaberite početnu visinu $h = 0 \text{ m}$. Ubrzanje slobodnog padanja neka je $10,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Kut elevacije se mijenja.

Vrijednosti su ispisane na zaslonu monitora.

Bilježe se vrijednosti zapisane u simulaciji. Simulaciju pokrenite i po potrebi usporite.

Raspravite s učenicima promjene brzine i energije.



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

PRIBOR: Računalo s internetskom vezom, web adresa http://www.walter-fendt.de/ph6en/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: položaj, brzina, ubrzanje, sila ili energija 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 1,000 kg.

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: *jednoliko usporeno.*

pri padanju: *jednoliko ubrzano.*

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

Zaključak o vrsti gibanja prema ubrzanju:

pri uspinjanju: *jednoliko usporeno.*

pri padanju: *jednoliko ubrzano.*

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

Zaključak o vrsti gibanja prema sili:

pri uspinjanju: *jednoliko usporeno.*

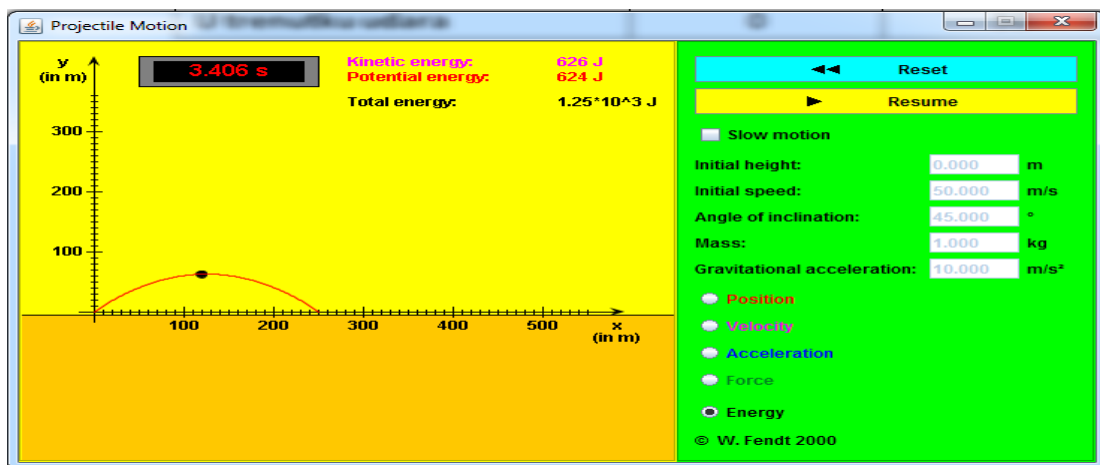
pri padanju: *jednoliko ubrzano.*

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

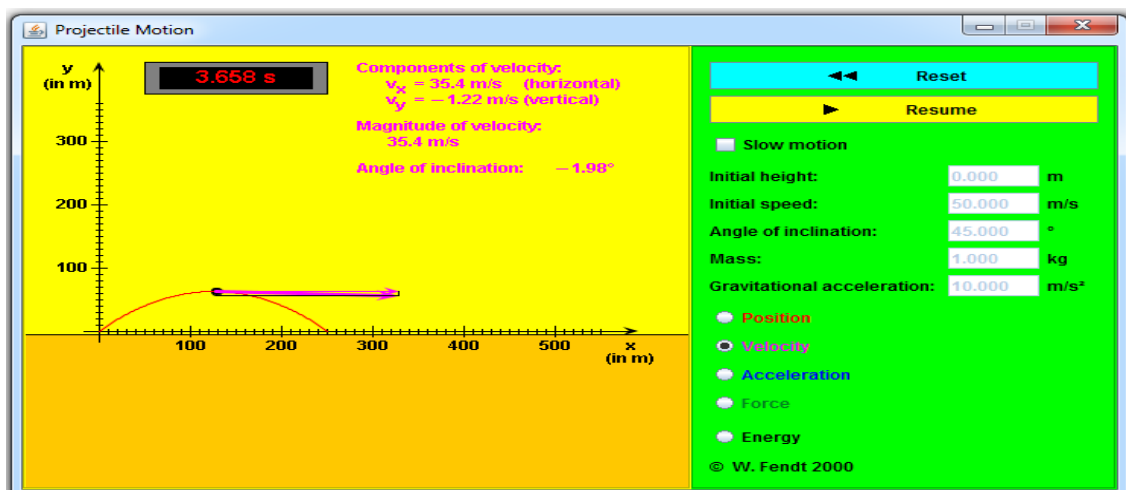
Masa tijela $m = 1,000$ kg. Kut elevacije $\alpha = 45^\circ$.

Zaključak o energiji:

Trenutak/položaj	E_{gp} / J	$v / m \cdot s^{-1}$	E_k / J	E_u / J
U trenutku izbacivanja	0	50	1250	1250
Na najvećoj visini	625	35,36	625	1250
U trenutku udara	0	50	1250	1250



Slika G4.3. Prikaz vrijednosti energija u blizini položaja najveće visine



Slika G4.4. Prikaz vrijednosti brzina u blizini položaja najveće visine

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 : $\alpha = 30^\circ$.

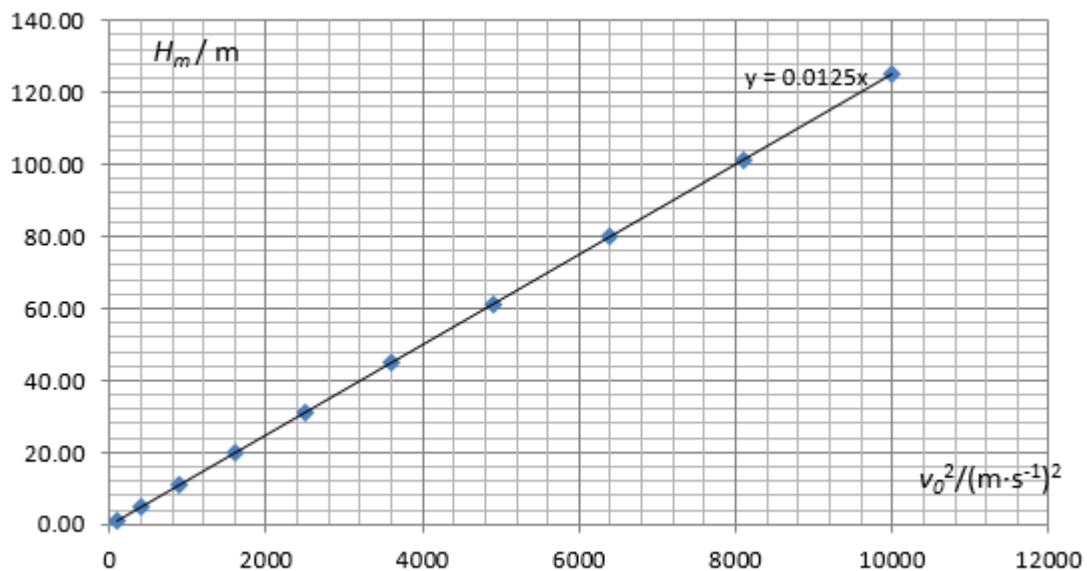
Masa tijela : 1,000 kg.

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

$v_0 / \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	D / m	H_m / m	t_u / s	$v_0^2 / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})^2$
10	8,66	1,25	1,00	100
20	34,6	5,00	2,00	400
30	77,0	11,2	3,00	900
40	139	20,0	4,00	1600
50	217	31,2	5,00	2500
60	312	45,0	6,00	3600
70	424	61,2	7,00	4900
80	554	80,0	6,00	6400
90	701	101	9,00	8100
100	866	125	10,00	10000

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_0^2



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

Najveća visina linearna je funkcija kvadrata brzine, $H_m = k_1 \cdot v_o^2$.

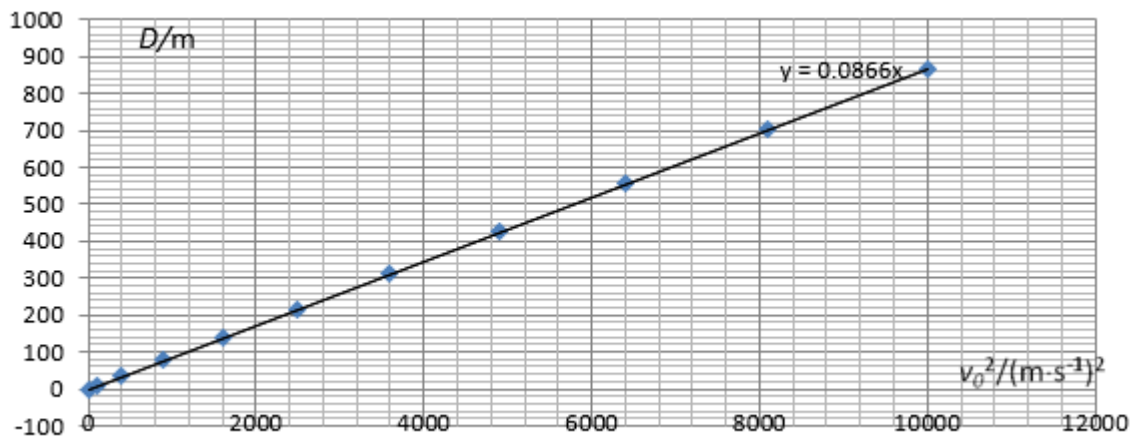
Zaključak o omjeru (H_m / v_o^2):

Omjer je stalan. Iz izraza $H_m = k_1 \cdot v_o^2 = \frac{v_o^2}{2g} \cdot \sin^2 \alpha$ uspoređujemo $k_1 = 0,012 \text{ s}^2 \cdot \text{m}^{-1} \text{ s}$ $k_1 = \frac{\sin^2 \alpha}{2g}$

Za $\sin \alpha = 30^\circ$ i $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ vrijednost ove konstante iznosi $0,0125 \text{ s}^2 \cdot \text{m}^{-1}$.

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 :

Dometa je linearna funkcija kvadrata brzine, $D = k_2 \cdot v_o^2$.

Zaključak o omjeru (D / v_o^2):

Omjer je stalan. Iz izraza $D = k_2 \cdot v_o^2 = \frac{v_o^2}{g} \cdot \sin(2\alpha)$ uspoređujemo $k_2 = 0,086 \text{ s}^2 \cdot \text{m}^{-1} \text{ s}$ $k_2 = \frac{\sin(2\alpha)}{g}$

Za $\sin \alpha = 30^\circ$ i $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ova konstanta iznosi $0,0866 \text{ s}^2 \cdot \text{m}^{-1}$.

1.6. Iz tablice 1. zabilježite iznos 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

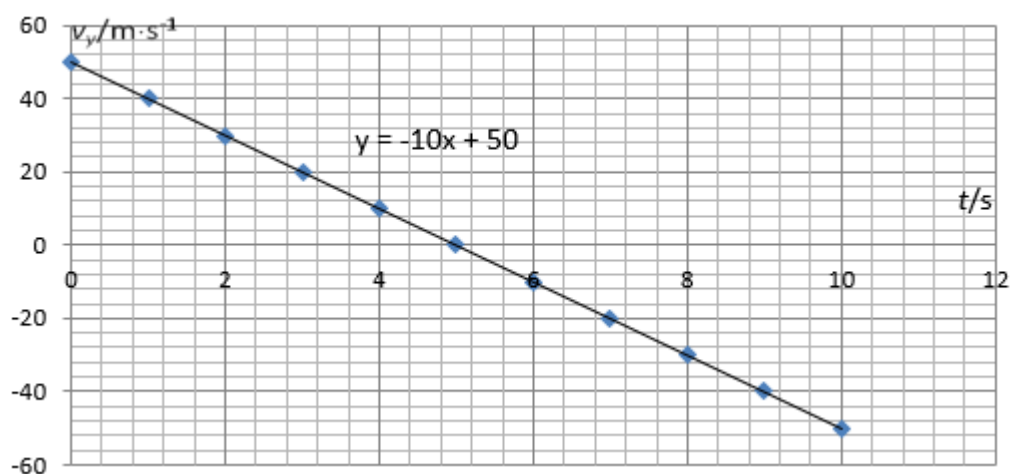
$$v_y = v_o \cdot \sin \alpha - gt.$$

Tablica 2. Vertikalna komponenta brzine koso bačenog tijela u ovisnosti od vremena

t/s	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$v_y/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	50	40	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40	-50

Grafički prikažite 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:

Komponenta brzine u vertikalnom se smjeru smanjuje, a nakon dostizanja nulte vrijednosti povećava se.

Jednadžba pravca $y = -10 \cdot x + 50$ poklapa se s $v_y = 50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} - 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \cdot t$.

Za početnu brzinu $v_o = 100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i kut elevacije $\alpha = 30^\circ$ početna brzina u vertikalnom smjeru iznosi $v_o \cdot \sin \alpha = 50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Na grafičkom prikazu 3. označite vrijeme uspinjanja. Vrijeme uspinjanja iznosi $t_h = 5 \text{ s}$.

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

Stalne veličine: *početna visina, brzina izbacivanja, kut elevacije i gravitacijsko ubrzanje, domet i najveća visina.*

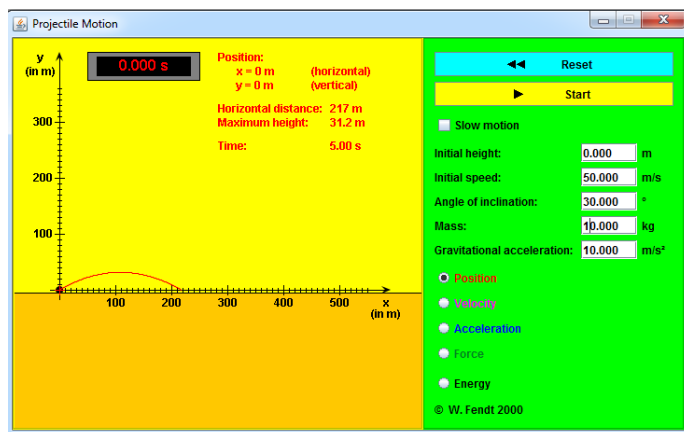
Promjenjive veličine: *masa tijela.*

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

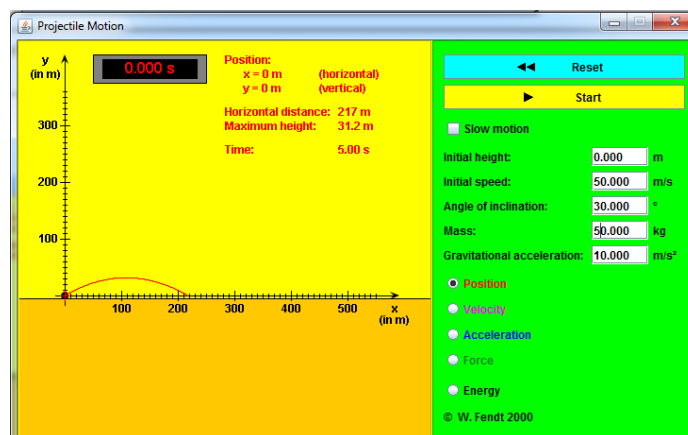
m / kg	D / m	H_m / m	t_u / s
1	217	31,2	5,00
2	217	31,2	5,00
5	217	31,2	5,00
10	217	31,2	5,00
50	217	31,2	5,00

Zaključak o ovisnosti najveće visine, H_m o masi tijela, m : Najveća visina ne ovisi o masi tijela ako su stalne brzina i kut izbacivanja, početna visina i gravitacijsko ubrzanje.

Zaključak o ovisnosti dometa, D o masi tijela, m : Domet ne ovisi o masi tijela ako su stalne brzina i kut izbacivanja, početna visina i gravitacijsko ubrzanje.



Slika G4.5. Domet i najveća visina tijela izbačenog početnom brzinom $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pod kutom 30° , početna visina 0 m i gravitacijsko ubrzanje $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Masa tijela je 10 kg .



Slika G4.6. Domet i najveća visina tijela izbačenog početnom brzinom $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pod kutom 30° , početna visina 0 m i gravitacijsko ubrzanje $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Masa tijela je 50 kg .



ENERGIJA

Popis vježbi sa zadacima u pojedinoj vježbi


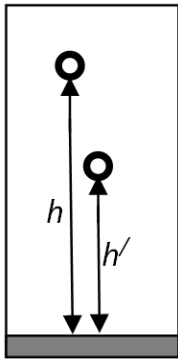
VJEŽBA	ZADATAK
E1 - PROUČAVANJE ZAKONA OČUVANJA ENERGIJE POMOĆU LOPTICA KADA PADAJU S NEKE VISINE h I ODSKOČE NA VISINU h'	Istražiti ovisi li predana energija o vrsti loptice. Istražiti koliko energije loptice predaju podlozi pri udaru o nju. Grafički odrediti postotak energije predane podlozi. Primijeniti 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.

PROUČAVANJE ZAKONA OČUVANJA ENERGIJE I

(pomoću loptica kada padaju s neke visine h i odskoče na visinu h')



UPUTE NASTAVNIKU

	Opis mjernog uređaja	
	Nosač za metar jest dovratnik na vratima učionice za fiziku. Metar treba pažljivo postaviti na pod da mu ne smetaju podne lajsne.	
Slika E1.1. Metar na dovratniku		Preporuke za mjerenje:
	Slika E1.2. Mjerenje visine h i h'	Ove je eksperimente vrlo jednostavno izvesti. Koriste se različite loptice ili kuglice. Loptica se postavi tako da je njen donji rub na zadanoj visini (npr. 2 m). Više puta se mjeri visina h' ili se snimi pa se promatra usporena snimka. Koristi li se usporena snimka može se računati s ubrzanjem sile teže $g = 9.807 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Mjereni su podatci obrađeni u Excelu.



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: 23,20 g.

Masa gumene loptice: 24,28 g

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	0,14	0,16	0,15	0,15	0,14	0,15
gumena	1,00	0,68	0,69	0,69	0,71	0,73	0,70

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

Loptice približno istih masa, ali različitih materijala ne uspinju se na istu visinu.

Zaključak o energiji koju predaju podu:

Loptice su podu predale različite energije. Što je manja visina na koju je loptica skočila, više je energije predala 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'_5 / m	h'_5 / m	h'_{sr} / m
0,00240	2,00	0,25	0,28	0,28	0,28	0,30	0,32	0,31	0,29
0,00556	2,00	0,30	0,33	0,31	0,29	0,33	0,30	0,32	0,31
0,01400	2,00	0,36	0,30	0,29	0,30	0,29	0,30	0,28	0,30

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

Kuglice od istog materijala, ali različitih masa uspele su se na približno istu visinu.

Zaključak o energiji koju predaju podu:

Loptice predaju podu približno iste relativne iznose energije.

3. Vrlo pažljivo i precizno izmjerite visinu gumene loptice, h , iznad poda. Nakon puštanja bez početne brzine, loptica pada na pod i uspe 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:

$$E_{gp} = m \cdot g \cdot h, \text{ te } E'_{gp} = m \cdot g \cdot h'_{sr}.$$

Razliku gravitacijskih potencijalnih energija loptice odredite iz izraza

$$\Delta E = E_{gp} - E'_{gp} = m \cdot g \cdot (h - h'_{sr}).$$

Relativni odnos energije predane podu i gravitacijske potencijalne energije loptice odredite omjerom, $(\Delta E / E_{gp})$ za svaku visinu.

Masa loptice: 24,28 g.

Tablica 3. Visina s koje pada i na koju se uspe loptica nakon udara o pod, gravitacijska potencijalna energija, 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}/J	$\Delta E/J$	$\Delta E/E_{gp}$
2,00	1,40	1,40	1,41	1,42	1,44	1,43	1,42	1,42	0,71	0,476	0,138	0,29
1,90	1,39	1,39	1,35	1,37	1,38	1,35	1,33	1,36	0,72	0,453	0,129	0,28
1,80	1,25	1,25	1,30	1,29	1,29	1,25	1,27	1,28	0,71	0,429	0,125	0,29
1,70	1,17	1,17	1,21	1,18	1,21	1,20	1,19	1,20	0,70	0,405	0,120	0,30
1,60	1,10	1,10	1,12	1,12	1,13	1,14	1,14	1,13	0,71	0,381	0,112	0,29
1,50	1,03	1,03	1,06	1,07	1,07	1,08	1,09	1,07	0,71	0,357	0,103	0,29
1,40	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00	0,72	0,333	0,094	0,28
1,30	0,90	0,90	0,93	0,94	0,97	0,91	0,96	0,94	0,72	0,310	0,087	0,28
1,20	0,85	0,85	0,84	0,83	0,87	0,88	0,87	0,86	0,71	0,286	0,082	0,29
1,10	0,76	0,76	0,80	0,79	0,79	0,80	0,80	0,79	0,72	0,262	0,073	0,28
1,00	0,68	0,68	0,69	0,69	0,71	0,73	0,71	0,70	0,70	0,238	0,071	0,30

Zaključak o visini s koje pada gumena loptica i na koju se uspe nakon udara o pod: $h' < h$

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

$$\frac{h'_{sr}}{h} = 0,71 \pm 0,01$$

Približno je 71% početne gravitacijske energije je nakon odskoka loptice na visinu h' gravitacijska potencijalna energija.

Zaključak o apsolutnom iznosu energije predane podu: Pri svakom padanju s visine h , loptica preda dio energije, ΔE podu. Što je veća početna gravitacijska energija, E_{gp} , više će energije loptica predati podu.

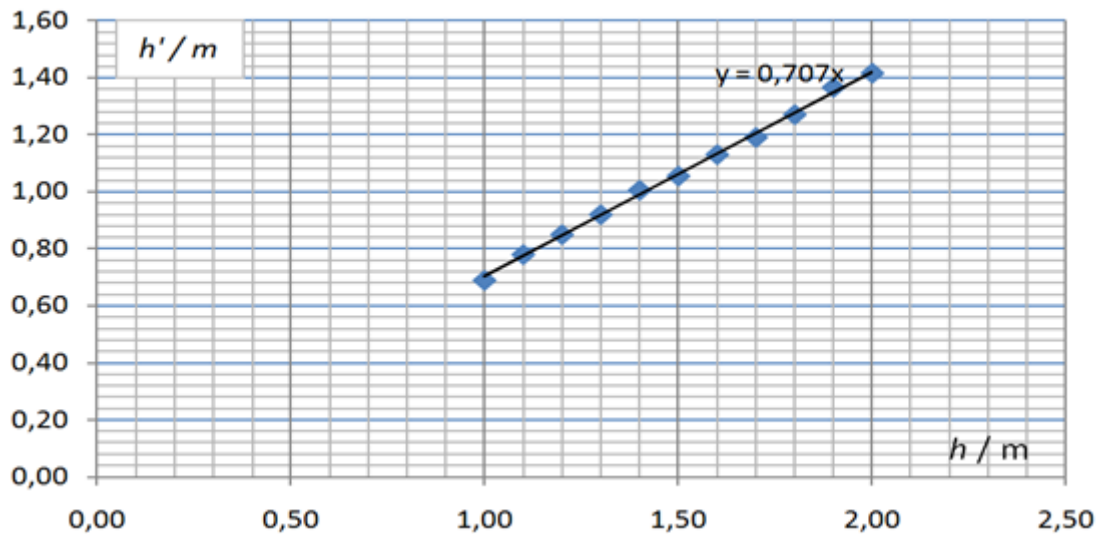
Srednja vrijednost omjera $\Delta E / E_{gp}$:

$$\frac{\Delta E}{E_{gp}} = 0,29 \pm 0,01$$

Približno 29 % početne gravitacijske energije loptica preda podu. Zanemarili smo padanje u zraku i druge oblike transformacije energije.

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

Grafički prikaz 1. Ovisnost visine na koju se optica uspne o početnoj visini optice iznad poda



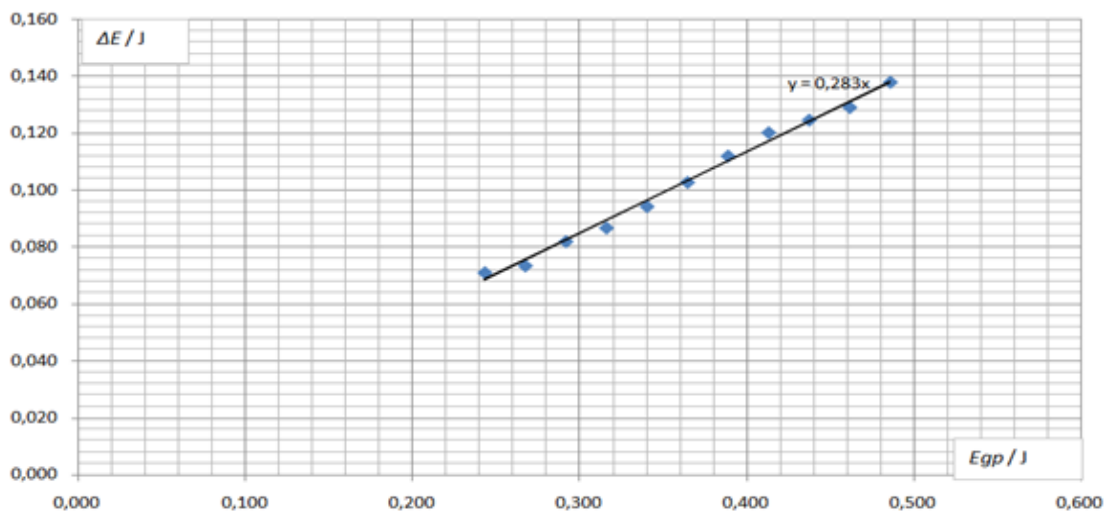
Zaključak o visini na koju se optica uspne u ovisnosti o početnoj visini optice iznad poda:

Računalni program daje zapis $h' = 0,707 h$. Zaokružuje li se vrijednosti na mjerene vrijednosti u centimetrima, omjer 0,707 zaokružuje se na 0,71.

Omjer odgovara srednjoj vrijednosti omjera visina izračunatim iz niza mjerenja.

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

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



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

Računalni program daje zapis $\Delta E = 0,288 E_{gp}$. Zaokruživanjem vrijednosti dobiva se broj 0,29.

Omjer odgovara srednjoj vrijednosti omjera energija izračunatim iz niza mjerenja.

4. Uzmite lopticu za stolni tenis i ponovite sve postupke iz trećeg zadatka.

Masa loptice: 2,29 g.

Tablica 4. Visina s koje pada i na koju se uspne loptica nakon udara o pod, gravitacijska potencijalna energija, 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}/J	$\Delta E/J$	$\Delta E/E_{gp}$
2,00	0,80	0,87	0,88	0,80	0,80	0,79	0,80	0,82	0,41	0,0449	0,0265	0,59
1,90	0,72	0,74	0,79	0,80	0,81	0,86	0,82	0,79	0,42	0,0427	0,0249	0,58
1,80	0,73	0,78	0,76	0,75	0,76	0,70	0,72	0,74	0,41	0,0404	0,0237	0,59
1,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,70	0,71	0,72	0,71	0,42	0,0382	0,0223	0,58
1,60	0,64	0,63	0,63	0,66	0,63	0,64	0,62	0,64	0,40	0,0359	0,0217	0,60
1,50	0,60	0,60	0,62	0,60	0,60	0,62	0,62	0,61	0,41	0,0337	0,0200	0,59

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

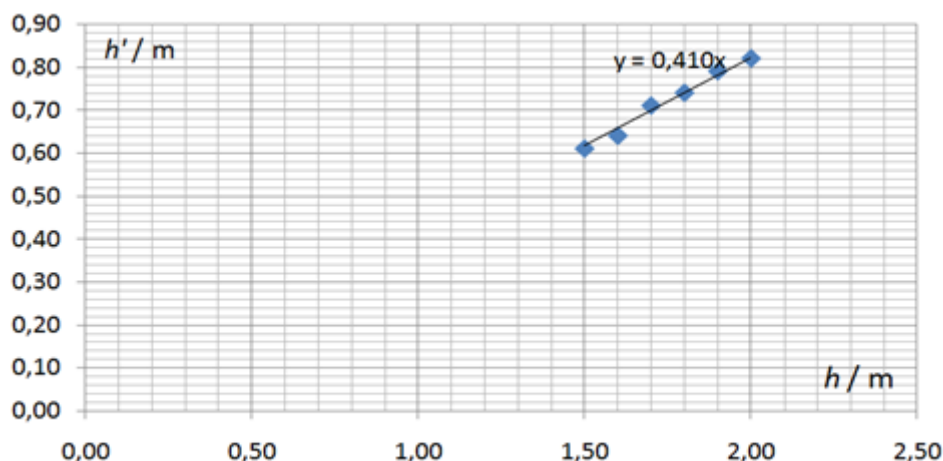
Srednja vrijednost omjera visina h'_{sr}/h : $\frac{h'_{sr}}{h} = 0,41 \pm 0,01$

Zaključak o apsolutnom iznosu energije predane podu: Pri svakom padanju s visine h loptica preda dio energije, ΔE podu. Što je veća početna gravitacijska energija, E_{gp} , više će energije loptica predati podu.

Srednja vrijednost omjera $\Delta E / E_{gp}$: $\frac{\Delta E}{E_{gp}} = 0,59 \pm 0,01$

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

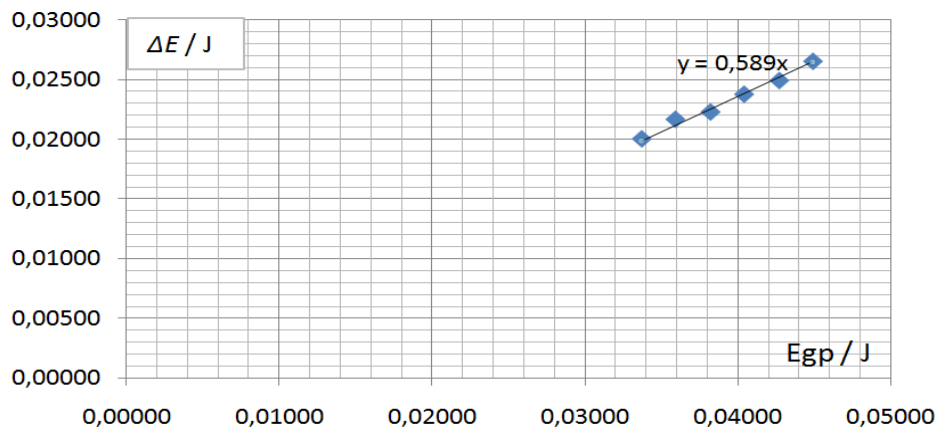
Grafički prikaz 3. Ovisnost visine na koju se loptica uspne o početnoj visini loptice iznad poda



Zaključak o ovisnosti visine na koju se loptica uspne o početnoj visini loptice iznad poda: $h' < h$

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:

Ovisnost razlike energija o gravitacijskoj potencijalnoj energiji loptice iznad poda jest linearna funkcija.

Oko 59 % gravitacijske potencijalne energije loptica preda podu.

Zakon očuvanja energije piše se u obliku $E_{gp} = E'_{gp} + \Delta E$.

Dijeljenjem gornjeg izraza početnom gravitacijskom energijom, E_{gp} , zakon očuvanja energije dobiva nešto drugačiji oblik:

$$\frac{E_{gp}}{E_{gp}} = \frac{E'_{gp}}{E_{gp}} + \frac{\Delta E}{E_{gp}} \Rightarrow 1 = \eta + \xi$$

$\Delta E = \xi E_{gp}$

Energija predana podu (i drugi oblici energije).

$E'_{gp} = \eta E_{gp}$

Gravitacijska potencijalna energija na visini h' .

Označe li se omjeri visina simbolom η , te omjer predane i ukupne gravitacijske energije simbolom ξ , mjere su:

$$\eta = \frac{m \cdot g \cdot h'}{m \cdot g \cdot h} = \frac{h'}{h} \qquad \xi = \frac{m \cdot g \cdot (h - h')}{m \cdot g \cdot h} = 1 - \frac{h'}{h}$$

Pregled rezultata mjerenja:

Loptica	η	ξ	$\eta + \xi$
gumena	0,71	0,29	1,00
stolni tenis	0,41	0,59	1,00
metalna	0,30	0,70	1,00

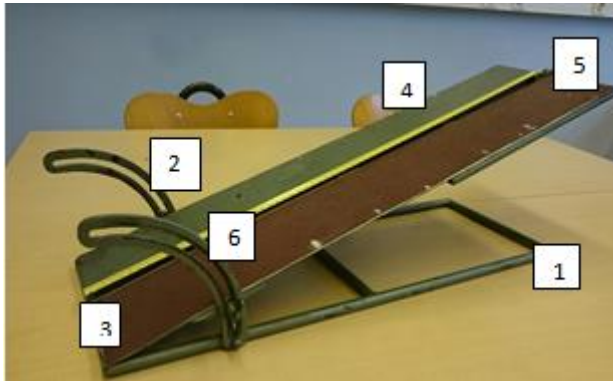
Diskutira se zakon očuvanja energije.

PROUČAVANJE ZAKONA OČUVANJA ENERGIJE II

(pomoću kuglica koje se spuštaju niz kosinu s visine h na ravnu podlogu te padaju s visine H)



UPUTE NASTAVNIKU



Slika E2.1. Kosina s ravnom i hrapavom podlogom

Opis mjernog uređaja

Metalni okvir (1) položen je na stol. Stezači (2) pridržavaju metalnu ploču (3). Na stezačima je moguće označiti kutove nagiba prema horizontali. Polovina je glatka (4), a na drugu je polovinu nalijepljen smirkov papir (5). Na sredinu kosine nalijepljen je metar (6).

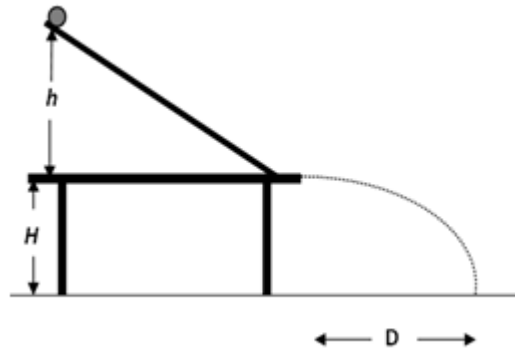
Preporuke za mjerenje:

Kosina se postavi na stol desetak centimetara od njegova ruba. Mjeri se visina s koje se pušta kuglica, h i visina stola, H .

Nakon spuštanja niz kosinu kuglica se kratko vrijeme giba po stolu i izvodi gibanje horizontalnog hitca. Metrom se mjeri domet kuglice, D .

Masa utega mjeri se vagom ili težina dinamometrom.

Uz ove eksperimente prikazani su grafički prikazi u Excelu.



Slika E2.2. Visina kosine, h , visina stola, H i domet, D



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 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):

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (1.1) \qquad v_0 = \frac{D_{sr}}{t} \quad (1.2) \qquad E_{k1} = \frac{m}{2} v_0^2 \quad (1.3)$$

Gravitacijsku potencijalnu energiju u odnosu na stol odredite iz izraza (1.4): $E_{gp1} = m \cdot g \cdot h$. (1.4)

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

$$\Delta E = E_{gp} - E_{k1}. \quad (1.5)$$

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

$$k_1 = E_{k1} / E_{gp1}.$$

Visina stola: 0,76 m. Masa kuglice: 2,37 g. Vrijeme padanja: 0,393689386 s. Podloga: glatka.

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	$v_0/(m \cdot s^{-1})$	E_{gp1}/mJ	E_{k1}/mJ	$\Delta E_1/mJ$	k_1
0,080	0,293	0,298	0,296	0,291	0,292	0,294	0,747	1,859	0,661	1,199	0,3554
0,105	0,316	0,323	0,330	0,320	0,323	0,322	0,819	2,440	0,795	1,646	0,3256
0,125	0,378	0,371	0,378	0,374	0,369	0,374	0,950	2,905	1,069	1,836	0,3681
0,155	0,455	0,492	0,481	0,491	0,470	0,478	1,214	3,603	1,745	1,857	0,4845
0,177	0,494	0,493	0,505	0,501	0,492	0,497	1,262	4,114	1,889	2,225	0,4591

Zaključak o gravitacijskoj potencijalnoj energiji i visini kuglice na kosini: Poveća li se visina kuglice približno dva puta, i gravitacijska potencijalna energija poveća joj se približno dva puta.

Zaključak o kinetičkoj energiji i brzini kuglice: Poveća li se brzina kuglice približno 1,5 puta, kinetička energija poveća joj se približno tri puta.

Zaključak o razlici gravitacijske potencijalne energije i kinetičke energije za svaku visinu na glatkoj podlozi: Povećanjem gravitacijske potencijalne energije kuglice, veća je razlika gravitacijske potencijalne energije i kinetičke energije za svaku visinu na glatkoj podlozi.

U zadnjem je stupcu omjer kinetičke i gravitacijske potencijalne energije kuglice za spuštanje po glatkoj podlozi niz kosinu visine h . Kinetička energija je približno između 36 % i 46 % vrijednosti gravitacijske potencijalne energije. Razlika je potrošena na savladavanje sile trenja, otpora zraka i toplinsku energiju pri spuštanju niz kosinu.

Iz tablice 1. prepisite podatke za visinu, h i brzinu kuglice u podnožju kosine, v_0 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):

$$v^2 = v_0^2 + (gt)^2 \quad (1.6.) \quad E_{k2} = \frac{m}{2} (v_0^2 + (gt)^2) \quad (1.7.)$$

Gravitacijsku potencijalnu energiju u odnosu na pod odredite iz izraza (1.8):

$$E_{gp2} = m \cdot g \cdot (h + H). \quad (1.8.)$$

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	$(h + H)/\text{m}$	$v_0 / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	$v^2 / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})^2$	E_{gp2} / mJ	E_{k2} / mJ	$\Delta E_2 / \text{mJ}$	k_2
0,080	0,840	0,747	15,4643	19,524	18,325	1,199	0,9386
0,105	0,865	0,819	15,5756	20,105	18,457	1,648	0,9180
0,125	0,885	0,950	15,8091	20,570	18,734	1,836	0,9107
0,155	0,915	1,214	16,3808	21,267	19,411	1,856	0,9127
0,177	0,937	1,262	16,5003	21,778	19,553	2,225	0,8978

Zaključak o gravitacijskoj potencijalnoj energiji i ukupnoj visini kuglice: Porastom visine kuglice prema podu, raste i gravitacijska potencijalna energija kuglice.

Zaključak o kinetičkoj energiji i kvadratu brzine kuglice: Porastom kvadrata brzine kuglice raste i njena kinetička energija.

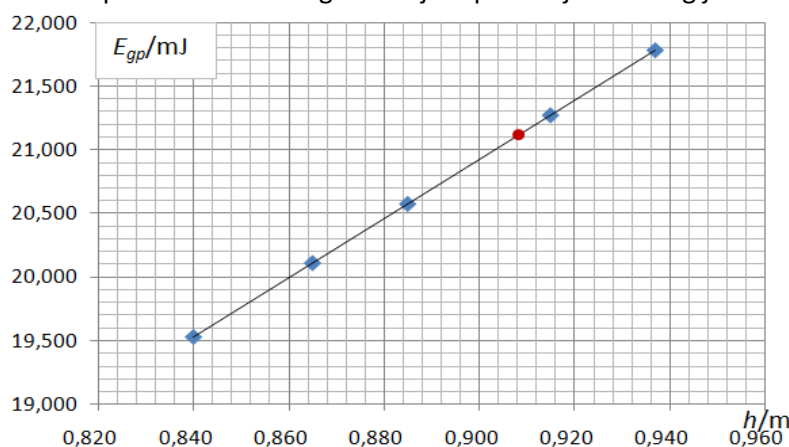
Zaključak o razlici gravitacijske potencijalne energije i kinetičke energije za svaku visinu (glatka podloga): Razlika gravitacijske potencijalne energije i kinetičke energije veća je što su veći njihovi iznosi.

Razlike energija, ΔE_1 i ΔE_2 jesu jednake. Prva je vrijednost određena indirektnim mjerenjem a druga računanjem u idealnom slučaju (padanje u vakuumu ubrzanjem g).

U zadnjem je stupcu omjer kinetičke i gravitacijske potencijalne energije kuglice za spuštanje po glatkoj podlozi niz kosinu visine h i padanje s visine H . Kinetička energija približno je između 89 % i 94 % vrijednosti gravitacijske potencijalne energije. Razlika je potrošena na savladavanje sile trenja, otpora zraka i toplinsku energiju pri spuštanju niz kosinu. Omjeri k_1 i k_2 razlikuju se. „Trošenje energije“ u ovom slučaju postoji pri spuštanju niz kosinu. Razlikuju se početne vrijednosti gravitacijskih energija, prema stolu i prema podu. Razlikuju se brzine kuglice u podnožju kosine i na podu.

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



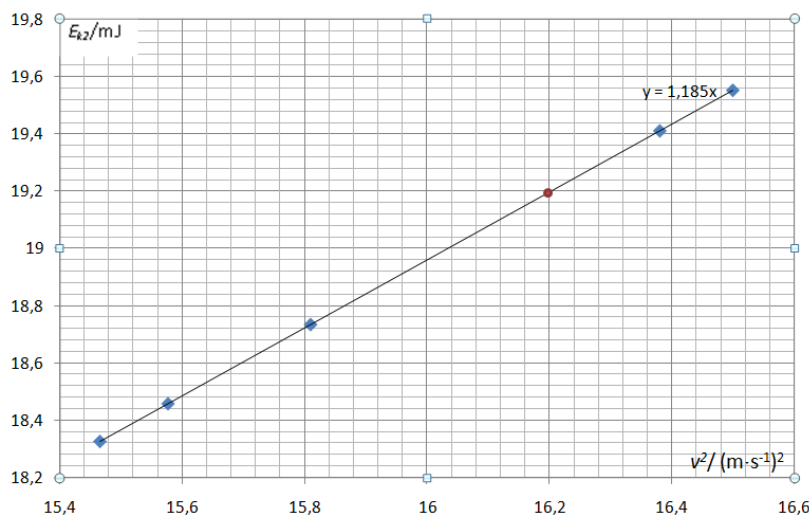
Točka na grafu čije su koordinate T (0,908 m , 21,100 mJ) dodatno može pomoći u analizi grafa. Nagib je pravca $m \cdot g$.

Zaključak o fizičkom značenju grafičkog prikaza ovisnosti gravitacijske potencijalne energije o ukupnoj visini kuglice iznad poda: Računalni program ispituje jednadžbu $E_{gp} = 23,34 \cdot h \cdot 10^{-3} J \cdot m^{-1}$.

Usporedbom s jednadžbom gravitacijske potencijalne energije, vidi se fizičko značenje nagiba pravca. Umnožak mase, $m = 2,37$ g i gravitacijskog ubrzanja, $g = 9,807$ m \cdot s⁻² iznosi $23,24 \cdot 10^{-3}$ N.

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



Točka na grafu čije su koordinate $T (16,2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}, 19,2 \text{ mJ})$ dodatno može pomoći u analizi grafa. Nagib je pravca $(\frac{1}{2}) \cdot m$.

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

Računalni program ispisuje jednadžbu, $E_k = 1,185 \cdot v^2 \cdot 10^{-3} \cdot \text{J} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$.

Usporedbom s jednadžbom kinetičke energije vidi se fizičko značenje nagiba pravca. Polovina mase jest $m / 2 = (2,37/2) \text{ g}$. Koeficijent smjera pravca jest $1,185 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$, što odgovara polovini mase.

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: 0,76 m. Masa kuglice: 2,37 g. Vrijeme padanja: 0,393689386 s. Podloga: hrapava.

Tablica 3. Visina, domet, brzina, potencijalna i 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_{gp1}/mJ	E_{k1}/mJ	$\Delta E_3/mJ$	k_3
0,080	0,285	0,273	0,275	0,277	0,290	0,280	0,711	1,859	0,599	1,260	0,3224
0,105	0,306	0,299	0,310	0,319	0,322	0,311	0,790	2,440	0,740	1,700	0,3034
0,125	0,352	0,349	0,347	0,362	0,359	0,354	0,899	2,905	0,957	1,948	0,3294
0,155	0,435	0,430	0,437	0,437	0,427	0,433	1,100	3,603	1,435	2,168	0,3983
0,177	0,478	0,475	0,475	0,469	0,467	0,473	1,201	4,114	1,709	2,405	0,4154

Zaključak o gravitacijskoj potencijalnoj energiji i visini kuglice na kosini: *Poveća li se visina kuglice-približno dva puta, i gravitacijska potencijalna energija poveća joj se približno dva puta.*

Zaključak o kinetičkoj energiji i brzini kuglice: *Porastom kvadrata brzine kuglice raste i njena kinetička energija.*

Zaključak o razlici gravitacijske potencijalne energije i kinetičke energije za svaku visinu na hrapavoj podlozi: *Povećanjem gravitacijske potencijalne energije kuglice veća je razlika gravitacijske potencijalne energije i kinetičke energije za svaku visinu na hrapavoj podlozi.*

U zadnjem je stupcu omjer kinetičke i gravitacijske potencijalne energije kuglice za spuštanje po hrapavoj podlozi niz kosinu visine h . Kinetička energija približno je između 30 % i 42 % vrijednosti gravitacijske potencijalne energije. Razlika je potrošena na savladavanje sile trenja, otpora zraka i toplinsku energiju pri spuštanju niz kosinu.

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

h / m	$(h + H)/m$	$v_o / (m \cdot s^{-1})$	$v^2 / (m \cdot s^{-1})^2$	E_{gp} / mJ	E_{k4} / mJ	$\Delta E_4 / mJ$	k_4
0,080	0,840	0,711	15,4125	19,524	18,264	1,260	0,9355
0,105	0,865	0,790	15,5307	20,105	18,404	1,701	0,9154
0,125	0,885	0,899	15,7152	20,570	18,622	1,947	0,9053
0,155	0,915	1,100	15,9545	21,267	18,906	2,361	0,8890
0,177	0,937	1,201	16,2897	21,778	19,303	2,475	0,8864

Zaključak o gravitacijskoj potencijalnoj energiji i ukupnoj visini kuglice: *Porastom visine kuglice prema podu gravitacijska potencijalna energija kuglice raste.*

Zaključak o kinetičkoj energiji i kvadratu brzine kuglice: *Porastom kvadrata brzine kuglice raste i njena kinetička energija.*

Zaključak o razlici gravitacijske potencijalne energije i kinetičke energije za svaku visinu na hrapavoj podlozi: Razlika gravitacijske potencijalne energije i kinetičke energije veća je što su veći njihovi iznosi.

Razlike energija, ΔE_3 i ΔE_4 jednake su. Prva je vrijednost određena indirektnim mjerenjem a druga računanjem u idealnom slučaju (padanje u vakuumu ubrzanjem g).

U zadnjem je stupcu omjer kinetičke i gravitacijske potencijalne energije kuglice za spuštanje po hrapavoj podlozi niz kosinu visine h i padanje s visine H . Kinetička energija približno je između 88 % i 94 % vrijednosti gravitacijske potencijalne energije. Razlika je potrošena na savladavanje sile trenja, otpora zraka i toplinsku energiju pri spuštanju niz kosinu. Omjeri k_3 i k_4 razlikuju se. „Trošenje energije“ u ovom slučaju postoji pri spuštanju niz kosinu. Razlikuju se početne vrijednosti gravitacijskih energija prema stolu i prema podu. Razlikuju se brzine kuglice u podnožju kosine i na podu.

Usporedbom vrijednosti k_1 i k_3 vidi se da se više energije troši na savladavanje sile trenja na hrapavoj podlozi.

Iz istog je razloga $k_2 > k_4$.

Omjeri kinetičke i gravitacijske potencijalne energije posljedica su indirektnih mjerenja. Važno je gledati red veličine.

Aproximacija u cijelom eksperimentu jest brzina kuglice pri gibanju. Za klizanje kuglice niz kosinu s visine $h = 0,08$ m, brzina je $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 1,253 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

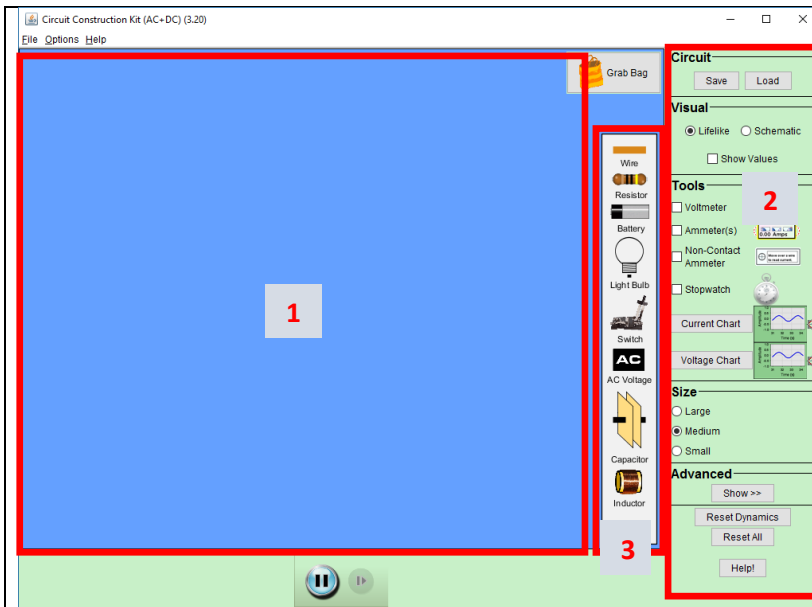
Za izvođenje rotacijskog gibanja kuglice niz kosinu kada njen centar masa izvodi translacijsko gibanje, brzina je $v = \sqrt{\frac{10}{7} \cdot g \cdot h} = 1,059 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Ove se vrijednosti uspoređuju i analiziraju s brzinom v_0 koja je određena mjerenjem u eksperimentu.

PROUČAVANJE KAPACITETA KONDENZATORA U ISTOSMJERNOM I IZMJENIČNOM STRUJNOM KRUGU



UPUTE NASTAVNIKU



Slika E3.1. PhET colorado simulacija

Na plavom dijelu (1) nalazi se radna površina na koju će se postavljati svi dijelovi koji su potrebni za izvođenje eksperimenta.

Na plavom dijelu (3) imamo dijelove: Wire (žica), Resistor (otpornik), Battery (baterija), Light Bulb (žarulja), Switch (prekidač), AC Voltage (AC izvor), Capacitor (kondenzator), Inductor (zavojnica).

Na radnu površinu PhET Colorado simulacije uređaje koji su potrebni za izvođenje eksperimenta postavljamo tako da mišem kliknemo na uređaj koji se nalazi na (3) i povučemo na (1).

Link za download:

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

PhET Colorado simulacija je na engleskom jeziku i trenutno nema prijevoda na hrvatski jezik.

Na desnoj strani (2) imamo dijelove: Circuit (Strujni krug), Visual (izgled), Tools (alati), Size (veličina), Advanced (napredno), Reset Dynamics i Reset All (resetiranje), Help! (pomoć).

Na donjem dijelu u sredini se nalazi tipka za pauziranje animacije i za upravljanje naprijed s animacijom.

Na dijelu Visual može se mijenjati izgled strujnog kruga. Lifelike (izgled kao u stvarnosti), Schematic (shematski prikaz strujnog kruga), te Show Values (prikaži vrijednosti mjernih uređaja).

Na dijelu Tools imamo Voltmeter (voltmetar za AD struju), Ammeter(s) (ampermetar za AD struju), Non-Contact Ammeter (ampermetar koji se samo prisloni na žicu te očitava struju), Stopwatch (zaporni sat), Current Chart (ampermetar koji prikazuje graf struje), Voltage Chart (voltmetar koji prikazuje graf napona).

Želimo li promijeniti veličinu uređaja na dijelu Size, možemo birati između Large (veliko), Medium (srednje), Small (malo).

Preporuka za mjerenje:

Prilikom mjerenja s AC strujom koristite Current Chart i Voltage Chart, a pri očitavanju iznosa struje ili napona mogu vam pomoći voltmetri i ampermetri za AC struju.

Desnim klikom na bilo koji dio strujnog kruga dobivamo izbornik s dodatnim mogućnostima (npr. mijenjanje otpora, napona, frekvencije...itd.)

Za lakše mjerenje zaustavite animaciju.



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

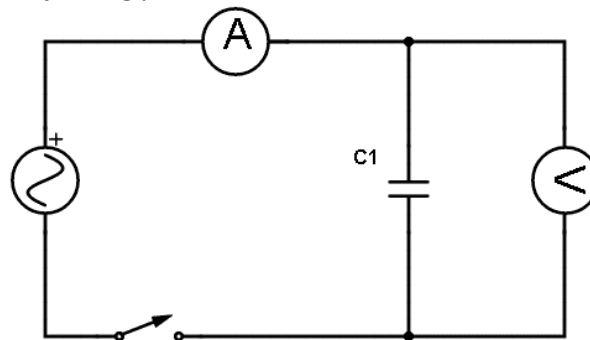
PRIBOR: Računalo, PhET Colorado simulacija

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

ZADATAK VJEŽBE:

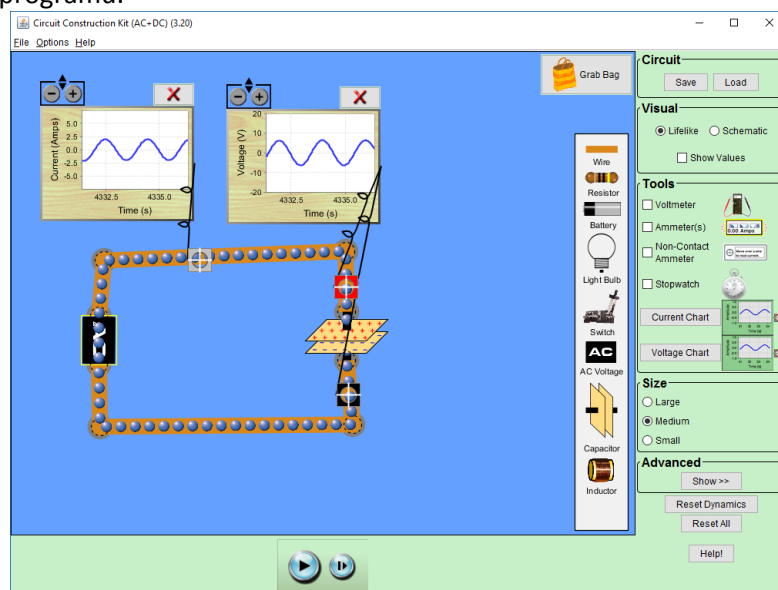
1. Odredite kapacitet kondenzatora u PhET Colorado simulaciji.
2. Odredite izraz za ukupni kapacitet serijskog spajanja kondenzatora (različiti kapaciteti).
3. Odredite ukupni kapacitet paralelnog spajanja kondenzatora (različiti kapaciteti).

1. OPIS RADA: Složite strujni krug prema shemi.



Schema E3.1. Shema strujnog kruga

Izgled sheme u programu.



Slika E3.2. Spoj u PhET Colorado simulaciji

Za mjerenje potrebno je mijenjati frekvenciju izvora. Frekvenciju možemo promijeniti tako da desnim klikom na AC izvor odaberemo Change frequency (promijeni frekvenciju). Unutarnji otpor postavimo tako da desnim klikom na AC izvor i kliknemo na Change Internar Resistance (promijeni unutarnji otpor). Napon postavljamo na isti način, samo kliknemo na Change Voltage (promijeni napon) i odaberemo željeni napon. Kapacitet kondenzatora promijenimo tako da desnim klikom na kondenzator stisnemo Change Capacitance (promijeni kapacitet) i stavimo na neku vrijednost.

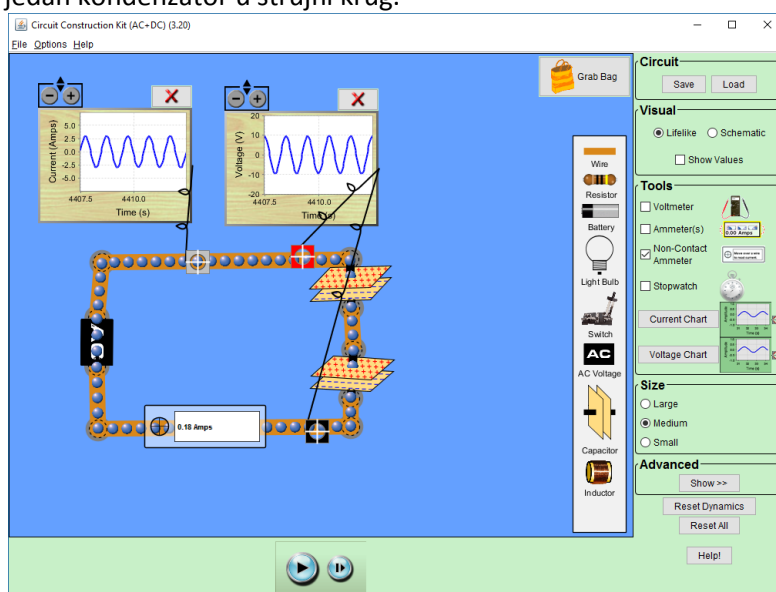
Unutarnji otpor izvora: 1Ω

Napon izvora: 10 V

Tablica 1. Određivanje kapaciteta kondenzatora

Br.	f/Hz	I_0/A	Z/Ω	R_c/Ω	C/F	$\Delta C/\text{F}$
1.	1,00	5,25	1,90	1,62	0,098	0,000
2.	1,20	5,85	1,71	1,39	0,096	-0,002
3.	1,40	6,51	1,54	1,17	0,097	0,000
4.	1,60	6,92	1,45	1,04	0,095	-0,002
5.	1,80	7,54	1,33	0,87	0,101	0,003
$C = (0,098 \pm 0,003) \text{ F}$						

2. Spojimo još jedan kondenzator u strujni krug.



Slika E3.3. Serijski spojeni kondenzatori

Kako ne možemo staviti nepoznate kapacitete kondenzatora, moramo ih unijeti, a računom (eksperimentom) doći ćemo do tih iznosa.

Unutarnji otpor izvora: 1Ω

Napon izvora: 10 V

Kapacitet kondenzatora C_1 : 0,1 F

Kapacitet kondenzatora C_2 : 0,2 F

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.	1,00	3,83	2.61	2.41	0.066	-0.032
2.	1,20	4,45	2.25	2.01	0.066	-0.032
3.	1,40	4,96	2.02	1.75	0.065	-0.033
4.	1,60	5,49	1.82	1.52	0.065	-0.032
5.	1,80	5,53	1.81	1.51	0.059	-0.039
$C_s = (0,064 \pm 0,039) \text{ F}$						

Unutarnji otpor izvora: 2Ω

Napon izvora: 10 V

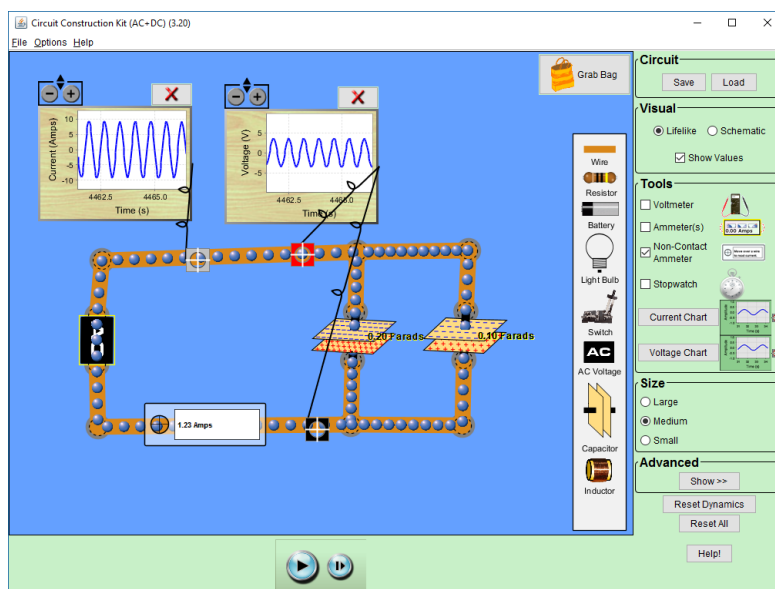
Kapacitet kondenzatora C_1 : $0,1 \text{ F}$

Kapacitet kondenzatora C_2 : $0,2 \text{ F}$

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.	1,00	3,18	3,14	2,43	0,066	-0,032
2.	1,20	3,51	2,85	2,03	0,065	-0,032
3.	1,40	3,76	2,66	1,75	0,065	-0,033
4.	1,60	3,95	2,53	1,55	0,064	-0,034
5.	1,80	4,13	2,42	1,36	0,065	-0,033
$C_s = (0,064 \pm 0,034) \text{ F}$						

3. Spojimo dva kondenzatora paralelno.



Slika E3.4. Paralelno spojeni kondenzatori

Unutarnji otpor izvora: 1Ω

Napon izvora: 10 V

Kapacitet kondenzatora C_1 : $0,2 \text{ F}$

Kapacitet kondenzatora C_2 : $0,1 \text{ F}$

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.	1,00	8,76	1,14	0,55	0,289	0,191
2.	1,20	8,88	1,13	0,52	0,256	0,158
3.	1,40	9,26	1,08	0,41	0,279	0,181
4.	1,60	9,44	1,06	0,35	0,285	0,187
5.	1,80	9,52	1,05	0,32	0,275	0,177
$C=(0,277 \pm 0,191) \text{ F}$						

Unutarnji otpor izvora: 2Ω

Napon izvora: 10 V

Kapacitet kondenzatora C_1 : 0,2 F

Kapacitet kondenzatora C_2 : 0,1 F

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.	1,00	4,75	2.11	0.66	0.242	0.144
2.	1,20	4,86	2.06	0.48	0.274	0.177
3.	1,40	4,90	2.04	0.41	0.280	0.182
4.	1,60	4,97	2.01	0.22	0.452	0.354
5.	1,80	4.91	2.04	0.38	0.230	0.132
$C=(0,296 \pm 0,35) \text{ F}$						

Zaključak:

U istosmjernom strujnom krugu kroz kondenzator ne teče struja. Kondenzator se ponaša kao otpornik beskonačnog otpora.

U izmjeničnom strujnom krugu kroz kondenzator teče struja te se primjenjuje Ohmov zakon za izmjenični strujni krug.

$$I_0 = \frac{U_0}{Z}$$

PROUČAVANJE STOJNIH VALOVA I ODREĐIVANJE BRZINE ZVUKA



UPUTE NASTAVNIKU

Opis mjernog uređaja

Kundtova cijev je uređaj koji se sastoji od staklene cijevi koja je s jedne strane zatvorena gumenim čepom. Cijev se pričvršćuje na ploču grafoskopa. S druge strane cijevi umetne se metalna šipka na čijem se kraju nalazi plastični disk. Šipka je poduprta nosačem kako bi se osiguralo da plastični disk ne dodiruje stjenke staklene cijevi.



Slika E4.1. Kundtova cijev

Preporuke za mjerenje:

Važno je da su svi dijelovi uređaja potpuno suhi!

Umjesto pijeska u boji može se koristiti plutena prašina.



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 s 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: $v = 331 \cdot \sqrt{1 + \frac{t}{273^\circ C}}$ m · 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.

Redni broj mjerenja	λ / m	f / Hz	v / ms ⁻¹
1.	0,66	520	343,20
2.	0,62	553	342,86
3.	0,50	686	343,00
4.	0,54	635	342,90
5.	0,48	714	342,72

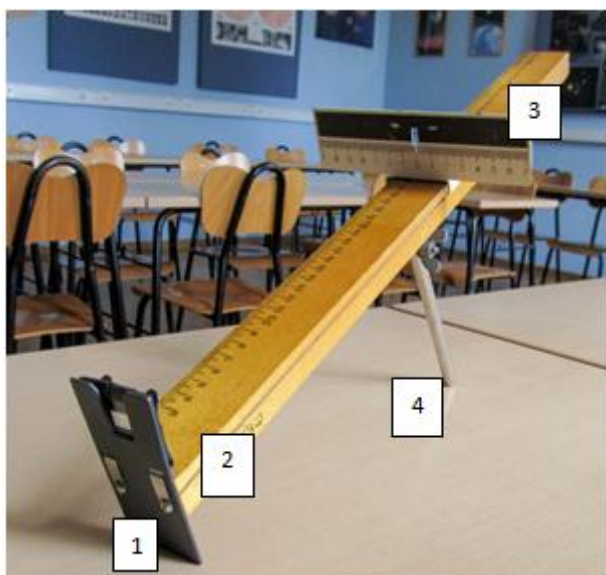
$$v = (342,94 \pm 0,26) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Zaključak je da brzina zvuka u zraku ovisi o temperaturi.

ODREĐIVANJE INTERVALA FREKVENCIJA VIDLJIVE SVJETLOSTI OSOBNIM SPEKTROMETROM



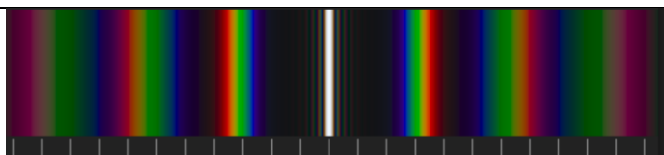
UPUTE NASTAVNIKU



Slika E5.1. osobni spektrometar

Preporuke za mjerenje:

Kroz optičku rešetku promatrajte izvor bijele svjetlosti tako da je optička rešetka blizu vašeg oka. Podesite metalnu vodilicu tako da očitavate cijele milimetre. Na metalnoj vodilici očitavate s , a D na drvenoj.



Slika E5.3. ogibna slika polikromatske svjetlosti, izvor: https://www.google.hr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=&url=https%3A%2F%2Fwww.itp.uni-hannover.de%2F~zawischa%2FITP%2Fmultibeam.html&psig=AFQjCNEWuWXYXX9eFR_njXFIU07Pdb9rrw&ust=1473794479461680



Slika E5.4. Ogibna slika monokromatske zelene svjetlosti na optičkoj rešetki



Slika E5.2. drugačiji pogled na osobni spektrometar

Opis mjernog uređaja

Fotografija lijevo prikazuje nosač u kojem je optička rešetka (1). Nosač je pričvršćen na drvenu vodilicu (2) dužine oko 50 cm. Na drvenoj su vodilici s obje strane utori pomoću kojih se metalna vodilica (3), duga oko 15 cm, pomiče po drvenoj. Metalna vodilica ima središnji otvor (pukotinu) na mjestu označenom 0. Simetrično su na obje strane milimetarske oznake.

Metalna je vodilica obojena (gornji je dio taman, a donji je obojen bijelom bojom). Uređaj ima stalak koji motritelj drži u ruci (4). Na slici je stalak postavljen na klupu.



Slika E5.5. Ogibna slika monokromatske plave svjetlosti na optičkoj rešetki



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 monokromatske 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.

Optička rešetka ima 100 zarezna na 1 mm, $d = 10^{-5}$ m.

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 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	$\Delta\lambda/nm$	f/Hz	$\Delta f/Hz$
1.	1	1,0	23,6	0,04233	423	3	7,1	0,0
2.	1	1,0	23,5	0,04251	425	1	7,1	0,0
3.	1	1,0	24,0	0,04163	416	10	7,2	0,1
4.	2	2,2	25,0	0,08766	438	12	6,9	0,3
5.	2	2,3	27,4	0,08395	420	6	7,1	0,0
6.	2	2,3	27,3	0,08395	420	6	7,1	0,0
7.	2	2,4	27,2	0,08789	439	13	6,8	0,3

Rezultat:

Valna duljina ljubičaste svjetlosti:

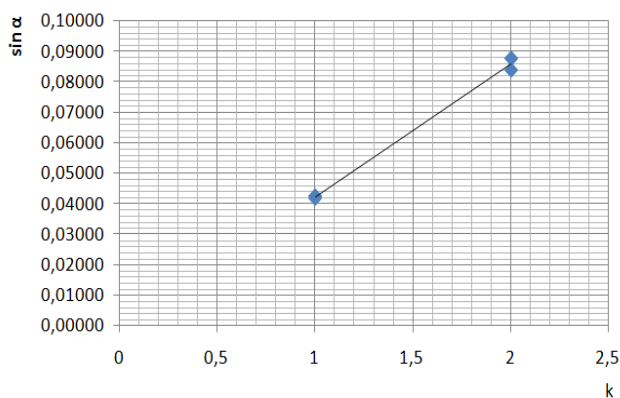
Frekvencija ljubičaste svjetlosti:

$$\lambda = (426 \pm 13) \text{ nm}$$

$$f = (7,1 \pm 0,3) \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

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

Grafički prikaz 1. Ovisnost sinusa ogibnog kuta (α) o redu spektra (k) (Excel)



Računalni program Excel ispisuje jednadžbu $\sin \alpha = 0,042 \cdot k$. Nagib je pravca (λ/d). Iz nagiba pravca računamo da je grafičkom metodom određena valna duljina ljubičaste svjetlosti 420 nm, a srednja vrijednost 426 nm.

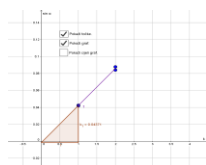
Grafički prikaz 1. Ovisnost sinusa ogibnog kuta (α) o redu spektra (k)

Računalni program Geogebra ispisuje jednadžbu $\sin \alpha = 0,04371 \cdot k$.

Usporedbom s jednadžbom optičke rešetke $\sin \alpha / k = 0,04371 = \lambda / d$.

Iz ovih se podataka određuje valna duljina ljubičaste svjetlosti, $\lambda_{gr} = 437 \text{ nm}$.

Uspoređuje se sa srednjom vrijednošću, $\lambda = 426 \text{ nm}$.



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	$\Delta\lambda/nm$	$f/(10^{14}Hz)$	$\Delta f/(10^{14}Hz)$
1.	1	0,8	14,3	0,0559	559	10	5,4	0,0
2.	1	1,0	18,1	0,0551	551	2	5,4	0,0
3.	1	1,5	26,6	0,0564	564	15	5,3	0,1
4.	2	2,0	18,1	0,1098	549	6	5,5	0,1
5.	2	1,9	17,0	0,1111	556	7	5,4	0,0
6.	2	1,4	12,5	0,1113	556	7	5,4	0,0
7.	2	2,1	19,0	0,1099	549	6	5,5	0,1

Rezultat:

Valna duljina zelene svjetlosti:

$$\lambda = (555 \pm 15) \text{ nm}$$

Frekvencija zelene svjetlosti:

$$f = (5,4 \pm 0,1) \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

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.	1	1,1	16,0	0,06859	686	28	4,4	0,0
2.	1	1,2	18,0	0,06651	665	7	4,5	0,1
3.	1	1,3	20,0	0,06486	649	9	4,6	0,2
4.	1	1,0	15,0	0,06652	665	7	4,5	0,1
5.	1	1,5	22,0	0,06802	680	22	4,4	0,0
6.	1	2,0	30,0	0,06652	665	7	4,5	0,1
7.	1	1,7	27,0	0,06284	628	30	4,8	0,4
8.	2	3,6	28,1	0,12707	635	23	4,7	0,3
9.	2	2,5	19,0	0,12045	654	4	4,6	0,2

Rezultat:

Valna duljina crvene svjetlosti:

$$\lambda = (658 \pm 38) \text{ nm}$$

Frekvencija crvene svjetlosti:

$$f = (4,5 \pm 0,4) \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

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

Tablica 4. Mjerenje valne duljine crvene svjetlosti

broj	k	s/cm	D/cm	$\sin \alpha$	λ/nm	$\Delta\lambda/nm$	$f/(10^{14}Hz)$	$\Delta f/(10^{14}Hz)$
1.	1	1,6	24,6	0,06490	649	20	4,6	0,1
2.	1	1,5	22,5	0,06652	665	4	4,5	0,0
3.	1	2,4	34,5	0,06940	694	25	4,3	0,2

Rezultat:**Valna duljina crvene svjetlosti:**

$$\lambda = (669 \pm 25) \text{ nm}$$

Frekvencija crvene svjetlosti:

$$f = (4,5 \pm 0,2) \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

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 zelene svjetlosti

broj	k	s/cm	D/cm	$\sin \alpha$	λ/nm	$\Delta\lambda/\text{nm}$	$f/(10^{14} \text{ Hz})$	$\Delta f/(10^{14} \text{ Hz})$
1.	1	1,2	21,5	0,05573	557	1	5,4	0,0
2.	1	1,1	20,6	0,05332	533	25	5,6	0,2
3.	1	1,9	32,5	0,05836	584	26	5,1	0,3

Rezultat:**Valna duljina zelene svjetlosti:**

$$\lambda = (558 \pm 26) \text{ nm}$$

Frekvencija zelene svjetlosti:

$$f = (5,4 \pm 0,3) \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

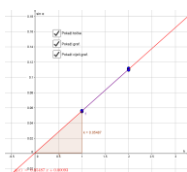
DODATAK:

6.1. Grafički prikažite ovisnost sinusa ogibnog kuta o redu spektra za zelenu svjetlost:

Računalni program GeoGebra ispisuje jednadžbu

$$\sin \alpha = 0,05487 \cdot k.$$

Nagib je pravca (λ/d). Iz nagiba pravca računamo da je grafičkom metodom određena valna duljina ljubičaste svjetlosti 548 nm.



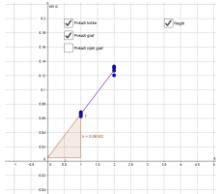
Srednja vrijednost valne duljine iz vidljivog spektra jest 555 nm.

Srednja vrijednost valne duljine zelena boje laserske svjetlosti jest 558 nm.

6.2. Grafički prikazite ovisnost sinusa ogibnog kuta o redu spektra za crvenu svjetlost:

*Računalni program GeoGebra ispisuje
jednadžbu $\sin \alpha = 0,06142 \cdot k$.*

*Nagib je pravca (λ / d). Iz nagiba pravca
računamo da je grafičkom metodom
određena valna duljina crvene svjetlosti
614 nm.*



*Srednja vrijednost valne duljine iz vidljivog
spektra jest 658 nm.*

*Srednja vrijednost valne duljine crvene
boje laserske svjetlosti jest 669 nm.*

Interval valnih duljina vidljive svjetlosti dobiven mjerenjem jest od valne duljine ljubičaste boje vidljive svjetlosti, $\lambda_1 = 425$ nm do valne duljine crvene svjetlosti, $\lambda_2 = 669$ nm.

Interval frekvencija određen mjerenjem iznosi $f = (4,5 - 7,1) \cdot 10^{14}$ Hz.

Usporedba: izvor: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlost>

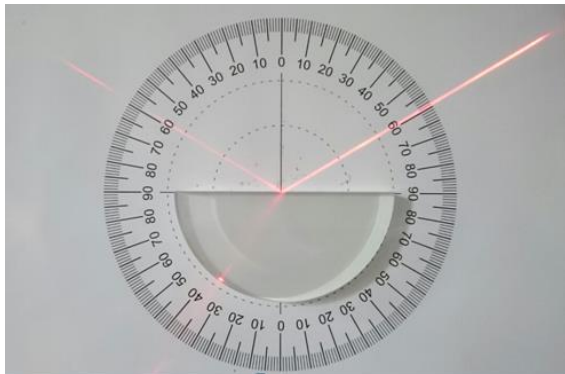
Svjetlost je elektromagnetsko zračenje koje je vidljivo ljudskom oku. Ljudsko oko u prosjeku može vidjeti svjetlost s valnom duljinom u rasponu od 390 do 750 nm. ^[1]

^[1] Cecie Starr (2005). *Biology: Concepts and Applications*, Thomson Brooks/Cole. ISBN 053446226X

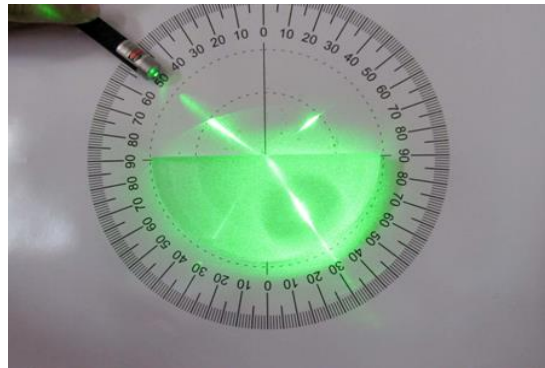
ODREĐIVANJE BRZINE SVJETLOSTI U STAKLU I VODI



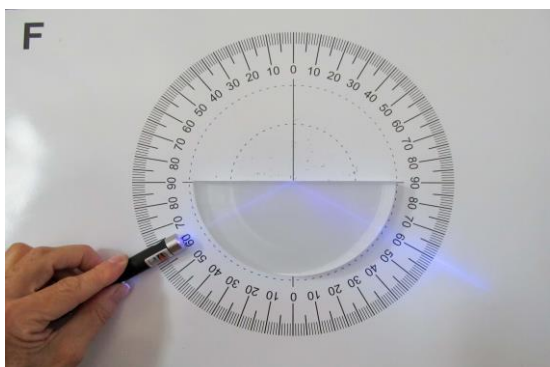
UPUTE NASTAVNIKU



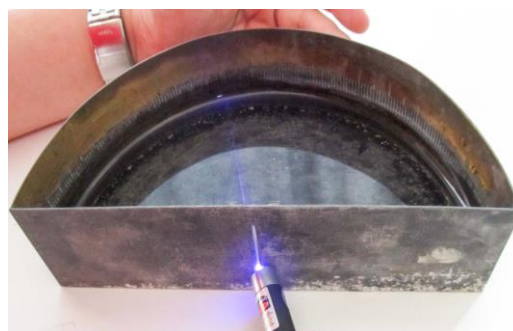
Slika E6.1. Refleksija i lom crvene boje svjetlosti na staklenoj ploči



Slika E6.2. Refleksija i lom zelene boje svjetlosti na staklenoj ploči



Slika E6.3. Totalna refleksija modroljubičaste svjetlosti na staklenoj ploči



Slika E6.4. Lom modroljubičaste svjetlosti na vodi (muzejski primjerak posude za vodu)

Opis mjernog uređaja

Staklena ploča, posudica za vodu i laser imaju na poleđini magnetsku traku. Na magnetskoj su podlozi označeni stupnjevi za mjerenje kuta. Moguće je mjeriti upadne i lomljene kutove prema oznakama na podlozi. Dio su opreme iz kompleta za optiku. Mali laseri nabavljeni su zasebno.

Preporuke za mjerenje:

Pri radu s laserom važno je primijeniti upute za siguran rad.

Magnetska se podloga postavi na magnetsku ploču. Staklena se ploča (ili posudica s vodom) postavi na ravnu crtu. Upadni i lomljeni kut očitavaju se na magnetskoj podlozi. Za totalnu refleksiju kutovi se očitavaju s magnetske podloge. Uz ove eksperimente prikazani su grafički prikazi u GeoGebri i Excelu.

Napomena: Bez ove opreme mjerenja je moguće izvesti prema uputama Vernić, E., Mikuličić, B.: Vježbe iz fizike, priručnik za laboratorijski rad učenika srednjih škola, Zagreb, Školska knjiga.



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 sinus upadnog kuta.
5. Usporediti rezultate mjerenja sa standardnim vrijednostima mjerenih veličina.
6. Samostalno istražiti primjenu loma svjetlosti i totalne refleksije.

MJERENJE I OBRADA:

- 1.1. 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 modroljubičasta)

broj	$\alpha/^\circ$	$\beta/^\circ$	$\sin \alpha$	$\sin \beta$	n	Δn	$v/(10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$	$\Delta v/(10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$
1.	14	9	0,2419	0,1564	1,55	0,02	1,94	0,05
2.	30	19	0,5000	0,3256	1,54	0,01	1,95	0,00
3.	34	21	0,5592	0,3584	1,56	0,03	1,92	0,04
4.	40	25	0,6428	0,4226	1,52	0,01	1,97	0,01
5.	50	30	0,7660	0,5000	1,53	0,00	1,96	0,00
6.	60	35	0,8660	0,5736	1,51	0,02	1,99	0,03
7.	70	39	0,9397	0,6293	1,49	0,04	2,01	0,05

3. Grafički prikažite ovisnost sinusa lomljenog kuta o sinus 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:

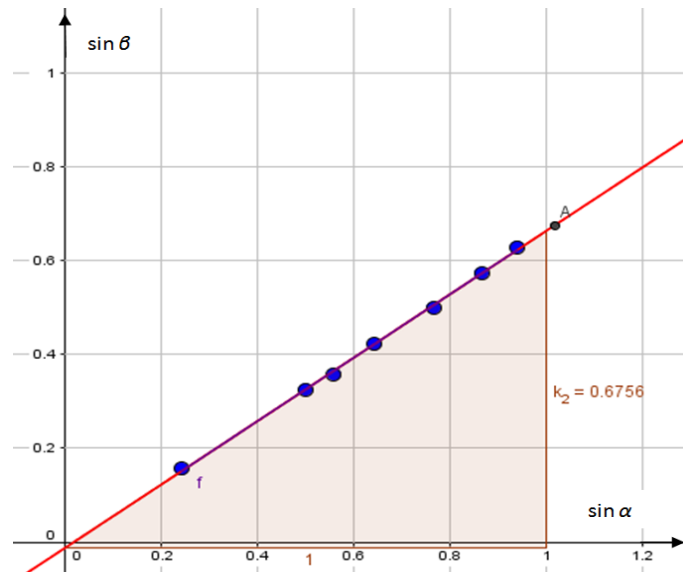
Indeks loma stakla određen modroljubičastom bojom:

$$n = 1,53 \pm 0,04$$

Brzina svjetlosti u staklu:

$$v = (1,96 \pm 0,05) \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Grafički prikaz 1. Ovisnost sinusa lomljenog kuta o sinusu upadnog kuta na granici zrak - staklo, modroljubičasta svjetlost



Rezultat:

Indeks loma stakla određen grafičkom metodom: Indeks loma jest $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c}{v}$

Sinus kuta lomljene svjetlosti linearna je funkcija sinusa kuta upadne svjetlosti. Računalni program GeoGebra daje zapis $\sin \beta = 0,6756 \cdot \sin \alpha - 0,0121$. Odabirom točke na pravcu T (0,6, 0,4) i uvrštavanjem vrijednosti indeks loma jest $n_{gr1} = 1,50$.

Nagib pravca recipročna je vrijednost indeksa loma ili $n_{gr1} = 1,48$.

II.1. Ponovite isti postupak na granici zrak - voda.

Tablica 2. Lom svjetlosti na granici zrak – voda (boja svjetlosti zelena)

broj	$\alpha/^\circ$	$\beta/^\circ$	$\sin \alpha$	$\sin \beta$	n	Δn	$v/(10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$	$\Delta v/(10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$
1.	80	46	0,9848	0,7193	1,37	0,03	2,19	0,05
2.	70	44	0,9397	0,6947	1,35	0,01	2,22	0,02
3.	60	39	0,8660	0,6293	1,38	0,04	2,18	0,06
4.	50	35	0,7660	0,5736	1,34	0,00	2,25	0,01
5.	40	29	0,6428	0,4848	1,33	0,01	2,26	0,02
6.	30	23	0,5000	0,3907	1,28	0,06	2,34	0,10
7.	20	15	0,3420	0,2588	1,32	0,02	2,27	0,03

Rezultat:

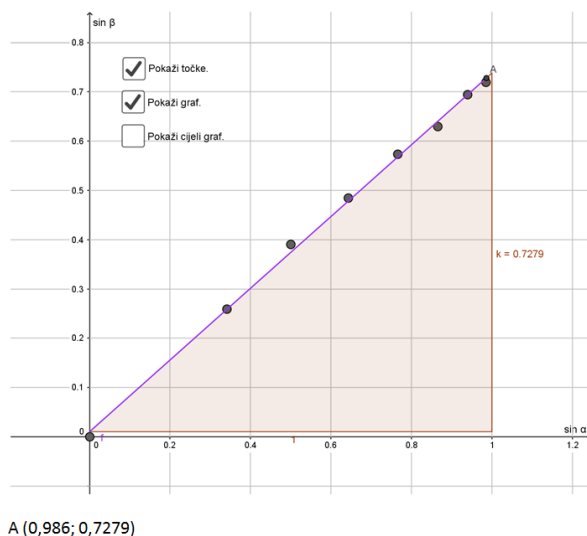
Indeks loma vode:

$$n = 1,34 \pm 0,06$$

Brzina svjetlosti u vodi:

$$v = (2,24 \pm 0,10) \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Grafički prikaz 2. Ovisnost sinusa lomljenog kuta o sinusu upadnog kuta na granici zrak - voda zelena svjetlost



Rezultat: Indeks loma vode određen grafičkom metodom:

Sinus kuta lomljene svjetlosti linearna je funkcija sinusa kuta upadne svjetlosti. Računalni program daje zapis $\sin \beta = 0,7279 \cdot \sin \alpha + 0,0102$. Odabirom točke na pravcu A(0,986, 0,7279) i uvrštavanjem vrijednosti, indeks loma jest $n_{gr1} = 1,35458 = 1,35$.

Nagib pravca recipročna je vrijednost indeksa loma ili $n_{gr1} = 1,37$.

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
1.	43	90	1,49
2.	44	90	1,47
3.	43	90	1,47

Tablica 5. Totalna refleksija na vodi, crvena boja svjetlosti

broj	$\alpha / ^\circ$	$\beta / ^\circ$	n
1.	50	90	1,31
2.	51	90	1,29
3.	50	90	1,31

Tablica 4. Totalna refleksija na staklu, zelena boja svjetlosti

broj	$\alpha / ^\circ$	$\beta / ^\circ$	n
1.	42	90	1,49
2.	43	90	1,47
3.	43	90	1,47

Tablica 6. Totalna refleksija na vodi, zelena boja svjetlosti

broj	$\alpha / ^\circ$	$\beta / ^\circ$	n
1.	50	90	1,31
2.	51	90	1,29
3.	49	90	1,33

Rezultat mjerenja dobiven totalnom refleksijom:

	staklo	voda
crvena boja	1,46	1,30
zelena boja	1,48	1,31

DODATAK ZA NASTAVNIKE:

MJERENJA DRUGIM BOJAMA LASERSKE SVJETLOSTI

1. A) Indeks loma stakla određen zelenom bojom laserske svjetlosti

Tablica 7. Lom svjetlosti na granici zrak - staklo zelena boja

broj	$\alpha / ^\circ$	$\beta / ^\circ$	$\sin \alpha$	$\sin \beta$	n	Δn	$v / (10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$	$\Delta v / (10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$
1.	80	41	0,9848	0,6561	1,50	0,04	2,00	0,06
2.	70	39	0,9397	0,6293	1,49	0,03	2,01	0,05
3.	60	36	0,8660	0,5878	1,47	0,01	2,04	0,02
4.	50	33	0,7660	0,5446	1,41	0,05	2,13	0,07
5.	40	27	0,6428	0,4540	1,42	0,04	2,12	0,06
6.	30	21	0,5000	0,3584	1,40	0,06	2,15	0,09
7.	20	13	0,3420	0,2250	1,52	0,06	1,97	0,09

Rezultat:

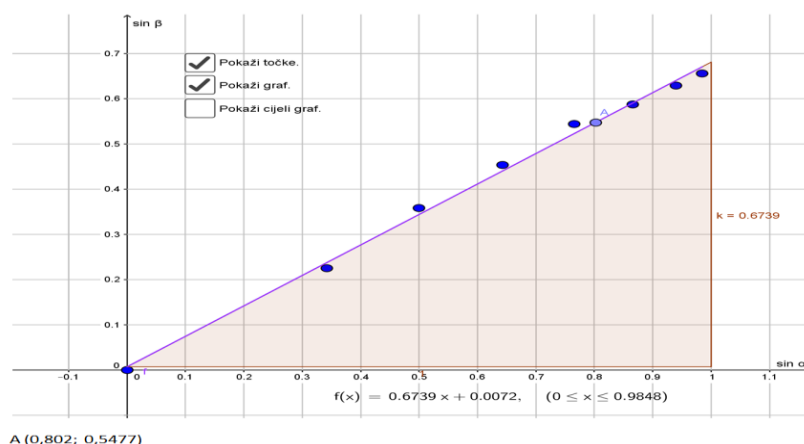
Indeks loma stakla određen zelenom bojom:

$$n = 1,46 \pm 0,06$$

Brzina svjetlosti u staklu:

$$v = (2,06 \pm 0,09) \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Grafički prikaz 3. Ovisnost sinusa lomljenog kuta o sinusu upadnog kuta na granici zrak - staklo, zelena svjetlost



Sinus kuta lomljene svjetlosti linearna je funkcija sinusa kuta upadne svjetlosti. Računalni program daje zapis $\sin \beta = 0,6739 \cdot \sin \alpha + 0,0072$. Odabirom točke na pravcu A(0,802, 0,5477) i uvrštavanjem vrijednosti, indeks loma jest $n_{gr1} = 1,4643 = 1,46$. Nagib pravca jest recipročna vrijednost indeksa loma ili $n_{gr1} = 1,48$.

1. A) Indeks loma stakla određen **crvenom** bojom laserske svjetlosti

Tablica 8. Lom svjetlosti na granici zrak - staklo, crvena boja

broj	$\alpha / ^\circ$	$\beta / ^\circ$	$\sin \alpha$	$\sin \beta$	n	Δn	$v / (10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$	$\Delta v / (10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$
1.	80	43	0,9848	0,6820	1,44	0,02	2,08	0,03
2.	70	41	0,9397	0,6561	1,43	0,01	2,09	0,02
3.	60	37	0,8660	0,6018	1,44	0,02	2,08	0,03
4.	50	32	0,7660	0,5299	1,45	0,03	2,08	0,03
5.	40	26	0,6428	0,4384	1,47	0,05	2,05	0,06
6.	30	21	0,5000	0,3584	1,40	0,02	2,15	0,04
7.	20	14	0,3420	0,2419	1,41	0,01	2,12	0,01
8.	10	7	0,1736	0,1219	1,42	0,00	2,11	0,00

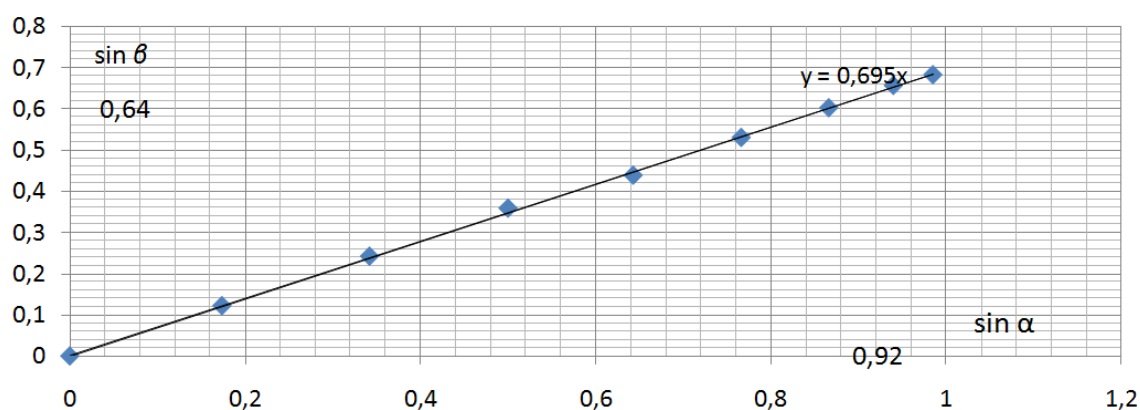
Indeks loma stakla određen crvenom bojom:

$$n = 1,43 \pm 0,05$$

Brzina svjetlosti u staklu:

$$v = (2,09 \pm 0,06) \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Grafički prikaz 4. Ovisnost sinusa lomljenog kuta o sinusu upadnog kuta na granici zrak-staklo, crvena svjetlost



Sinus kuta lomljene svjetlosti linearna je funkcija sinusa kuta upadne svjetlosti. Računalni program daje zapis $\sin \beta = 0,695 \cdot \sin \alpha$. Odabirom točke na pravcu T(0,92, 0,64) i uvrštavanjem vrijednosti indeks loma jest $n_{gr1} = 1,4375 = 1,44$.

Nagib pravca jest recipročna vrijednost indeksa loma ili $n_{gr1} = 1,4388 = 1,44$.

2. A) Indeks loma vode određen crvenom bojom laserske svjetlosti

Tablica 9. Lom svjetlosti na granici zrak - voda, crvena svjetlost

broj	$\alpha / ^\circ$	$\beta / ^\circ$	$\sin \alpha$	$\sin \beta$	n	Δn	$v / (10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$	$\Delta v / (10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$
1.	80	51	0,9848	0,7771	1,27	0,19	2,37	0,31
2.	70	48	0,9397	0,7431	1,26	0,20	2,37	0,31
3.	60	42	0,8660	0,6691	1,29	0,17	2,32	0,26
4.	50	36	0,7660	0,5878	1,30	0,16	2,30	0,24
5.	40	29	0,6428	0,4848	1,33	0,13	2,26	0,20
6.	30	22	0,5000	0,3746	1,33	0,13	2,25	0,19
7.	20	15	0,3420	0,2588	1,32	0,14	2,27	0,21
8.	50	36	0,7660	0,5878	1,30	0,16	2,30	0,24

Rezultat:

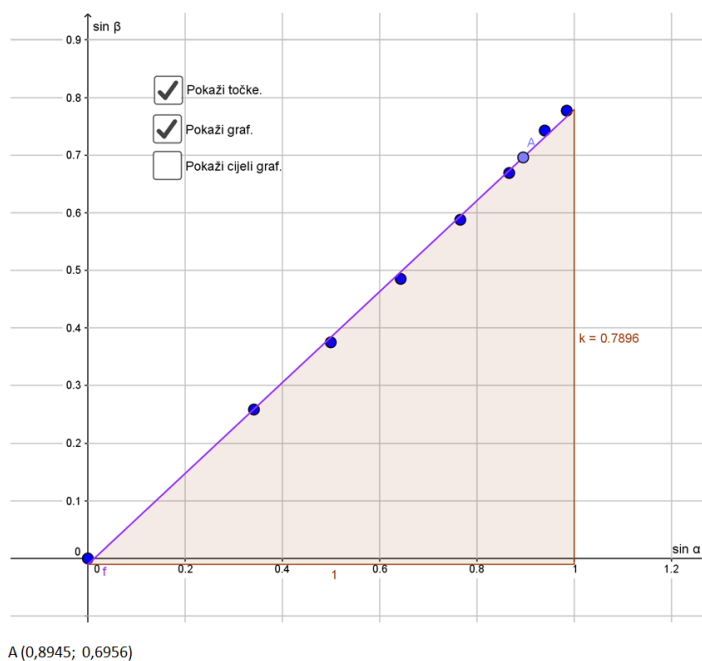
Indeks loma vode:

$$n = 1,30 \pm 0,20$$

Brzina svjetlosti u vodi:

$$v = (2,30 \pm 0,31) \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Grafički prikaz 5. Ovisnost sinusa lomljenog kuta o sinusu upadnog kuta na granici zrak - voda, crvena svjetlost



Sinus kuta lomljene svjetlosti linearna je funkcija sinusa kuta upadne svjetlosti. Računalni program daje zapis $\sin \beta = 0,7896 \cdot \sin \alpha - 0,0106$. Odabirom točke na pravcu A(0,8945, 0,6956) i uvrštavanjem vrijednosti indeks loma je $n_{gr1} = 1,2859 = 1,29$.

Nagib pravca jest recipročna vrijednost indeksa loma ili $n_{gr1} = 1,26646 = 1,27$.

PROUČAVANJE SERIJSKOG, PARALELNOG I MJEŠOVITOG SPOJA OTPORNIKA



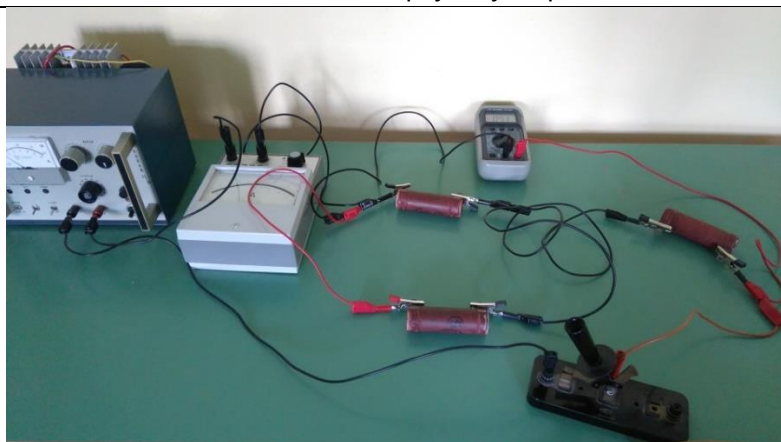
UPUTE NASTAVNIKU



Slika E7.1. Serijski spoj dvaju otpornika



Slika E7.2. Paralelni spoj dvaju otpornika



Slika E7.3. Mješoviti spoj otpornika

Preporuke za mjerenje:

Ako koristite izvor stalnoga električnog napona, u električni strujni krug možete priključiti promjenjivi otpornik kako biste mijenjali električnu struju. Tada voltmetar priključite na oba otpornika. Ako imate samo jedan voltmetar, odnosno ampermetar, možete ga premještatati gdje vam treba s tim da svaki puta isključite električni strujni krug.

Opis električnog spoja:

Na fotografiji E7. 1. spojena su dva otpornika serijski. Električni napon očitavan je na izvoru električne struje, a električna struja na ampermetru.

Na fotografiji E7. 2. spojena su dva otpornika paralelno. Električni napon i električna struja mjereni su kao i na fotografiji E7. 1.

Na fotografiji E7. 3. spojena su dva otpornika paralelno i treći s njima serijski. Isto mjerenje električnog napona i električne struje.



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.

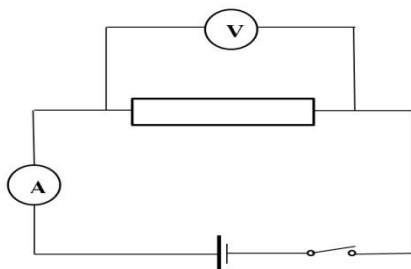
NE UKLJUČUJTE U STRUJNI KRUG BEZ KONZULTACIJE S NASTAVNIKOM.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Mjerenjem napona i električne struje odredite električni otpor otpornika R_1 , R_2 , R_3 .
2. Odredite ukupni električni otpor serijskog spoja.
3. Odredite ukupni električni otpor paralelnog spoja
4. Odredite ukupni električni otpor mješovitog spoja
5. Ispitajte 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 na slici E7.1.



Slika E7. 1. Shema strujnog kruga

Tablica 1. Mjerenje električnog otpora prvog otpornika

Broj mjerenja	U / V	I / A	R_1 / Ω	$\Delta R_1 / \Omega$
1.	7	0,70	10,00	0,15
2.	10	1,00	10,00	0,15
3.	12	1,25	9,60	0,25
4.	15	1,41	9,93	0,08
5.	16	1,65	9,70	0,15

Tablica 2. Mjerenje električnog otpora drugog otpornika

Broj mjerenja	U / V	I / A	R_2 / Ω	$\Delta R_2 / \Omega$
1.	7	0,51	13,73	0,83
2.	10	0,75	13,33	0,43
3.	12	0,94	12,76	0,14
4.	14	1,10	12,73	0,17
5.	16	1,34	11,94	0,96

Tablica 3. Mjerenje električnog otpora trećeg otpornika

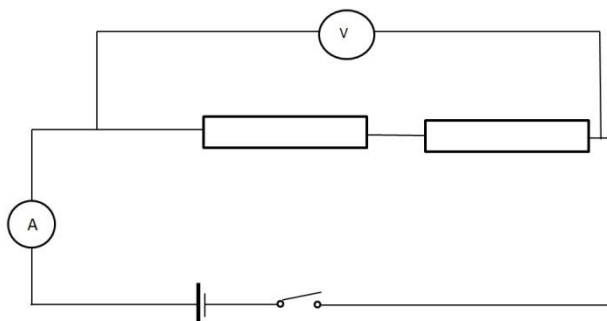
Broj mjerenja	U / V	I / A	R_3 / Ω	$\Delta R_3 / \Omega$
1.	7	0,50	14,00	1,41
2.	10	0,80	12,50	0,09
3.	12	1,00	12,00	0,59
4.	14	1,15	12,17	0,42
5.	16	1,30	12,30	0,29

Računom pogreške izračunajte električne otpore R_1 , R_2 , R_3 .

Rezultati: $R_1 = (9,85 \pm 0,25)\Omega$ $R_2 = (12,90 \pm 0,96)\Omega$

$R_3 = (12,59 \pm 1,41)\Omega$

2. 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 spoja E7. 2.



Schema spoja E7. 2. Mjerenje električnog otpora serijskog spoja

Tablica 4. Mjerenje električnog otpora serijskog spoja

Broj mjerenja	U / V	I / A	R_s / Ω	$\Delta R_s / \Omega$
1.	10	0,44	22,73	1,79
2.	15	0,70	21,43	0,49
3.	20	0,98	20,41	0,53
4.	25	1,25	20,00	0,94
5.	28	1,39	20,14	0,80

Računom pogreške odredite električni otpor spoja.

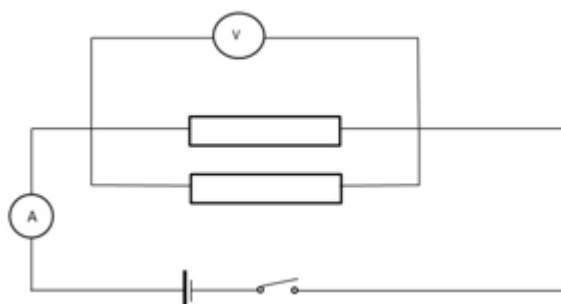
Rezultat: $R_s = (20,94 \pm 1,79)\Omega$

Nakon što ste odredili električni otpor spoja R_s , popunite tablicu 5.

Tablica 5. Provjera izračuna serijskog spoja

Broj mjerjenja	R_1 / Ω	R_2 / Ω	$(R_1+R_2) / \Omega$	R_s / Ω
1.	10,00	13,73	23,73	22,73
2.	10,00	13,33	23,73	21,43
3.	9,60	12,76	22,33	20,41
4.	9,93	12,73	22,66	20,00
5.	9,70	11,94	21,64	20,14
El. otpori izračunati računom pogreške	9,85	12,90	22,75	20,94

3. 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 spoja E7. 3.



Shema spoja E7. 3. Mjerenje električnog otpora paralelnog spoja

Tablica 6. Mjerenje električnog otpora paralelnog spoja

Broj mjerjenja	U / V	I / A	R_p / Ω	$\Delta R_p / \Omega$
1.	6	0,90	6,67	0,48
2.	12	1,90	6,32	0,13
3.	15	2,38	6,30	0,11
4.	20	3,94	6,09	0,10
5.	25	4,50	5,55	0,64

Računom pogreške odredite električni otpor spoja.

Rezultat: $R_p = (6,19 \pm 0,64)\Omega$

Nakon što ste odredili električni otpor spoja R_p , popunite tablicu 7.

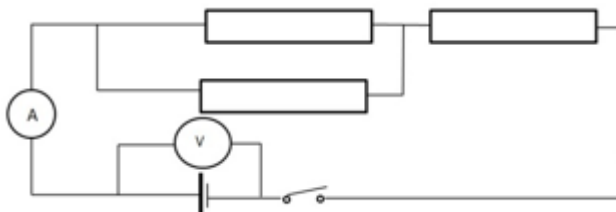
Tablica 8. Provjera izračuna paralelnog spoja

Broj mjerjenja	R_1 / Ω	R_2 / Ω	$(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}) / \Omega^{-1}$	$\frac{1}{R_p} / \Omega^{-1}$
1.	10,00	13,73	0,17	0,15
2.	10,00	13,33	0,17	0,16
3.	9,60	12,76	0,18	0,16
4.	9,93	12,73	0,18	0,16
5.	9,70	11,94	0,19	0,18
El. otpori izračunati računom pogreške	9,85	12,90	0,18	0,16

Možemo zaključiti da je

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_p}$$

4. 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 spoja E7.4.



Shema spoja E7. 4. Mjerenje električnog otpora mješovitog spoja

Tablica 9. Mjerenje električnog otpora mješovitog spoja

Broj mjerjenja	U / V	I / A	R_m / Ω	$\Delta R_m / \Omega$
1.	6	0,33	18,18	0,39
2.	12	0,64	18,75	0,18
3.	15	0,80	18,75	0,18
4.	20	1,07	18,69	0,12
5.	25	1,30	18,46	0,11

Računom pogreške odredite električni otpor spoja.

Rezultat:

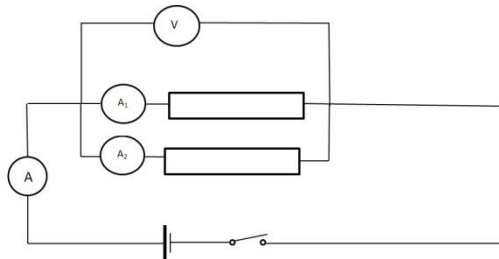
$$R_m = (18,57 \pm 0,39)\Omega$$

Tablica 10. Provjera izračuna mješovitog spoja

Broj mjerjenja	R_1 / Ω	R_2 / Ω	R_3 / Ω	$(R_p + R_3) / \Omega$	R_m / Ω
1.	10,00	13,73	14,00	19,26	18,18
2.	10,00	13,33	12,50	18,91	18,75
3.	9,60	12,76	12,00	18,89	18,75
4.	9,93	12,73	12,17	18,68	18,69
5.	9,70	11,94	12,30	18,14	18,46
El. otpori izračunati računom pogreške	9,85	12,90	12,59	18,78	18,57

Možemo zaključiti da je $R_p + R_3 = R_m$.

5. Spojite električni strujni krug prema shemi E7. 5. Izmjerite električne struje u pojedinim granama i električnu struju koja dolazi iz izvora te popunite tablicu 10.



Shema spoja E7. 5. Mjerenje električne struje paralelnog spoja

Tablica 11. Mjerenje električnih struja

Broj mjerjenja	I_1 / A	I_2 / A	I / A
1.	0,56	0,25	0,90
2.	1,15	0,70	1,90
3.	1,50	0,85	2,38
4.	2,20	1,70	3,94
5.	3,10	2,40	5,50

Možemo zaključiti da je $I_1 + I_2 = I$.



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“ i „guma – drvo”).</p> <p>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 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 KLIZANJA NA NIZBRDICI



UPUTE NASTAVNIKU



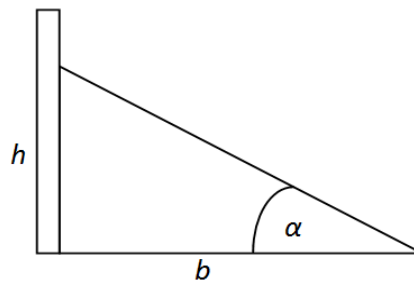
Slika M1.1. Kosina (Galileijeva kosina)

Opis mjernog uređaja

Kosinu dužine približno 160 cm čine dvije daske među kojima je moguće mijenjati nagib. Vertikalni štap (1) ima metalni nosač (2). Promjenom visine metalnog potporna koji pridržava gornju dasku, mijenja se nagib kosine. Dio gornje daske ima četiri utora za kuglice (3). Drugi, veći dio uglačana je i lakirana ravna ploha (4). Moguće je dodati stezače i učvrstiti zapreku da se zaustavi tijelo koje se spušta niz kosinu.



Slika M1.2. Nosač kosine



Slika M1.3. Nagib kosine

Određivanje nagiba kosine

Mjerenjem visine kosine do stegača, h i udaljenosti potporna i podnožja kosine, b računaju se trigonometrijske vrijednosti kuta, $\text{tg } \alpha = h / b$ ili

$$\sin \alpha = \frac{h}{\sqrt{h^2 + b^2}}$$

Preporuke za mjerenje:

Za izvođenje eksperimenta koristite kosinu i drveni kvadar. Na jednu je stranu kvadra nalijepljena guma. Postavite kvadar tako da njegov prednji rub prelazi zadani put. Dužinu puta odredite pomoću metra na kosini. Preporuča se mjeriti veće putove. Vrijeme mjerite mobilnim telefonom. Uz ove eksperimente prikazani su grafički prikazi u GeoGebri.



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. Istražite ovisnost ubrzanja tijela o nagibu kosine pri klizanju nizbrdicom.
2. Odredite faktor trenja klizanja drvenog kvadra po drvenoj podlozi („drvo – drvo“). Provedite račun pogreške.
3. Grafički prikažite ovisnost ubrzanja o nagibu kosine. Odredite faktor trenja klizanja grafičkom metodom.
4. Ponovite postupke 1. – 3. te odredite 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 $\tan \alpha$). 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 ubrzanje, a i faktor trenja, μ . Ubrzanje odredite iz prvog, a faktor trenja iz drugog izraza:

$$a = \frac{2s}{t_{sr}^2} \qquad \mu = \tan \alpha - \frac{a}{g \cdot \cos \alpha}$$

Promijenite visinu bar pet puta i ponovite mjerenje. Put je $s = 1,420$ m.

Vrijednost gravitacijskog ubrzanje jest $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ zbog mjerenja vremena u stotinkama sekunde.

Tablica 1. Određivanje faktora trenja klizanja „drvo – drvo“

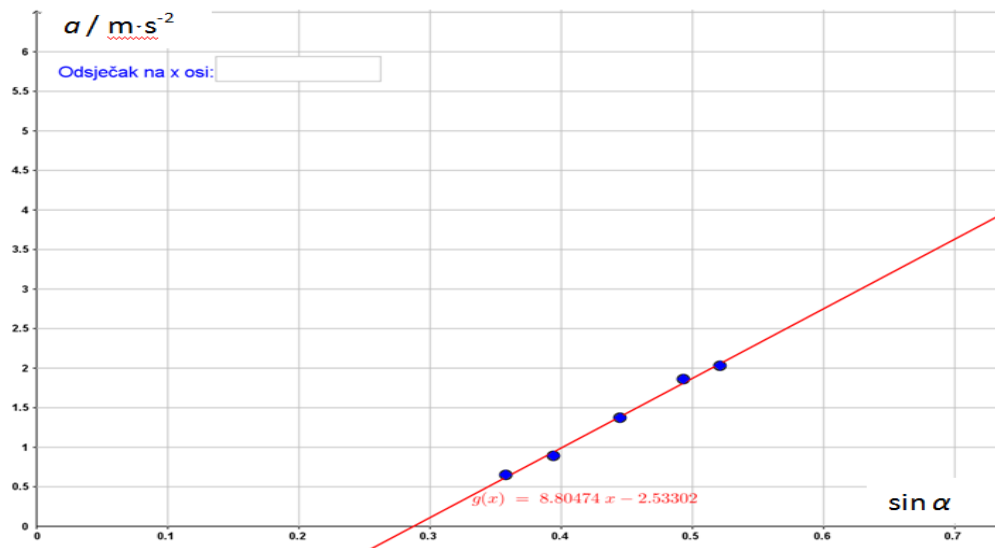
h/m	t_1/s	t_2/s	t_3/s	t_4/s	t_5/s	t_6/s	t_7/s	t_{sr}/s	$a/(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\tan \alpha$	μ	$\Delta\mu$
0,175	2,19	2,32	2,19	2,00	1,93	2,02	1,94	2,08	0,65	0,35760	0,93387	0,38293	0,31	0,03
0,196	1,79	1,78	1,84	1,81	1,83	1,73	1,76	1,79	0,88	0,39416	0,91904	0,42888	0,33	0,01
0,227	1,44	1,41	1,45	1,41	1,50	1,46	1,42	1,44	1,37	0,44486	0,89560	0,49672	0,34	0,00
0,259	1,21	1,26	1,21	1,25	1,25	1,26	1,20	1,23	1,86	0,49306	0,86999	0,56674	0,35	0,01
0,279	1,14	1,17	1,23	1,15	1,24	1,15	1,21	1,18	2,02	0,52107	0,85351	0,61050	0,37	0,03

Zaključak o ubrzanju i sinusu nagibnog kuta kosine: Veća visina kosine, h povećava sinus kuta kosine, α . Povećanje sinusa kuta rezultira smanjenjem kosinusa kuta i povećanjem tangensa kuta. Veći kut kosine prema horizontali povećava ubrzanje tijela niz kosinu.

Rezultat: Faktor trenja klizanja drvenog kvadra po drvenoj podlozi („drvo – drvo“): $\mu = 0,34 \pm 0,03$.

2. Grafički prikazite ovisnost ubrzanja kvadra o nagibnom kutu kosine.

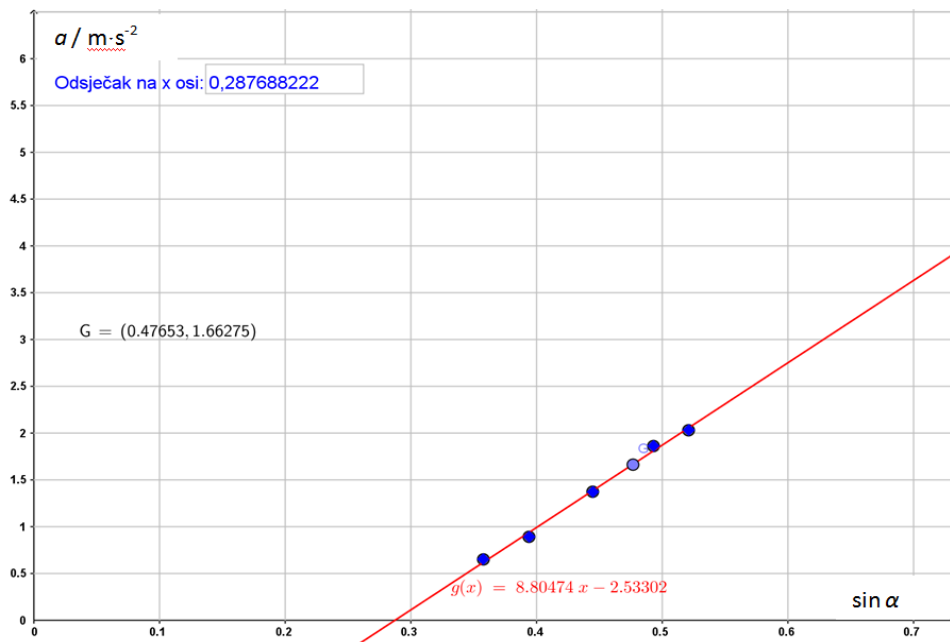
Grafički prikaz 1.1. Ovisnost ubrzanja kvadra o nagibnom kutu kosine (GeoGebra)



Iz grafičkog prikaza zaključuje se da postoji neki kut kosine gdje nema ubrzanja. Iz jednadžbe $g(x) = 8,80474 \cdot x - 2,53302$ može se odrediti koeficijent smjera pravca, $k_1 = 0,287688222$.

Analizom istog grafičkog prikaza može se pokazati sljedeće: Odabirom točke **G** na grafu se ispisuju njene koordinate: **G (0,47653, 1,66275)**.

Grafički prikaz 1.2. Isti grafički prikaz ovisnosti ubrzanja kvadra o nagibnom kutu kosine, s odabranom točkom **G** (GeoGebra)



Grafičkom metodom moguće je odrediti faktor trenja na više načina:

1) *Analizom sjecišta pravca s apscisom*

Označimo točku N u kojoj pravac siječe apscisu. Njene su koordinate $N(0,287688222, 0)$. Postoji kut α_{g1} čiji je sinus kuta te vrijednosti, a ordinata je jednaka nuli. To je kut $\alpha_{g1} = 16,7196^\circ$. Za ovaj je kut spuštanje niz kosinu jednoliko. Za manji kut ne postoji gibanje. Za svaki kut veći od α_{g1} gibanje je kvadra ubrzano. Jednoliko gibanje nastaje kada je $\mu = \operatorname{tg} \alpha$. Iz ovih podataka računa se prva vrijednost faktora trenja određena grafičkom metodom, $\mu_{gr1} = \operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} (16,72^\circ) = 0,30$. Granični kut kosine za jednoliko gibanje jest $16,72^\circ$.

2) *Iz jednadžbe pravca iz grafičkog prikaza računalnog programa GeoGebra*
 $a = 8,80474 \cdot \sin \alpha - 2,53302$.

Odabiremo točku G čije je koordinate ispisao računalni program: $G(0,47653, 1,66275)$. Bilo koja točka koja leži na pravcu ima koordinate koje zadovoljavaju jednadžbu pravca. Ove koordinate $\sin \alpha_G = 0,47653$; $a_G = 1,66275$. Kalkulatorom se računa $\alpha_G = 28,459015^\circ$. Njegovi su kosinus i tangens određeni kalkulatorom, $\cos \alpha_G = 0,87915821$ i $\operatorname{tg} \alpha_G = 0,542029858$. Ove vrijednosti daju

$$\mu_{gr2} = \operatorname{tg} \alpha_G - \frac{a_G}{g \cdot \cos \alpha_G} = 0,542029858 - \frac{1,66275}{9,81 \cdot 0,87915821} = 0,349237012 = 0,35$$

Granični kut za jednoliko spuštanje nizbrdicom jest α_{g2} , za koji vrijedi jednakost $\mu_{gr2} = \operatorname{tg} \alpha_2 = 0,349237012$. Kut je $\alpha_2 = 19,25^\circ$.

Rezultat:

Faktor trenja klizanja „guma – drvo“ određen grafičkom metodom:

$$\mu_{gr1} = 0,30$$

$$\mu_{gr2} = 0,35$$

Zaključak:

Najmanji kut pri kojem se kvadar spušta nizbrdicom ($a = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, $\mu = \operatorname{tg} \alpha$) jest:

$$\alpha_1 = 16,72^\circ$$

$$\alpha_2 = 19,29^\circ$$

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	$\Delta\mu$
0,196	2,44	2,39	2,47	2,38	2,38	2,26	2,31	2,38	0,50	0,394162	0,91904	0,42888	0,37	0,02
0,227	1,80	1,82	2,00	1,75	1,67	1,67	1,88	1,80	0,88	0,44486	0,8956	0,49672	0,40	0,01
0,259	1,34	1,35	1,34	1,32	1,54	1,48	1,46	1,40	1,44	0,49306	0,86999	0,56674	0,40	0,01
0,279	1,25	1,20	1,25	1,30	1,31	1,24	1,20	1,25	1,82	0,52107	0,85351	0,61050	0,39	0,00

Zaključak o ubrzanju i sinusu nagibnog kuta kosine: Veća visina kosine, h povećava sinus kuta kosine, α . Povećanje sinusa kuta rezultira smanjenjem kosinusa kuta i povećanjem tangensa kuta. Veći kut kosine prema horizontali povećava ubrzanje tijela niz kosinu.

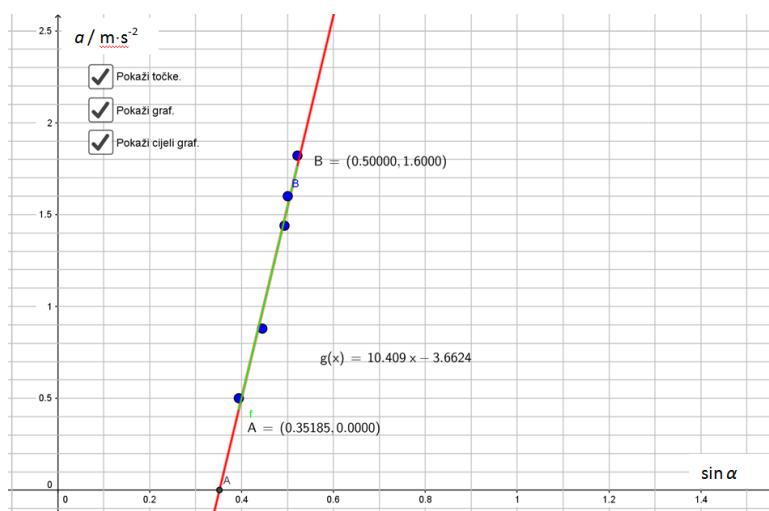
Rezultat:

Faktor trenja klizanja drvenog kvadra s gumenom oblogom po drvenoj podlozi („guma – drvo“):

$$\mu = 0,39 \pm 0,02$$

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:

Grafičkom metodom moguće je odrediti faktor trenja na više načina:

1) *Analizom sjecišta pravca s apscisom*

Označimo točku A u kojoj pravac siječe apscisu. Njene su koordinate $A(0,35185, 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2})$. Postoji kut α_{g1} čiji je sinus kuta te vrijednosti, a ordinata je jednaka nuli. To je kut $\alpha_{g1} = 20,6005^\circ = 20,60^\circ$. Za ovaj je kut spuštanje niz kosinu jednoliko. Za manji kut ne postoji gibanje. Za svaki kut veći od α_{g1} gibanje kvadra jest ubrzano.

Jednoliko gibanje nastaje kada je $\mu = \text{tg } \alpha$. Iz ovih podataka računa se prva vrijednost faktora trenja određena grafičkom metodom, $\mu_{gr1} = \text{tg } \alpha_1 = \text{tg } (20,6005^\circ) = 0,375885471 = 0,38$. Granični kut kosine za jednoliko gibanje jest $20,60^\circ$.

2) *Iz jednadžbe pravca iz grafičkog prikaza računalnog programa GeoGebra*

$$a = 10,409 \cdot \sin \alpha - 3,6624.$$

Odabiremo točku B čije je koordinate ispisao računalni program: $B(0,50000, 1,60000)$.

Bilo koja točka koja leži na pravcu ima koordinate koje zadovoljavaju jednadžbu pravca. Ove koordinate $\sin \alpha_B = 0,50000$; $a_B = 1,60000$. Kalkulatorom se računa $\alpha_G = 30^\circ$. Njegovi su kosinus i tangens određeni kalkulatorom, $\cos \alpha_B = 0,866025403$ i $\text{tg } \alpha_B = 0,577350269$. Ove vrijednosti daju

$$\mu_{gr2} = \text{tg } \alpha_G - \frac{a_B}{g \cdot \cos \alpha_B} = 0,577350269 - \frac{1,60000}{9,81 \cdot 0,866025403} = 0,389019906 = 0,39$$

Granični kut za jednoliko spuštanje nizbrdicom jest α_{g2} , za koji vrijedi jednakost

$$\mu_{gr2} = \text{tg } \alpha_2 = 0,3890199906. \text{ Kut je } \alpha_2 = 21,257^\circ = 21,26^\circ.$$

Faktor trenja klizanja „drvo – drvo“ određen grafičkom metodom:

$$\mu_{gr1} = \text{tg } \alpha_1 = \text{tg } (20,60^\circ) = 0,38$$

$$\mu_{gr2} = \text{tg } \alpha_2 = \text{tg } (21,26^\circ) = 0,39$$

Zaključak:

Najmanji kut pri kojem se kvadar s gumenom oblogom spušta nizbrdicom jest:

$$\alpha_1 = 20,60^\circ$$

$$\alpha_2 = 21,26^\circ$$

PROUČAVANJE PERIODA TITRANJA UTEGA NA OPRUZI



UPUTE NASTAVNIKU



Slika M2.1. Stalak s utegom ovješnim o oprugu

Opis mjernog uređaja

Slika M2. 1. Prikazuje stalak pogodan za izvođenje mjerenja iz titranja. Masivno željezno postolje staka jest dimenzija 20 cm x 39,5 cm x 2 cm. Masa mu je oko 20 kg.

Na postolju je stativ koji drži metalnu ploču s milimetarskom podjelom i zrcalom.

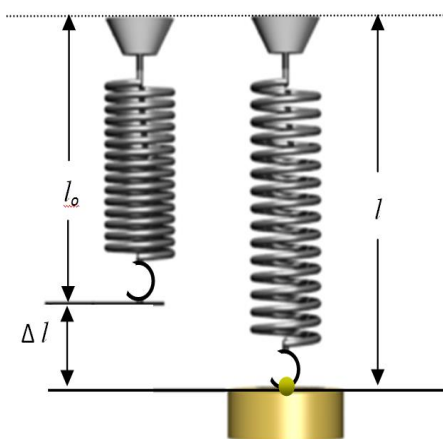
Preporuke za mjerenje:

Vrijeme mjerite mobilnim telefonom.

Duljina se mjeri metrom.

Masa utega mjeri se vagom ili težina dinamometrom.

Uz ove eksperimente prikazani su grafički prikazi u Excelu.



Slika M2.2. Mjerenje duljine niti opruge.

Slika napravljena prema izvoru:
https://hr.wikipedia.org/wiki/Robert_Hooke,
rujan 2016.

Mjerenje duljine opruge:

Duljina neopterećene opruge jest l_0 . Ova se vrijednost pažljivo očitava pomoću zrcala na stalku. Istezanje opruge, Δl razlika je duljine opterećene opruge, l i neopterećene opruge, l_0 .

Duljinu opterećene opruge treba pažljivo očitati pomoću zrcala na stalku.

Važno je uvijek mjeriti udaljenost do iste točke na opruzi. Slika M2 2. pokazuje mjerenje duljine opruge do donjeg ruba kukice na opruzi.

Neke opruge imaju strelicu na donjem kraju pa je važno ne mijenjati položaj strelice.

Za izvođenje eksperimenta važno nam je istezanje opruge, pa se ne mora posebno očitavati početni položaj kukice na stalku ako njegov položaj nije 0 m.



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: $N = 10$; $m = 25$ g; opruga 1

Tablica 1. Ovisnost perioda titranja o amplitudi

t/s	T/s	A/cm
7,00	0,71	1
7,30	0,73	3
7,00	0,70	5

Zaključak o periodu titranja i amplitudi:
Period titranja ne ovisi o 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: $N = 10$; $A = 1$ cm; $l_0 = 0,151$ m.

Tablica 2. Ovisnost perioda titranja o masi

t/s	T/s	m/kg
9,31	0,93	0,050
11,36	1,14	0,100
13,32	1,33	0,250

Zaključak o periodu titranja i masi njihala:
Period titranja utega na opruzi nije linearna funkcija mase. Petostruko povećanje mase ne rezultira pet puta većim periodom.

1.3. Ovisnost perioda titranja istražite mijenjanjem opruga. Masa ovješnih utega jest stalna. Podatke zapišite u tablicu 3.

Stalne veličine: $N = 10$; $A = 1 \text{ cm}$; $m = 200 \text{ g}$.

Tablica 3. Ovisnost perioda titranja o konstanti opruge

opruga	t / s	T / s
opruga 1	12,78	0,64
opruga 2	10,16	0,51
opruga 3	9,81	0,49

Zaključak o periodu titranja i konstanti opruge:
Period titranja opruge ovisi o konstanti opruge.

2. Izmjerite duljinu neopterećene opruge, l_0 . Oprugu opteretite utegom mase, m 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 različitih masa 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.

$$\Delta l = l_m - l_0 \quad (1) \qquad k = \frac{m \cdot g}{\Delta l} \quad (2) \qquad T_m = \frac{t}{N} \quad (3) \qquad T_r = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (4)$$

$$N = 20; \qquad l_0 = 0,132 \text{ m.}$$

Tablica 4. Ovisnost perioda titranja o masi utega i konstanti opruge

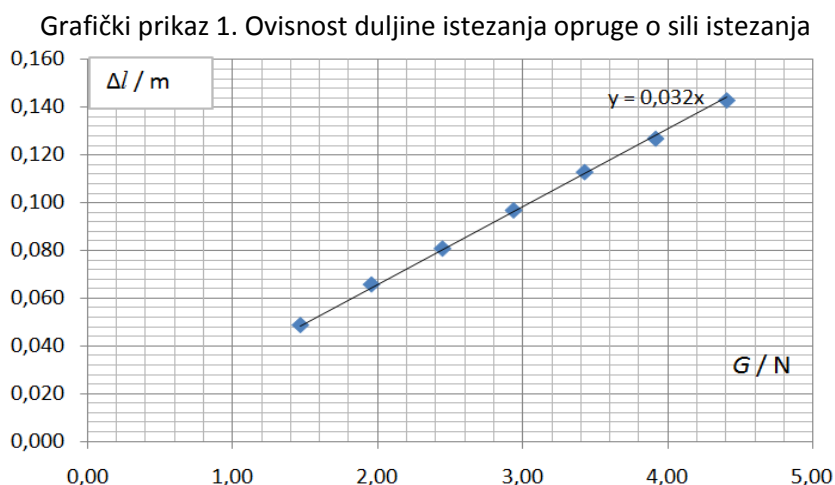
m/kg	G/N	l/m	$\Delta l/\text{m}$	$k/\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$	$\Delta k/\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$	t/s	T_m/s	T_m^2/s^2	T_r/s	$(T_m - T_r)/\text{s}$
0,15	1,47	0,181	0,049	30,03	0,28	8,81	0,44	0,1940	0,44	0,00
0,20	1,96	0,198	0,066	29,73	0,58	9,81	0,49	0,2406	0,52	0,02
0,25	2,45	0,213	0,081	30,28	0,03	11,32	0,57	0,3204	0,57	0,00
0,30	2,94	0,229	0,097	30,34	0,03	12,93	0,65	0,4180	0,62	0,02
0,35	3,43	0,245	0,113	30,38	0,07	13,56	0,68	0,4597	0,67	0,00
0,40	3,92	0,259	0,127	30,90	0,59	14,24	0,71	0,5069	0,71	0,00
0,45	4,41	0,275	0,143	30,87	0,56	15,21	0,76	0,5784	0,76	0,00

Rezultat:

Konstanta opruge: $k = (30,36 \pm 0,63) \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$

Zaključak o periodu titranja i masi utega: *Tri puta veća masa ne daje tri puta veći period titranja.*

3.1. Grafički prikazite ovisnost duljine istezanja opruge o sili istezanja.



Zaključak o ovisnosti duljine istezanja opruge o sili istezanja: Istezanje opruge jest linearna funkcija sile istezanja. Jednadžba se zapisuje u obliku $\Delta l = 0,032 \cdot G$.

Oprugu isteže težina utega ovješena o nju. Elastična sila opruge istog je iznosa kao i težina, ali suprotne orijentacije. Titrajni sustav čine opruga i uteg. Utteg isteže oprugu svojom težinom, opruga djeluje na uteg elastičnom silom (III. Newtonov zakon).

Rezultat:

Konstanta opruge, k_{gr1} određena grafičkom metodom na dva načina:

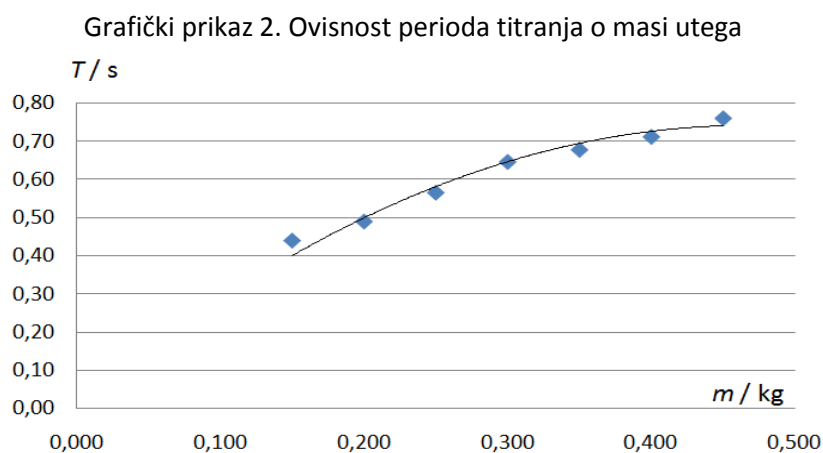
1. Konstanta opruge određuje se kao recipročna vrijednost konstante pravca,

$$k_{gr1} = \frac{1 \text{ N}}{0,032 \text{ m}} = 31,25 \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

2. Odabirom točke čije su koordinate na pravcu $T(0,092 \text{ m}, 2,80 \text{ N})$ vrijednost konstante je

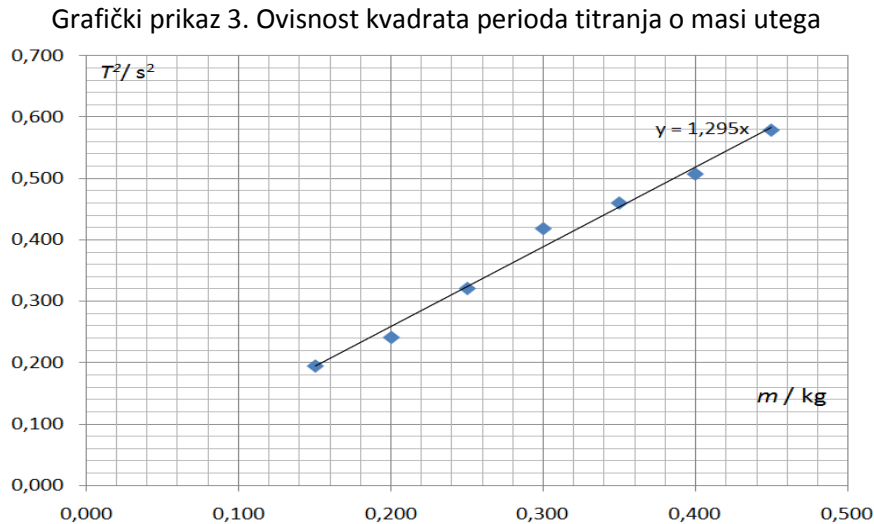
$$k = \frac{G}{\Delta l} = \frac{2,8 \text{ N}}{0,092 \text{ m}} = 30,43 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

3.2. Grafički prikazite ovisnost perioda titranja o masi utega



Zaključak o ovisnosti perioda titranja o masi utega: *Period titranja utega na opruzi nije linearna funkcija mase.*

3.3. Grafički prikažite ovisnosti kvadrata perioda utega na opruzi o masi utega te grafičkom metodom odredite konstantu opruge



Zaključak o ovisnost kvadrata perioda utega na opruzi o masi utega: *Kvadrat perioda titranja utega na opruzi linearna je funkcija mase. Ovisnost se prikazuje izrazom $T^2 = 1,295 \cdot m$.*

Rezultat:

Konstanta opruge, k_{gr2} određena grafičkom metodom na dva načina:

Usporedbom s izrazom za period titranja harmoničkog oscilatora, $T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ konstanta opruge

jest
$$k = 4 \cdot \pi^2 \frac{m}{T^2}.$$

1. *Usporedbom s izrazom koji je ispisao računalni program,*

$$1,295 \frac{\text{s}^2}{\text{kg}} = \frac{4 \cdot \pi^2}{k} \Rightarrow k = \frac{4 \cdot \pi^2}{1,295} \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} = 30,49 \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

2. *Odabirom točke $T(0,400 \text{ kg}, 0,520 \text{ s}^2)$ vrijednost konstante jest*

$$k = 4 \cdot \pi^2 \frac{\text{m}}{\text{T}^2} = 30,368 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 30,37 \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

4. *Usporedba eksperimentalne vrijednosti perioda titranja, T_m s teorijskim, T_r .*

Ove su vrijednosti prikazane u osmom i desetom stupcu tablice 1. Njihova je razlika u jedanaestom stupcu. Vidljivo je dobro slaganje teorijskog modela i vrijednosti izmjerenih u eksperimentu.

ODREĐIVANJE GRAVITACIJSKOG UBRZANJA POMOĆU NJIHALA



UPUTE NASTAVNIKU



Slika M3.1. Stalac s njihalom

Opis mjernog uređaja

Slika M3.1. Prikazuje stalac pogodan za izvođenje mjerenja iz titranja. Masivno željezno postolje staka dimenzija je 20 cm x 39,5 cm x 2 cm. Masa mu je oko 20 kg.

Na postolju je stativ koji drži metalnu ploču s milimetarskom podjelom i zrcalom.

Slika M3.2. prikazuje jednostavan pribor za izvođenje mjerenja. Metalni metar magnetima je pričvršćen za magnetnu ploču. Njihalo je uteg ovješeno o nerastezljivu nit. Ploča se koristi za povlačenje pomoćnih crta kredom. Ovakvo je njihalo uvijek dostupno.



Slika M3.2. Njihalo

Preporuke za mjerenje:

Vrijeme mjerite mobilnim telefonom

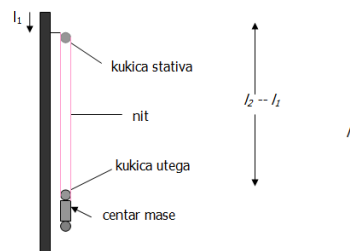
Mjerenje duljine niti njihala

Mjeri se udaljenost od ovjesišta do centra masa.

Za mjerenje duljine niti koristi se metar s milimetarskom podjelom. Visinu homogenog tijela (utega), h treba odrediti trokutom. Stvarna duljina njihala je duljina niti uvećana za polovinu visine utega.

Bilježimo početni položaj kukice, l_1 i položaj ovjesišta utega, l_2 .

$$\text{Duljina niti } l = (l_2 - l_1) + h \cdot \frac{1}{2}$$



Slika M3.3. Mjerenje duljine niti njihala

Uz ove eksperimente prikazani su grafički prikazi u Excelu.



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

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. 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: $N = 20$ $m = 50$ g $l = 0,650$ m

Tablica 1. Ovisnost perioda titranja o amplitudi

t / s	T / s	A / cm
32,41	1,62	1,0
32,60	1,63	2,0
32,61	1,63	5,0

Zaključak o periodu titranja i amplitudi:

Amplituda titranja ne mijenja period titranja.

2. Ovisnost perioda titranja istražite mijenjanjem masa njihala. Povećajte masu dva i tri puta. Podatke zapišite u tablicu 2.

Stalne veličine: $N = 20$ $A = 1$ cm $l = 0,629$ m

Tablica 2. Ovisnost perioda titranja o masi

t / s	T / s	m / kg
31,82	1,59	0,025
31,66	1,58	0,050
31,79	1,59	0,100

Zaključak o periodu titranja i masi njihala:

Period titranja njihala ne ovisi o masi njihala.

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} . Birajte 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^2 / s^2	$g / (m \cdot s^{-2})$	$\Delta g / (m \cdot s^{-2})$
0,508	1,42	1,45	1,42	1,43	2,04490	9,81	0,04
0,528	1,46	1,45	1,45	1,45	2,11218	9,87	0,02
0,551	1,48	1,49	1,49	1,49	2,21018	9,84	0,01
0,570	1,50	1,52	1,51	1,51	2,28010	9,87	0,02
0,629	1,59	1,58	1,59	1,59	2,51751	9,86	0,01
0,650	1,60	1,61	1,62	1,61	2,59210	9,90	0,05
0,668	1,63	1,65	1,64	1,64	2,68960	9,81	0,04
0,709	1,68	1,68	1,69	1,68	2,83361	9,88	0,03
0,729	1,70	1,72	1,72	1,71	2,93551	9,80	0,05
0,749	1,73	1,71	1,73	1,72	2,96988	9,96	0,11
0,767	1,74	1,77	1,75	1,75	3,07418	9,85	0,00

Zaključak o periodu titranja i duljini niti njihala:

Povećanjem duljine niti povećava se period titranja njihala.

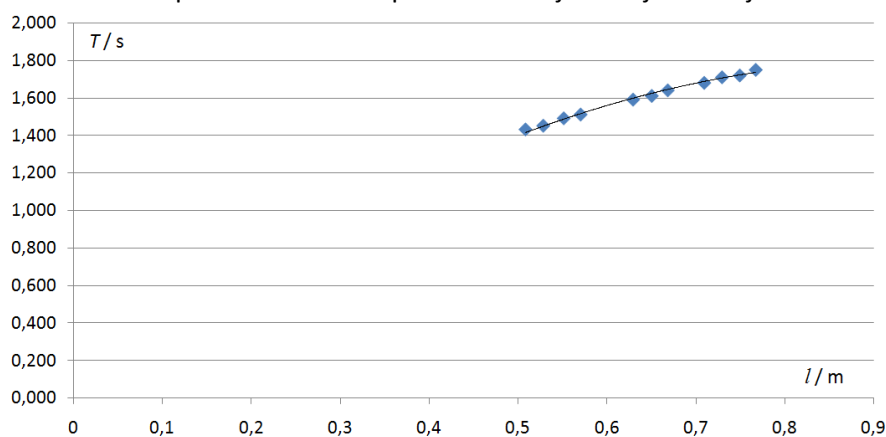
Gravitacijsko ubrzanje

Rezultat:

$$g = (9,86 \pm 0,11) \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

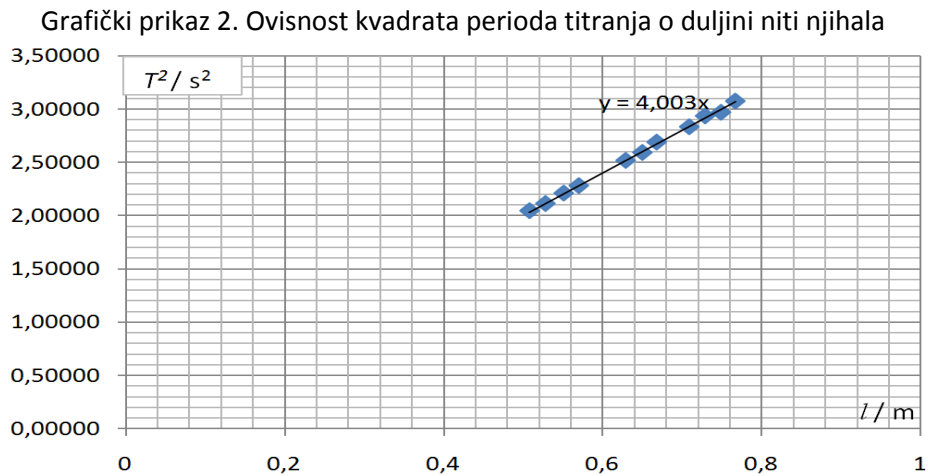
Grafički prikazite ovisnost perioda titranja o duljini niti

Grafički prikaz 1. Ovisnost perioda titranja o duljini niti njihala



Zaključak: *Period titranja njihala nije linearna funkcija duljine niti. Ukazuje na kvadratnu funkciju.*

Grafički prikažite ovisnost kvadrata perioda titranja o duljini niti njihala te grafičkom metodom odredite gravitacijsko ubrzanje



Zaključak:

Kvadrat perioda titranja njihala linearna je funkcija duljine niti njihala. Ovisnost perioda titranja o duljini niti njihala daje jednadžba $T^2 = k_1 \cdot l = 4,003 \cdot l$.

Rezultat:

Gravitacijsko ubrzanje određeno grafičkom metodom:

Grafičkom metodom moguće je odrediti gravitacijsko ubrzanje na dva načina:

1. Konstanta k_1 ima jedinice $s^2 \cdot m^{-1}$. Određuju se iz grafičkog prikaza. Usporedimo jednadžbu s

$$\text{izrazom za titranje njihala. } T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$\text{Fizički smisao konstante je } k_1 = \frac{4\pi^2}{g} \Rightarrow g_{1gr} = 9,86 \text{ m s}^{-2}.$$

2. Odabire se točka na grafičkom prikazu i čitaju njene koordinate. To je točka (0,60, 2,4000).

$$\text{Gravitacijsko se ubrzanje odredi iz izraza } g = l \cdot \frac{(2 \cdot \pi)^2}{T^2}.$$

$$g_{2gr} = 0,60 \cdot \frac{(2 \cdot \pi)^2}{2,40000} = 9,8696 \text{ m s}^{-2} = 9,89 \text{ m s}^{-2}$$

PROUČAVANJE RAVNOTEŽE SILA NA POLUZI



UPUTE NASTAVNIKU

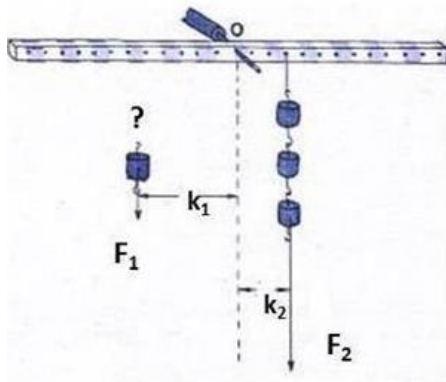
PRIBOR: stalak s letvicom koja se može zakretati oko osi, utezi s kukicama, ravnalo, (matice za vijke jednakih masa), drvene letvice homogene i nehomogene (izbušene sa strane), željezna šipka

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, jesu sila F_1 .

Kojom silom utezi djeluju na letvicu?

Težinom.

Slika M4.5. Letvica opterećena utezima

Ako jedan uteg ima masu 100 g, kolikom silom on opterećuje letvicu?

$$G = m g = 1 \text{ N}$$

Postavite četiri utega na jednu stranu letvice na udaljenosti 10 cm od oslonca.

Što se događa s letvicom?

Letvica nije u horizontalnom položaju.

Pokušajte pomoću jednog utega letvicu vratiti u horizontalni položaj. Gdje ćete postaviti uteg?

Uteg postavljamo na udaljenost 40 cm od oslonca.

Na koliku ste udaljenost od oslonca postavili uteg da se letvica vratiti u horizontalni položaj?

Uteg smo postavili na četiri puta većoj udaljenosti od oslonca, s obzirom na suprotnu stranu.

Uz koji ste uvjet uspjeli uravnotežiti letvicu?

$$(\text{Umnožak sile i kraka sile})_{\text{lijeva strana letvice}} = (\text{Umnožak sile i kraka sile})_{\text{desna strana letvice}}$$

Možemo li letvicu uravnotežiti i na drugi način, djelujući drugačijim silama s lijeva 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	$M / \text{N}\cdot\text{m}$	F_2 / N	k_2 / m	$M / \text{N}\cdot\text{m}$
1 uteg = 1	0,4	0,4	4 utega =4	0,1	0,4
1 uteg =1	0,3	0,3	3 utega =3	0,1	0,3
1 uteg =1	0,1	0,1	1 uteg =1	0,1	0,1
2 utega =2	0,3	0,6	4 utega =4	0,15	0,6
3 utega =3	0,08	0,24	1 uteg =1	0,24	0,24
4 utega =4	0,12	0,48	2 utega =2	0,24	0,48

Analizirajte podatke prva tri mjerenja. U kakvom je odnosu udaljenost jednog utega od oslonca prema iznosu sile koju uteg uravnotežuje?

Udaljenost je deset puta manja od sile koju uteg uravnotežuje.

U kojem slučaju nismo smanjili silu pomoću letvice? Što ostaje stalno? *Krak sile.*

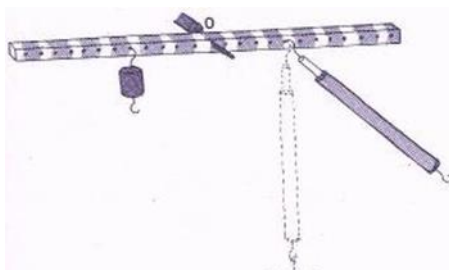
Analizirajte podatke posljednja tri mjerenja. Uočite i iskažite pravilnost koja vrijedi među vrijednostima u prva dva stupca te u četvrtom i petom stupcu: a) riječima, b) algebarski.

Umnožak sile i kraka sile jest jednak. $F_1 \cdot k_1 = F_2 \cdot k_2$

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. *Sila je jednaka težini utega.*



Slika M4.6. Ravnoteža letvice ostvarena dinamometrom pod određenim kutom

Uspostavimo ravnotežu letvice djelujući dinamometrom pod određenim kutom.

Hoće li vrijednost sile koju pokazuje dinamometar biti jednaka, veća ili manja od težine utega?

Veća od težine utega.

2. Izvedite mjerenja i tablicu dopunite podacima za postignutu ravnotežu letvice uz uvjet da je moment sile konstantan.

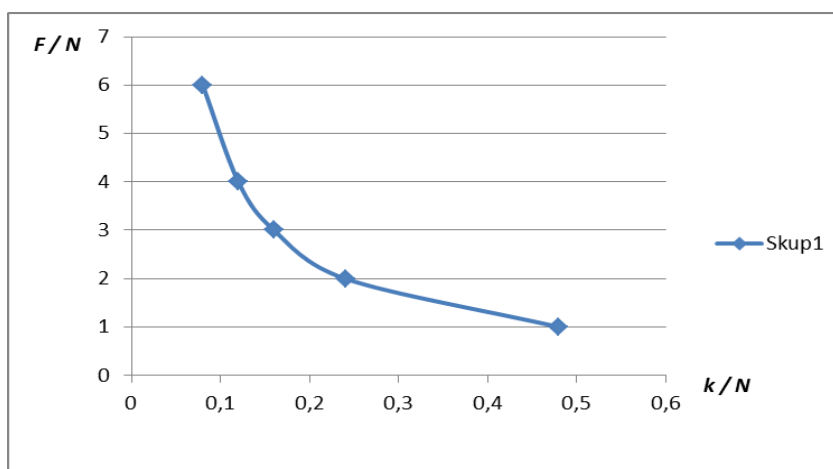
$$M = 0,48 \text{ N m}$$

Tablica 2. Mjerenje kraka sile i sile uz stalan moment sile

Krak sile / m	0,48	0,24	0,16	0,12	0,08
Sila / N	1	2	3	4	6

Grafički prikažite ovisnost sile o kraku sile

Grafički prikaz 1. Ovisnost sile o kraku sile



Zaključak o ovisnosti sile o kraku sile:

Stalne veličine: *moment sile.*

Promjenjive veličine: *sila, krak sile.*

Graf je hiperbola, sila i krak sile obrnuto su proporcionalni.

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.

Težište je u sredini letvice.

Odredite i zabilježite na ljepljivoj traci težište nehomogene letvice, bez željezne šipke i sa željeznom šipkom u otvoru letvice. Skicirajte svaki položaj težišta.

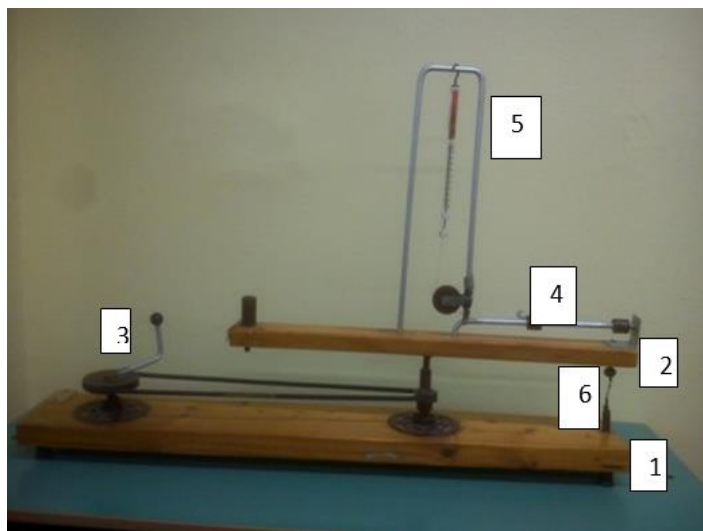
Opišite međusobne položaje težišta.

Treba uočiti da je težište bliže težem dijelu letvice.

PROUČAVANJE CENTRIPETALNE I CENTRIFUGALNE SILE



UPUTE NASTAVNIKU



Slika M4.1. Uređaj za proučavanje centripetalne sile

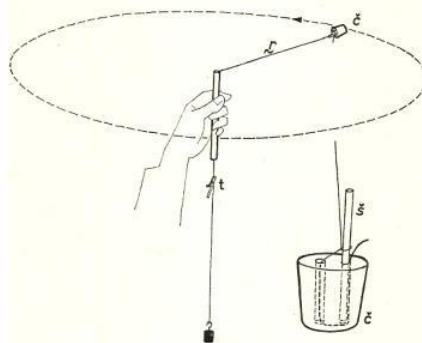
Opis uređaja

Na prvoj trećini, drvenog postolja (1) s desne strane nalazi se postolja (2) koje nosi konstrukciju koja se okreće. Postolja je remenom povezano s čvrstom kolotutom (3) koja se nalazi u lijevom kutu drvenog postolja. Na pokretnoj drvenoj konstrukciji na vodoravnoj olovnoj prečki nalazi se uteg (4) čiji se položaj može mijenjati, a uteg je povezan je s dinamometrom (5) koji visi okomito na drvenu konstrukciju.

Na drvenom postolju u desnom kutu nalazi se zvonce (6) zahvaljujući kojem znamo kada je *tijelo* napravilo puni krug.

Vježba se može provesti i pomoću sljedećeg pribora: najlonska nit duga 1,5 m, utezi, gumeni čep promjera 4 cm s dvije rupe, zaporni sat, staklena cjevčica duga oko 15 cm i vanjskog promjera 2 cm.

Navedeni pribor složiti prema slici.



Slika M4.2. 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. Pošto smo odabrali prikladan polumjer kružne staze, određujemo ophodna vremena što ih postizemo pri sve većim vrijednostima centripetalne sile. Izvedimo tri mjerenja mijenjajući vrijednost sile.

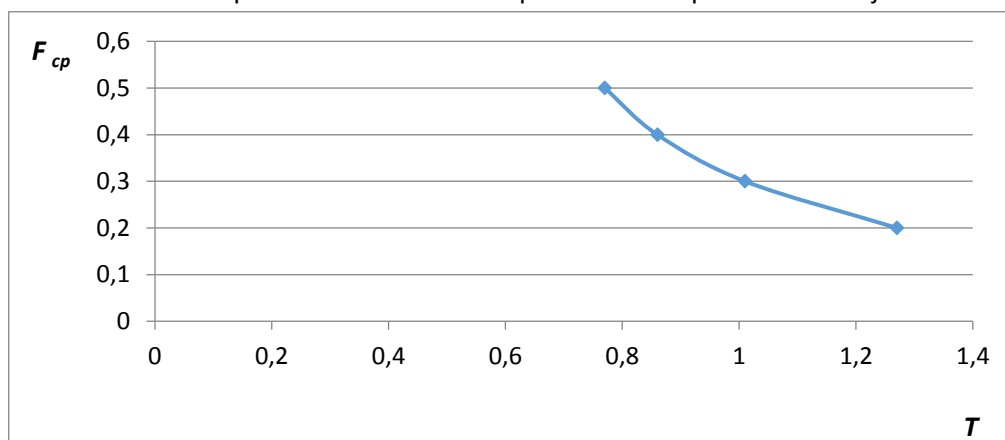
Mjerne podatke i izračunane vrijednosti predočimo tablično .

Tablica 1. Centripetalna sila i period kruženja za $r = 8,5 \cdot 10^{-2} \text{m}$

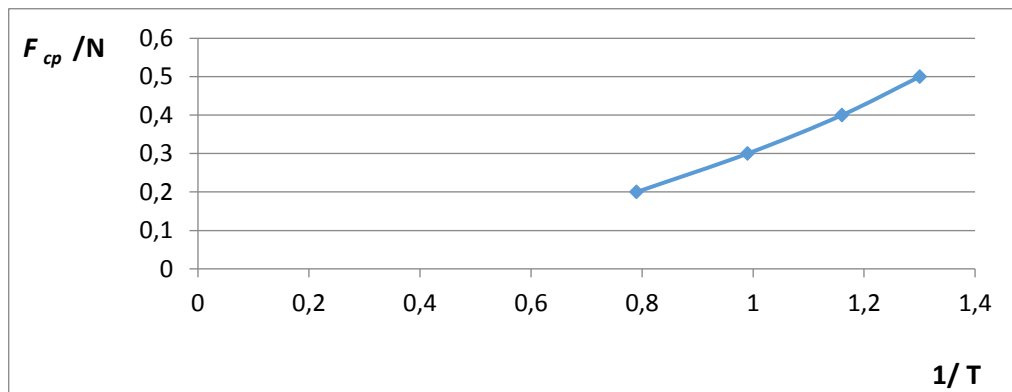
F / N	$10T / \text{s}$	T / s	T^{-1} / s^{-1}	T^{-2} / s^{-2}
0,2	12,7	1,27	0,79	0,62
0,3	10,1	1,01	0,99	0,98
0,4	8,6	0,86	1,16	1,34
0,5	7,7	0,77	1,3	1,69

2. Grafički prikazite ovisnost centripetalne sile o periodu kruženja.

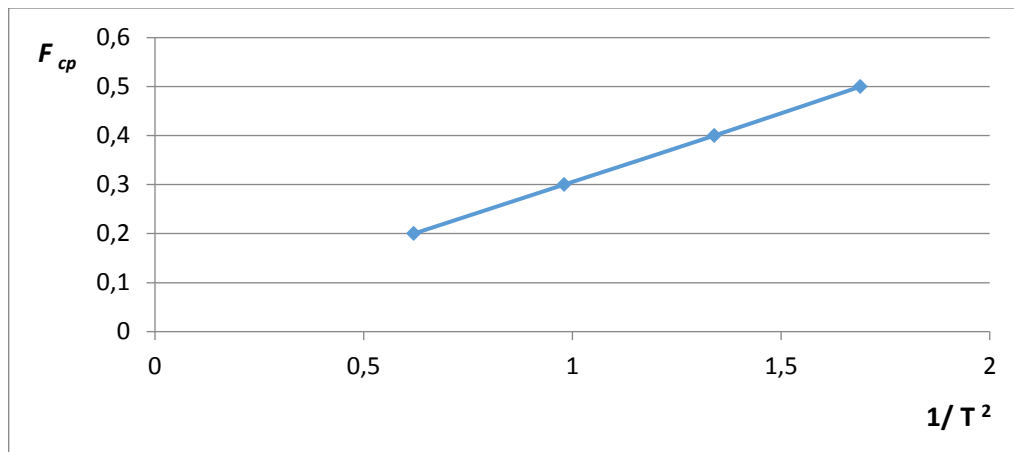
Grafički prikaz 1. Ovisnost centripetalne sile o periodu kruženja



Grafički prikaz 2. Ovisnost centripetalne sile o recipročnoj vrijednosti perioda kruženja



Grafički prikaz 3. Ovisnost centripetalne sile o recipročnoj vrijednosti kvadrata perioda kruženja



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 $r = 16 \cdot 10^{-2} \text{m}$

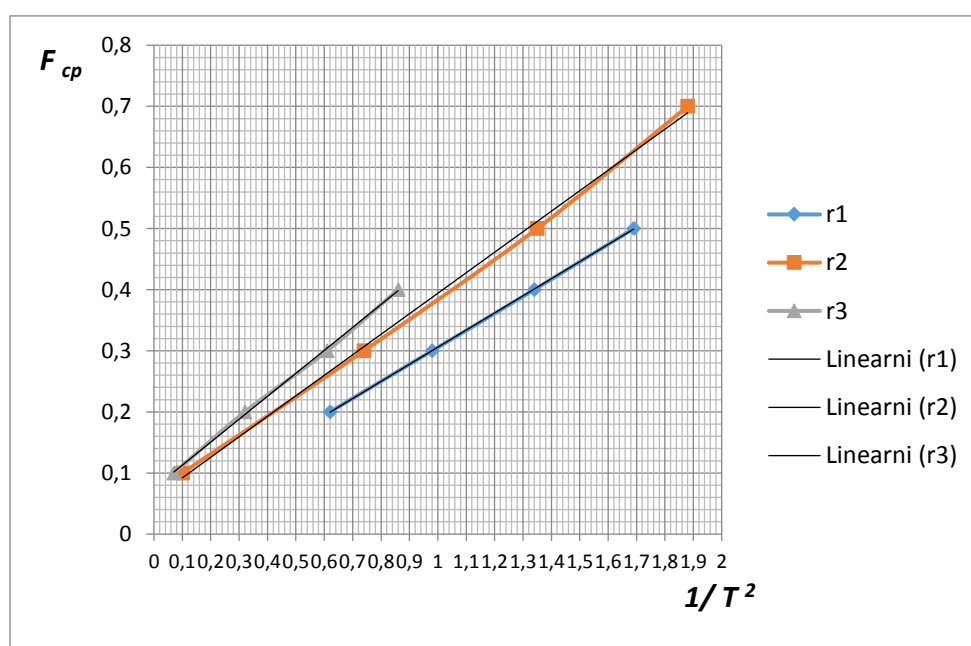
F / N	$10T / s$	T / s	T^{-1} / s^{-1}	T^{-2} / s^{-2}
0,1	31,6	3,16	0,316	0,10
0,3	11,6	1,16	0,86	0,74
0,5	8,6	0,86	1,16	1,35
0,7	7,3	0,73	1,37	1,88

Tablica 3. Centripetalna sila i period kruženja za $r = 20 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

F / N	$10T / \text{s}$	T / s	T^{-1} / s^{-1}	T^{-2} / s^{-2}
0,1	37,8	3,78	0,26	0,07
0,2	17,7	1,77	0,56	0,32
0,3	12,8	1,28	0,78	0,61
0,4	10,8	1,08	0,93	0,86

Sve grafičke prikaze unesimo u isti koordinatni sustav i uz svaki naznačimo kojem polumjeru odgovaraju (crtamo u onom u kojem smo u prvom zadatku pronašli da je graf pravac).

Grafički prikaz 4. Ovisnost centripetalne sile o recipročnoj vrijednosti kvadrata perioda kruženja



Da bismo odgovorili na pitanje u zadatku moramo paziti da pri određivanju te veze održavamo masu i period kruženja konstantnima. Prvi je uvjet ispunjen jer smo sva mjerenja vršili s utegom mase m .

Period kruženja učinit ćemo konstantnim tako da sve grafove u koordinatnom sustavu presiječemo pravcem usporednim s osi F_{cp} , koji prolazi kroz neku točku na vremenskoj osi.

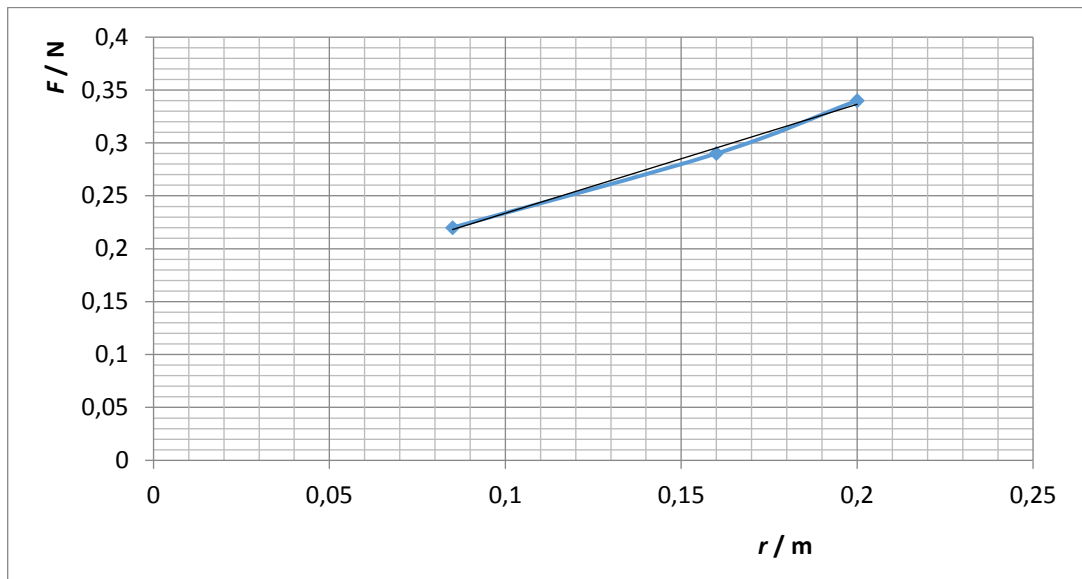
Za svaku točku, koja je nastala na taj način, očitajmo podatak za F_{cp} i podatak za r .

Očitane vrijednosti predočimo tablično.

Tablica 4. Centripetalna sila i polumjer kružne putanje za $T = 1,195 \text{ s}$; $T^{-2} = 0,7 \text{ s}^{-2}$

F / N	0,22	0,29	0,34
r / m	$8,5 \cdot 10^{-2}$	$16 \cdot 10^{-2}$	$20 \cdot 10^{-2}$

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
 - *graf nije pravac već hiperbola, centripetalna sila nije razmjerna periodu kruženja pri stalnoj masi tijela i polumjeru kružne putanje*
- ovisnost centripetalne sile o recipročnoj vrijednosti perioda kruženja
 - *graf nije pravac već parabola, centripetalna sila nije razmjerna recipročnoj vrijednosti perioda kruženja pri stalnoj masi tijela i polumjeru kružne putanje*
- ovisnost centripetalne sile o recipročnoj vrijednosti kvadrata perioda kruženja
 - *graf je pravac, centripetalna sila razmjerna je recipročnoj vrijednosti kvadrata perioda kruženja pri stalnoj masi tijela i polumjeru kružne putanje*
- ovisnost centripetalne sile o polumjeru kružne putanje
 - *graf je pravac, centripetalna sila razmjerna je polumjeru kružne putanje pri stalnoj masi tijela i periodu kruženja tijela.*

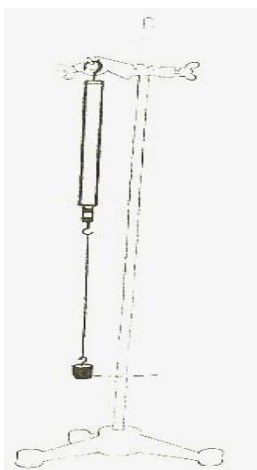
1. Proučavanje centrifugalne sile

PRIBOR: dinamometar (2 N), nit duljine 50 cm, uteg mase 100 g, dva stalka, kvačica za rublje, ravnalo.

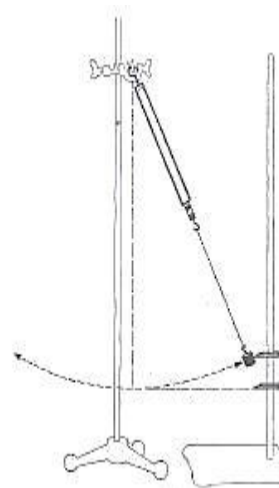
ZADATAK VJEŽBE: Provjeriti izraz za centrifugalnu silu kod jednostavnog njihala.

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? **Težinu utega, 1N.**

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? **Težinu utega, 1N.**

Kolika je vrijednost sile koju pokazuje dinamometar u ravnotežnom položaju? Usporedimo je s težinom utega. **Sila je veća od težine utega, 1,2 N.** Obrazložite dobiveni rezultat.

Dinamometar koji nije zajedno s njihalom pokazuje osim težine i centrifugalnu silu.

Odredi iznos centrifugalne sile.

Ona je jednaka razlici ukupne pročitane vrijednosti na dinamometru koji se njihao i težine utega pročitane na dinamometru dok je mirovao s njihalom u položaju ravnoteže, 0,2 N.

Odredimo vrijednost centrifugalne sile koristeći izraz $F_{cf} = \frac{mv^2}{r}$ pomoću podataka za: masu utega $m = 0,1 \text{ kg}$, brzinu utega kad prolazi ravnotežnim položajem $v = 0,77 \text{ m/s}$, polumjer kružnog luka $r = 0,33 \text{ m}$.

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

$$h = 3 \text{ cm} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$v^2 = 2 g h = 0,6 \text{ (m/s)}^2$$

$$F_{cf} = 0,182 \text{ N}$$

Usporedimo dobiveni rezultat s vrijednošću što smo je za centrifugalnu silu dobili očitavajući dinamometar. *Dobili smo približnu vrijednost.*

Nadopunite rečenice:

Centripetalna sila mijenja **smjer** brzine tijela.

Pri jednolikom kruženju tijela centripetalna sila stalnog je **iznosa** i promjenjiva **smjera**.

Da bi se period kruženja uz stalni polumjer kružne putanje i stalnu masu tijela povećao, centripetalnu silu moramo **smanjiti**.

Ako masu tijela udvostručimo, uz nepromijenjeni period kruženja i polumjer kružne putanje, centripetalna se sila **udvostručuje**.

Ako polumjer kružne putanje udvostručimo, uz konstantnu masu tijela i period kruženja, centripetalna se sila **udvostručuje**.

Kuglicu ovješenu o nit vrtimo u horizontalnoj ravnini. U jednom trenutku nit pukne. Kuglica se nastavlja gibati **pravocrtno**.

Navedene rečenice označi kao točne/ netočne (T/N):

Sustavi koji miruju ili se gibaju jednoliko pravocrtno nazivamo inercijski sustavi. **T**

Vrtite se na vrtuljku. Na vas djeluje sila usmjerena od središta vrtnje. **T**

Inercijska sila djeluje na čovjeka u automobilu koji se giba jednoliko po ravnoj cesti. **N**

Kada vozač kočeci smanjuje brzinu autobusa, akceleracija autobusa ima suprotan smjer od brzine autobusa, inercijska sila ima smjer brzine autobusa. **T**

Učinak tromosti tijela osjeća promatrač koji se vrti s kružno akceleriranim sustavom. **T**

Prijatelj nam se vrti na vrtuljku. Mi uočavamo da na njega djeluje centripetalna sila. **T**



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



UPUTE NASTAVNIKU

Opis mjernog uređaja

Za grijanje vode možemo koristiti kuhalo za vodu.



Slika S1.1. Potreban pribor

Preporuke za mjerenje:

Koristimo utege različitih masa.

Mjerenja ponavljamo nekoliko puta.



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. Određivanje specifičnog toplinskog kapaciteta

Redni broj mjerjenja	m_1 / kg	t_1 / °C	m_2 / kg	t_2 / °C	τ / °C	c_2 / Jkg ⁻¹ K ⁻¹
1.	0,132	26,1	0,2	83	32,9	375,34
2.	0,132	30,7	0,1	91,3	34,7	390,87
3.	0,144	23,6	0,1	81,8	27,1	386,06

Pri mjerenju korišten je bakreni uteg čija je vrijednost u tablici 383 Jkg⁻¹K⁻¹. Mjerenjima je dobiveno da je specifični toplinski kapacitet utega 384,09 Jkg⁻¹K⁻¹.

Zaključujemo da je toplina dio unutrašnje energije tijela koja prelazi s tijela više temperature na tijelo niže temperature.

PROUČAVANJE TOPLINE TALJENJA LEDA



UPUTE NASTAVNIKU

Opis mjernog uređaja

Za grijanje vode koristimo kuhalo za vodu.
Led usitnjavamo neposredno prije mjerenja.



Slika S2.1. Potreban pribor

Preporuke za mjerenje:

Eksperiment je jednostavno izvesti.
Potrebno je samo usitniti led prije izvođenja eksperimenta.

Eksperiment izvodimo nekoliko puta.



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 toplinu taljenja leda.
2. Odrediti odstupanje dobivene vrijednosti od vrijednosti navedene u tablici u udžbeniku.

MJERENJE I OBRADA :

Led mase m_1 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:

$$m_{\text{leda}} = M - m_{\text{vode}}$$

Toplinu taljenja leda određujemo pomoću pravila smjese:

$$m_v c_v (t_1 - \tau) = m_l \lambda_l + m_l c_l (\tau - 0^{\circ}\text{C})$$

Tablica 1. Određivanje topline taljenja leda

Redni broj mjerenja	m_v / kg	t_1 / $^{\circ}\text{C}$	m_l / kg	τ / $^{\circ}\text{C}$	c_v / $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	c_l / $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$	λ_l / Jkg^{-1}
1.	0,20	62	0,12	47,6	4190	2100	332,42
2.	0,25	60	0,15	46,1	4190	2100	330,51
3.	0,30	58	0,20	43,4	4190	2100	334,26

Mjerenja ponovite nekoliko puta.

Izmjereni rezultati gotovo se podudaraju s tabličnom vrijednošću topline taljenja leda.

Zaključujemo da se taljenjem kidaju veze između čestica tvari i čestice se međusobno udaljavaju.

PROUČAVANJE ELEKTRIČNOG OTPORA VODIČA



UPUTE NASTAVNIKU



Slika S3.1. prikazuje električni strujni krug koji je spojen da bi odredili otpor vodiča ako je izvor stalnog električnog napona



Slika S3.2. prikazuje izvor električnog napona kod kojega možemo mijenjati napon

Preporuke za mjerenje:

Prigodom mjerenja uzimajte male električne napone da ne bi bila prejak električna struja jer su električni otpori vodiča mali. Brzo odčitajte mjerene vrijednosti i isključite sklopku da se ne zagriju vodiči. Možete uzeti materijale koji su vam dostupni.

Opis uređaja:

Vodiče sam napravio tako što sam ih razvukao na drvenu letvu. Na jednu letvu razvukao sam vodiče od istog materijala samo različite debljine, a na drugu vodiče od različitih materijala.

Za mjerenje električne struje i napona koristio sam instrumente koji mogu mjeriti i mili i mikro vrijednosti ampera i volta.



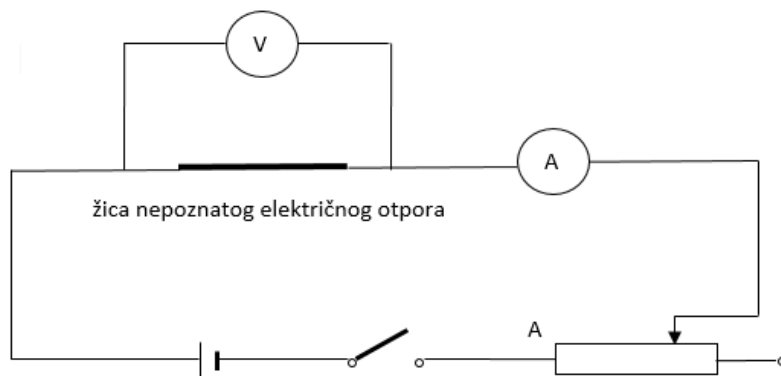
Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

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 S3.3. Shema strujnog kruga

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). Pomičući klizač u lijevo izmjerite električne struje i pripadajuće električne napone za pet mjerenja.

1. a) U električni strujni krug prema shemi spojite vodič od željeza 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. Izmjerene vrijednosti odnose se na željezo

S/m^2	l/m	U/V	I/A	R/Ω	$\rho = \frac{RS}{l} / \Omega m$	$\Delta\rho / \Omega m$
$7,07 \cdot 10^{-8}$	0,82	0,15	0,12	1,25	$1,08 \cdot 10^{-7}$	$\Delta\rho / \Omega m$
$7,07 \cdot 10^{-8}$	0,60	0,09	0,11	0,82	$0,97 \cdot 10^{-7}$	$\Delta\rho / \Omega m$
$7,07 \cdot 10^{-8}$	0,40	0,05	0,085	0,59	$1,04 \cdot 10^{-7}$	$\Delta\rho / \Omega m$
$7,07 \cdot 10^{-8}$	0,20	0,025	0,08	0,31	$1,09 \cdot 10^{-7}$	$\Delta\rho / \Omega m$
$7,07 \cdot 10^{-8}$	0,10	0,011	0,07	0,157	$1,11 \cdot 10^{-7}$	$\Delta\rho / \Omega m$

b) U električni strujni krug prema shemi spojite vodič od bakra 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. Izmjerene vrijednosti odnose se na bakar

S/m^2	l/m	U/V	I/A	R/Ω	$\rho = \frac{RS}{l} / \Omega m$	$\Delta\rho / \Omega m$
$7,07 \cdot 10^{-8}$	0,82	0,02	0,11	0,18	$1,55 \cdot 10^{-8}$	$0,07 \cdot 10^{-7}$
$7,07 \cdot 10^{-8}$	0,60	0,015	0,1	0,15	$1,77 \cdot 10^{-8}$	$0,15 \cdot 10^{-7}$
$7,07 \cdot 10^{-8}$	0,40	0,008	0,095	0,084	$1,49 \cdot 10^{-8}$	$0,13 \cdot 10^{-7}$
$7,07 \cdot 10^{-8}$	0,20	0,004	0,085	0,047	$1,66 \cdot 10^{-8}$	$0,04 \cdot 10^{-7}$
$7,07 \cdot 10^{-8}$	0,10	0,0016	0,07	0,023	$1,62 \cdot 10^{-8}$	$0,00 \cdot 10^{-7}$

2. a) U električni strujni krug prema shemi spojite vodič od bakra 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. Izmjerene vrijednosti odnose se na bakar

S/m^2	l/m	U/V	I/A	R/Ω	$\rho = \frac{RS}{l} / \Omega m$	$\Delta\rho / \Omega m$
$1,018 \cdot 10^{-7}$	0,60	0,089	0,80	0,11	$1,87 \cdot 10^{-8}$	$0,00 \cdot 10^{-8}$
$2,036 \cdot 10^{-7}$	0,60	0,04	0,80	0,05	$1,70 \cdot 10^{-8}$	$0,17 \cdot 10^{-8}$
$1,54 \cdot 10^{-6}$	0,60	0,008	1,00	0,008	$2,05 \cdot 10^{-8}$	$0,18 \cdot 10^{-8}$

Računom pogreške odredite električnu otpornost željeza koristeći se podacima iz tablica S3.1. za otpornost materijala ($\rho = \frac{RS}{l} / \Omega m$)

REZULTAT: $\rho = (1,06 \pm 0,15) \cdot 10^{-7} \Omega m$

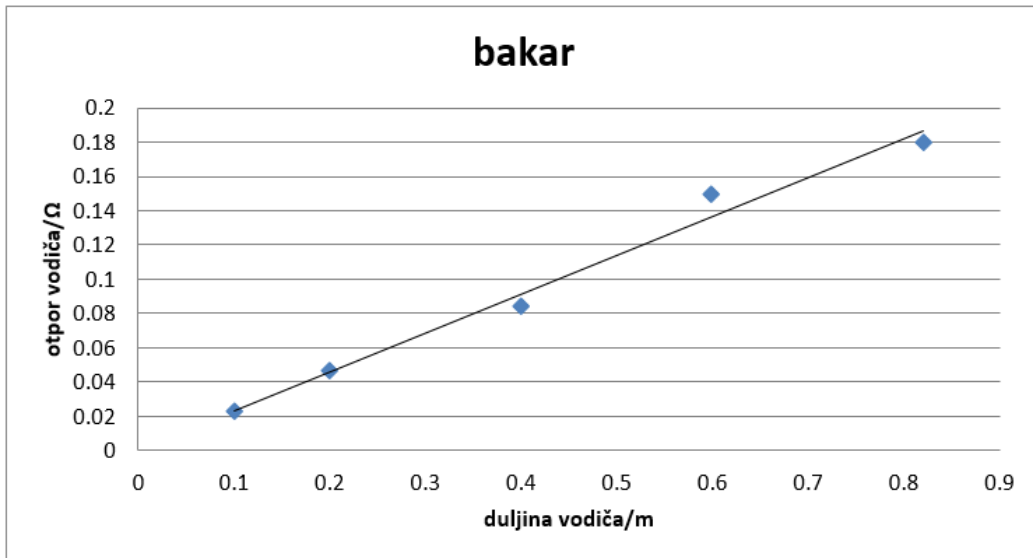
Računom pogreške odredite električnu otpornost bakra koristeći se podacima iz tablice S3.3. za otpornost materijala ($\rho = \frac{RS}{l} / \Omega m$).

REZULTAT: $\rho = (1,87 \pm 0,18) \cdot 10^{-8} \Omega m$

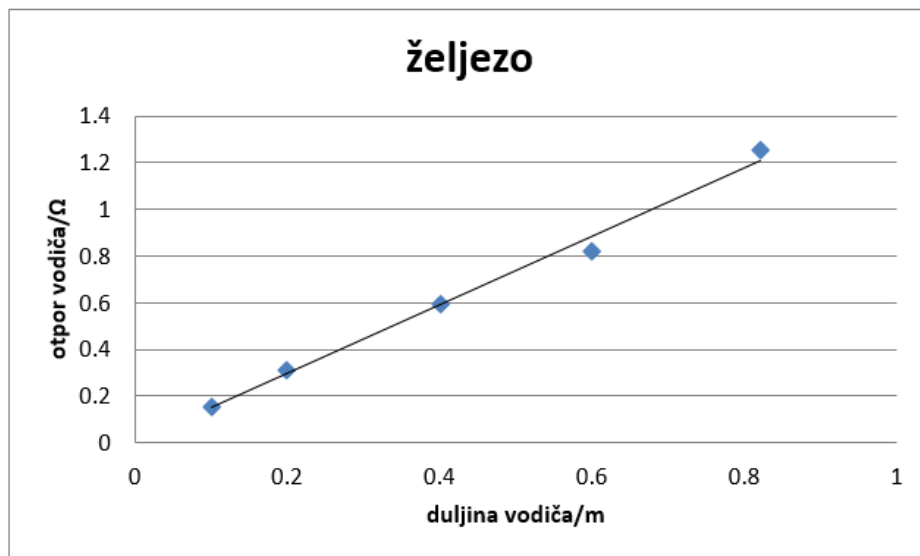
Usporedite dobivene otpornosti s poznatim otpornostima za ove materijale.

3) Nacrtajte grafove funkcija koje prikazuju ovisnosti otpora o duljini vodiča za željezo i bakar koristeći se podacima iz tablica 1. i 2.

Grafički prikaz 1. Ovisnost otpora o duljini vodiča

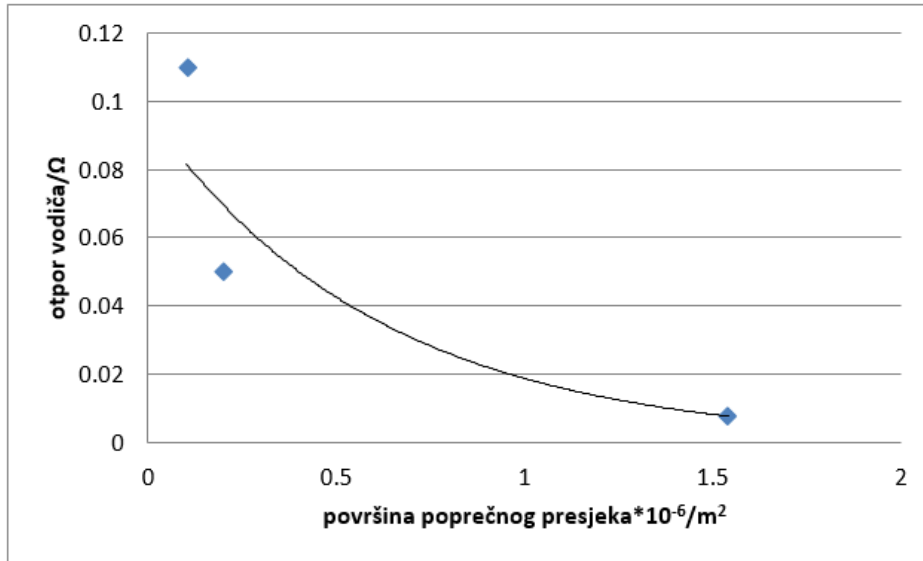


Grafički prikaz 2. Ovisnost otpora o duljini vodiča



Nacrtajte graf funkcije koji pokazuje kako otpor vodiča ovisi o površini poprečnog presjeka vodiča za bakar koristeći se podacima iz tablica 3.

Grafički prikaz 3. Ovisnost otpora o površini poprečnog presjeka vodiča

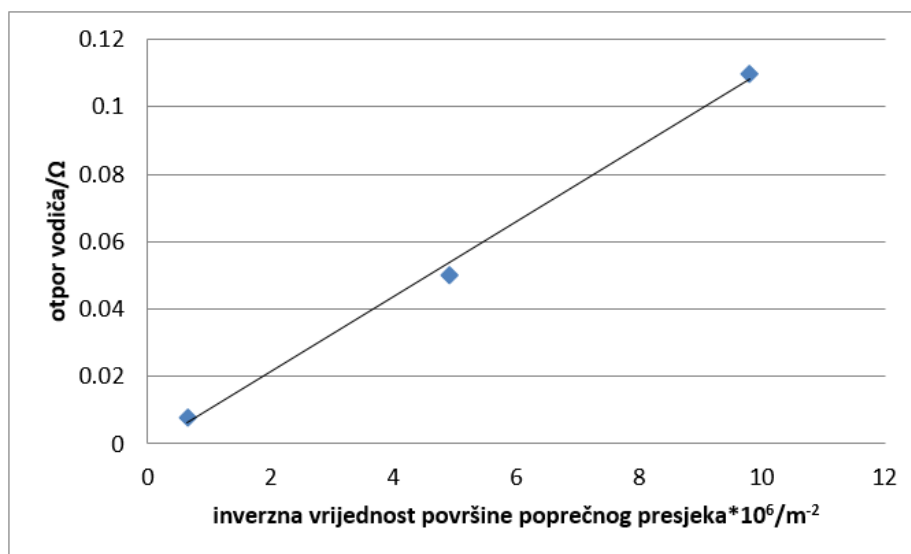


Koristeći podatke iz tablice 3. napravite tablicu 4. i podatke ucrtajte u grafički prikaz 4.

Tablica 4. Otpor i recipročna vrijednost površine vodiča

R / Ω	0,008	0,05	0,11
$\frac{1}{S} / \text{m}^{-2}$	$0,65 \cdot 10^6$	$4,9 \cdot 10^6$	$9,8 \cdot 10^6$

Grafički prikaz 4. Ovisnost otpora o površini poprečnog presjeka vodiča



OHMOV ZAKON ZA VODIČ I POLUVODIČ



UPUTE NASTAVNIKU



Slika S4.1. Električni strujni krug sa otporom u obliku zavojnice



Slika S4.3. Izvor električnog napona koji možemo mijenjati



Slika S4.2. Električni strujni krug sa otporom u obliku ravnog vodiča

Opis električnog spoja:

Na fotografiji S4.1. u električni strujni krug priključen je izvor promjenjivog električnog napona 6 V, 12 V, 24 V pa ako trebate više različitih električnih struja, priključite promjenjivi otpornik. Otpornik je u obliku zavojnice.

Na fotografiji S4.2. u električni strujni krug priključen je izvor stalnoga električnog napona pa mora biti priključen promjenjivi otpornik. Otpornik je u obliku ravnog vodiča.

Na fotografiji S4.3. jest izvor promjenjivog napona.

Preporuke za mjerenje:

U električni strujni krug mogu biti priključeni različiti otpornici samo što treba voditi računa o mjernom području instrumenata. Ako je izvor električnog napona takav da daje stalni električni napon, onda u strujni moramo priključiti promjenjivi otpornik.



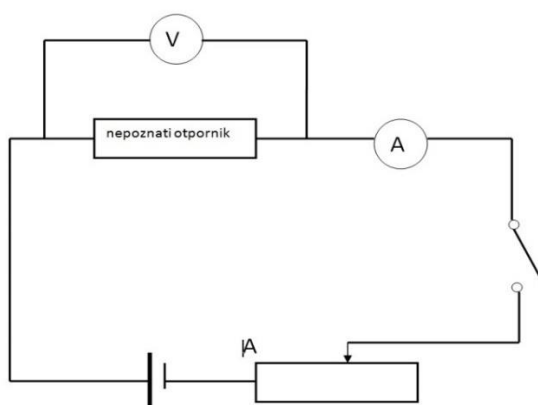
Izvodimo eksperiment, mjerimo, analiziramo mjerene podatke, crtamo grafove, zaključujemo ...

PRIBOR: izvor istosmjerne struje, otpornici nepoznatog električnog otpora (vodiči, poluvodič), klizni otpornik, ampermetar, voltmetar, prekidač, žice za spajanje.

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.



Slika S4.4. Shema strujnog kruga

1. Namjestite klizač promjenjivog otpornika na tri četvrtine otpornika od točke A. Uključite prekidač da biste zatvorili električni strujni krug. Izmjerite električnu struju i električni napon na otporniku nepoznatog električnog otpora. Pomičući klizač u lijevo izmjerite električnu struju i pripadajući električni napon za pet mjerenja. Izmjerene vrijednosti upišite u tablicu 1. Električni otpor izračunajte računom pogreške. Osim ovakvoga spoja možete spojiti električni strujni krug bez promjenljivog otpornika, ali s izvorom električnog napona koji možemo mijenjati.

Tablica 1. Mjerenje električnog otpora prvog vodiča

U/V	7	10	12	15	16
I/A	0,70	1,00	1,25	1,41	1,65
R/ Ω	10,00	10,00	9,60	9,93	9,70
$\Delta R/\Omega$	0,15	0,15	0,25	0,08	0,15

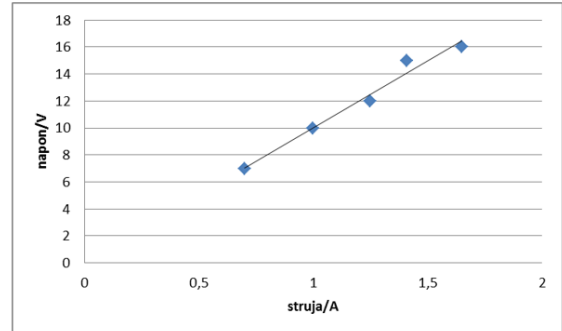
Vrijednosti električnog napona i električne struje iz tablice 1. ucrtajte u grafički prikaz 1.

Računom pogreške izračunajte električni otpor otpornika 1.

Rezultat: $R_1 = (9,85 \pm 0,25)\Omega$

$$\text{nagib} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{10-7}{1-0,7} = 10$$

Grafički prikaz 1. Ovisnosti električnog napona o električnoj struji prvog vodiča



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 električnog otpora drugog vodiča

U/V	7	10	12	14	16
I/A	0,51	0,75	0,94	1,10	1,34
R/ Ω	13,73	13,33	12,76	12,73	11,94
$\Delta R/\Omega$	0,83	0,43	0,14	0,17	0,96

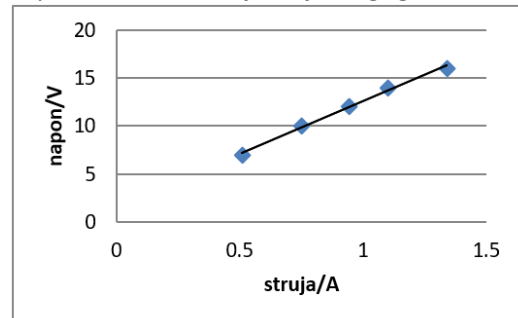
Vrijednosti električnog napona i električne struje iz tablice 2. ucrtajte u grafički prikaz 2.

Ponovite račun pogreške za drugi otpornik i izrazite rezultat.

REZULTAT: $R_2 = (12,90 \pm 0,96)\Omega$

$$\text{nagib} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{10-7}{0,75-0,51} = 12,5$$

Grafički prikaz 2. Ovisnosti električnog napona o električnoj struji drugog vodiča



3. U strujni krug umjesto vodiča priključite poluvodič te izmjerite električne napone i električne struje te vrijednosti upišite u tablicu 3.

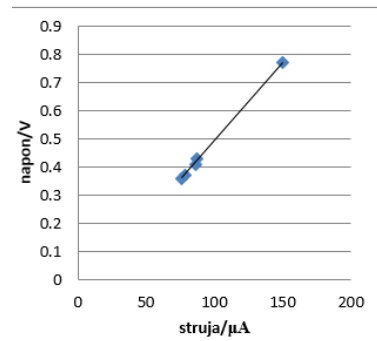
Tablica 3. Mjerenje električnog otpora poluvodiča

U/V	0,36	0,37	0,41	0,43	0,77
I/A	$76 \cdot 10^{-6}$	$78 \cdot 10^{-6}$	$86 \cdot 10^{-6}$	$87 \cdot 10^{-6}$	$150 \cdot 10^{-6}$
R/Ω	4736,84	4743,59	4767,44	4942,53	5133,33
$\Delta R/\Omega$	127,91	121,16	97,31	77,78	268,58

Vrijednosti električnog napona i električne struje iz tablice 3. ucrtajte u grafički prikaz 3.

Računom pogreške izračunajte električni otpor poluvodiča.

Grafički prikaz 3. Ovisnost električnog napona o električnoj struji poluvodiča



REZULTAT: $R_3 = (4864,75 \pm 268,58)\Omega$

$$\text{nagib} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{0,37 - 0,36}{78 - 76} * 1000000 = 5000$$

Nagib u sva tri slučaja približan je otporu.

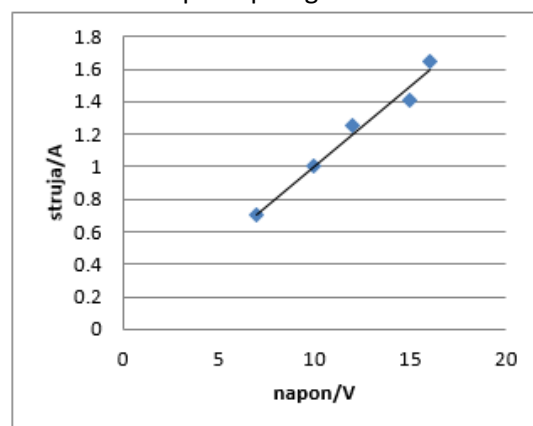
Vrijednosti električnog napona i električne struje iz tablica S4. 1. ucrtajte u grafički prikaz 4.

$$\text{nagib} = \frac{\Delta I}{\Delta U} = \frac{1 - 0,7}{10 - 7} = 0,1$$

$$1/R_1 = 0,1015$$

Nagib predstavlja vodljivost, a ona je inverzna vrijednost otpora.

Grafički prikaz 4. Ovisnost električne struje o električnom naponu prvog vodiča



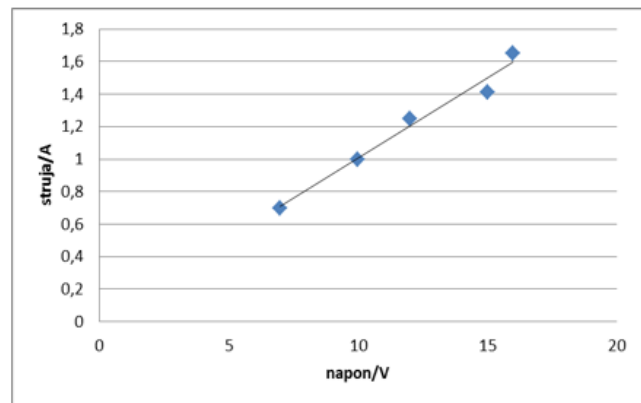
Vrijednosti električnog napona i električne struje iz tablice S4.2. ucrtajte u grafički prikaz 5.

$$\text{nagib} = \frac{\Delta I}{\Delta U} = \frac{0,75 - 0,51}{10 - 7} = 0,08$$

$$1/R_2 = 0,0775$$

Nagib predstavlja vodljivost, a ona je inverzna vrijednost otpora.

Grafički prikaz 5. Ovisnost električne struje o električnom naponu drugog vodiča



PROUČAVANJE OHMOVA ZAKONA ZA CIJELI STRUJNI KRUG



UPUTE NASTAVNIKU



Slika S5.1. Određivanje unutarnjeg otpora akumulatora

Opis spoja:

Slika S5.1.

Za određivanje unutarnjeg električnog otpora akumulatora korišten je promjenjivi otpornik od 22Ω . U električni strujni krug obvezno spojiti sklopku. Morate koristiti mjerne uređaje koji posjeduju mjerno područje koje vam je potrebno.



Slika S5.2. Određivanje unutarnjeg otpora baterije

Slika S5.2.

Umjesto akumulatora kao izvora električnog napona možemo koristiti i bateriju.

Preporuke za mjerenje:

Ako vršite mjerenja pri jakim električnim strujama, ne držite dugo zatvoren električni strujni krug. Morate voditi računa o mornoj skali, osobito kod ampermetra. Elektromotorni napon morate mjeriti u otvorenom električnom strujnom krugu.



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

PRIBOR: izvor istosmjerne struje (baterija, akumulator), klizni otpornik, ampermetar, voltmetar, prekidač, žice za spajanje.

PAZITE DA NE NAPRAVITE KRATKI SPOJ.

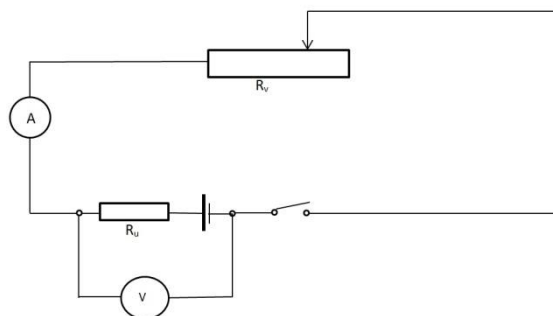
PAŽLJIVO ODABERITE MJERNA PODRUČJA VOLTMETRA I AMPERMETRA.

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 S5.3. Shema strujnog kruga

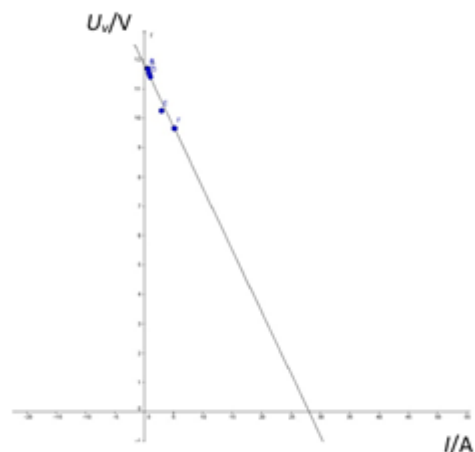
1. Namjestite klizač promjenjivog otpornika tako da napon na vanjskom otporu bude nešto manji od elektromotornog napona. Kada je prekidač otvoren izmjerite električni napon. Uključite prekidač da biste zatvorili električni strujni krug. U zatvorenom električnom strujnom krugu izmjerite električnu struju i električni napon. Električni napon pod opterećenjem mjerite na stupčicama 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. i Grafički prikaz 1. odnose se na mjerenja koja su izvedena tako da je izvor električnog napona bio akumulator.

Tablica S5. 1. Mjerenje unutarnjeg otpora

ε/V	11,89	11,89	11,89	11,89	11,89
U_v/V	11,69	11,67	11,52	11,40	10,25
I/A	0,55	0,61	0,80	1,00	2,95
R_u/Ω	0,36	0,36	0,46	0,49	0,55
$\Delta R_u/\Omega$	0,08	0,08	0,02	0,05	0,11



Slika S5.4. Ovisnost električnog napona na vanjskom dijelu električnog napona o električnoj struji

Vrijednosti električnog napona vanjskog dijela strujnog kruga U_v i električne struje iz tablice 1. ucrtajte u grafički prikaz 1.

Rezultat: $R_u = (0,44 \pm 0,11)$

Određivanje unutarnjeg otpora iz grafa.

$$\text{nagib pravca} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{11,67 - 11,69}{0,61 - 0,55} = -0,33$$

Sjecište pravca s U_v osi daje elektromotorni napon, a sjecište s I osi daje struju kratkog spoja.

Struja kratkog spoja označava se s I_m . $I_m = \varepsilon / R_u = 27A$

Usporedite dobiveni rezultat sa sjecištem pravca s I osi.

Mjerenja ponovite tako da za izvor električnog napona stavite bateriju od 4,5 V ili 9 V.

PROUČAVANJE PLINSKIH ZAKONA



UPUTE NASTAVNIKU



Slika S6.1. Uređaj za provjeru izohorne promjene stanja plina

Preporuke za mjerenje:

Pri sastavljanju uređaja morate paziti da spojevi budu dobro zatvoreni da ne bi plin (zrak) izlazio van. Da ne bi tikvica zbog uzgona isplivala iz vode, morate staviti objumicu koju pričvrstite za stalak.

Opis mjernog uređaja:

Uređaj na fotografiji S6.1. sastoji se tikvice s gumenim čepom s rupicama kroz koje su provučeni termometar i staklena cjevčica. Staklena cjevčica gumenim je crijevom spojena na U-cijev. Tikvica je smještena u vatrostalnu posudu u koju je nalivena voda. Vodu grijemo pomoću kuhala. U U-cijevi voda je obojena tintom.

Uređaj na fotografiji S6.2. sastoji se od medicinske šprice koja je gumenim crijevom spojena s U-cijevi. U medicinskoj šprici je zrak.

Umjesto U-cijevi možete koristiti manometar kao što vidite na fotografiji S6.3.



Slika S6.2. Uređaj na provjeru izotermne promjene stanja plina



Slika S6.3. Uređaj za provjeru izotermne promjene stanja plina



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 HVATALJKI.

ZADATAK VJEŽBE:

1. Odredite koliki je umnožak tlaka i volumena zraka.
2. Prikažite grafički vezu između tlaka zraka i volumena.
3. Prikažite grafički vezu između tlaka zraka p i recipročne vrijednosti volumena $1/V$.
4. Odredite kvocjent tlaka zraka i termodinamičke temperature.
5. Grafički prikažite ovisnost tlaka zraka o temperaturi u stupnjevima celzija.
6. Grafički prikažite ovisnost tlaka zraka p o temperaturi t (T je u kelvinima).

Mjerenje i obrada:

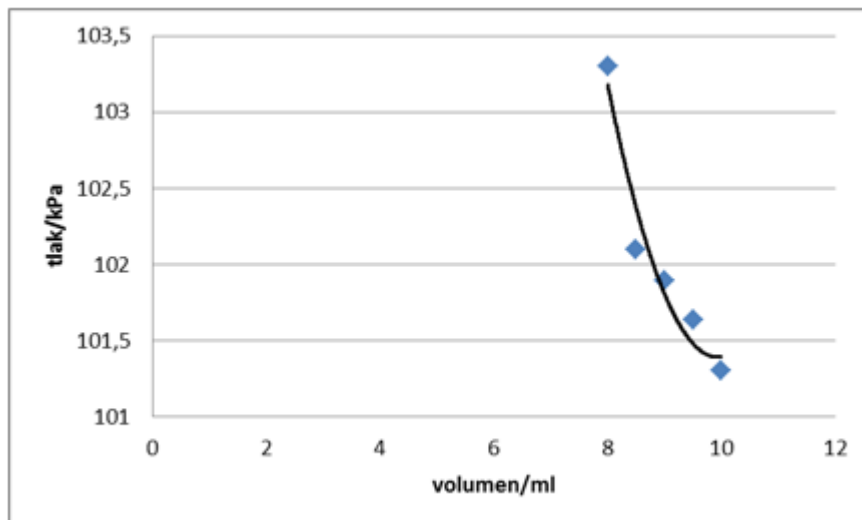
1. Uzmite medicinsku špricu i spojite je gumenim crijevom na U-cijev u kojoj se nalazi tekućina (može voda koju obojamo). Uređaj je na fotografiji S6.2., odnosno fotografiji S6.3. Klip medicinske šprice namjestite tako da razina tekućine u kraku U-cijevi, koji je spojen na medicinsku špricu, bude jednaka 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 $p = p_{atm} + \rho gh$. Atmosferski tlak izmjerimo barometrom. Pošto smo izračunali tlakove, vrijednosti tlaka p i volumena V upišemo u tablicu S6.1. u koju upišemo i vrijednosti umnoška tlaka i volumena pV .

Tablica 1. Mjerenje tlaka i volumena zraka pri stalnoj temperaturi

Broj mjerenja	h / m	p / Pa	V / m^3	pV / Nm
1.	0,00	101300	$10 \cdot 10^{-6}$	1,01
2.	0,034	101640	$9,5 \cdot 10^{-6}$	0,96
3.	0,059	101890	$9 \cdot 10^{-6}$	0,92
4.	0,08	102100	$8,5 \cdot 10^{-6}$	0,87
5.	0,20	103300	$8 \cdot 10^{-6}$	0,83

2. Koristeći podatke iz tablice 1. grafički prikažite ovisnost tlaka zraka p o volumenu V .

Grafički prikaz 1. Prikaz ovisnosti tlaka o volumenu pri stalnoj temperaturi

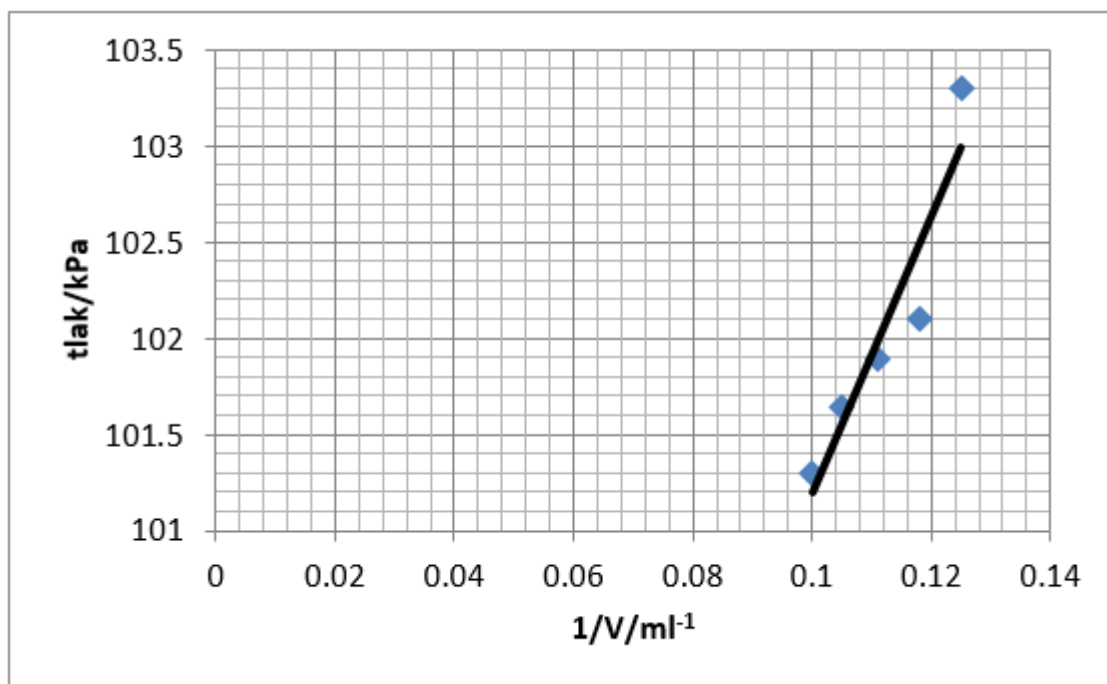


3. Grafički prikažite ovisnost tlaka zraka p o recipročnoj vrijednosti volumena $1/V$ koristeći se podacima iz popunjene tablice 2.

Tablica 2. Ovisnost tlaka i recipročne vrijednosti volumena pri stalnoj temperaturi

Redni broj mjerenja	p / kPa	$\frac{1}{V} / \text{ml}^{-1}$
1.	101,3	0,100
2.	101,64	0,105
3.	101,89	0,111
4	102,1	0,118
5.	103,3	0,125

Grafički prikaz 2. Ovisnost tlaka o recipročnoj vrijednosti volumena pri stalnoj temperaturi.



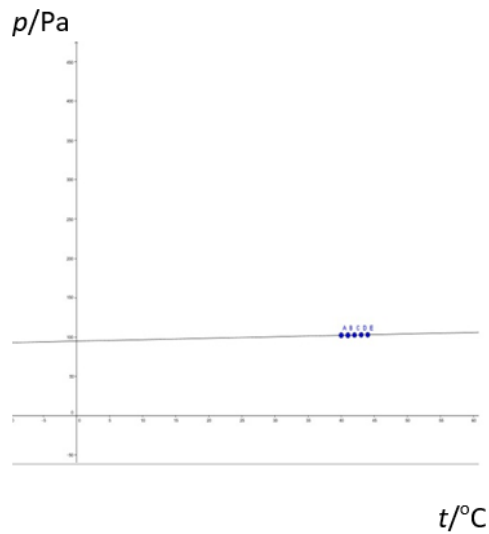
4. Tikvicu u kojoj je zrak zatvorite gumenim čepom kroz čiju je jednu rupicu uvučena staklena cjevčica, a kroz drugu termometar. Staklenu cjevčicu spojite gumenim crijevom s U-cijevi. Tikvicu zatim stavite u vatrostalnu posudu i vatrostalnu posudu napunite vodom tako da skoro cijela tikvica bude u vodi. Grlo tikvice obuhvatite hvataljkom i učvrstite je za stalak. Vatrostalnu posudu stavite na kuhalo. Kuhalo zagrijava vodu, a time i zrak u tikvici. Temperaturu zraka mjerimo termometrom. Uređaj je na fotografiji S6. 1. 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 $p = p_{atm} + \rho gh$. Atmosferski tlak izmjerimo barometrom. Izmjerene podatke upišemo u tablicu 3.

Tablica 3. Tlaka i temperature pri stalnom volumenu

Redni broj mjerjenja	h/m	p/kPa	$t/^{\circ}C$	T/K	$\frac{p}{T} / Pa K^{-1}$
1.	0,085	102,15	40	313	326,36
2.	0,089	102,19	41	314	325,45
3.	0,11	102,40	42	315	325,08
4.	0,144	102,74	43	316	325,13
5.	0,16	102,90	44	317	324.61

5. Koristeći podatke iz tablice S6. 3. grafički prikažite ovisnost tlaka zraka p o temperaturi t u stupnjevima Celzija.

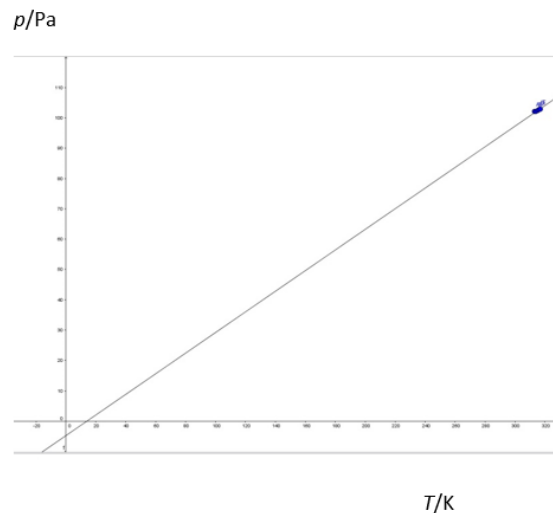
Grafički prikaz 3. Ovisnosti tlaka o temperaturi pri stalnom volumenu



Pravac siječe p-os. To znači da na 0°C postoji neki tlak.

6. Koristeći podatke iz tablice S6. 3. grafički prikažite ovisnost tlaka zraka p o temperaturi T u kelvinima.

Grafički prikaz 4. Ovisnost tlaka o termodinamičkoj temperaturi pri stalnom volumenu



Pravac uz malu pogrešku u mjerenju prolazi kroz ishodište što znači da na 0 K nema tlaka.

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 kukicama (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, aluminija, željeza, 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