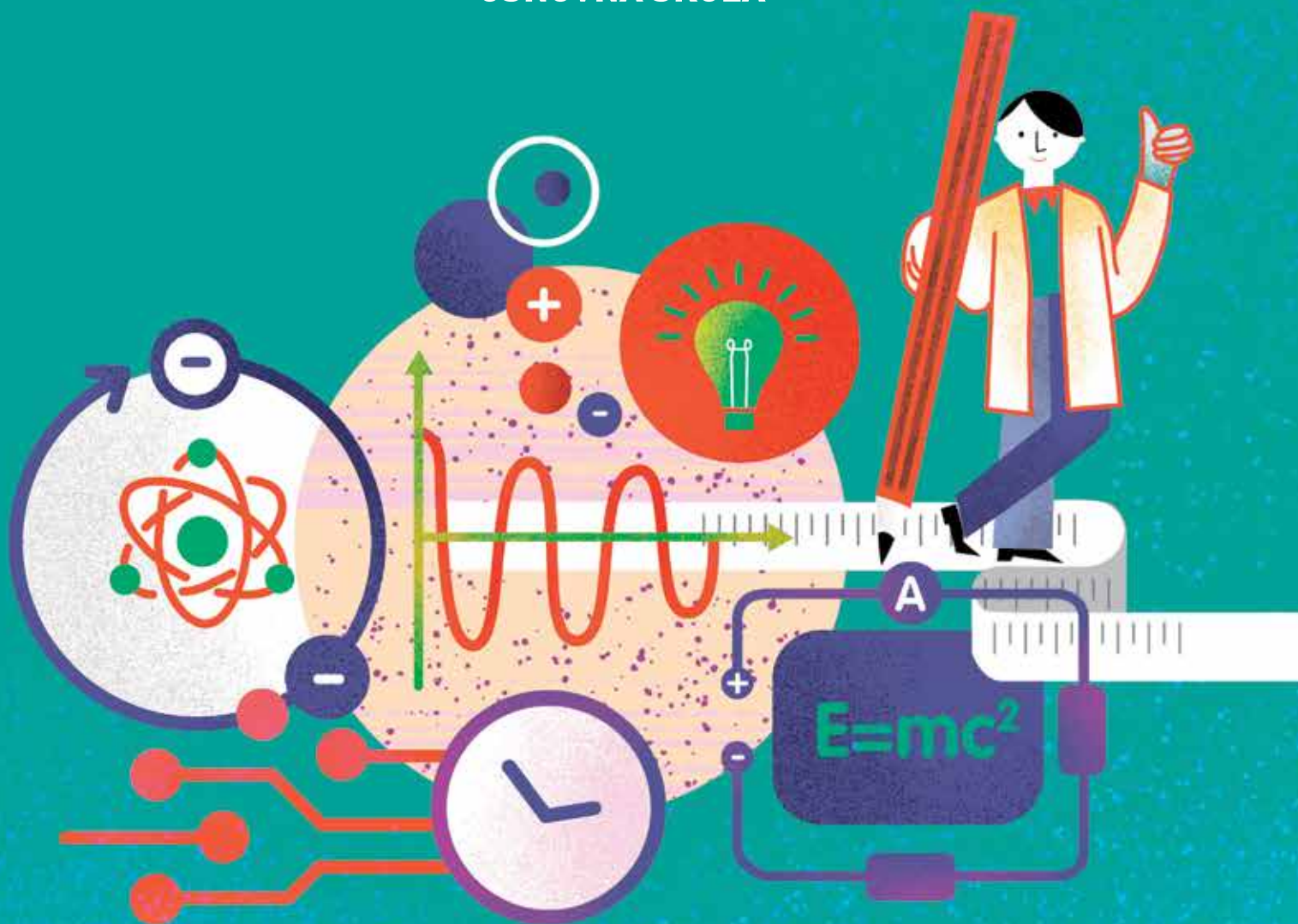


JASMINA BALUKOVIĆ
MELIHA FETA
MERJEM POPARA
LEJLA RAMIĆ

P↻RI⌚RUČNIK

ZA ŠKOLSKJE EKSPERIMENTE
IZ FIZIKE

• OSNOVNA ŠKOLA •

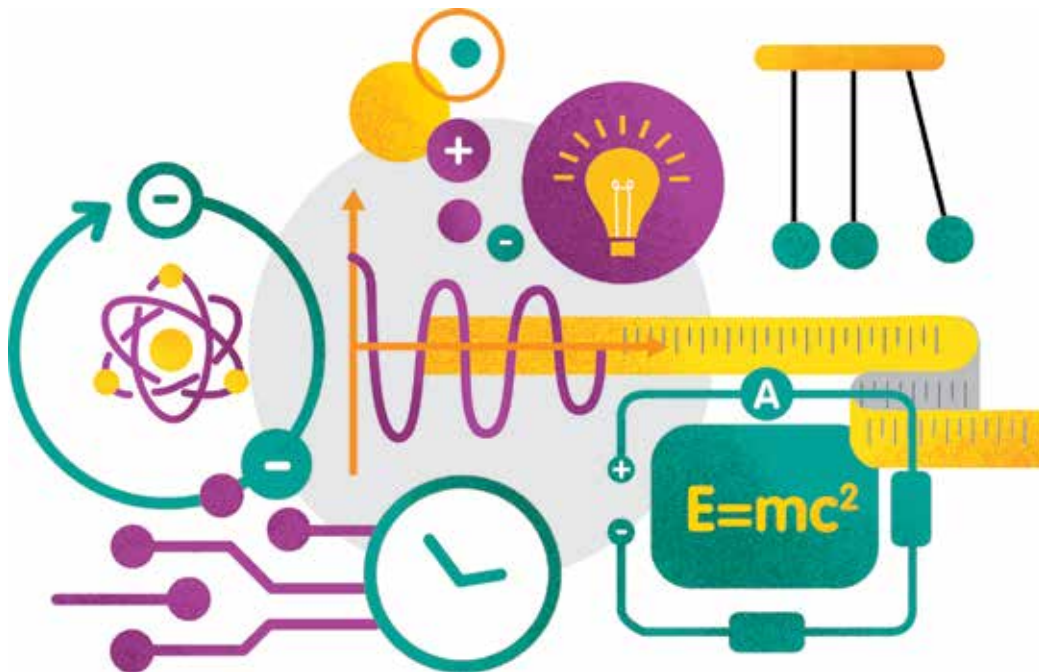


JASMINA BALUKOVIĆ
MELIHA FETA
MERJEM POPARA
LEJLA RAMIĆ

PRIRUČNIK

ZA ŠKOLSKJE EKSPERIMENTE IZ FIZIKE

• OSNOVNA ŠKOLA •



IMPRESUM

Naslov:

Priručnik za školske eksperimente iz fizike – osnovna škola

Autori:

Dr. Jasmina Baluković

Meliha Feta, BA

Mr. Merjem Popara

Lejla Ramić, BA

Izdavač:

JU Institut za razvoj preduniverzitetskog obrazovanja Kantona Sarajevo

Aleja Bosne srebrenе bb, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Glavni i odgovorni urednik:

Dr. Dževdeta Dervić

Recenzenti:

Prof. dr. Maja Đekić

Prof. dr. Amra Salčinović Fetić

Lektura:

Mr. Irma Kaltak

Likovno oblikovanje:

Aleksandra Nina Knežević

Godina izdanja:

2025.

Štampa:

Gong d. o. o., Sarajevo

Tiraž:

200

ISBN:

978-9926-566-04-3

CIP zapis dostupan u COBISS sistemu Nacionalne i univerzitetske biblioteke BiH pod

ID brojem COBISS.BH-ID – 67103750.

JASMINA BALUKOVIĆ
MELIHA FETA
MERJEM POPARA
LEJLA RAMIĆ

**PRIRUČNIK
ZA ŠKOLSKE EKSPERIMENTE
IZ FIZIKE**

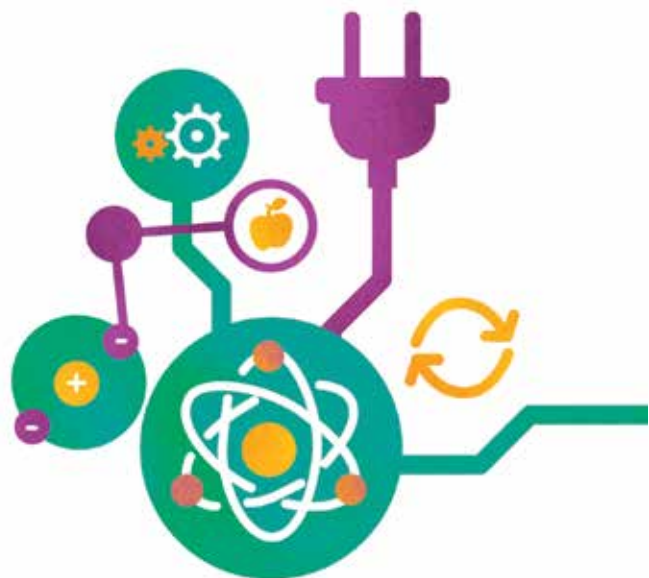
• OSNOVNA ŠKOLA •

Sarajevo, 2025.

SADRŽAJ

7	Uvodna riječ
8	Mjere opreza i zbrinjavanje otpada
11	Vježbe za 7. razred
13	Mjerenje debljine stranice knjige
15	Mjerenje visine stola
17	Mjerenje dužine koncem
19	Mjerenje visine lenjirom
21	Mjerenje dužine koraka
23	Mjerenje obima
25	Određivanje površine
28	Mjerenje zapremine tečnosti i tijela menzurom
31	Mjerenje mase tijela
34	Određivanje gustine tijela
37	Vrijeme
39	Mjerenje temperature
43	Vježbe za 8. razred
45	Ravnomjerno promjenjivo pravolinijsko kretanje
48	Slobodan pad
51	Određivanje gravitacionog ubrzanja
54	Prvi Newtonov zakon
56	Odnos sile, mase i ubrzanja
59	Treći Newtonov zakon
62	Trenje
66	Prosti mehanizmi — ravnoteža na klackalici
68	Zakon očuvanja količine kretanja
70	Zakon očuvanja mehaničke energije
72	Provođenje toplote kroz čvrsta tijela
74	Mjerenje pritiska vode na različitim dubinama
76	Arhimedov zakon
79	Vježbe za 9. razred
81	Naelektrisanje trenjem
83	Kondenzator

85	Električna provodljivost čvrstih supstanci
87	Električna provodljivost tečnih supstanci
89	Jednostavno električno kolo – Upalimo sijalicu!
91	Jednostavno električno kolo – otvaranje i zatvaranje električnog kola
93	Električna struja u strujnim krugovima bez grananja
95	Vezivanje izvora napona
97	Ohmov zakon
99	Magnetno polje električne struje
101	Faradayeva elektromagnetna indukcija
102	Silke u magnetnom polju zavojnice
106	Oscilovanje klatna
108	Provjeravanje Hookovog zakona
111	Odbijanje svjetlosti — ogledala
114	Prelamanje svjetlosti
116	Prelamanje svjetlosti — sočiva
118	LITERATURA
120	BILJEŠKE O AUTORICAMA
122	PRILOZI



Uvodna riječ

Ovaj Priručnik za školske eksperimente iz fizike prvenstveno je namijenjen nastavnicima osnovnih škola kao podrška u planiranju i izvođenju praktičnih aktivnosti u nastavi. Njegov je cilj olakšati primjenu eksperimentalnih metoda u učionici i laboratoriji, razvijajući kod učenika sposobnost opažanja, istraživanja i razumijevanja osnovnih fizičkih zakonitosti.

Priručnik je utemeljen na nastavnim planovima i programima / predmetnim kurikulumima zasnovanim na ishodima učenja za nastavu fizike u osnovnoj školi, s posebnim naglaskom na izvođenje jednostavnih i sigurnih eksperimenata koji učenicima olakšavaju razumijevanje osnovnih fizičkih pojmova. U njegovoj izradi korištena je laboratorijska oprema predviđena Pedagoškim standardima i normativima za odgoj i obrazovanje u osnovnoj i srednjoj školi ("Službene novine Kantona Sarajevo", 3/25, 29/25). Cilj Priručnika jeste da nastavnicima ponudi praktične i jasne upute za pripremu i realizaciju eksperimenata u učionici, uz maksimalnu iskorištenost dostupne opreme. Neke vježbe mogu se izvesti i uz korištenje lako dostupnih predmeta iz svakodnevnog života, a ukoliko ni ta mogućnost nije dostupna, preporučuje se korištenje simulacija.

Priručnik sadrži primjere oglednih aktivnosti, upute za izvođenje eksperimenata, potrebne materijale i sigurnosne napomene. Svaka aktivnost osmišljena je tako da bude jednostavna za pripremu, jasna za izvođenje i prilagodljiva različitim uzrastima učenika.

Kroz eksperiment i praktične aktivnosti učenici imaju priliku povezati teorijska znanja s konkretnim iskustvom, razviti kritičko razmišljanje i motivaciju za učenje.

Važno je naglasiti i da ovaj vid nastave, uz svoju edukativnu i motivacijsku vrijednost, zahtijeva odgovoran pristup. Ogledi moraju biti prilagođeni uzrastu učenika i izvođeni uz dosljedno poštivanje sigurnosnih pravila. Na taj način stvaramo sigurno i poticajno okruženje u kojem učenici mogu slobodno istraživati i učiti.

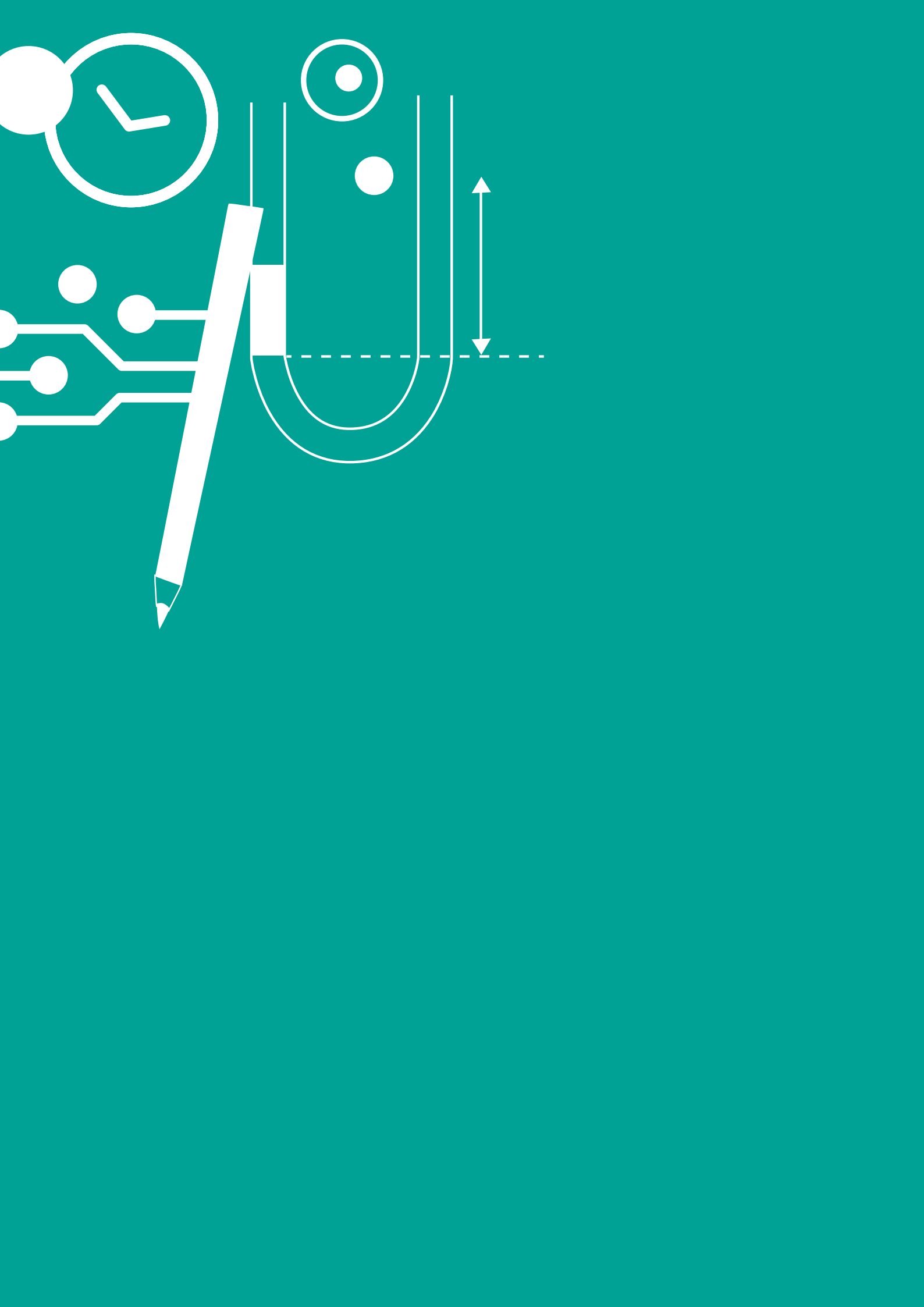
Vjerujemo da će Priručnik biti koristan alat nastavnicima u unapređenju kvaliteta nastave fizike i stvaranju zanimljivog i interaktivnog okruženja za učenike.

Mjere opreza i zbrinjavanje otpada

- Slijediti propisane laboratorijske procedure.
- Pobrinuti se da ima dovoljno prostora prije početka rada. Ukloniti nepotrebne objekte iz radnog prostora.
- Pobrinuti se da ohladite opremu i tekućine do sobne temperature prije pospremanja.
- Nikada ne uključujte električne uređaje bez instrukcije/nadzora nastavnika.
- Rad s vodom i električnim uređajima: Ako se koristi digitalni manometar koji se napaja iz mreže ili baterije, voditi računa da električni dijelovi ne dođu u kontakt s vodom.
- Stabilnost posuda: Posude (cilindar i boca) moraju biti stabilno postavljene na čvrstu, ravnu površinu kako se ne bi prevrnule tokom mjerenja.
- Pažljivo rukovanje staklenim ili plastičnim cijevima i manometrima: Ako se koriste stakleni elementi (npr. U-cijev), postupati pažljivo kako ne bi došlo do loma. U slučaju loma, odmah obavijestiti nastavnika i ne dirati staklo rukama.
- Zabranjeno ispijanje ili diranje vode: Iako se koristi čista voda, učenici ne smiju piti vodu iz eksperimenta niti dirati vodu rukama bez dozvole nastavnika.
- Tokom mjerenja zabranjeno je guranje, trčanje i naslanjanje na opremu. Učenici moraju biti fokusirani i pažljivo pratiti upute nastavnika.
- Ako se voda prolije po stolu ili podu, odmah osušiti kako ne bi došlo do klizanja i eventualnog pada.
- Nakon izvođenja eksperimenata, voda se odliva u sudoperu, a korišteni materijali se brišu, suše i vraćaju na predviđeno mjesto.
- Prije izvođenja vježbe provjeriti ispravnost tračnica, kolica i senzora.
- Ne savijati niti oštro udarati opremu (posebno kolica i senzore).
- Eksperiment izvoditi na ravnoj, stabilnoj površini.
- Ne koristiti kolica u blizini ivica stola.
- Nakon vježbe sve komponente pažljivo očistiti i vratiti u kutiju.



- Ukoliko se koriste baterije za bežične module, pravilno ih skladištiti nakon upotrebe.
- Budite sigurni da su žice, krokodilke i spojevi adekvatno izolirani.
- Izbjegavati korištenje visokih struja (većih od 1 A) ukoliko eksperimentom nije drugačije propisano.
- Prije spajanja i mijenjanja dijelova kola obavezno isključiti izvor napona.
- Koristiti niske napone (npr. baterije od 1,5 V do 4,5 V) da se izbjegne opasnost od strujnog udara.
- Izbjegavati dodirivanje metalnih dijelova kola za vrijeme mjerenja.
- Ukoliko se koriste bilo kakvi materijali koji mogu biti opasni (npr. metalni komadići), sakupljati ih i zbrinuti prema uputama škole (npr. u kutiju za otpad ili reciklažu).
- Ne raditi s oštećenim ili neispravnim sijalicama i vodičima.
- Izbjegavati kratke spojeve jer mogu oštetiti izvore napajanja i instrumente.
- Oštećene sijalice i baterije odložiti u posebne kontejnere za elektronički otpad.
- Otpad ne smije biti odbačen u običan komunalni otpad.
- Po završetku rada oprati ruke.



1.

VJEŽBE 7. RAZRED



MJERENJE DEBLJINE STRANICE KNJIGE

Oblast / tematska cjelina: Priroda fizike i naučni metod

Cilj vježbe: Upoznati se s pravilnim korištenjem metra/lenjira i razviti vještine mjerenja dužine.

Teorijski uvod

U svakom eksperimentu važno je dobiti što tačnije i pouzdanije rezultate kako bi izvedeni zaključci bili ispravni. Pri tome razlikujemo tačnost i preciznost mjerenja. Tačnost označava koliko je izmjerena vrijednost bliska stvarnoj, odnosno prihvaćenoj referentnoj vrijednosti, dok preciznost pokazuje koliko su ponovljena mjerenja međusobno slična, bez obzira na to koliko su blizu stvarnoj vrijednosti. Dakle, mjerenje može biti precizno, ali ne i tačno, ili tačno, ali ne i precizno. U idealnom slučaju rezultati mjerenja treba da budu i tačni i precizni.

Mjerenje dužine postupak je određivanja udaljenosti između dviju tački. Za mjerenje dužine koriste se različiti instrumenti, poput lenjira, metra ili mikrometra. Tačnost mjerenja zavisi od tačnosti instrumenta, vještog izvođenja mjerenja i pažljivog očitavanja rezultata. SI jedinica za dužinu jeste metar (m), a za manje dužine koriste se centimetar (cm), milimetar (mm) itd. Pravilno mjerenje dužine osnova je za mnoge naučne eksperimente i tehničke radove.

Potreban pribor

1. Knjiga od 50 i više stranica
2. Lenjir s tačnošću od 1 mm
3. Papir, olovka



Zadatak: Odrediti debljinu jedne stranice knjige

Postupak izvođenja mjerenja

1. Odabrati knjigu od 50 i više stranica.
2. Lenjir postaviti uz bočnu stranu knjige i očitati ukupnu debljinu D kao na Slici 1. Korice knjige ne treba uzeti u obzir prilikom mjerenja.
3. Rezultat upisati u Tabelu 1.
4. Izračunati debljinu jedne stranice d tako da ukupnu debljinu knjige D podijelite s brojem stranica.
5. Ponoviti mjerenje još dva puta.

Slika 1. Mjerenje debljine knjige

Tabela 1. Mjerenje debljine stranice knjige

Broj mjerenja	Broj stranica	D (mm)	d (mm)
1.			
2.			
3.			
Srednja vrijednost			

Zapažanje i zaključak

1. Zašto je lakše izmjeriti debljinu cijele knjige nego jedne stranice?
2. Da li je važno kako se lenjir postavlja uz knjigu?
3. Koliko bi rezultat bio tačan kada biste mjerili samo jednu stranicu?
4. Koji su mogući izvori grešaka pri mjerenju?
5. Da li debljina knjige utječe na rezultat i na koji način?

MJERENJE VISINE STOLA

Oblast / tematska cjelina: Priroda fizike i naučni metod

Cilj vježbe: Upoznati se s pravilnim korištenjem metra/lenjira i razviti vještine mjerenja dužine.

Teorijski uvod

Mjerenje visine u suštini je vrsta mjerenja dužine, pa se metode i instrumenti za mjerenje dužine mogu prilagoditi za mjerenje visine. Umjesto horizontalne dužine, kod visine se mjeri vertikalna udaljenost od tla do vrha objekta ili osobe. Prilikom mjerenja visine važno je da instrument bude postavljen uspravno i da se očitavanje vrši tačno na vrhu mjerene tačke.

Kao i kod mjerenja dužine, visina se izražava u metrima ili njihovim dijelovima. Mjerenja se ponavljaju radi tačnosti, a očitavanje se obavezno vrši pažljivo.

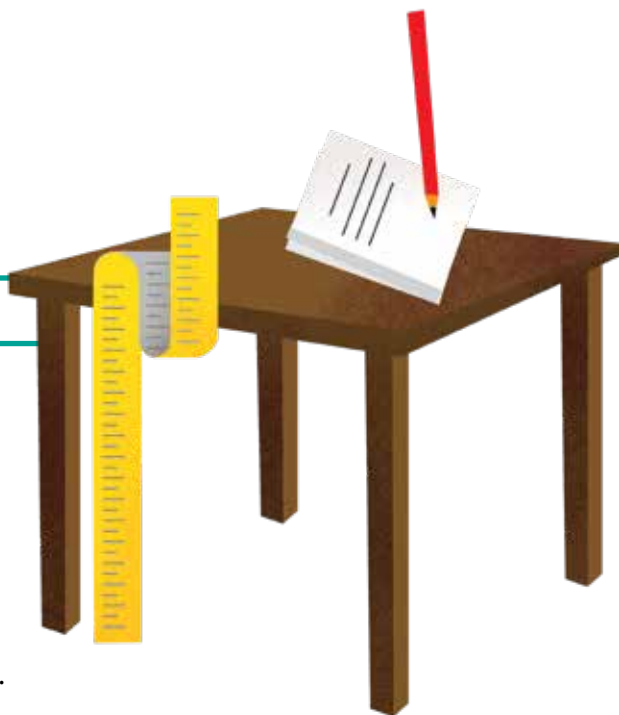
Potreban pribor

1. Mjerilo dužine od 1 m
2. Papir, olovka

Zadatak: Izmjeriti visinu stola

Postupak izvođenja mjerenja

1. Postaviti mjerilo dužine od poda do gornje plohe stola kao na Slici 2.
2. Očitati vrijednost visine h i zapisati u Tabelu 2.
3. Ponoviti mjerenje još dva puta.
4. Izračunati srednju vrijednost visine.



Slika 2. Mjerenje visine stola

Tabela 2. Mjerenje visine

Broj mjerenja	h (cm)
1.	
2.	
3.	
Srednja vrijednost	

Zapažanje i zaključak

1. Da li su sva tri mjerenja dala iste rezultate? Ako nisu, zašto?
2. Šta može utjecati na preciznost i tačnost mjerenja?
3. Šta možete zaključiti o pojedinačnim mjerenjima na osnovu srednje vrijednosti?

MJERENJE DUŽINE KONCEM

Oblast / tematska cjelina: Priroda fizike i naučni metod

Cilj vježbe: Razvijati vještine mjerenja dužine korištenjem konca.

Teorijski uvod

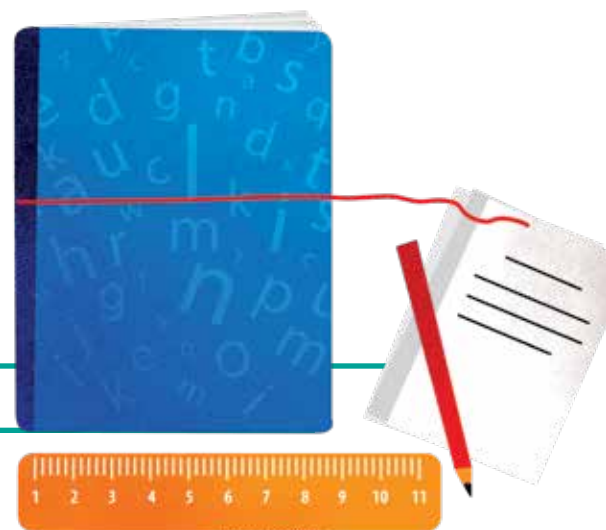
Mjerenje dužine koncem umjesto lenjirom može biti korisno iz nekoliko razloga. Konac je fleksibilan i može pratiti zakrivljene ili neravne površine, dok je lenjir ravan i ne može lako mjeriti takve oblike. Za mjerenje dužine zakrivljenih predmeta ili nepravilnih oblika konac se može omotati ili postaviti duž cijele linije. Kada je predmet predugačak ili nepraktičan za korištenje lenjira ili metra, konac je lakši za rukovanje. Kod tekstila, užadi ili drugih savitljivih materijala konac omogućava tačnije mjerenje. Konac je često lakše dostupan i može poslužiti kao improvizirani mjerni instrument u situacijama kada nema klasičnog mjernog alata.

Mjeriti fizičke veličine možemo direktno ili indirektno. Direktno mjerenje postupak je u kojem se fizička veličina određuje neposredno, pomoću mjernog instrumenta, dok je indirektno mjerenje postupak u kojem se vrijednost fizičke veličine ne određuje neposredno instrumentom, nego se računa na osnovu drugih direktno izmjerenih veličina i poznatih zavisnosti među njima.

Potreban pribor

1. Tanki nit ili konac (10–20 cm)
2. Lenjir s tačnošću od 1 mm
3. Bilježnica i/ili knjiga
4. Papir, olovka

Zadatak: Izmjeriti dužinu odabranog školskog pribora



Slika 3. Mjerenje širine knjige koncem

Postupak izvođenja mjerenja

1. Postaviti konac po širini bilježnice kao na Slici 3.
2. Prstom ili olovkom označiti početak i kraj dužine na koncu.
3. Položiti konac ravno na lenjir.
4. Očitati dužinu l i zapisati je u Tabelu 3.
5. Ponoviti postupak s različitim predmetima (npr. knjiga, bilježnica, tablet).
6. Uporediti izmjerene dužine.

Tabela 3. Mjerenje dužine školskog pribora

Predmet	h (cm)
Bilježnica	
Pernica	
Knjiga	

Zapažanje i zaključak

1. Da li svako direktno mjerenje dužine možete izvršiti lenjirom? Zašto?
2. Šta bi se desilo da se konac rastegne?
3. Kako izbjeći greške pri prenosu dužine konca na lenjir?

MJERENJE VISINE LENJIROM

Oblast / tematska cjelina: Priroda fizike i naučni metod

Cilj vježbe: Upoznati se s pravilnim korištenjem metra/lenjira i razviti vještine mjerenja dužine primjenom višekratnog mjerenja poznate dužine za veće objekte.

Teorijski uvod

Važno je naučiti kako precizno i pažljivo mjeriti dimenzije različitih tijela, posebno onih čija dužina prelazi dužinu samog mjerila. U takvim slučajevima dužina se mjeri u više manjih dijelova, a njihovim sabiranjem postiže se veća tačnost i smanjuje mogućnost greške. Ovakvi eksperimenti doprinose razvoju praktičnih vještina neophodnih za pouzdano izvođenje mjerenja u različitim situacijama. Pravilna tehnika mjerenja predstavlja osnovu za sve dalje eksperimente i tehničke primjene u nauci i svakodnevnom životu.

Potreban pribor

1. Lenjir s tačnošću od 1 mm
2. Papir, olovka

Zadatak: Izmjeriti visinu vrata

Postupak izvođenja mjerenja

1. Izmjeriti dužinu lenjira l .
2. Naizmjenično postavljati lenjir uz vrata od dna prema vrhu.
3. Zapisati broj ponavljanja n .
4. Na kraju mjerenja pomnožiti broj ponavljanja s dužinom lenjira kako bi se dobila ukupna visina vrata h .
5. Podatke unijeti u Tabelu 4.
6. Izvršiti mjerenje s drugim grupama učenika i izračunati srednju vrijednost visine.



Slika 4. Mjerenje visine vrata lenjirom

Napomena: Uputiti učenike u slučaju da nije cjelobrojan broj ponavljanja n .

Tabela 4. Mjerenje visine vrata

Broj mjerenja	l (cm)	n	h (cm)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
Srednja vrijednost			

Zapažanje i zaključak

1. Da li su učenici u svim grupama dobili približno iste rezultate?
2. Zašto bi moglo doći do razlike u rezultatima?
3. Da li je važno kako se postavlja lenjir? Zašto?
4. Može li se visina vrata izmjeriti tačnije na neki drugi način?

MJERENJE DUŽINE KORAKA

Oblast / tematska cjelina: Priroda fizike i naučni metod

Cilj vježbe: Upoznati se s pravilnim korištenjem metra/lenjira i razviti vještine mjerenja dužine.

Teorijski uvod

Mjerenje dužine koraka jednostavan je način za procjenu pređene udaljenosti i često se koristi u svakodnevnom životu. Prilikom mjerenja potrebno je pravilno koristiti metar ili lenjir kako bi se dobile tačne i precizne vrijednosti dužine koraka. Ova vježba pomaže u razvijanju osjećaja za mjerenje u razumijevanju osnovnih principa dužine. Kroz praktičan rad usvaja se tehnika višekratnog mjerenja i obrade rezultata radi veće tačnosti i preciznosti. Na taj način uspostavlja se veza između teorijskih znanja i stvarnih mjernih situacija.

Potreban pribor

1. Traka za označavanje početnog i krajnjeg položaja
2. Mjerilo dužine/metar s tačnošću od 1 mm
3. Papir, olovka

Zadatak: Odrediti dužinu koraka

Postupak izvođenja mjerenja

1. Hodati prirodno 10 koraka od označenog mjesta kao na Slici 5.
2. Izmjeriti mjerilom dužine ukupnu udaljenost D .
3. Izračunati prosječnu dužinu jednog koraka d tako što ćemo ukupnu dužinu D podijeliti s brojem koraka.
4. Zapisati rezultate u Tabelu 5.
5. Ponoviti mjerenje još dva puta te izračunati srednju vrijednost prosječne dužine koraka.



Slika 5. Mjerenje dužine koraka

Tabela 5. Mjerenje dužine koraka

Broj mjerenja	Broj koraka	D (cm)	d (cm)
1.			
2.			
3.			
Srednja vrijednost			

Zapažanje i zaključak

1. Uporedite rezultate u grupi.
2. Jesu li mjerenja precizna i tačna? Obrazložiti!
3. Jesu li “ista” mjerila u jednoj grupi dala jednake vrijednosti mjerenja? Zašto?

MJERENJE OBIMA

Oblast / tematska cjelina: Priroda fizike i naučni metod

Cilj vježbe: Upoznati se s pravilnim korištenjem metra/lenjira i razviti vještine mjerenja dužine za određivanje obima.

Teorijski uvod

Mjerenje obima prsta praktična je vježba koja pomaže razumjeti osnovne principe mjerenja dužine savijenih ili zakrivljenih površina. Za ovu vrstu mjerenja koristi se fleksibilan mjerni instrument, poput konca ili trake, koji se može prilagoditi obliku prsta. Precizno mjerenje obima važno je u mnogim područjima, kao što su izrada prstenova ili medicinska dijagnostika. Vježba razvija vještine pažljivog i tačnog mjerenja te pravilnog očitavanja rezultata. Kroz višekratna mjerenja stječe se iskustvo u smanjenju grešaka i povećanju pouzdanosti mjernih podataka.

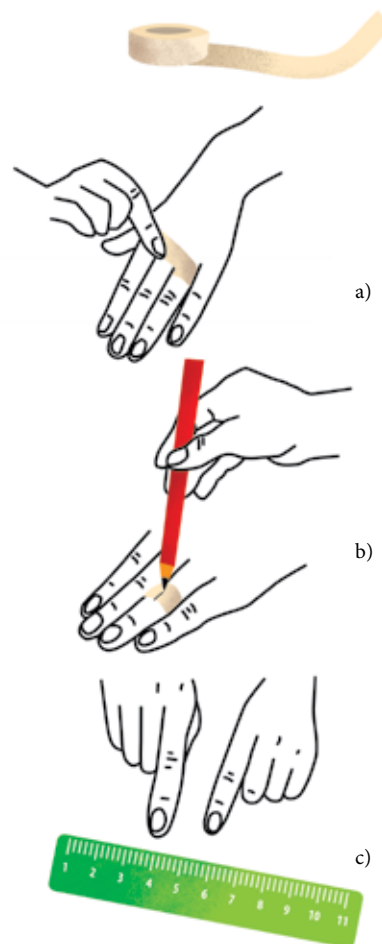
Potreban pribor

1. Tanka papirnata traka, konac ili krojački metar
2. Lenjir s tačnošću od 1 mm
3. Papir, olovka

Zadatak: Izmjeriti obim prsta

Postupak izvođenja mjerenja

1. Pažljivo obmotati traku oko odabranog prsta kao na Slici 6a.
2. Označiti mjesto na traci gdje se preklapa s početkom (Slika 6b).
3. Položiti traku na lenjir i izmjeriti dužinu l od početka trake do oznake (Slika 6c).
4. Zapisati izmjerenu vrijednost l u Tabelu 6.
5. Uraditi mjerenja za različite prste.
6. Možete pronaći odgovarajuću veličinu prstena prema izmjerenom obimu koristeći dostupne tablice veličina.



Slika 6. Mjerenje obima prsta

Tabela 6. Mjerenje obima prsta

Broj mjerenja	l (mm)	Veličina prstena (prema Prilogu 1)*
1.		
2.		
3.		
Srednja vrijednost		

Zapažanje i zaključak

1. Na kojem je prstu obim bio najveći?
2. Da li bi rezultat bio tačniji ako jako zategnete traku? Zašto?

ODREĐIVANJE POVRŠINE

Oblast / tematska cjelina: Priroda fizike i naučni metod

Cilj vježbe: Odrediti površine pravilnog i nepravilnog geometrijskog oblika.

Teorijski uvod

Mjerenje površine geometrijskih oblika osnovni je zadatak u matematici i fizici koji pomaže razumjeti prostorne karakteristike objekata. Površine pravilnih oblika, poput kvadrata, pravougaonika ili kruga, mogu se izračunati pomoću poznatih matematičkih formula:

1. površina kvadrata:

$$S = a^2 \quad (1),$$

gdje je S – površina, a – dužina stranice kvadrata;

2. površina pravougaonika:

$$S = ab \quad (2),$$

gdje je S – površina, a i b – dužine stranica pravougaonika;

3. površina kruga:

$$S = r^2 \pi \quad (3),$$

gdje je S – površina, r – poluprečnik kružnice.

SI jedinica za površinu jeste metar kvadratni (m^2). Za nepravilne oblike površina se često određuje dijeljenjem na manje pravilne dijelove ili primjenom metoda mjerenja i aproksimacije. Precizno određivanje površine zahtijeva pažljivo mjerenje dužina stranica i pravilnu primjenu formula ili mjernih tehnika.

Potreban pribor

1. Mjerilo dužine (lenjir ili metar s milimetarskom podjelom)
2. Trokut, šestar (po potrebi)
3. Milimetarski papir
4. Predlošci pravilnih geometrijskih oblika (pravougaonik, kvadrat, krug, trougao)
5. Predlošci nepravilnih oblika (izrađeni od kartona ili plastike nepravilnih kontura)
6. Kalkulator
7. Papir, olovka



Slika 7. Određivanje površine pravilnog geometrijskog oblika

Zadatak A: Određivanje površine pravilnog geometrijskog oblika

Postupak izvođenja mjerenja

1. Odabrati pravilni geometrijski oblik.
2. Izmjeriti potrebne dimenzije (npr. dužinu, širinu, visinu, poluprečnik).
3. Izvršiti najmanje tri mjerenja dimenzija tijela s tačnošću od 1 mm.
4. Na osnovu formula koje su date u teorijskom uvodu izračunati površinu.
5. Rezultate mjerenja upisati u Tabelu 7.
6. Izračunati srednju vrijednost površine na osnovu dobijenih mjerenja.

Tabela 7. Mjerenje površine pravilnog geometrijskog oblika (pravougaonika)

Broj mjerenja	a (cm)	b (cm)	S (cm ²)
1.			
2.			
3.			
Srednja vrijednost			

Zadatak B: Određivanje površine nepravilnog geometrijskog oblika

Postupak izvođenja mjerenja

1. Položiti tijelo nepravilnog oblika na milimetarski papir kao na Slici 8.
2. Precrtati obris konture nepravilnog oblika na papir.
3. Prebrojati kvadratiće unutar oblika:
 - cijeli kvadrat = 1 cm² (ili 1 mm² ukoliko ste odabrali manje kvadrate),
 - kvadrate koji su samo djelimično popunjeni procijeniti (npr. dva polovična $\approx$ jedan cijeli).
4. Sabrati sve kvadrate n kako biste dobili približnu površinu.
5. Rezultate upisati u Tabelu 8.
6. Rezultat izraziti u mm², cm² i m².
7. Ponoviti mjerenja još dva puta.
8. Izračunati srednju vrijednost površine.

Tabela 8. Mjerenje površine nepravilnog geometrijskog oblika

Broj mjerenja	S_1 (cm ²)	n	S (cm ²)
1.			
2.			
3.			
Srednja vrijednost			

Zapažanje i zaključak

1. Da li je lakše izmjeriti površinu pravilnog ili nepravilnog oblika? Zašto?
2. Koliko je mjerenje nepravilnog oblika tačno i precizno?
Šta utječe na tačnost i preciznost mjerenja?
3. Kolika je razlika između površina ako više grupa mjeri isti nepravilni oblik?
4. Od čega zavisi rezultat pri mjerenju površina nepravilnih oblika?

Dodatne napomene

- Poželjno je prilagoditi oblik i težinu zadataka nivou odjeljenja.
- Moguće je proširiti vježbu dodatnim zadacima za napredne učenike (npr. određivanje površine pomoću digitalne aplikacije ili programa).



Slika 8. Određivanje površine nepravilnog geometrijskog oblika

MJERENJE ZAPREMINE TEČNOSTI I TIJELA MENZUROM

Oblast / tematska cjelina: Priroda fizike i naučni metod

Cilj vježbe: Upoznati se s pravilnim korištenjem menzure i razviti vještine mjerenja zapremine.

Teorijski uvod

Zapremina je fizička veličina koja predstavlja prostor koji neki predmet ili tijelo zauzima u trima dimenzijama. SI jedinica za zapreminu jeste metar kubni (m^3). Mjerenje zapremine važno je u mnogim oblastima, od svakodnevnog života do naučnih istraživanja. Menzura je graduirana staklena posuda koja služi za mjerenje zapremine tečnih supstanci. Pravilno korištenje menzure zahtijeva pažljivo očitavanje nivoa tečnosti na menzuri i postavljanje instrumenta na ravnu površinu.

Potreban pribor

1. Menzura (do 500 ml)
2. Posuda s prelivom
3. Tijelo geometrijski nepravilnog oblika
4. Boca za vodu
5. Voda

Zadatak A: Odrediti zapreminu tečnosti

Postupak izvođenja mjerenja

1. Podsjetiti se postupka za mjerenje zapremine (Slika 9).
2. U menzuru nasuti određenu količinu vode.
3. Očitati sa skale zapreminu vode V .
4. Zapisati podatke u Tabelu 9.
5. Ponoviti mjerenje još dva puta.

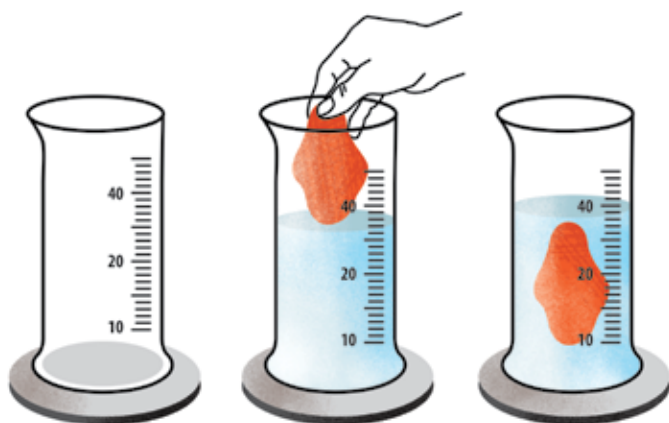


Slika 9. Mjerenje zapremine tečnosti

Tabela 9. Mjerenje zapremine tečnosti

Broj mjerenja	V (ml)
1.	
2.	
3.	
Srednja vrijednost	

Zadatak B: Odrediti zapreminu čvrstog tijela



Slika 10. Mjerenje zapremine čvrstog tijela

Postupak izvođenja mjerenja

1. U menzuru nasuti određenu količinu vode i očitati zapreminu (V_1).
2. Uroniti tijelo u vodu.
3. Očitati zapreminu vode i tijela (V_2).
4. Izračunati zapreminu tijela ($V = V_2 - V_1$).
5. Izvršiti nekoliko mjerenja uzimajući svaki put različitu početnu zapreminu vode u menzuri.
6. Rezultate mjerenja upisati u Tabelu 11.
7. Ponoviti mjerenja još dva puta.
8. Iz pojedinačnih rezultata izračunati srednju vrijednost V_{sr} .

Napomene

Tokom očitavanja zapremine menzura obavezno treba biti na ravnoj podlozi, a pogled u visini meniska. Očekuju se manja odstupanja u mjerenju zbog stvaranja mjehurića zraka ili nepreciznog uranjanja tijela.

Tabela 11. Mjerenje zapremine čvrstih tijela

Broj mjerenja	V_1 (cm ³)	V_2 (cm ³)	V (cm)
1.			
2.			
3.			
Srednja vrijednost zapremine V_{sr}			

Zapažanje i zaključak

1. Koliko su bila precizna vaša očitavanja zapremine vode pomoću menzure?
2. Jeste li tačno izmjerili razliku između početnog i krajnjeg nivoa vode pri uranjanju čvrstog tijela? Na osnovu čega ste to zaključili?
3. Da li su mjehurići zraka ili kontakt tijela sa zidom menzure utjecali na tačnost mjerenja? Zašto?
4. Jesu li se rezultati mjerenja razlikovali među grupama? Ako da, šta bi mogao biti razlog tih razlika?
5. Da li ste zadovoljni tačnošću rezultata koje ste dobili? Obrazložite!
6. Koliko su se dobijeni rezultati razlikovali među učenicima ili grupama?

MJERENJE MASE TIJELA

Oblast / tematska cjelina: Priroda fizike i naučni metod

Cilj vježbe: Upoznati se s pravilnim korištenjem laboratorijske vage i razviti vještine mjerenja mase.

Teorijski uvod

Masa je osnovna fizička veličina koja označava količinu materije u nekom tijelu ili predmetu. Masa se ne mijenja bez obzira na mjesto gdje se tijelo nalazi i ne zavisi od gravitacione sile. Mjeri se u jedinicama kao što su kilogram (kg) ili gram (g), a za mjerenje mase koriste se različite vage, poput analitičkih ili tehničkih. Tačno mjerenje mase važno je u nauci, industriji i svakodnevnim aktivnostima.

Potreban pribor

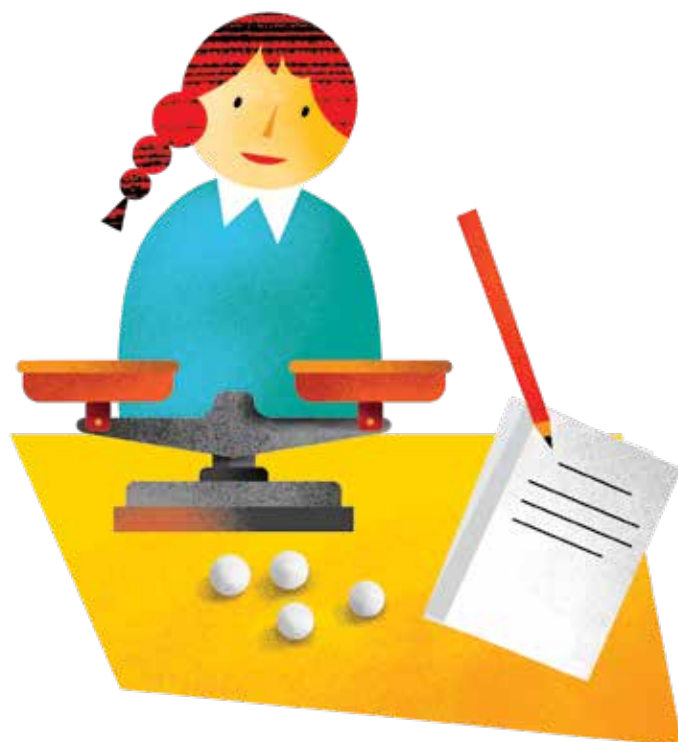
1. Vaga (analogna ili digitalna)
2. Tijelo čiju masu mjerimo (manji kvadar, klikeri, loptice...)
3. Papir, olovka

Napomena prije početka mjerenja!

Uvijek je potrebno vagu dovesti u ravnotežu. Najčešće se ravnoteža postiže pomoću prednjih nožica čija se visina može mijenjati. Podloga na kojoj postavljamo vagu mora biti ravna.

Kada zdjelice vage nisu opterećene, vaga se nalazi u horizontalnom položaju i kazaljka na ljestvici pokazuje nulu. Tada je vaga u ravnoteži (Slika 11).

Pri stavljanju (sklanjanju) tegova ili tijela na tasove – vaga obavezno mora biti zaključena! Na prednjoj strani vage obično se nalazi dugme pomoću kojeg zaključimo vagu. Za manje tegove koristiti pincetu!



Slika 11. Analogna vaga

Zadatak A: Odrediti masu većeg tijela

Postupak izvođenja mjerenja

1. Tijelo čiju masu m mjerimo staviti na jedan tas vage kao na Slici 12.
2. Tegove stavljati na drugi tas. Prvo koristiti veće, a zatim manje tegove dok vaga ne bude u ravnoteži, tj. dok kazaljka ne bude na nultom položaju.
3. Ako je vaga u ravnoteži: masa tijela jednaka je masi tegova.
4. Sabrati sve mase tegova s tase i to je masa našeg tijela.
5. Ako koristimo digitalnu vagu, sačekamo da se na displeju pojavi 0.0.
6. Podatke zapisati u Tabelu 12.
7. Mjerenje za isto tijelo ponoviti još dva puta.
8. Izračunati srednju vrijednost mase.

Tabela 12. Mjerenje mase većeg tijela

Broj mjerenja	m (kg)
1.	
2.	
3.	
Srednja vrijednost	



Slika 12. Mjerenje mase tijela analognom vagom

Zadatak B: Odrediti masu manjeg tijela

Postupak izvođenja mjerenja

1. Masu jedne kuglice možemo odrediti tako da odredimo masu nekoliko identičnih kuglica i podijelimo je s brojem kuglica.
2. Izbrojati n klikera.
3. Izmjeriti ukupnu masu m_u odabranih klikera.
4. Izračunati masu jednog klikera prema formuli $m_1 = \frac{m_u}{n}$ (1).
5. Podatke zapisati u Tabelu 13.
6. Ponoviti mjerenja s drugačijim brojem klikera.
7. Izračunati srednju vrijednost mase jednog klikera.

Tabela 13. Mjerenje mase manjih tijela

Broj mjerenja	n	m_u (g)	m_1 (g)
1.			
2.			
3.			
Srednja vrijednost			

Probaj sam!

Napravi kuglu od plastelina i odredi njenu masu. Zatim tu kuglu podijeli na nekoliko manjih (dvije ili tri). Možeš oblikovati i neku figuru (macu, zmiju, kockicu). Opet izvagaj tijela koja si oblikovao. Šta uočavaš?

Promjenom oblika tijela ukupna masa ostaje jednaka. To je zakon očuvanja mase.

O njemu ćemo učiti detaljnije u višim razredima.

Zapažanje i zaključak

1. Kako se vaga postavlja prije početka mjerenja? Da li mora biti na ravnoj površini?
2. Kako možemo znati da je mjerenje mase bilo tačno?
3. Kako bi pogrešna upotreba vage (npr. neravna površina, nebaždarena vaga) utjecala na rezultat?
4. Šta pokazuje vaga kada na njoj nema tijela?
5. Kako se vaga ponaša kada se na nju stave različita tijela (npr. kvadar, klikeri, loptice)?
6. Da li se masa promijeni ako se za isto tijelo mjeri više puta? Zašto?
7. Koje tijelo ima veću masu – kvadar, klikeri ili loptica? Kako ste to zaključili?
8. Zašto je važno koristiti tačnu i preciznu vagu u mjerenju mase?
9. Na koji način ova metoda mjerenja mase može biti korisna u svakodnevnom životu ili drugim naukama?

ODREĐIVANJE GUSTINE TIJELA

Oblast / tematska cjelina: Priroda fizike i naučni metod

Cilj vježbe: Istražiti gustinu tvari pomoću mjerenja mase i zapremine.

Teorijski uvod

Gustina je fizička veličina koja pokazuje raspored mase u određenoj zapremini tijela. Definira se kao omjer mase i zapremine tijela, odnosno

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1),$$

gdje je ρ – gustina tijela, m – masa tijela, a V – zapremina tijela.

Jedinica gustine u SI sistemu jeste kilogram po kubnom metru (kg/m^3), ali se često koristi i gram po centimetru kubnom (g/cm^3).

Gustina pomaže u identifikaciji materijala i određivanju njihovih svojstava, kao i u mnogim praktičnim primjenama, poput plovnosti i konstrukcije brodova.

Potreban pribor

1. Čvrsto tijelo
2. Nepoznata tečnost
3. Tegovi različitih masa, a istog materijala
4. Vaga
5. Menzura (do 500 ml)
6. Voda

Zadatak A: Odrediti gustinu čvrstog tijela

Postupak izvođenja mjerenja

1. Izmjeriti masu m tijela pomoću vage.
2. Izmjeriti zapreminu V tijela.

Napomena: ako je tijelo pravilnog oblika, izmjeriti mu dimenzije i izračunati zapreminu, ako tijelo nije pravilnog oblika, koristiti menzuru.

3. Izračunati gustinu tijela koristeći formulu (1).
4. Podatke upisati u Tabelu 14.
5. U Tabeli gustine na kraju priručnika pogledati od koje je tvari napravljeno tijelo. (Uporediti dobijeni podatak za gustinu s podacima u Tabeli.)



Slika 13. Pribor za mjerenje gustine

Tabela 14. Mjerenje gustine čvrstog tijela

Broj mjerenja	m (g)	V (cm ³)	ρ (g/cm ³)	ρ (kg/m ³)
1.				
2.				
3.				
Srednja vrijednost				

Zadatak B: Odrediti gustinu tečnosti**Postupak izvođenja mjerenja**

Napomena: Nepoznata tečnost može biti sok ili voda s dosta rastopljenog šećera ili soli.

1. Vagom izmjeriti masu prazne menzure m_1 .
2. U praznu menzuru nasuti nepoznatu tečnost.
3. Vagom izmjeriti masu menzure i tečnosti m_2 .
4. Masa nepoznate tečnosti je: $m = m_2 - m_1$.
5. Na menzuri očitati zapreminu nepoznate tečnosti V .
6. Izračunati gustinu nepoznate tečnosti koristeći formulu (1).

Tabela 15. Mjerenje gustine tečnosti

Broj mjerenja	m_1 (g)	m_2 (g)	m (g)	V (cm ³)	ρ (g/cm ³)	ρ (kg/m ³)
1.						
2.						
3.						
Srednja vrijednost						

Zadatak C: Odrediti od koje su tvari napravljeni tegovi

Postupak izvođenja mjerenja

1. Za ovaj dio vježbe potrebna su tri tega različitih masa (npr. 20 g, 50 g, 100 g), napravljena od iste tvari, i menzura s vodom.
2. Podatke za mase tegova m upisati u Tabelu 16.
3. Menzurom izmjeriti zapreminu V svakog tega.
4. Izračunati gustoću svakog tega.
5. Uporediti rezultate za gustoću.
6. Potražiti u Tabeli gustine tvari podatke za izračunatu gustoću i odrediti od koje su tvari napravljeni tegovi.

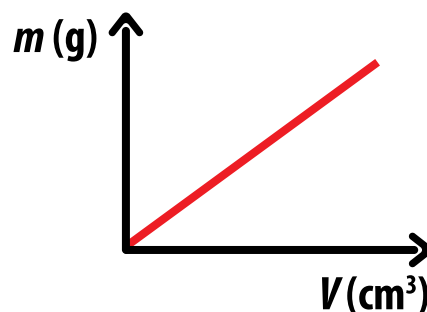
Tabela 16. Mjerenje gustine tvari od koje su izrađeni tegovi

Broj mjerenja	m (g)	V (cm ³)	ρ (g/cm ³)	ρ (kg/m ³)
1.				
2.				
3.				
Srednja vrijednost				

Napomena

Rezultate mjerenja možemo predstaviti i grafički kao na Slici 14.

Nacrtati koordinatni sistem. Na x-osu nanijeti zapreminu, a na y-osu masu (pogledati Tabelu 16). Spojiti tačke. Ako je vježba urađena ispravno, sve tri tačke pripadaju istoj pravoj.



Slika 14. Zavisnost mase tijela od zapremine predstavljena grafički

Zapažanje i zaključak

1. Da li se masa tijela može tačno odrediti korištenjem vage?
2. Kako menzura omogućava određivanje zapremine nepravilnog tijela?
3. Zašto je važno koristiti vodu ili tečnost poznate gustine?
4. Kako se dobijene vrijednosti gustine mogu koristiti za identifikaciju materijala?
5. Da li se rezultati gustine razlikuju ako tijela imaju različite mase, ali su napravljena od iste tvari?
6. Kako možete potvrditi da su tegovi izrađeni od iste tvari?
7. Šta može izazvati greške u određivanju gustine?
8. Koji je naučni metod korišten u ovoj vježbi?

Oblast / tematska cjelina: Priroda fizike i naučni metod

Cilj vježbe: Upoznati se s pravilnim korištenjem štoperice i razviti vještine mjerenja vremena.

Teorijski uvod

Vrijeme je osnovna fizička veličina koja označava trajanje događaja ili interval između dvaju događaja. Tačno mjerenje vremena važno je u mnogim naučnim i svakodnevnim aktivnostima, kao što su eksperimenti, sport i tehnologija.

SI jedinica za vrijeme jeste sekunda (s).

Za mjerenje vremena koriste se različiti uređaji, poput štoperice, satova i digitalnih tajmera.

Tačnost mjerenja zavisi od korištenog instrumenta i pažljivog praćenja početka i kraja mjerenja.

Potreban pribor

1. Laboratorijski stalak
2. Teg ili mala kugla
3. Neistezljivi konac
4. Štoperica

Zadatak: Odrediti period oscilovanja kuglice (tega) obješene o konac

Postupak izvođenja mjerenja

1. Okačiti kuglicu ili teg o konac. Sačekati da se kuglica smiri.
2. Otkloniti kuglicu ustranu, vodeći računa da ugao otklona bude mali, i pustiti da osciluje.
3. Preporučujemo da minimalan broj oscilacija bude 10.
4. Odabrati položaj, krajnje desno ili krajnje lijevo, i pokrenuti štopericu. Kad kuglica bude opet u istom položaju – to je jedna puna oscilacija. Jedan učenik neka broji oscilacije (npr. 5 ili 10), a drugi neka pokreće i zaustavlja štopericu.



Slika 15. Oscilovanje klatna

5. Vrijeme za $n=10$ oscilacija t_n unijeti u Tabelu 17.
6. Trajanje jedne oscilacije t izračunati pomoću formule: $t = \frac{t_n}{n}$.
7. Ponoviti mjerenje još dva puta.
8. Izračunati srednju vrijednost za period oscilovanja.

Napomena

Podatak za broj oscilacija n ne mijenjati tokom jedne vježbe, kao ni ugao odklona i dužinu klatna.

Tabela 17. Mjerenje perioda oscilovanja

Broj mjerenja	t_n (s)	n	t (s)
1.			
2.			
3.			
Srednja vrijednost			

Zapažanje i zaključak

1. Kako dužina niti (konca) utječe na period oscilovanja klatna?
2. Šta mislite da li masa kuglice može utjecati na period oscilovanja? Zašto?
3. Da li amplituda (odstupanje iz ravnotežnog položaja) može utjecati na period?
4. Kako možemo povećati tačnost i preciznost mjerenja vremena?

Probaj sam uraditi!

- a) Odrediti koliko je vremena potrebno da se pređe učionica (brojati korake i koristiti štopericu).
- b) Odrediti koliko je vremena potrebno da se pređe školski hodnik.

MJERENJE TEMPERATURE

Oblast / tematska cjelina: Priroda fizike i naučni metod

Cilj vježbe: Upoznati se s pravilnim korištenjem termometra i razviti vještine mjerenja temperature.

Teorijski uvod

Temperatura je fizička veličina koja izražava toplotno stanje tijela ili sredine. Mjeri se pomoću termometra, koji može biti živin, alkoholni ili digitalni.

SI jedinica za temperaturu jeste kelvin (K), ali se često koristi i stepen Celzijus ($^{\circ}\text{C}$).

Tačno mjerenje temperature važno je u nauci, medicini, industriji i svakodnevnom životu. Pravilno korištenje termometra podrazumijeva pažljivo postavljanje i očitavanje vrijednosti nakon što se instrument stabilizira.

Potreban pribor

1. Termometar
2. Jednake količine hladne i tople vode
3. Led (do 500 g)
4. Laboratorijske posude (čaše)

Zadatak A: Odrediti temperaturu zraka

Postupak izvođenja mjerenja

1. Izmjeriti temperaturu zraka u učionici koristeći termometar (npr. kao na Slici 16).
2. Podatak upisati u Tabelu 19.
3. Ponoviti mjerenje još dva puta.
4. Izračunati srednju vrijednost temperature.

Tabela 19. Mjerenje temperature zraka

Broj mjerenja	t ($^{\circ}\text{C}$)
1.	
2.	
3.	
Srednja vrijednost	



Slika 16. Živin termometar

Zadatak B: Odrediti temperaturu hladne i tople vode

Postupak izvođenja mjerenja

1. U laboratorijsku posudu nasuti hladnu vodu.
2. Termometar uroniti u posudu, ali tako da ne dodiruje zidove posude.
3. Ukoliko se koristi živin termometar, sačekati dovoljno vremena da se stabilizira nivo žive u termometru i izvršiti očitavanje temperature.
4. Zapisati vrijednost temperature t_1 u Tabelu 20.
5. U drugu laboratorijsku posudu nasuti toplu vodu i ponoviti postupak očitavanja temperature t_2 .
6. Pretvoriti temperature iz °C u K.
7. Ponoviti mjerenje još dva puta.
8. Izračunati srednje vrijednosti temperatura.

Tabela 20. Mjerenje temperature hladne i tople vode

Broj mjerenja	t_1 (°C)	T_1 (K)	t_2 (°C)	T_2 (K)
1.				
2.				
3.				
Srednja vrijednost				

Zadatak C: Odrediti temperaturu smjese

Postupak izvođenja mjerenja

1. U jednu laboratorijsku posudu nasuti hladnu vodu i izmjeriti temperaturu t_1 , a u drugu nasuti jednaku masu tople vode i izmjeriti temperaturu t_2 , kako je opisano u koracima 2 i 3 u Zadatku B.
2. Izmjerene vrijednosti upisati u Tabelu 21.
3. Pomiješati jednake mase tople i hladne vode.
4. Izmjeriti temperature smjese t_s .
5. Izmjerenu temperaturu smjese upisati u Tabelu 21.
6. Korištenjem formule $t_s = \frac{t_1 + t_2}{2}$ izračunati temperature smjese.
7. Ponoviti mjerenje još dva puta.
8. Izračunati srednju vrijednost temperatura.

Tabela 21. Mjerenje temperature smjese

Broj mjerenja	t_1 (°C)	t_2 (°C)	Izmjerena vrijednost		Srednja vrijednost	
			t_s (°C)	T_s (K)	t_s (°C)	T_s (K)
1.						
2.						
3.						

Zadatak D: Odrediti temperaturu smjese leda i vode

Postupak izvođenja mjerenja

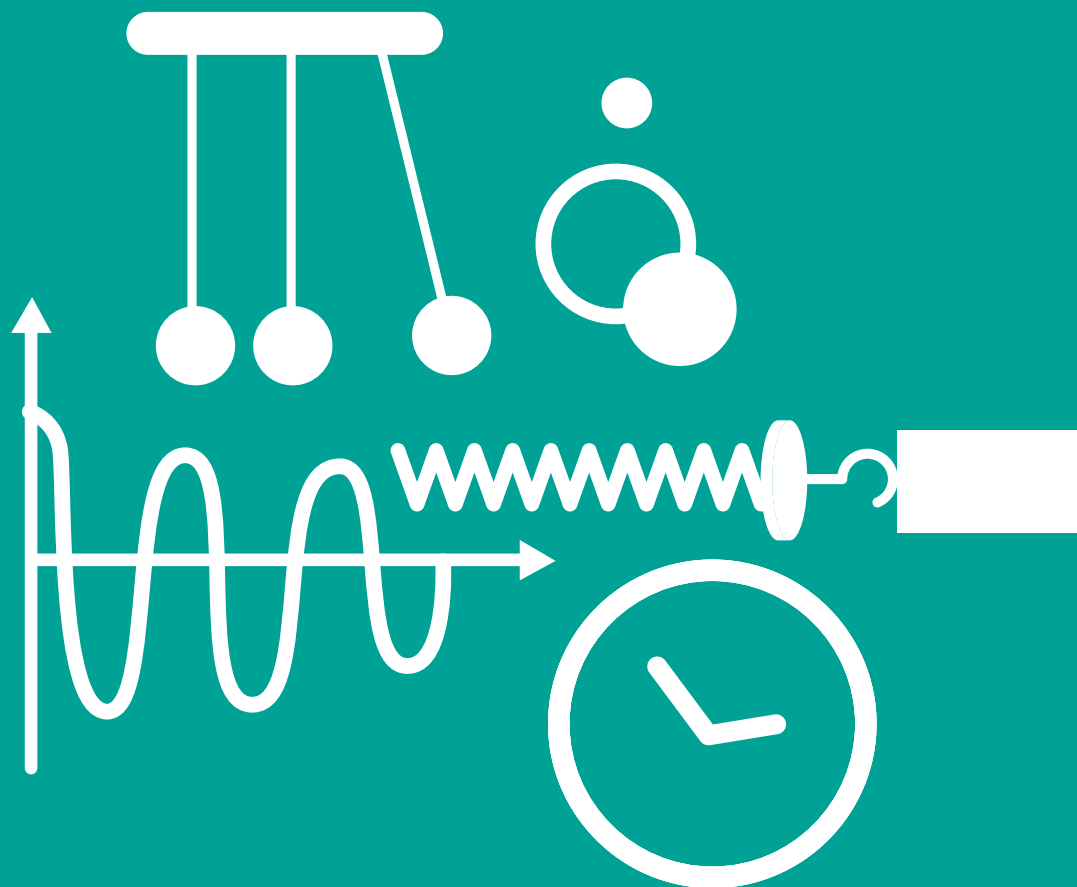
1. Usitniti manju količinu leda i pomiješati ga sa 100 do 200 ml vode u laboratorijskoj posudi.
2. Termometrom izmjeriti temperaturu smjese leda i vode četiri puta u vremenskim intervalima od po tri minute.
3. Zabilježiti u Tabelu 22 mjerene vrijednosti t_1 , t_2 , t_3 i t_4 .
4. Sačekati da se led potpuno otopi. Izmjeriti temperaturu smjese t_s i unijeti vrijednost u Tabelu 22.
5. Ponoviti mjerenje još dva puta uz iste količine leda i vode.
6. Izračunati srednju vrijednost.

Tabela 22. Mjerenje temperature smjese leda i vode

Broj mjerenja	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	t_4 (°C)	t_s (°C)	T_s (K)
1.						
2.						
3.						

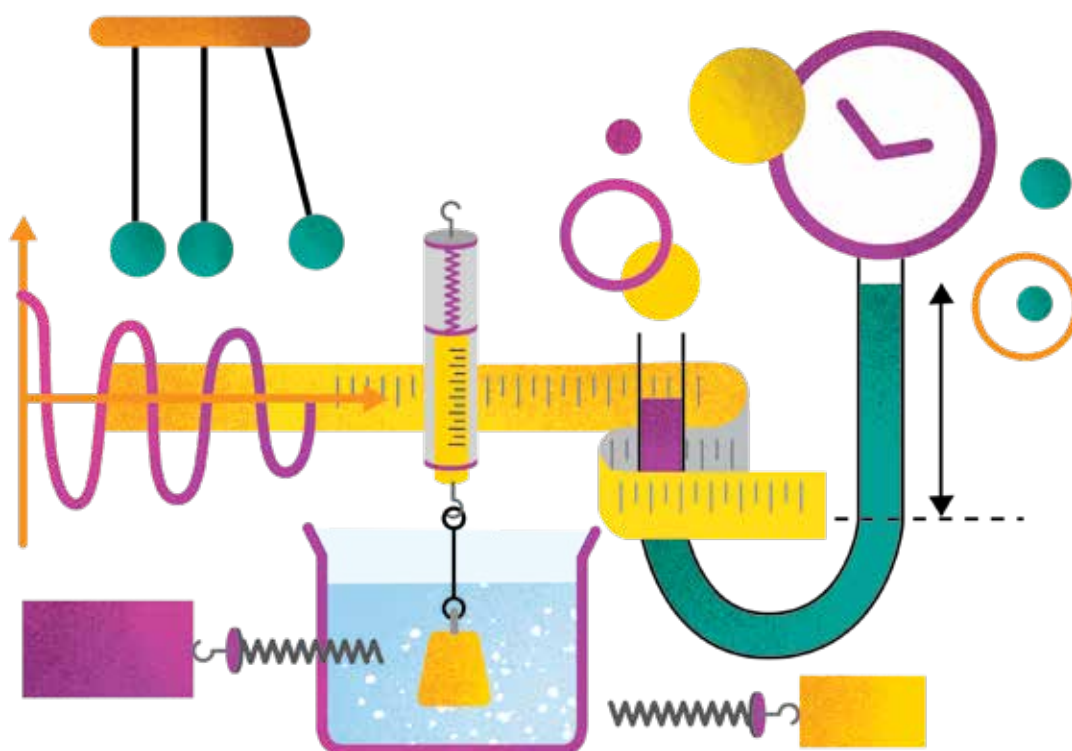
Zapažanje i zaključak

1. Kako se pravilno koristi laboratorijski termometar?
2. Zašto je važno pravilno postaviti termometar u tečnosti prilikom mjerenja temperature?
3. Šta se dešava s temperaturom kada pomiješamo istu količinu tople i hladne vode?
4. Kako se objašnjava promjena temperature kada se pomiješa ista količina tople i hladne vode?
5. Koji faktori mogu utjecati na tačnost mjerenja temperature?
6. Zašto je važno pravilno mjeriti temperaturu tijela?
7. Zašto u ovoj vježbi nismo računali srednju vrijednost temperature?



2.

VJEŽBE 8. RAZRED



RAVNOMJERNO PROMJENJIVO PRAVOLINIJSKO KRETANJE

Oblast / tematska cjelina: Mehanika / Kretanje

Cilj vježbe: Eksperimentalno istražiti kretanje tijela niz stazu.

Teorijski uvod

Ravnomjerno promjenjivo pravolinijsko kretanje jeste kretanje u kojem se brzina tijela mijenja u jednakim vremenskim intervalima – kod ovakvog kretanja brzina se mijenja u svakom trenutku. Promjena brzine $\Delta \vec{v}$ u jednakim vremenskim intervalima Δt zove se ubrzanje ili akceleracija $\vec{a}$ i data je formulom:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad (1).$$

Ravnomjerno ubrzano kretanje matematički opisujemo jednačinama:

$$v = v_0 + at \quad (2),$$

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (3),$$

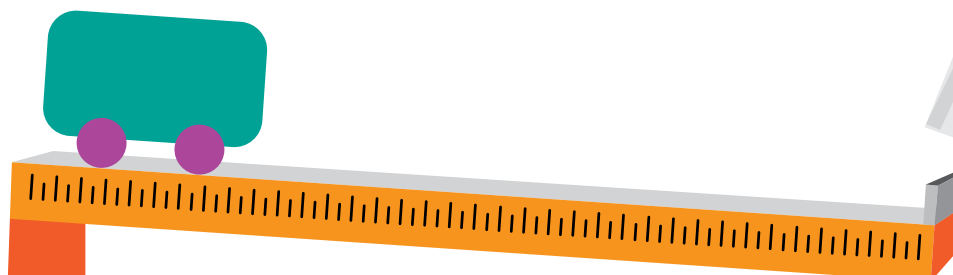
$$v^2 = v_0^2 + 2as \quad (4),$$

gdje je: v_0 – početna brzina, v – konačna brzina, s – pređeni put, t – vrijeme, a – ubrzanje. Iz ovih jednačina možemo izvesti povezanost između kinematičkih veličina.

Potreban pribor

- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Kolica | 4. Postolje za stazu |
| 2. Staza ili šine (minimalno 1 m dužine) | 5. Postolje za prepreku |
| 3. Stalak za podizanje jednog kraja staze kako bi se postigao nagib staze (proizvoljno) | 6. Prepreka |
| | 7. Štoperica |
| | 8. Papir i olovka |

Zadatak: Izračunati brzinu i ubrzanje kolica pri kretanju na strmoj ravni



Slika 17. Postavka eksperimenta

Postupak izvođenja mjerenja

1. Sastaviti pribor kao na Slici 17.
2. Postaviti na kraju staze prepreku.
3. Podići drugi kraj staze kako biste stvorili nagib.
4. Postaviti kolica na vrh staze i pustiti da se slobodno kreću niz stazu.
5. Mjeriti vrijeme t za koje će kolica preći put s dužinom staze do prepreke.
6. Izvesti tri mjerenja za isti nagib i izračunati srednje vrijednosti.
7. Rezultate upisati u Tabelu 23a (prvi nagib).
8. Izračunati ubrzanje a i brzinu v kolica nakon pređenog puta s koristeći se formulama (3) i (4), pri čemu je $v_0 = 0$.
9. Povećati nagib staze i ponoviti postupak za drugi i treći nagib i rezultate upisati u Tabelu 23b i Tabelu 23c.

Tabela 23a. Mjerenje kinematičkih veličina

Broj mjerenja	s (m)	t (s)	a (m/s ²)	v (m/s)
1.				
2.				
3.				
Srednja vrijednost				

Tabela 23b.

Broj mjerenja	s (m)	t (s)	a (m/s ²)	v (m/s)
1.				
2.				
3.				
Srednja vrijednost				

Tabela 23c.

Broj mjerenja	s (m)	t (s)	a (m/s ²)	v (m/s)
1.				
2.				
3.				
Srednja vrijednost				

Zapažanje i zaključak

1. Na osnovu kojih podataka iz tabela možete donijeti zaključke o brzini kolica?
2. Kako povećanje brzine utječe na kretanje kolica?
3. Na koji način, odnosno na osnovu kojih ste podataka odredili ubrzanje kolica?
4. Kako promjena ubrzanja utječe na kretanje kolica?
5. Jesu li rezultati vaših mjerenja u skladu s očekivanjima? Ako nisu, šta bi mogao biti razlog odstupanja?
6. Zašto je važno poznavati brzinu i ubrzanje nekog tijela u svakodnevnim situacijama? Možete li navesti primjer?

Oblast / tematska cjelina: Mehanika / Kretanje i sila

Cilj vježbe: Istražiti utjecaj oblika (dimenzija) tijela na vrijeme slobodnog padanja.

Teorijski uvod

Slobodan pad predstavlja jednako ubrzano pravolinijsko kretanje tijela bez početne brzine, a pod djelovanjem sile Zemljine teže. Zbog privlačenja sile Zemljine teže, sva tijela padaju vertikalno prema dolje. Silu Zemljine teže izražavamo kao proizvod mase tijela m i gravitacionog ubrzanja $\vec{g}$:

$$\vec{F} = m\vec{g} \quad (1).$$

Srednja vrijednost gravitacionog ubrzanja ili ubrzanja Zemljine teže na površini Zemlje (na nivou mora) iznosi

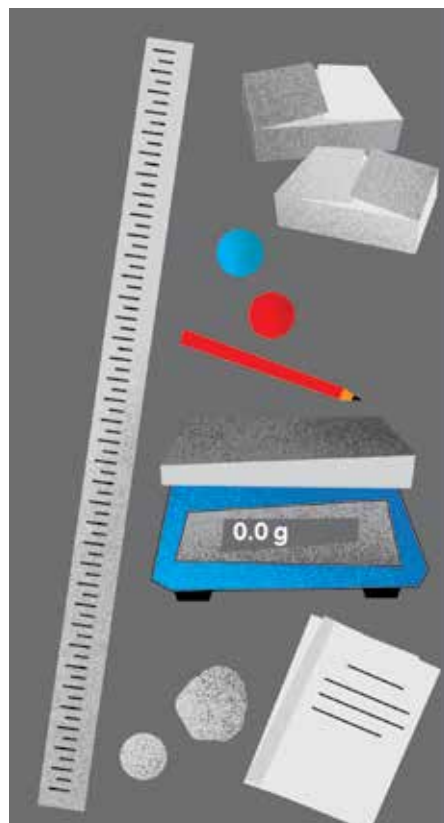
$$g = 9,81 \text{ m/s}^2.$$

To približno vrijedi i za našu geografsku širinu.

Slobodno padanje tijela možemo demonstrirati pomoću Newtonove cijevi u kojoj se nalaze kuglica i perje. Ako se u cijevi nalazi zrak, kuglica će padati brže od perja. Kuglica i perje imaju različito ubrzanje zbog otpora zraka. Ukoliko u cijevi nema zraka, i kuglica i perje padaju istovremeno. Imaju isto ubrzanje.

Potreban pribor (Slika 18)

1. Dvije kuglice identičnih oblika i dimenzija, a različitih masa.
2. Po dva predmeta identičnih masa, a različitih oblika (kuglica i pločica od plastelina, ravni i izgužvani papir...)
3. Dvije identične kartonske kutije
4. Vaga (ukoliko su nepoznate mase kuglica i kutija)
5. Kamera
6. Mjerilo dužine
7. Papir i olovka

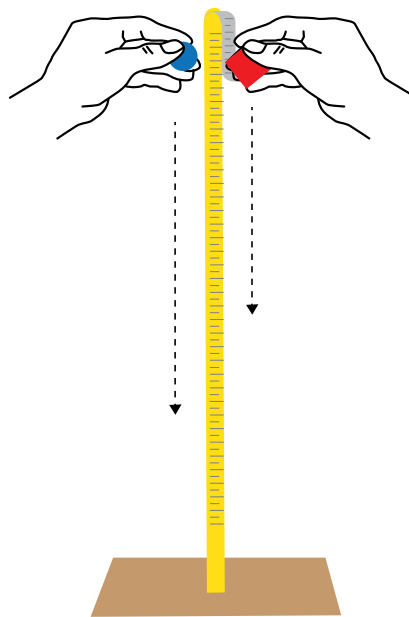


Slika 18. Potreban pribor

Zadatak A: Ispitati koje će tijelo brže pasti (iste mase, različiti oblici)

Postupak izvođenja mjerenja (Slika 19)

1. Vagom izmjeriti mase dvaju komada plastelina identičnih masa m_1 i m_2 .
Izmjerene vrijednosti upisati u Tabelu 24.
2. Od jednog komada napraviti kuglicu, a od drugog komada napraviti pločicu ili neki drugi oblik.
3. Izmjeriti visinu h i upisati je u Tabelu 24.
4. Istovremeno pustiti kuglicu i pločicu da padaju s iste visine (2-3 m).
5. Snimiti padanje kuglice i pločice.
6. Pogledati snimak i uočiti kako padaju na tlo.
Vrijeme padanja može se preuzeti sa snimka i upisati u Tabelu 24.



Slika 19. Izvođenje mjerenja

Tabela 24. Vrijeme padanja tijela istih masa, a različitih oblika

Broj mjerenja	h (m)	m_1 (g)	m_2 (g)	Zapažanje (koji je predmet prije pao)
1.				
2.				
3.				

Zadatak B: Ispitati koje će tijelo brže pasti (različite mase, isti oblici)

Postupak izvođenja mjerenja

1. Odabrati dva tijela istog oblika i dimenzija, a različitih masa (npr. dvije kuglice).
2. Staviti tijela u identične kartonske kutije.
3. Izmjeriti mase kutija m_1 i m_2 .
4. Ponoviti postupak mjerenja vremena padanja t_1 i t_2 kao u Zadatku A.
5. Podatke upisati u Tabelu 25.

Tabela 25. Vrijeme padanja tijela različitih masa, a istih oblika

Broj mjerenja	h (m)	m_1 (g)	m_2 (g)	Zapažanje (koji je predmet prije pao)
1.				
2.				
3.				

Zapažanje i zaključak

1. Jesu li sva tijela pala na tlo u isto vrijeme? Zašto?
2. Koja su tijela pala brže, a koja sporije?
3. Da li je masa utjecala na vrijeme padanja? Na osnovu kojih podataka to možete zaključiti?
4. Kako je oblik tijela utjecao na otpor zraka tokom padanja?
5. Šta više utječe na vrijeme padanja u zraku: masa ili oblik tijela? Objasnite zašto!
6. Da li bi rezultati bili drugačiji da ogled radimo u vakuumu (bez zraka)? Zašto?

ODREĐIVANJE GRAVITACIONOG UBRZANJA

Oblast / tematska cjelina: Mehanika / Kretanje i sila

Cilj vježbe: Eksperimentalno odrediti vrijednost gravitacionog ubrzanja na našoj geografskoj širini.

Teorijski uvod

U prethodnoj vježbi već je bilo govora o slobodnom padu, sili Zemljine teže i gravitacionom ubrzanju.

Gravitaciono ubrzanje zavisi od položaja na površini Zemlje, pa tako nije isto na polovima, na ekvatoru i na nekoj drugoj geografskoj širini. Razlika u iznosu gravitacionog ubrzanja potiče od rotacije i spljoštenosti Zemlje tako da je na polovima gravitaciono ubrzanje najveće i iznosi $9,83 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, dok na ekvatoru iznosi $9,78 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Slobodan pad matematički opisujemo jednačinama (2), (3) i (4) datim u vježbi *Ravnomjerno promjenjivo pravolinijsko kretanje*, s tim što je $v_0=0$, $a=g$, $s=h$:

$$v = gt \quad (1),$$

$$h = \frac{gt^2}{2} \quad (2),$$

$$v^2 = 2gh \quad (3),$$

gdje je: h – visina, g – gravitaciono ubrzanje, t – vrijeme, v – brzina.

Težina je sila kojom tijelo pritišće podlogu ili zateže konac na kome je obješeno. Mjeri se pomoću dinamometra, a može se odrediti i primjenom formule:

$$G = mg \quad (4),$$

gdje je: G – težina tijela, m – masa tijela, g – gravitaciono ubrzanje.

Potreban pribor (Slika 20)

1. Kuglica
2. Vaga (ukoliko je nepoznata masa kuglice)
3. Mjerna traka / mjerilo dužine
4. Dinamometar
5. Štoperica
6. Bilježnica

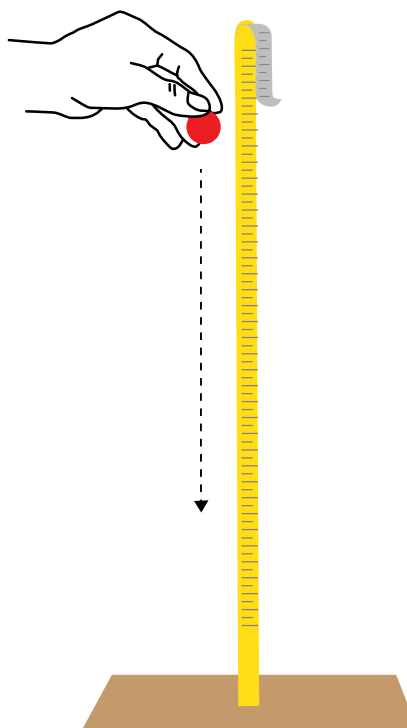


Slika 20. Pribor za izvođenje mjerenja

Zadatak A: Izračunati vrijednost gravitacionog ubrzanja pri slobodnom padu kuglice

Postupak izvođenja mjerenja (Slika 21)

1. Podići kuglicu na određenu visinu h (1-2 m).
2. Izmjeriti visinu.
3. Pustiti kuglicu da slobodno pada.
4. Izmjeriti vrijeme padanja kuglice t . Zbog bolje preciznosti, izvesti tri mjerenja i izračunati srednju vrijednost t_{sr} .
5. Rezultate upisati u Tabelu 26.
6. Izračunati gravitaciono ubrzanje koristeći se formulom (2).
7. Promijeniti visinu i ponoviti postupke iz koraka 2-6.
8. Izračunati srednju vrijednost gravitacionog ubrzanja.

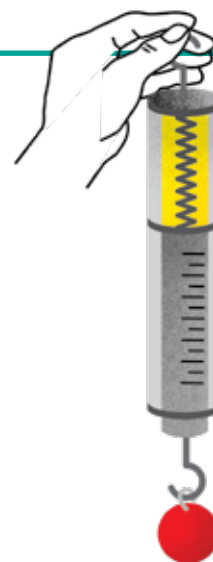


Slika 21. Slobodan pad

Tabela 26. Određivanje gravitacionog ubrzanja sile Zemljine teže pri slobodnom padu tijela

Broj mjerenja	h (m)	t (s)	t_{sr} (s)	g (m/s ²)	g_{sr} (m/s ²)
1.					
2.					
3.					

Zadatak B: Izračunati gravitaciono ubrzanje pomoću dinamometra



Postupak izvođenja mjerenja (Slika 22)

1. Izmjeriti masu kuglice m .
2. Izmjeriti težinu kuglice G pomoću dinamometra.
Zbog bolje preciznosti, izvesti tri mjerenja.
3. Rezultate upisati u Tabelu 27.
4. Izračunati srednju vrijednost težine G_{sr} .
5. Ponoviti postupak s još dvjema kuglicama različitih masa.
6. Za svako G_{sr} izračunati gravitaciono ubrzanje g koristeći formulu (4). Zatim izračunati srednju vrijednost gravitacionog ubrzanja g_{sr} .

Slika 22. Mjerenje težine dinamometrom

Tabela 27. Određivanje gravitacionog ubrzanja sile Zemljine teže dinamometrom

Broj mjerenja	m (kg)	G (N)	G_{sr} (N)	g (m/s ²)
1.				
2.				
3.				
Srednja vrijednost				

Zapažanje i zaključak

1. Koliko se vaša izmjerena vrijednost razlikovala od standardne vrijednosti?
2. Da li se vrijednosti gravitacionog ubrzanja u zadacima A i B razlikuju? Zašto?
3. Koji su faktori mogli utjecati na tačnost vašeg mjerenja (npr. otpor zraka, vrijeme reakcije)?
4. Da li biste dobili tačnije rezultate da se eksperiment provodi u vakuumu? Objasniti zašto.
5. Da li je masa tijela utjecala na vrijeme padanja? Kako to možete objasniti na temelju opažanja?
6. Šta ste iz ove vježbe naučili o djelovanju sile Zemljine teže na tijela u slobodnom padu?

PRVI NEWTONOV ZAKON

Oblast / tematska cjelina: Mehanika / Kretanje i sila

Cilj vježbe: Eksperimentalno dokazati prvi Newtonov zakon.

Teorijski uvod

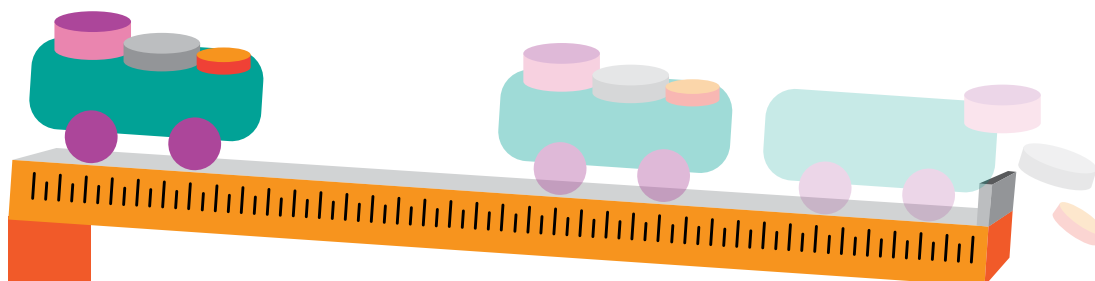
Galileo Galilei došao je još u 17. stoljeću do zaključka da je zaustavljanje tijela u kretanju posljedica djelovanja određene sile. To je najčešće sila trenja koja usporava kretanje tijela. Međutim, ukoliko bismo izveli misaoni eksperiment gdje bismo imali idealnu površinu bez trenja, tijelo se nikada ne bi zaustavilo. Ovu osobinu tijela da zadrži stanje u kojem se nalazi Galileo je nazvao inercija. Osobina ili svojstvo svakog tijela da zadrži svoje stanje mirovanja ili ravnomjernog pravolinijskog kretanja jeste inercija ili tromost tijela.

Mjera inercije tijela jeste njegova masa. Tijelo manje mase lakše je pokrenuti iz stanja mirovanja ili zaustaviti ukoliko se kreće nego tijelo veće mase. Isaac Newton kaže da mora postojati neuravnotežena sila koja djeluje na tijelo koje se ubrzava, odnosno mijenja stanje kretanja ili mirovanja. Prvi Newtonov zakon jeste zakon inercije i glasi: Svako tijelo zadržava stanje mirovanja ili ravnomjernog pravolinijskog kretanja sve dok na njega ne djeluju vanjske sile.

Potreban pribor

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| 1. Kolica | 6. Nosač tegova za kolica |
| 2. Staza ili šine (1-2 m) | 7. Nosač prepreke |
| 3. Postolje za stazu ili šine | 8. Prepreka |
| 4. Kraća staza za nagib (proizvoljno) | 9. Papir i olovka |
| 5. Tegovi | |

Zadatak A: Istražiti kretanje kolica s tegovima bez nosača



Slika 23. Izvođenje ogleda

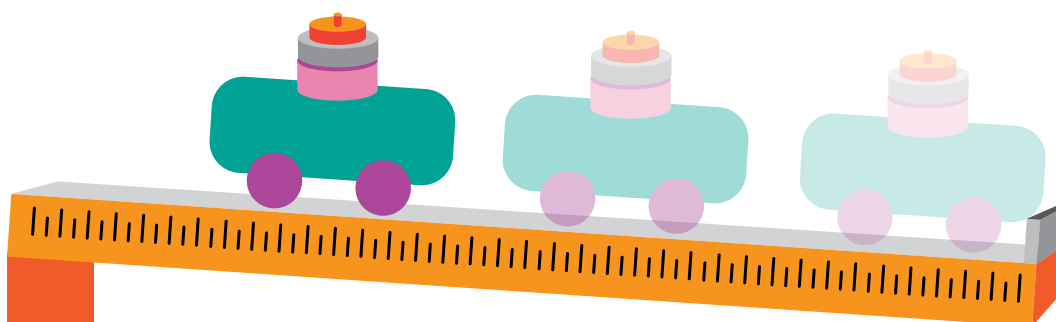
Postupak izvođenja mjerenja

1. Sastaviti pribor kao na Slici 23.
2. Postaviti kolica na početak staze koja je proizvoljno nagnuta da se kolica mogu kretati.
3. Na kraju staze postaviti prepreku.
4. Postaviti tegove na kolica i pustiti ih da se kreću niz stazu.

Zadatak B: Istražiti kretanje kolica s tegovima na pričvršćenom nosaču

Postupak izvođenja mjerenja

1. Na kolica pričvrstiti nosač tegova i na njega poredati tegove kao na Slici 24.
2. Ponoviti postupak kao u prethodnom zadatku.



Slika 24. Izvođenje ogleda

Zapažanje i zaključak

1. Šta se dogodilo s kolicima i tegovima nakon što su kolica udarila u prepreku u prvom ogledu (bez nosača)?
2. Zašto su se tegovi nastavili kretati kad su se kolica zaustavila? S kojom fizikalnom osobinom tijela to možete povezati?
3. Kako se ponašaju kolica i tegovi pri udaru u prepreku kada su tegovi pričvršćeni na nosač (drugi ogled)? Jesu li se i tada tegovi nastavili kretati odvojeno od kolica?
4. Koja je razlika u kretanju tegova u prvom i drugom ogledu? Šta je uzrok različitog ishoda pri udaru kolica u prepreku u prethodnim ogledima?
5. Kako prvi Newtonov zakon objašnjava ishode prethodnih dvaju ogleda?
6. Šta bi se dogodilo s tegovima u prvom ogledu da nije bilo prepreke? Da li bi se nastavili kretati? Zašto?
7. Na temelju vaših opažanja, kako biste vlastitim riječima objasnili prvi Newtonov zakon?
8. Pokušajte navesti nekoliko primjera iz života u kojima biste mogli koristiti zaključke vašeg ogleda.

Oblast / tematska cjelina: Mehanika / Kretanje i sila

Cilj vježbe: Eksperimentalno odrediti zavisnost ubrzanja od sile pri konstantnoj masi i zavisnost ubrzanja od mase pri konstantnoj sili.

Teorijski uvod

Drugi Newtonov zakon opisuje odnos između sile, mase i ubrzanja. Prema ovom zakonu, ubrzanje tijela $\vec{a}$ proporcionalno je sili $\vec{F}$ koja na njega djeluje, a obrnuto je proporcionalno njegovoj masi m :

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (1).$$

Drugi Newtonov zakon temelj je za opisivanje kretanja svih tijela.

Drugi Newtonov zakon može se provjeriti tako što se na kolica poznate mase preko kotura i konca djeluje određenom vučnom silom (težinom tegova kojima se opterećuje konac). Vrijednost ubrzanja koje bi kolica pod djelovanjem ove sile trebala imati može se izračunati iz formule (1).

Pod djelovanjem vučne sile kolica će se početi kretati jednakoubrzano. Mjerenjem puta koji pređu kolica u određenom vremenskom intervalu može se izračunati njihovo ubrzanje. Valjanost drugog Newtonovog zakona utvrđuje se poređenjem vrijednosti ubrzanja izračunate na oba načina.

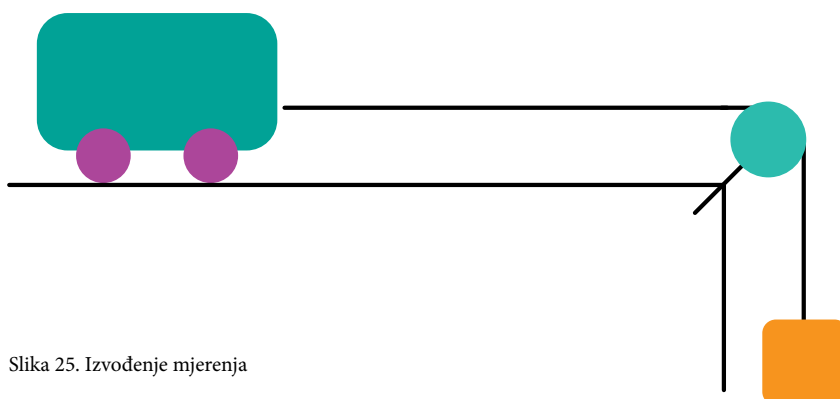
Potreban pribor

1. Kolica
2. Staza ili šine (1-2 m)
3. Postolje za stazu ili šine
4. Dinamometar
5. Tegovi (za masu i za vučnu silu)
6. Držać tegova za kolica
7. Nosač tegova za vučnu silu
8. Držać kotura s nosačem za fiksiranje na stazu ili šine
9. Kotur i konac
10. Prepreka
11. Postolje za prepreku
12. Štoperica
13. Papir i olovka
14. Vaga

Zadatak A: Određivanje zavisnosti ubrzanja kolica od vučne sile pri konstantnoj masi kolica

Postupak izvođenja mjerenja

1. Izmjeriti masu kolica m_k .
2. Odabrati teg kojim će se opterećivati konac i očitati njegovu masu m (izmjeriti ukoliko nije poznata).
3. Izračunati vučnu silu F (težinu odabranog teга G) pomoću formule (4) iz vježbe *Određivanje gravitacionog ubrzanja*, a zatim pomoću formule (1) predvidjeti ubrzanje a_1 koje bi kolica trebala imati pod djelovanjem ove sile.
4. Povezati kolica koncem preko kotura s visećim držačem tegova kao na Slici 25.
5. Proizvoljno odabrati dužinu puta s za koju će se mjeriti vrijeme kretanja kolica t pod utjecajem vučne sile F .
6. Na nosač tegova staviti odabrani teg i pustiti ga da pada.
7. Izmjeriti put s i vrijeme kretanja kolica t .
8. Izračunati ubrzanje a_2 pomoću formule (3) iz vježbe *Ravnomjerno promjenjivo pravolinijsko kretanje*, pri čemu je početna brzina $v_0 = 0$.
9. Sve vrijednosti upisati u Tabelu 28.
10. Izvršiti još dva mjerenja za druge vrijednosti vučne sile F (druge težine tegova) ponavljajući prethodne korake. Na nosač se može postaviti i više tegova istovremeno.
11. Izračunati srednje vrijednosti ubrzanja a_1 i a_2 .



Slika 25. Izvođenje mjerenja

Tabela 28. Određivanje zavisnosti ubrzanja kolica od sile

Broj mjerenja	m_k (kg)	F (N)	a_1 (m/s ²)	s (m)	t (s)	a_2 (m/s ²)
1.						
2.						
3.						
Srednja vrijednost predviđenog ubrzanja				Srednja vrijednost ubrzanja dobijenog mjerenjem		

Uporedite vrijednosti ubrzanja a_1 i a_2 . Da li postoje odstupanja u vrijednostima ubrzanja? Zašto? Grafički predstavite zavisnost ubrzanja od sile.

Zadatak B: Određivanje zavisnosti ubrzanja od mase kolica pri konstantnoj vučnoj sili

Postupak izvođenja mjerenja

1. Odabrati teg kojim će se opterećivati konac i očitati mu masu m . U ovom zadatku koristit će se isti teg u svim mjerenjima (ista vučna sila F).
2. Predvidjeti ubrzanje kolica a_1 na osnovu drugog Newtonovog zakona koristeći formulu (1).
3. Sastaviti pribor kao u prethodnom zadatku. Na kolica dodati jedan teg. Sada će masa m_k biti jednaka zbiru mase kolica iz prethodnog zadatka i mase dodatog tega.
4. Postupak mjerenja ponoviti kao u prethodnom zadatku i mjeriti vrijeme t za koje kolica prelaze tačno određeni put s pod utjecajem vučne sile F .
5. Izračunati ubrzanje kolica a_2 pomoću formule (3) iz vježbe *Ravnomjerno promjenjivo pravolinijsko kretanje*.
6. Ponoviti mjerenje još dva puta opterećavajući kolica drugim tegovima (može se koristiti i više tegova istovremeno).
7. Izračunati srednje vrijednosti ubrzanja a_1 i a_2 .
8. Sve vrijednosti upisati u Tabelu 29.

Tabela 29. Određivanje zavisnosti ubrzanja kolica od mase

Broj mjerenja	m_k (kg)	F (N)	a_1 (m/s ²)	s (m)	t (s)	a_2 (m/s ²)
1.						
2.						
3.						
Srednja vrijednost predviđenog ubrzanja				Srednja vrijednost ubrzanja dobijenog mjerenjem		

Uporedite vrijednosti ubrzanja a_1 i a_2 . Da li postoje odstupanja u vrijednostima? Zašto? Grafički predstavite zavisnost ubrzanja kolica od mase.

Zapažanje i zaključak

1. Šta se dešava s ubrzanjem kolica kada se povećava vučna sila, a masa kolica ostaje konstantna? Posmatrati promjene prikazane rezultatima mjerenja i opisati odnos između sile i ubrzanja.
2. Da li postoji pravilan obrazac promjene ubrzanja sa silom?
3. Šta se događa s ubrzanjem kolica kada povećavamo masu kolica, a vučna sila ostaje ista?
4. Da li ubrzanje opada proporcionalno povećanju mase? Naprimjer, ako se masa udvostruči, da li se ubrzanje prepolovi? Šta pokazuju rezultati mjerenja?
5. Možete li na osnovu eksperimentalnih podataka zaključiti kako masa utječe na ubrzanje pri istoj sili?
6. Na osnovu zadataka u eksperimentu, možete li izvesti opći zaključak o zavisnosti ubrzanja od sile i mase? Koji se poznati zakon mehanike ovdje potvrđuje?

TREĆI NEWTONOV ZAKON

Oblast / tematska cjelina: Mehanika / Kretanje i sila

Cilj vježbe: Eksperimentalno dokazati treći Newtonov zakon.

Teorijski uvod

Kada smo govorili o prvom i drugom Newtonovom zakonu, pažljivo smo razmatrali samo tijelo na koje djeluju sile, a ne tijelo koje djeluje silom. Treći Newtonov zakon povezuje ove sile.

Treći Newtonov zakon glasi:

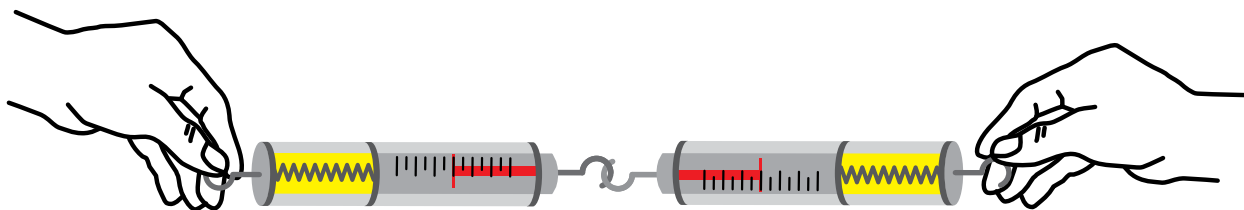
Ako jedno tijelo djeluje silom na drugo tijelo, tada i drugo tijelo djeluje na prvo jednakom silom, ali suprotnog smjera. To su sile akcije i reakcije, a njihovu međusobnu povezanost zapisujemo kao:

$$\vec{F}_a = -\vec{F}_r \quad (1).$$

Potreban pribor

1. Dva dinamometra
2. Kolica
3. Staza ili šine
4. Postolje za stazu ili šine
5. Postolje za fiksiranje dinamometra
6. Nosač tegova za kolica
7. Tegovi
8. Papir i olovka

Zadatak A: Izmjeriti vrijednosti sila akcije i reakcije korištenjem dvaju dinamometara



Slika 26. Postupak izvođenja mjerenja

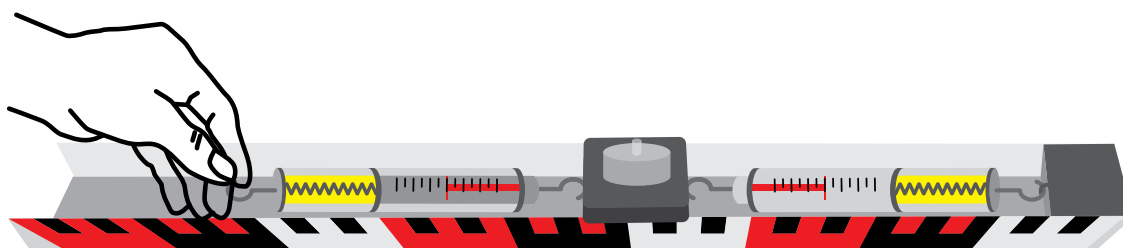
Postupak izvođenja mjerenja

1. Sastaviti pribor kao na Slici 26.
2. Povezati dva dinamometra, a zatim ih povlačiti horizontalno u suprotnim smjerovima.
3. Očitati vrijednosti sila F_1 i F_2 na dinamometrima.
4. Sada fiksirati jedan dinamometar, a drugi povući.
5. Očitati vrijednosti sila F_1 i F_2 na dinamometrima.
6. Izmjerene vrijednosti unijeti u Tabelu 30.

Tabela 30. Mjerenje sila akcije i reakcije

Pozicija dinamometra	F_1 (N)	F_2 (N)
Oba dinamometra slobodna		
Jedan dinamometar fiksiran, drugi slobodan		

Zadatak B: Izmjeriti vrijednosti sila akcije i reakcije pomoću kolica i dvaju dinamometara



Slika 27. Postupak izvođenja mjerenja

Postupak izvođenja mjerenja

1. Sastaviti pribor kao na Slici 27.
2. Postaviti kolica na stazu ili šine.
3. Na kraju staze postaviti postolje za fiksiranje dinamometra.
4. Na kolica postaviti nosač s jednim tegom.
5. S obje strane povezati dinamometre.
6. Jedan je dinamometar fiksiran, a drugi se može povlačiti.
7. Povlačiti dinamometar duž staze.

8. Očitati vrijednosti sila F_1 i F_2 na dinamometrima.
9. Izmjerene vrijednosti unijeti u Tabelu 31.
10. Mijenjati masu kolica dodajući na postojeći teg još jedan teg.
11. Ponoviti postupak kao u prethodnom slučaju.
12. Na kolica na postojeća dva tega dodati još jedan teg.
13. Ponoviti postupak kao u prethodnom slučaju.

Tabela 31. Mjerenje sila akcije i reakcije na kolica s utezima

	F_1 (N)	F_2 (N)
Kolica s jednim tegom		
Kolica s dvama tegovima		
Kolica s trima tegovima		

Zapažanje i zaključak

1. Šta pokazuje prvi, a šta drugi dinamometar tokom povlačenja? Da li su očitavanja dinamometara jednaka ili različita? Mijenjaju li se očitavanja dinamometara kada jače ili slabije povlačimo?
2. U kojem pravcu djeluju sile koje pokazuju dinamometri? Može li se reći da su te sile suprotne?
3. Kada povlačimo kolica pomoću dvaju dinamometara – jedan naprijed, drugi nazad – da li su očitane sile jednake? Kako to znamo?
4. Ako neko povuče jače, mijenjaju li se vrijednosti očitanih sila? Objasniti.
5. Kako opisati odnos između sile koju jedno tijelo vrši na drugo i sile koju drugo tijelo vraća nazad (reakcija)?

Oblast / tematska cjelina: Mehanika / Kretanje i sila

Cilj vježbe: Eksperimentalno istražiti od čega zavisi sila trenja.

Teorijski uvod

Sila trenja $\vec{F}_{tr}$ je sila koja se protivi relativnom kretanju dvaju tijela kada su ta dva tijela u kontaktu, a javlja se i kada se tijelo pokreće iz stanja mirovanja.

Trenje se javlja kao posljedica hrapavosti i neravnina dvaju tijela, i to kada jedno tijelo klizi po drugom tijelu. Još jedan uzrok pojave trenja jeste i međudjelovanje molekula dvaju tijela koja su u kontaktu.

Sila trenja mirovanja ili sila statičkog trenja javlja se između dvaju tijela kada ta dva tijela miruju jedno u odnosu na drugo, ne pomjeraju se. Sila statičkog trenja dostiže svoju maksimalnu vrijednost neposredno prije pomjeranja tijela. Nakon toga tijelo počinje kliziti.

Sila trenja klizanja ili sila dinamičkog trenja javlja se kada jedno tijelo klizi po površini drugog tijela. Njena vrijednost manja je od maksimalne sile statičkog trenja.

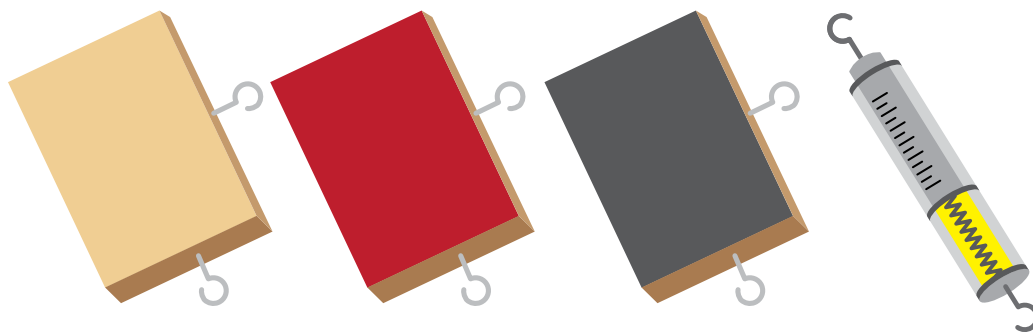
U najjednostavnijem slučaju, kada je tijelo na horizontalnoj podlozi, intenzitet sile trenja iskazujemo formulom:

$$F = \mu G \quad (1),$$

gdje je: μ – koeficijent trenja, G – težina tijela.

Potreban pribor (Slika 28)

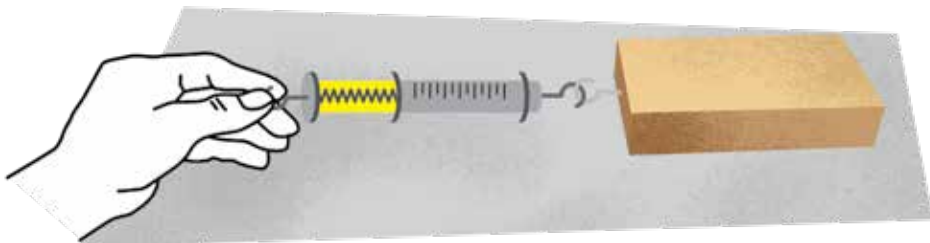
1. Tri kvadra (s kukicama) istih dimenzija, različitih dodirnih površina (prva je površina drvena i uglačana, može biti lakirana, na drugoj je zalijepljena guma, a na trećoj je zalijepljen papir za brušenje)
2. Dinamometar
3. Papir i olovka



Slika 28. Potreban pribor

Zadatak A: Odrediti silu trenja za različite vrste kontaktnih površina

Dvije uglačane površine (drvo–drvo)



Slika 29. Postupak izvođenja mjerenja

Postupak izvođenja mjerenja

1. Sastaviti pribor kao na Slici 29.
2. Postaviti na stol kvadar tako da se uglačana površina kvadra dodiruje s uglačanom drvenom površinom stola.
3. Zakačiti dinamometar za kukicu kvadra.
4. Lagano povlačiti kvadar i na dinamometru očitati vrijednosti sile statičkog trenja F_s .
5. Kada se kvadar pokrene, očitati vrijednost sile dinamičkog trenja F_d .
6. Podatke unijeti u Tabelu 32.
7. Ponoviti postupak za različite površine (drvo–guma, drvo–brusni papir).

Tabela 32. Mjerenje sile trenja za različite materijale dodirnih površina

	F_s (N)	F_d (N)
Drvo–drvo		
Drvo–guma		
Drvo–brusni papir		

Zadatak B: Odrediti silu trenja za različite veličine kontaktnih površina

Postupak izvođenja mjerenja

1. Na uglačani stol postaviti kvadar tako da pritišće stol svojom najvećom površinom.
2. Zakačiti dinamometar za kukicu kvadra.
3. Lagano povlačiti kvadar i na dinamometru očitati vrijednosti sile statičkog trenja F_s .
4. Kada se kvadar pokrene, očitati vrijednost sile dinamičkog trenja F_d .
5. Podatke unijeti u Tabelu 33.
6. Ponoviti postupak za manju i najmanju dodirnu površinu.

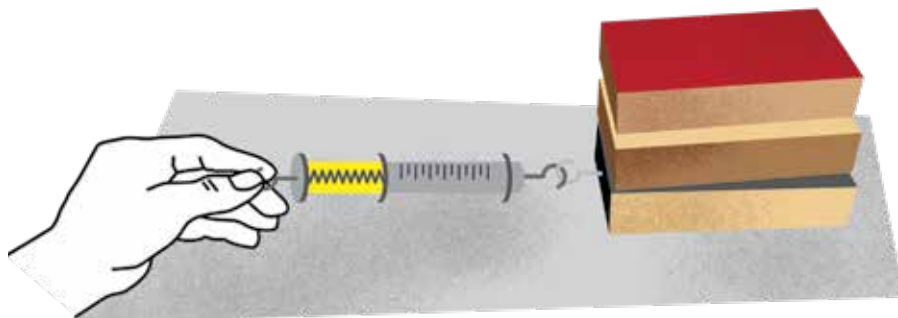
Tabela 33. Mjerenje sile trenja za različite veličine dodirnih površina

	F_s (N)	F_d (N)
Najveća dodirna površina		
Manja dodirna površina		
Najmanja dodirna površina		

Zadatak C. Odrediti silu trenja za tijela različitih težina

Postupak izvođenja mjerenja

1. Na uglačani stol postaviti kvadar tako da pritišće stol svojom najvećom površinom.
2. Zakačiti dinamometar za kukicu kvadra.
3. Lagano povlačiti kvadar i na dinamometru očitati vrijednosti sile statičkog trenja F_s .
4. Kada se kvadar pokrene, očitati vrijednost sile dinamičkog trenja F_d .
5. Podatke unijeti u Tabelu 34.
6. Postupak ponoviti s dvama kvadrima i trima kvadrima.
Kvadre postavljati jedan na drugi.



Slika 30. Izvođenje vježbe
s dvama kvadrima

Tabela 34. Mjerenje sile trenja za različite težine dodirnih površina

	F_s (N)	F_d (N)
Jedan kvadar		
Dva kvadra		
Tri kvadra		

Zapažanje i zaključak

1. Kada silom povlačimo tijelo po gruboj površini i po glatkoj površini, da li se sila razlikuje? Koja je veća? Zašto?
2. Kako se mijenja trenje kada promijenimo vrstu površine (npr. drvo, staklo, guma)?
3. Šta se može zaključiti o utjecaju vrste dodirnih površina na silu trenja?
4. Ako isto tijelo položimo prvo na užu, a zatim na širu stranu, da li se sila trenja mijenja?
5. Da li veličina (površina) dodira utječe na iznos trenja kada masa ostaje ista?
6. Šta zaključujemo o zavisnosti sile trenja od veličine dodirne površine?
7. Kako se mijenja sila trenja kada na tijelo dodajemo tegove i povećavamo njegovu težinu?
8. Da li se trenje povećava kada tijelo postaje teže? Objasniti na osnovu rezultata mjerenja.
9. Šta se može zaključiti o utjecaju težine tijela na silu trenja?
10. Na osnovu triju zadataka, navesti faktore od kojih zavisi, a od kojih ne zavisi sila trenja.

PROSTI MEHANIZMI – RAVNOTEŽA NA KLACKALICI

Oblast / tematska cjelina: Mehanika / Prosti mehanizmi – Poluga (klackalica)

Cilj vježbe: Istražiti uvjete stabilne ravnoteže tijela.

Teorijski uvod

Poluga je jedan od najstarijih i najjednostavnijih alata koje je čovjek koristio da sebi olakša rad. Stari Egipćani pomjerali su pomoću poluga ogromne kamene blokove za gradnju piramida.

Poluga je svako čvrsto tijelo koje ima oslonac oko kojeg se može obrtati. Kada na krajeve poluge djeluju sile, one pokušavaju da je zarotiraju oko oslonca. Koliki će efekat ta sila imati, zavisi od dviju stvari:

1. jačine sile – veća sila ima veći utjecaj;
2. udaljenosti od oslonca – što je dalje sila od oslonca, lakše je izazvati okretanje.

Moment sile izaziva efekat obrtanja tijela. Formula za računanje intenziteta momenta sile je:

$$M = Fr \quad (1),$$

gdje je: M – moment sile (izražava se u Ncm ili Nm), F – sila (izražava se u njutnima, N), r – krak sile, tj. udaljenost od tačke oslonca do pravca sile (izražava se u cm ili m).

Kada se poluga ne pomjera, znači da je u ravnoteži. Tada je moment sile s jedne strane oslonca jednak momentu sile s druge strane oslonca i važi zakon ravnoteže poluge:

$$F_1 r_1 = F_2 r_2 \quad (2),$$

gdje je: F_1 – sila koja djeluje na jednom kraku poluge, r_1 – krak sile F_1 , F_2 – sila koja djeluje na drugom kraku poluge, r_2 – krak sile F_2 .

Drugim riječima: veća sila može biti “izbalansirana” manjom silom ako je dalje od oslonca.

Potreban pribor

1. Poluga (klackalica ili drvena letva s centralnim osloncem iz seta *Mini Kit Basic Physics: Mechanic, Cornelsen Experimenta*)
2. Tegovi različite mase
3. Lenjir ili metar
4. Stalak s držačem (ako nema stalnog oslonca)
5. Kalkulator (po potrebi)

Zadatak: Izračunati momente sila kod klackalice koja je u ravnoteži



Slika 31. Klackalica u ravnoteži

Postupak izvođenja mjerenja

1. Postavi polugu (klackalicu) vodoravno na oslonac kao na Slici 31.
2. Na lijevu stranu poluge postaviti teg mase 200 g na udaljenost 10 cm od oslonca.
3. Na desnu stranu postaviti drugi teg poznate mase i postići ravnotežu poluge.
4. Izračunati sile koje djeluju na desni krak poluge (F_1) i na lijevi krak poluge (F_2). Ove sile jednake su težinama tegova s desne i s lijeve strane koje se računaju pomoću formule (4) iz vježbe *Određivanje gravitacionog ubrzanja*.
5. Izmjeriti udaljenost tega od oslonca s desne strane (r_1) i udaljenost tega od oslonca s lijeve strane (r_2).
6. Izračunati momente sile za obje strane poluge (M_1 i M_2) pomoću formule (1).
7. Sve podatke upisati u Tabelu 35.
8. Uporediti vrijednosti momenata M_1 i M_2 .
9. Ponoviti mjerenja još dva puta mijenjajući mase tegova s desne strane poluge.

Tabela 35. Određivanje momenta sile na polugu u ravnoteži

Broj mjerenja	F_1 (N)	r_1 (m)	M_1 (Nm)	F_2 (N)	r_2 (m)	M_2 (Nm)	Ravnoteža DA/NE
1.							
2.							
3.							

Zapažanje i zaključak

1. Kada se poluga nalazi u ravnoteži, šta primjećujete u vezi sa silama i njihovim kracima s obje strane?
2. Ako se na jednoj strani nalazi veća sila, šta morate uraditi s dužinom kraka da biste postigli ravnotežu?
3. Može li manja sila dovesti polugu u ravnotežu ako djeluje na većem rastojanju od oslonca? Zašto?
4. Koja je veza između sile, kraka sile i ravnoteže na poluzi?
5. Šta ova vježba pokazuje o tome kako prosti mehanizmi (kao što je poluga) pomažu pri obavljanju rada?
6. Kako biste objasnili osnovni princip poluge nekome ko nikada nije čuo za nju?

ZAKON OČUVANJA KOLIČINE KRETANJA

Oblast / tematska cjelina: Mehanika / Dinamika – Količina kretanja i zakon očuvanja

Cilj vježbe: Eksperimentalno dokazati zakon očuvanja količine kretanja tijela.

Teorijski uvod

Količina kretanja (impuls) $\vec{p}$ definirana je kao proizvod mase tijela m i njegove brzine $\vec{v}$:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1).$$

Zakon očuvanja količine kretanja navodi da je u zatvorenom sistemu (bez vanjskih sila) ukupna količina kretanja prije sudara jednaka ukupnoj količini kretanja nakon sudara. Za dvojica kolica koja učestvuju u elastičnom sudaru, a kreću se istim pravcem i suprotnim smjerom vrijedi:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (2),$$

gdje je: m_1 – masa prvih kolica, v_1 – brzina prvih kolica prije sudara, m_2 – masa drugih kolica, v_2 – brzina drugih kolica prije sudara, v_1' – brzina prvih kolica nakon sudara, v_2' – brzina drugih kolica nakon sudara.

Ova vježba omogućava učenicima da prate i mjere promjene u brzini kolica prilikom sudara i utvrde očuvanje količine kretanja.

Potreban pribor

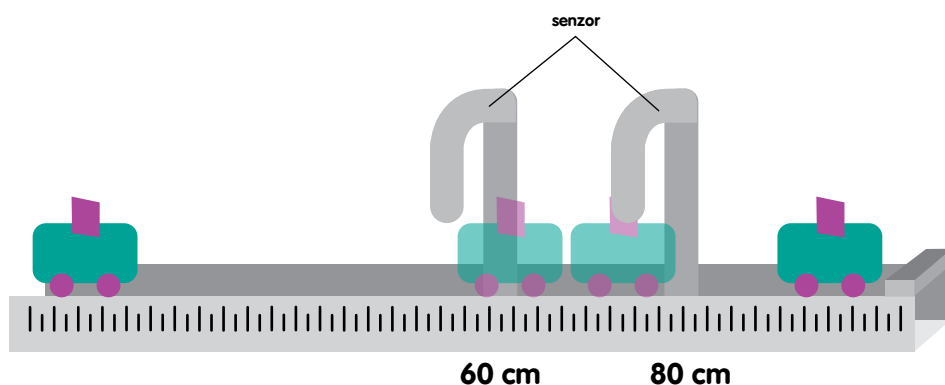
1. Set *Physics Students Kit Dynamics 2.0, Cornelsen Experimenta*
2. Dvoja dinamička kolica (istih ili različitih masa)
3. Tračnice s ravnom površinom
4. Senzori brzine (ili fotogate sistem, ako je dostupan)
5. Teg za promjenu mase (ako se koristi)
6. Milimetarski papir za praćenje (po potrebi)
7. Hronometar ili digitalni mjerač vremena (ako senzori nisu dostupni)
8. Vaga

Zadatak A: Izračunati količine kretanja tijela prije i poslije sudara

Postupak izvođenja mjerenja

1. Postaviti tračnice na ravnu površinu i provjeriti da li su kolica lako pokretna (Slika 32).
2. Povezati senzore brzine.
3. Izmjeriti mase kolica (m_1 i m_2) i zabilježiti.
4. Ispustiti kolica prema jednom od sljedećih scenarija:

- jedna kolica miruju, druga se kreću,
 - oba kolica kreću se jedna prema drugima.
5. Očitati brzine kolica prije (v_1, v_2) i poslije sudara (v_1', v_2').
 6. Rezultate zabilježiti u Tabelu 36.
 7. Izračunati ukupnu količinu kretanja prije i poslije sudara (p_1 i p_2).
 8. Uporediti rezultate i zaključiti da li je količina kretanja očuvana.
 9. Dodati tegove na jedna kolica i ponavljajući korake 3–7 izvršiti mjerenje još dva puta u uvjetima kada mase kolica nisu jednake.



Slika 32. Postavka eksperimenta

Tabela 36. Određivanje količine kretanja kolica prije i poslije sudara

Broj mjerjenja	m_1 (kg)	v_1 (m/s)	m_2 (kg)	v_2 (m/s)	v_1' (m/s)	v_2' (m/s)	p_1 (kgm/s)	p_2 (kgm/s)
1.								
2.								
3.								

Zapažanje i zaključak

1. Kako se ukupna količina kretanja sistema kolica mijenja prije i poslije sudara? Da li primjećujete razliku?
2. Da li masa kolica utječe na ukupnu količinu kretanja prije i poslije sudara? Kako?
3. Šta se dešava s brzinama kolica prije i poslije sudara u različitim scenarijima (jedna miruju, oba se kreću)?
4. Da li sudar mijenja ukupnu količinu kretanja sistema? Može li se to objasniti pomoću rezultata mjerenja?
5. Kako tumačiti pojmove akcije i reakcije u kontekstu sudara kolica?
6. Na osnovu eksperimenta, može li se potvrditi zakon očuvanja količine kretanja?

ZAKON OČUVANJA MEHANIČKE ENERGIJE

Oblast / tematska cjelina: Mehanika / Energija i zakon očuvanja energije

Cilj vježbe: Eksperimentalno provjeriti zakon očuvanja mehaničke energije.

Teorijski uvod

Zakon očuvanja energije kaže da se energija ne može stvoriti niti uništiti, već se može pretvarati iz jednog oblika u drugi. U ovoj vježbi posmatramo kako se gravitaciona potencijalna energija tijela pretvara u kinetičku energiju prilikom klizanja niz strmu ravan.

Tijelo ima kinetičku energiju kada se kreće, a ona se matematički opisuje izrazom:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (1),$$

gdje je: m – masa tijela, v – brzina tijela.

Potencijalna energija je energija koja je pohranjena u tijelu zbog njegovog položaja u prostoru ili njegovog stanja (deformacije). Ova je energija latentna i može se osloboditi iz tijela, npr. kad tijelo padne s neke visine ili kad se opruga istegne. Za tijelo koje se nalazi u gravitacionom polju Zemlje kažemo da ima gravitacionu potencijalnu energiju, a ako se nalazi na manjim visinama, matematički je opisujemo izrazom:

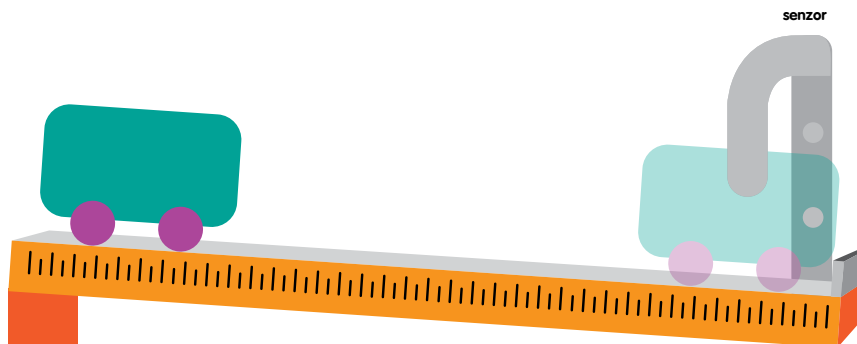
$$E_p = mgh \quad (2),$$

gdje je: m – masa tijela, g – gravitaciono ubrzanje i h – visina na kojoj se tijelo nalazi.

Potrebni pribor

1. Set *Physics Students Kit Dynamics 2.0, Cornelsen Experimenta*
2. Strma ravan (može se koristiti plastična strma ravan iz seta *Cornelsen*)
3. Kolica (ili mala kolica iz seta, kuglica može kao zamjena)
4. Metar ili lenjir
5. Štoperica
6. Mala vaga (za mjerenje mase kolica, ako se koristi)
7. Blok za mjerenje visine (ili knjige za podizanje ravni)
8. Stalak i stega (ako je potrebno da se strma ravan učvrsti)

Zadatak: Izračunati potencijalnu i kinetičku energiju tijela pri kretanju na strmoj ravni



Slika 33. Izvođenje mjerenja

Postupak izvođenja mjerenja

1. Sastaviti pribor kao na Slici 33.
2. Izmjeriti masu kolica m pomoću vage.
3. Izmjeriti visinu h strme ravni u odnosu na podlogu (stol).
4. Postaviti kolica na vrh strme ravni i pripremiti štopericu.
5. Pustiti kolica da se slobodno kreću niz strmu ravan i izmjeriti vrijeme spuštanja t .
6. Pomoću senzora očitati vrijednost brzine kolica v na dnu strme ravni.
7. Izračunati potencijalnu energiju kolica E_p na vrhu strme ravni koristeći formulu (2).
8. Izračunati kinetičku energiju kolica E_k na dnu strme ravni koristeći formulu (1).
9. Izračunati razliku energija $\Delta E = E_p - E_k$ i sve izmjerene vrijednosti unijeti u Tabelu 37.
10. Mjerenje ponoviti još dva puta mijenjajući visinu h .

Tabela 37. Određivanje potencijalne i kinetičke energije tijela

Broj mjerenja	m (kg)	h (m)	l (m)	t (s)	v (m/s)	E_p (J)	E_k (J)	ΔE (J)
1.								
2.								
3.								

Zapažanje i zaključak

1. Koju energiju kolica imaju na vrhu, a koju na dnu strme ravni?
2. Od čega zavise potencijalna i kinetička energija kolica?
3. Uporediti vrijednosti potencijalne energije kolica na vrhu strme ravni i kinetičke energije kolica na dnu. Da li postoje razlike? Zašto?
4. Šta se može zaključiti ako je razlika između početne E_p i završne E_k vrlo mala?
5. Kako objasniti gdje nestaje dio energije ako E_p i E_k nisu potpuno jednake?
6. Na osnovu rezultata mjerenja, da li se može potvrditi zakon očuvanja mehaničke energije?

PROVOĐENJE TOPLOTE KROZ ČVRSTA TIJELA

Oblast / tematska cjelina: Molekularna fizika i termodinamika

Cilj vježbe: Provjeriti provođenje toplote kroz metalnu šipku.

Teorijski uvod

Toplotna vodljivost karakteristika je materijala koja nam govori koliko brzo toplota prolazi kroz njega. Materijali koji dobro provode toplotu nazivaju se toplotni vodiči. U pravilu, materijali koji su dobri električni vodiči također su i dobri toplotni vodiči.

Najbolji električni i toplotni vodiči jesu metali.

Toplotna provodljivost metalne šipke može se jednostavno ispitati na način koji će biti opisan u nastavku. Na šipku, koja se na jednom kraju zagrijava svijećom, nanosi se više kuglica voska na različitim udaljenostima od svijeće. Posmatra se vrijeme topljenja svake kuglice i na osnovu toga računa brzina topljenja voska prema formuli:

$$v = \frac{s}{t} \quad (1),$$

gdje je: v – brzina topljenja voska (cm/s), s – udaljenost kuglice od izvora toplote (cm), t – vrijeme potrebno da se kapljica otopi (s).

Na ovaj način možemo uočiti da će brzina topljenja voska za kuglice na različitim udaljenostima od svijeće biti različita.

Zadatak: Izmjeriti vremenski period potreban da se vosak otopi

Potreban pribor

1. Svijeća
2. Metalna šipka dužine od 20 cm do 50 cm
3. Stativ
4. Štoperica
5. Papir i olovka
6. Tri jednake kuglice od voska



Slika 34. Svijeća zagrijava metalnu šipku na kojoj se nalazi vosak

Postupak izvođenja mjerenja

1. Tri kuglice voska nanijeti na metalnu šipku na međusobno jednakim rastojanjima s kao na Slici 34.
2. Šipku fiksirati za stalak.
3. Postaviti svijeću ispod šipke. Izmjeriti udaljenost prve, druge i treće kuglice od svijeće (s_1 , s_2 i s_3 , respektivno). Udaljenosti se mjere duž šipke, od mjesta gdje se nalazi kuglica do mjesta na šipci vertikalno iznad svijeće.
4. Upaliti svijeću i postaviti je bliže jednog kraja šipke.
5. Štopericom mjeriti vremena (t_1 , t_2 , t_3) za koja se otope kuglice voska i unositi u Tabelu 38.
6. Sačekati da se šipka ohladi i još dva puta ponoviti mjerenja.

Tabela 38. Mjerenje vremena topljenja voska

Broj mjerenja	s_1 (cm)	t_1 (s)	s_2 (cm)	t_2 (s)	s_3 (cm)	t_3 (s)
1.						
2.						
3.						

Zapažanje i zaključak

Kroz šipku se toplota postepeno prenosi s jednog kraja na drugi, što vidimo po zagrijavanju i otapanju kuglica voska.

1. Kako se mijenja vrijeme topljenja voska kada se kuglice nalaze dalje od plamena? Objasniti zašto.
2. Postoji li pravilan odnos između udaljenosti kuglice od plamena i vremena njenog topljenja?
3. Na osnovu rezultata, da li se toplota kroz metalnu šipku prenosi ravnomjerno? Iz kojih se podataka može izvesti taj zaključak?
4. Šta se može zaključiti o načinu provođenja toplote u metalu (provodnost)?
5. Kako objasniti pojavu topljenja voska na različitim mjestima koristeći pojmove toplota, provodljivost i temperatura?

Preporuka nastavnicima

Učenici mogu izmjeriti brzine topljenja voska za sve udaljenosti i predstaviti rezultate grafički (s - t graf) te na osnovu grafa diskutirati o načinu provođenja toplote kroz šipku. Kakva je zavisnost između fizikalnih veličina? Uporediti vremenske intervale topljenja susjednih kuglica voska.

MJERENJE PRITISKA VODE NA RAZLIČITIM DUBINAMA

Oblast / tematska cjelina: Mehanika fluida / Hidrostatički pritisak

Cilj vježbe: Eksperimentalno istražiti promjenu hidrostatičkog pritiska s dubinom.

Teorijski uvod

Hidrostatički pritisak jeste pritisak koji tečnost vrši svojom težinom na dno i zidove posude, kao i na svako tijelo uronjeno u nju. Pored dubine, hidrostatički pritisak zavisi i od gustine tečnosti i visine vodenog stuba, ali ne zavisi od oblika posude. Vrijednost hidrostatičkog pritiska određujemo prema formuli:

$$p = \rho gh \quad (1),$$

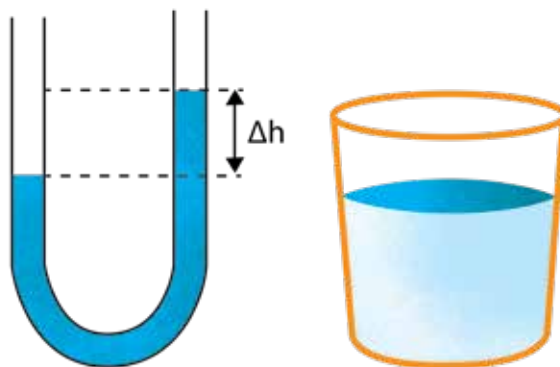
gdje je: p – pritisak, ρ – gustina tečnosti, g – gravitaciono ubrzanje (približno $9,81 \text{ m/s}^2$), h – dubina (visina stuba tečnosti).

Manometar je instrument namijenjen za mjerenje pritiska gasova i tečnosti. U-cijevni manometar sastoji se od staklene cijevi savijene u obliku slova U, ispunjene tečnošću (najčešće vodom ili ži-vom). Kada se jedan kraj poveže s posudom u kojoj se vrši mjerenje, dolazi do pomjeranja nivoa tečnosti u krakovima. Razlika u visini tečnosti proporcionalna je vrijednosti pritiska.

Digitalni manometar koristi elektronske senzore koji pritisak pretvaraju u električni signal, a vrijednost se zatim prikazuje na ekranu. Ovakav uređaj omogućava brzo i precizno očitavanje.

Potreban pribor

1. Set *Mini Kit Basic Physics: Mechanics, Cornelsen Experimenta*
2. Prozirni cilindar (visine min. 20 cm)
3. Plastična boca konusnog oblika (za poređenje oblika)
4. Manometar (U-cijevni ili digitalni, po mogućnosti)
5. Plastično crijevo
6. Lijepak (ili guma) za fiksiranje sonde
7. Voda (sobne temperature)
8. Mjerilo dužine (lenjir ili metar)



Slika 35. Postavka eksperimenta

Zadatak A: Izmjeriti hidrostatski pritisak na različitim dubinama tečnosti

Postupak izvođenja mjerenja (Slika 35)

1. Postaviti prozirni cilindar na čvrstu podlogu i napuniti ga vodom do visine od najmanje 20 cm.
2. Spojiti crijevo s manometrom i provjeriti da nema curenja zraka.
3. Uroniti crijevo do dubine 5 cm i očitati vrijednost pritiska u cilindru p_1 .
4. Ponoviti mjerenje na dubinama od 10 cm, 15 cm i 20 cm, te rezultate unijeti u Tabelu 39.
5. Isprazniti cilindar i napuniti konusnu bocu do iste visine (20 cm).
6. Ponoviti mjerenja pritiska na istim dubinama (5 cm, 10 cm, 15 cm i 20 cm) u konusnoj boci i očitati vrijednosti p_2 .
7. Unijeti rezultate mjerenja p_2 u Tabelu 39.
8. Uporediti rezultate pritiska u cilindru i konusnoj boci.

Napomena

Ukoliko se koristi U-cijevni manometar, potrebno je izmjeriti razliku nivoa vode u cijevi Δh , a pritisak izračunati korištenjem formule (1). Za gustinu vode uzeti vrijednost $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Nastavnik može unaprijed izračunati teorijske vrijednosti koristeći istu vrijednost gustine vode i gravitacionog ubrzanja da se uporede s izmjerenim rezultatima.

Tabela 39. Određivanje hidrostatskog pritiska

Broj mjerenja	Δh (m)	p_1 (kPa)	p_2 (kPa)
1.			
2.			
3.			
4.			

Zapažanje i zaključak

1. Šta se dešava s pritiskom kada povećavamo dubinu u tečnosti?
2. Šta ti govori činjenica da su pritisci na istoj dubini u različitim oblicima posuda gotovo jednaki?
3. Na osnovu kojih rezultata možete zaključiti od čega zavisi hidrostatski pritisak – od visine tečnosti ili od oblika posude?
4. Zašto je važno da pritisak zavisi samo od visine stuba tečnosti, a ne od oblika posude?

Oblast / tematska cjelina: Mehanika / Mehanika fluida – sila potiska (Arhimedova sila)

Cilj vježbe: Eksperimentalno dokazati Arhimedov zakon

Teorijski uvod

Kada tijelo uronimo u tečnost, ono postaje lakše za težinu tečnosti koju je istisnulo. Razlika između težine tijela u zraku i težine tijela u tečnosti jednaka je sili potiska.

Na uronjeno tijelo djeluje hidrostatski pritisak u svim smjerovima. Pritisci na istim dubinama međusobno se poništavaju, ali zbog visine tijela, pritisak na donju površinu veći je od pritiska na gornju. Razlika tih pritisaka stvara silu potiska, koja je usmjerena suprotno od sile Zemljine teže.

Veličina sile potiska jednaka je težini istisnute tečnosti, a ta pojava naziva se Arhimedov zakon.

- Ako je sila potiska veća od težine tijela – tijelo će isplivati.
- Ako je manja – tijelo će potonuti.
- Ako je jednaka težini tijela – tijelo će lebdjeti u tečnosti.

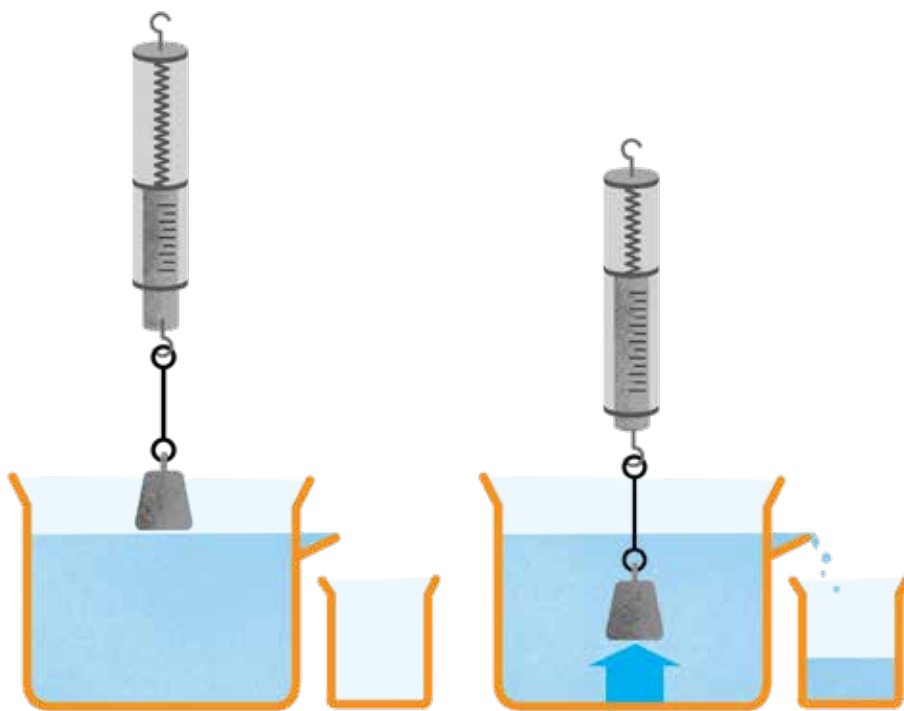
Težina istisnute tečnosti G može se izračunati pomoću formule:

$$G = F_{pot} = \rho g V \quad (1),$$

gdje je: ρ – gustina tečnosti (za vodu: 1000 kg/m^3), g – gravitaciono ubrzanje ($9,81 \text{ m/s}^2$), V – zapremina uronjenog tijela.

Potreban pribor

1. Set *Mini Kit Basic Physics: Mechanics, Cornelsen Experimenta*
2. Prozirni cilindar (ili visoka čaša sa skalom)
3. Opužna vaga (dinamometar)
4. Tijelo za uranjanje (metalni blok ili plastični blok iz *Cornelsen* seta)
5. Voda
6. Posuda za hvatanje istisnute vode
7. Mjerna čaša
8. Stalak (ako je potrebno da stabiliziramo dinamometar)



Slika 36. Postavka eksperimenta

Zadatak: Odrediti silu potiska koja djeluje na tijelo uronjeno u vodu

Postupak izvođenja mjerenja

1. Pomoću dinamometra izmjeriti težinu tijela u vazduhu G kao na Slici 36.
2. U cilindar sipati vodu do vrha.
3. Pored cilindra postaviti menzuru u koju ćete sakupiti istisnutu vodu.
4. Pažljivo uroniti tijelo u vodu da ne dotakne dno.
5. Dinamometrom izmjeriti težinu tijela u vodi G_t .
6. Sakupiti istisnutu vodu i izmjeriti njen volumen V u menzuri.
7. Izračunati razliku u težini tijela u zraku i u vodi – to je sila potiska F_p .
8. Podatke upisati u Tabelu 40.

Tabela 40. Određivanje sile potiska

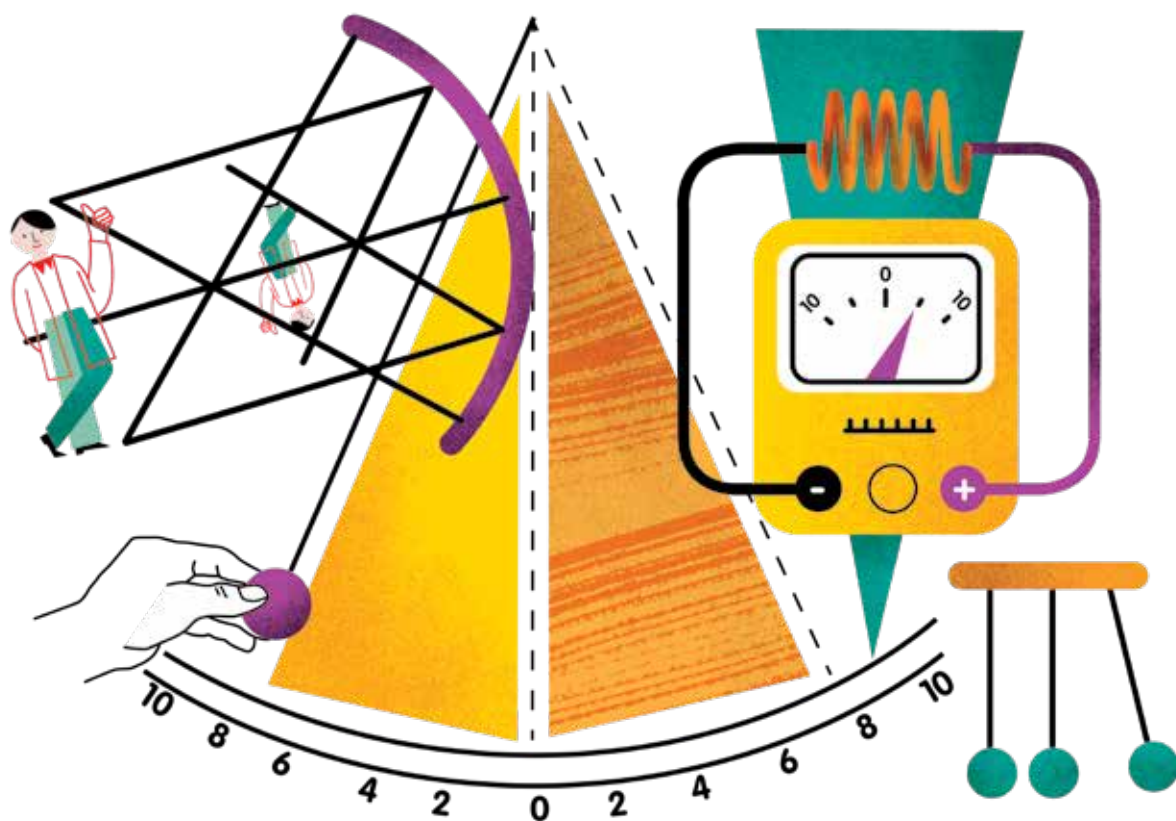
Broj mjerenja	G (N)	G_t (N)	V (m ³)	F_p (N)
1.				
2.				
3.				

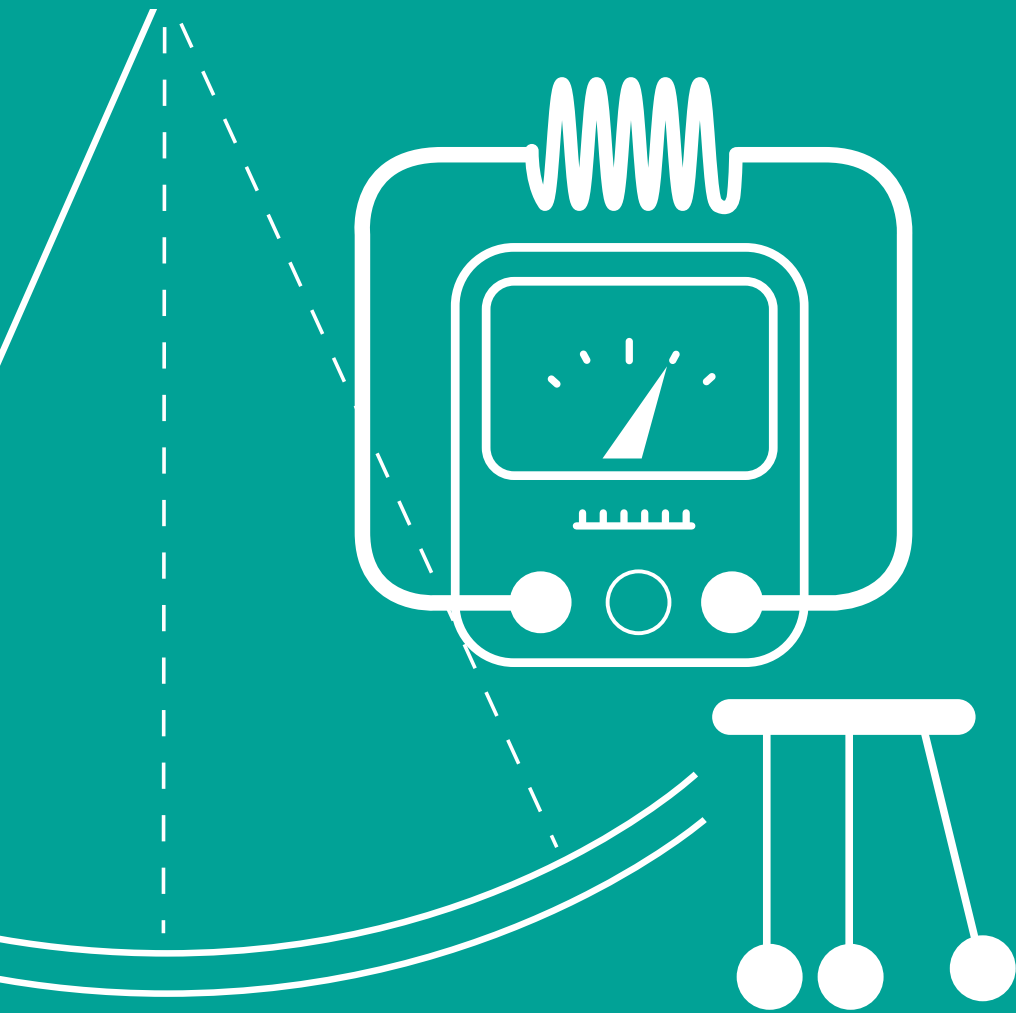
Zapažanje i zaključak

1. Da li postoji razlika u težinama tijela u zraku i u vodi?
2. Zašto je tijelo u vodi prividno "lakše" nego u zraku?
3. Šta bi se desilo s težinom tijela u vodi ako biste ga uronili samo dopola?
4. Ako znate zapreminu istisnute vode, kako možete izračunati njenu težinu?
5. Da li bi sila potiska bila veća u vodi ili u ulju? Objasnite.
6. Ako imate dva tijela istih masa ali različitih oblika, da li će sila potiska uvijek biti ista? Objasnite.
7. Kako gustina tečnosti utječe na silu potiska?
8. Može li tijelo koje je teže od vode ipak plutati? Kada?
9. Koja svojstva tijela (masa, oblik, zapremina) utječu na to hoće li tijelo potonuti ili plutati?
10. Navedite jedan svakodnevni primjer gdje se koristi sila potiska.

3.

VJEŽBE 9. RAZRED





Oblast / tematska cjelina: Elektricitet i magnetizam / Elektrostatika

Cilj vježbe: Istražiti pojavu elektrostatičkog naelektrisanja.

Teorijski uvod

Elektrostatika je oblast fizike koja se bavi osobinama električnog naboja u stanju mirovanja. Kada se dvije različite tvari trljaju, dolazi do prenosa elektrona s jednog tijela na drugo. Materijal koji primi elektrone postaje negativno naelektrisan, a onaj koji ih izgubi postaje pozitivno naelektrisan.

Naelektrisana tijela međudjeluju tako da se naboji istog predznaka odbijaju, a naboji suprotnog predznaka privlače. Neutralna tijela (ona bez ukupnog naboja) mogu se privući zbog elektrostatičke indukcije – pojave pri kojoj se naboji unutar tijela razmještaju usljed prisustva vanjskog električnog polja.

Ova pojava predstavlja osnovu svakodnevnih efekata statičkog elektriciteta, koji se manifestiraju, naprimjer, pri podizanju vlasi kose, pri oblačenju odjevnih predmeta od sintetike ili kada se lagani papirići privlače prema češlju nakon trljanja.

Potreban pribor

1. Dvije plastične šipke (npr. iz seta *Mini Kit Magnetism/Electrostatics, Cornelsen Experimenta*)
2. Vunena i svilena tkanina
3. Papirići, aluminijska i plastična folija
4. Konac i stalak s kukom
5. Pinceta (opcionalno)

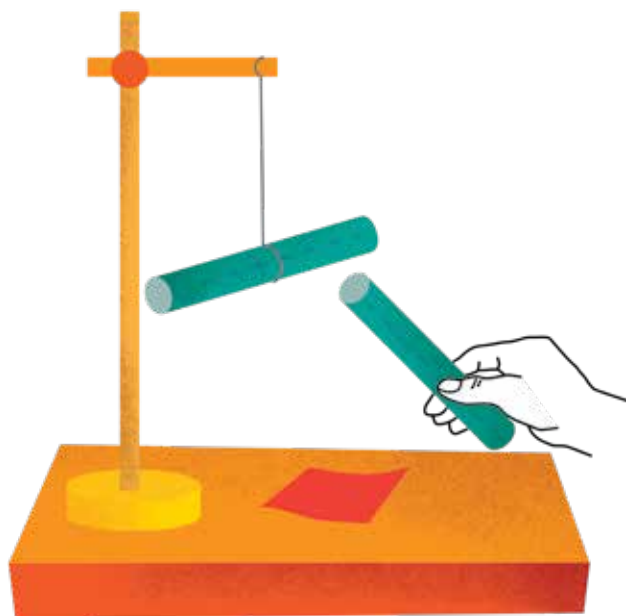
Zadatak: Demonstrirati pojavu naelektrisanja trenjem

Mjere opreza i zbrinjavanje otpada

- Pažljivo rukovati plastičnim šipkama kako ne bi došlo do loma.
- Ne usmjeravati šipke prema očima dok se trljaju.
- Koristiti isključivo predviđene materijale iz *Cornelsen* seta.
- Nema otpada koji zahtijeva posebno zbrinjavanje – svi materijali višekratno su upotrebljivi.

Postupak izvođenja mjerenja

1. Protrljati plastičnu šipku vunenom tkaninom 20–30 sekundi i zatim je objesiti pomoću konca da visi na stalku.
2. Uzeti drugu šipku, protrljati je vunenom tkaninom i pažljivo je približiti visećoj šipki. Posmatrati i opisati ponašanje. (Postavka kao na Slici 37.)
3. Ponovo protrljati drugu šipku, ali sada svilom. Približiti je visećoj šipki i uporediti ponašanje s prethodnim slučajem.
4. Ispitati kako se ponašaju lagani predmeti (papirići, folija) kada im se približi bilo koja od naelektrisanih šipki.
5. Zabilježiti opažanja za sve situacije u Tabelu 41.



Slika 37. Izvođenje vježbe

Tabela 41. Opažanje pojave naelektrisanja

Situacija	Posmatrano ponašanje	Zaključak
Obje šipke protrljane vunom		
Šipke protrljane različitim tkaninama		
Naelektrisana šipka i lagani papirići		

Zapažanje i zaključak

1. Zašto dolazi do odbijanja kada su obje šipke protrljane istom tkaninom?
2. Kako možete zaključiti da su dvije šipke naelektrisane nabojima različitog predznaka?
3. Kako reagira neutralno tijelo na blizinu naelektrisanog tijela? Objasniti zašto.
4. Može li se naelektrisanje proizvesti bez baterije ili izvora struje? Objasniti.
5. Koji svakodnevni primjeri pokazuju pojave elektrostatike?

KONDENZATOR

Oblast / tematska cjelina: Elektricitet i magnetizam / Elektrostatika – kapacitet i skladištenje naboja

Cilj vježbe: Istražiti princip rada kondenzatora.

Teorijski uvod

Kondenzator je elektronička komponenta koja služi za pohranjivanje električnog naboja između dviju vodljivih ploča razdvojenih izolacijskim slojem – dielektrikom. Kada se kondenzator priključi na izvor napona, elektroni se nakupljaju na jednoj ploči, dok se na drugoj istovremeno stvara jednaka količina pozitivnog naboja. Taj proces naziva se *punjenje kondenzatora*.

Nakon što se izvor ukloni, a kondenzator spoji na potrošač (npr. sijalicu), nakupljeni se naboj postupno oslobađa. Taj se proces zove *pražnjenje kondenzatora*.

Kondenzatori imaju vrlo široku primjenu u elektrotehnici i elektronici: koriste se u filtriranju signala, stabilizaciji napajanja, vremenskim sklopovima i mnogim drugim uređajima.

U ovom ogledu učenici će opažati promjenu napona tokom procesa punjenja i pražnjenja kondenzatora. Ta promjena predstavlja jasan eksperimentalni dokaz da kondenzator zaista pohranjuje i oslobađa električni naboj.

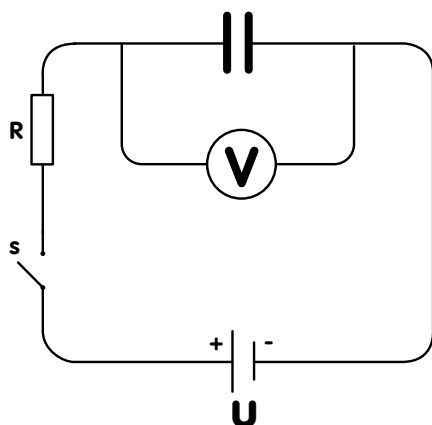
Potreban pribor

1. Kondenzator (npr. 100 μF ili 470 μF iz seta *Student Kit: Everyday Electricity and Magnetism, Cornelsen Experimenta*)
2. Voltmetar (analogni ili digitalni)
3. Izvor napona (npr. baterija od 4,5 V ili 9 V)
4. Spojni kablovi sa štipaljkama
5. Otpornik ili mala sijalica (opcionalno – za vizualno praćenje pražnjenja)
6. Tajmer ili štoperica (opcionalno – za mjerenje vremena pražnjenja)

Zadatak: Demonstrirati punjenje i pražnjenje kondenzatora

Mjere opreza i zbrinjavanje otpada

- Nemojte kratko spajati kondenzator direktno, jer to može izazvati varničenje i oštetiti komponentu.
- Pažljivo rukovati voltmetrom i izbjegavati spajanje na previsoke napone.
- Nemojte rukovati električnim komponentama mokrim rukama.
- Nema otpada koji zahtijeva posebno zbrinjavanje – svi elementi višekratni su i predviđeni za obrazovnu upotrebu.



Slika 38. Postavka eksperimenta

Postupak izvođenja mjerenja

1. Kondenzator spojiti paralelno s voltmetrom kao na Slici 38.
2. Pomoću kablova povezati kondenzator na izvor napona (pri radu s elektrolitskim kondenzatorima obavezno obratiti pažnju na polaritet).
3. Posmatrati pokazivanje voltmetra i bilježiti porast napona. Ova faza predstavlja punjenje kondenzatora. Vrijednosti napona sistematski unositi u Tabelu 42.
4. Nakon 5–10 sekundi, isključiti izvor napona.
5. Na kondenzator spojiti otpornik ili sijalicu. Posmatrati voltmetar i bilježiti pad napona, čime se uočava proces pražnjenja kondenzatora. Rezultate također evidentirati u Tabelu 42.
6. (Opcionalno) Izmjeriti vrijeme potrebno da napon padne ispod 1 V i zabilježiti u Tabelu 42.
7. (Za napredne grupe) Ispitati ponašanje različitih kondenzatora ili koristiti različite napone, a zatim uporediti brzinu punjenja (pražnjenja).

Tabela 42. Opažanje punjenja i pražnjenja kondenzatora

Faza eksperimenta	U (V)	Opažanje
Početno stanje		
Tokom punjenja		
Tokom pražnjenja		

Zapažanje i zaključak

1. Kako se mijenjao napon na kondenzatoru tokom punjenja?
2. Po čemu se može zaključiti da se kondenzator ispraznio?
3. Šta se dogodilo sa sijalicom (ako je korištena)?
4. Može li kondenzator odmah predati svu svoju energiju? Objasniti.
5. Gdje bismo u svakodnevnom životu mogli koristiti kondenzator?

ELEKTRIČNA PROVODLJIVOST ČVRSTIH SUPSTANCI

Oblast / tematska cjelina: Elektricitet i magnetizam – Električna struja

Cilj vježbe: Istražiti i utvrditi koja čvrsta tijela provode električnu struju.

Teorijski uvod

Električna provodljivost jeste sposobnost materijala da provodi električnu struju. Kod čvrstih supstanci provodljivost zavisi od prisutnosti slobodnih elektrona ili drugih nosilaca naelektrisanja. Metali su dobri provodnici jer imaju slobodne elektrone koji se mogu slobodno kretati kroz kristalnu rešetku. Kod izolatora su svi elektroni vezani za atome, pa oni gotovo uopće ne provode električnu struju. Električna provodljivost može se povećati dopiranjem ili promjenom temperature, posebno kod poluprovodnika.

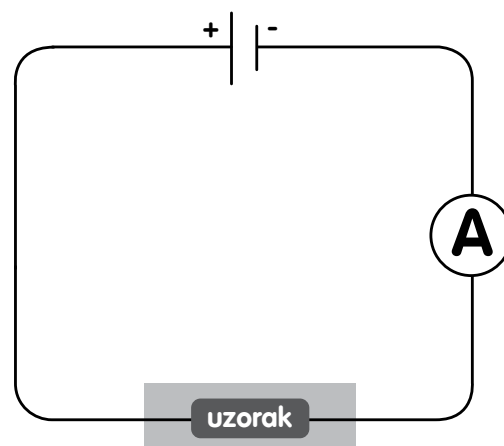
Zadatak: Izmjeriti jačinu struje kroz različite materijale

Potreban pribor

1. Set *Student Kit: Everyday Electricity and Magnetism, Cornelsen Experimenta*
2. Izvor niskog napona (baterija)
3. Ampermetar
4. Spojni kablovi sa štipaljkama
5. Držac za uzorke
6. Uzorci različitih materijala istih dimenzija (metal, grafit, plastika, drvo, staklo)

Postupak izvođenja mjerenja

1. Prije spajanja kola isključiti izvor napona.
2. Povezati bateriju, ampermetar i držac uzorka u seriju (postavka prikazana na Slici 39).
3. Postaviti prvi uzorak u držac i zatvoriti kolo.
4. Uključiti izvor napona i očitati jačinu struje I . Očitavanja bilježiti u Tabelu 43.
5. Isključiti izvor napona, ukloniti prethodni uzorak i postaviti sljedeći.
6. Ponoviti mjerenja za sve pripremljene uzorke.
7. Uporediti rezultate mjerenja i donijeti zaključak o provodljivosti različitih materijala.



Slika 39. Izvođenje mjerenja

Tabela 43. Mjerenje jačine struje kroz različite materijale

Broj mjerenja	Uzorci	I (A)
1.	Uzorak 1	
2.	Uzorak 2	
3.	Uzorak 3	

Zapažanje i zaključak

1. Koji su materijali pokazali dobru provodljivost? Zašto?
2. Koji materijali nisu pokazali dobru provodljivost? Zašto?
3. Koja je uloga ampermetra u strujnom kolu?
4. Zašto je važno prije zamjene uzoraka isključiti izvor napona?
5. Kako bismo mogli upotrijebiti ovu informaciju u svakodnevnom životu?

ELEKTRIČNA PROVODLJIVOST TEČNIH SUPSTANCI

Oblast / tematska cjelina: Elektricitet i magnetizam / Električne struje – provodljivost u različitim materijalima

Cilj vježbe: Ispitati i uporediti električnu provodljivost različitih tekućih supstanci.

Teorijski uvod

Električna provodljivost tekućina jeste sposobnost tekućina da provode električnu struju. U tekućinama provodljivost nastaje prisustvom slobodnih jona koji se kreću pod utjecajem električnog polja. Elektroliti, poput rastvora soli, kiselina ili baza u vodi, dobro provode struju jer sadrže veliki broj pokretnih jona. Čiste tekućine, poput destilovane vode, slabo provode električnu struju jer sadrže vrlo malo jona. Provodljivost tekućina zavisi od koncentracije jona, njihove pokretljivosti i temperature rastvora.

Potreban pribor

1. Set *Student Kit: Everyday Electricity and Magnetism (Cornelsen Experimenta)* s elektrodama za tekućine
2. Izvor napajanja (baterija ili napajanje niskog napona)
3. Ampermetar
4. Posude za tekućine
5. Različite tekućine: destilirana voda, slana voda, limunov sok, šećerna voda

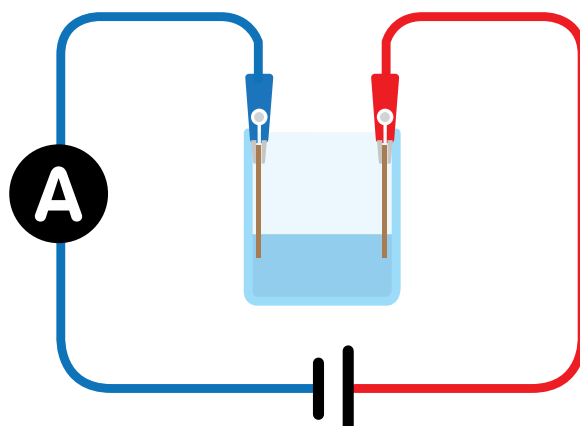
Zadatak: Izmjeriti jačinu struje kroz različite tekućine

Mjere opreza i zbrinjavanje otpada

- Koristiti samo sigurne i netoksične tekućine (npr. voda, slana voda, limunov sok).
- Izbjegavati korištenje zapaljivih ili otrovnih tekućina.
- Provjeriti da su svi spojevi sigurni i da nema rizika od kratkog spoja.
- Ne dirati elektrodu ili dijelove uređaja dok je uključen izvor napona.
- Nakon vježbe pažljivo odložiti tekućine u predviđene spremnike za otpad (posebno ako su korištene otopine soli ili kiseline).

Postupak izvođenja

1. Pripremiti elektrode i spojiti ih u električno kolo s izvorom napona i ampermetrom, kao što je prikazano na Slici 40.
2. Uroniti elektrode u prvu tekućinu (npr. destiliranu vodu) i očitati struju na ampermetru. Rezultate bilježiti u Tabelu 44.
3. Ponoviti postupak za svaku od drugih tekućina (slana voda, limunov sok, šećerna voda), svaki put bilježeći očitavanja u Tabelu 44.
4. Uporediti izmjerene vrijednosti i zapisati opažanja, ističući razlike u provodljivosti različitih supstanci.



Slika 40. Postavka eksperimenta

Tabela 44. Mjerenje jačine struje kroz različite tečnosti

Broj mjerenja	Uzorci	I (A)
1.	Uzorak 1	
2.	Uzorak 2	
3.	Uzorak 3	

Zapažanje i zaključak

1. Koji je osnovni razlog zbog kojeg neke tekućine provode električnu struju, a druge ne?
2. Da li neke tekućine provode električnu struju bolje od drugih? Objasnite zašto.
3. Kako se intenzitet struje razlikuje kod različitih tekućih supstanci i šta to pokazuje o njihovoj provodljivosti?
4. Šta bi pokazivao ampermetar ako elektrode uronimo u tekućinu koja ne sadrži jone?
5. Koja je uloga elektroda u ovom eksperimentu?

JEDNOSTAVNO ELEKTRIČNO KOLO – UPALIMO SIJALICU!

Oblast / tematska cjelina: Elektricitet i magnetizam / Strujno kolo

Cilj vježbe: Upoznati se s osnovnim elementima strujnog kola i uvjetima proticanja električne struje kroz kolo.

Teorijski uvod

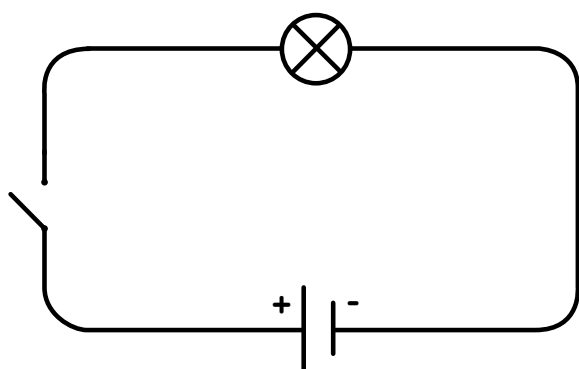
Električno kolo jeste put kojim se električna struja kreće od izvora (npr. baterije), prolazi kroz provodnike i potrošače (npr. sijalicu), a zatim se vraća natrag u izvor. Da bi struja mogla teći, kolo mora biti zatvoreno, što znači da svi njegovi dijelovi moraju biti povezani bez prekida.

Kada je kolo zatvoreno, elektroni prenose naboj kroz vodiče i pružaju energiju potrošačima da bi oni mogli raditi. Struja uvijek teče od pozitivnog pola izvora do negativnog kroz vanjsko kolo.¹

Potreban pribor

1. Jedan baterijski držač s baterijama (1,5 V ili 4,5 V ili iz seta *Student Kit: Everyday Electricity and Magnetism*, Cornelsen Experimenta, plug-in držač, 2 x 1,5 V, R6)
2. Jedna mala sijalica s grlom
3. Dva spojna kabla sa štipaljkama
4. Prekidač – opcionalno
5. Podloga za rad (dio *Cornelsen* seta)

Zadatak: Sastaviti osnovno strujno kolo u kojem sijalica svijetli



Slika 41. Shema jednostavnog električnog kola

1. Bitno je napomenuti sljedeće o smjeru struje:

- Tehnički smjer struje jeste smjer u kojem se smatra da struja teče u električnom kolu. Prema dogovoru, to je od pozitivnog pola izvora napajanja prema negativnom polu kroz vanjsko kolo. Ovaj smjer koristi se u većini tehničkih crteža i proračuna.
- Fizički smjer struje odnosi se na stvarni smjer kretanja elektrona unutar vodiča. Elektroni su negativno nabijene čestice i kreću se od negativnog pola prema pozitivnom polu izvora, što je suprotno od tehničkog smjera struje.

Važno je znati da, iako se elektroni kreću u jednom smjeru, u praksi se za analizu struje koristi tehnički smjer jer je standardiziran i olakšava razumijevanje i crtanje električnih kola.

Postupak izvođenja mjerenja

1. Pomoću spojnih kablova spojiti električno kolo prikazano na Slici 41: jedan kraj prvog spojnog kabla povezati s pozitivnim (+) polom baterije, a drugi kraj s grlom sijalice. Zatim drugi spojni kabal spojiti između drugog kontakta sijalice i negativnog (–) pola baterije.
2. Posmatrati da li sijalica svijetli, što ukazuje da je kolo zatvoreno i da kroz njega teče električna struja.
3. Prekinuti jedan od spojeva i ponovo posmatrati da li sijalica svijetli.

Zapažanje i zaključak

1. Šta se događa sa sijalicom kada je kolo nepotpuno (npr. kada je spojen samo jedan kabal ili kada se jedan kabal odvoji)?
2. Šta se događa kada spojimo sve dijelove kola i ono postane zatvoreno?
3. Koja je uloga baterije u električnom kolu?
4. Kako možemo znati da električna struja teče kroz kolo?

JEDNOSTAVNO ELEKTRIČNO KOLO – OTVARANJE I ZATVARANJE ELEKTRIČNOG KOLA

Oblast / tematska cjelina: Elektricitet i magnetizam / Električne struje – upravljanje protokom struje u kolu

Cilj vježbe: Istražiti ulogu prekidača u strujnom kolu.

Teorijski uvod

Jednostavno električno kolo sastoji se od izvora električne energije, provodnika, potrošača (npr. sijalice) i prekidača. Električna struja može teći samo zatvorenim putanjom kroz sve dijelove kola. Prekidač ima ulogu kontrolne komponente:

- kada je prekidač zatvoren, kolo je zatvoreno, električna struja teče i potrošač radi (npr. sijalica svijetli);
- kada je prekidač otvoren, kolo je prekinuto, električna struja ne teče i potrošač ne radi.

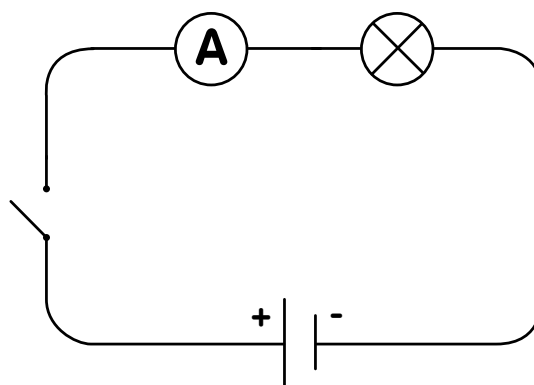
Potreban pribor

1. Set *Student Kit: Everyday Electricity and Magnetism, Cornelsen Experimenta*
2. Izvor jednosmjernog napona (baterija)
3. Spojni kablovi sa štipaljkama
4. Prekidač
5. Mala sijalica ili otpornik kao potrošač
6. Ampermetar (opcionalno)
7. Podloga za rad (dio *Cornelsen* seta – opcionalno)

Zadatak: U strujno kolo spojiti prekidač u svrhu reguliranja protoka električne struje

Postupak izvođenja mjerenja

1. Spojiti strujno kolo prema datoj shemi (Slika 42), pri čemu su baterija, prekidač i sijalica povezani serijski. Ako se planira mjerenje jačine električne struje, u isti niz serijski se uključuje i ampermetar.
2. Otvoriti prekidač i uočiti da je kolo prekinuto.
3. Zatvoriti prekidač kako bi se kolo zatvorilo i posmatrati šta se dešava sa sijalicom. Ako je ampermetar uključen, očitati pokazivanje instrumenta.



Slika 42. Strujno kolo s prekidačem

4. Nekoliko puta ponoviti otvaranje i zatvaranje prekidača, bilježeći promjene na sijalici i eventualna očitavanja ampermetra.
5. Razmisliti i razgovarati o ulozi prekidača u kolu, njegovom utjecaju na protok struje i na rad sijalice.

Zapažanje i zaključak

1. Šta se događa sa sijalicom kada otvorimo prekidač?
2. Koja je uloga prekidača u električnom kolu?
3. Kako možemo znati da struja teče kroz kolo?
4. Zašto je važno da su spojevi u kolu čvrsti i sigurni?
5. Zašto je korisno imati mogućnost prekidanja i zatvaranja električnog kola?

ELEKTRIČNA STRUJA U STRUJNIM KRUGOVIMA BEZ GRANANJA

Oblast / tematska cjelina: Elektricitet i magnetizam / Elektricitet – električni krugovi

Cilj vježbe: Istražiti jačinu električne struje na različitim mjestima u jednostavnom (serijskom) električnom kolu bez grananja.

Teorijski uvod

Komponente u električnom kolu mogu se povezivati na dva osnovna načina – serijski i paralelno. Serijska veza podrazumijeva da su sve električne komponente povezane u lanac jedna za drugom. Struja koja prolazi kroz sve komponente u serijskoj vezi uvijek je ista. Ukupni napon izvora raspoređuje se na komponente proporcionalno njihovom otporu. Ako se prekine veza ili pokvari samo jedna komponenta, cijelo kolo prestaje raditi. Ukupni otpor jednak je zbiru pojedinačnih otpora, pa povećanjem broja otpornika struja u kolu slabi. Naprimjer, dvije sijalice spojene serijski svijetlit će slabije nego kada su spojene na drugi način. Serijska veza koristi se kada je potrebno da isti protok struje prolazi kroz sve dijelove sistema, ali joj je nedostatak nepouzdanost u slučaju prekida. Paralelna veza podrazumijeva da su električne komponente spojene tako da svaka od njih ima vlastiti put prema izvoru. U tom slučaju napon na svakoj komponenti jednak je naponu izvora, dok se ukupna struja dijeli između grana. Prednost paralelne veze jeste što kvar jedne grane ne prekida rad ostalih – naprimjer, ako pregori jedna sijalica, ostale nastavljaju normalno svijetliti. Ukupni otpor u paralelnoj vezi manji je od najmanjeg pojedinačnog otpora, pa je struja u kolu veća nego kod serijskog povezivanja. Zbog toga se paralelna veza najčešće primjenjuje u kućnim instalacijama i rasvjeti, gdje je važna sigurnost i neprekidnost rada.

Potreban pribor

Iz seta *SEK Electricity 1*:

1. Otpornik 33 Ω
2. Otpornik 47 Ω
3. Prekidač (sklopka)
4. Spojni kablovi sa štipaljkama

Dodatno potrebno:

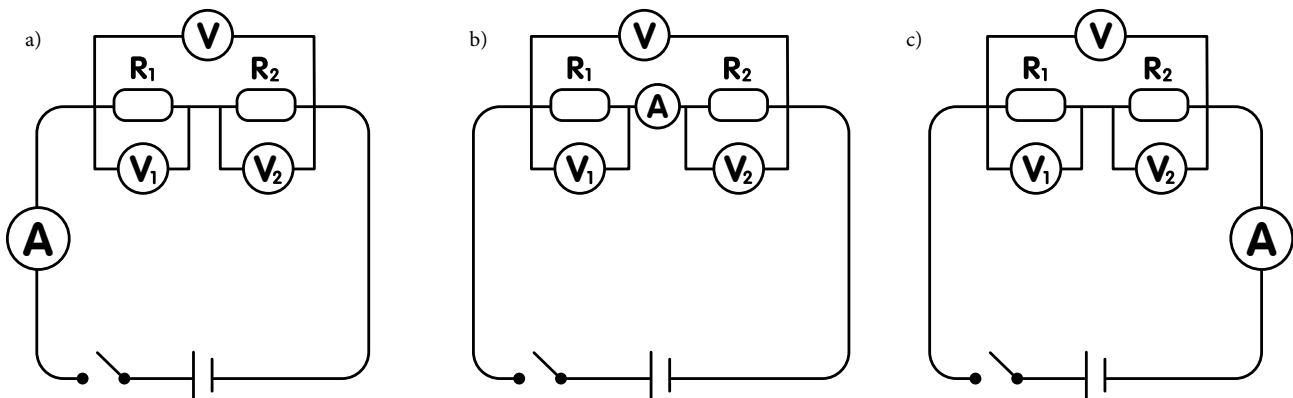
5. Osnovna ploča iz seta (1000789)
6. Izvor napajanja iz seta (DC, 230 V: 1000998 / 115 V: 1000997)
7. Multimetar ESCOLA 2 (1006811)

Zadatak: Izmjeriti jačinu struje u različitim dijelovima serijskog strujnog kola

Postupak izvođenja mjerenja

1. Sastavite jednostavno serijsko strujno kolo prema shemi na Slici 43a, koji sadrži dva otpornika i prekidač. Cilj ovog postavljanja jeste provjeriti da je jačina struje ista u cijelom kolu. Konvencionalno, mogu se dodati i voltmetri, u slučaju da se planira mjerenje napona.
2. Podesite izvor napajanja na 6 V DC.
3. Postavite ampermetar na najveći opseg: 3000 mA.
4. Prije uključivanja provjerite ispravnost spojeva i postavki.

5. Uključite napajanje.
6. Zatvorite prekidač i postupno smanjite opseg mjerenja dok ne dobijete precizno očitavanje jačine struje I_1 . Unesite vrijednost u Tabelu 45.
7. Sastavite strujno kolo prema shemi na Slici 43b i očitajte jačinu struje I_2 . Unesite vrijednost u Tabelu 45.
8. Sastavite strujno kolo prema shemi na Slici 43c i očitajte jačinu struje I_3 . Unesite vrijednost u Tabelu 45.
9. Podesite napon izvora na 3 V i ponovite cijeli eksperiment (koraci 6–8). Rezultate unesite u Tabelu 45.
10. Nakon završetka mjerenja, isključite napajanje i provjerite da je kolo prekinuto.



Slika 43. Otpornici u serijskoj vezi

Tabela 45. Mjerenje jačine struje u serijskoj vezi

Broj mjerenja	U (V)	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)
1.				
2.				
3.				

Zapažanje i zaključak

1. Uporedite vrijednosti jačine struje pri konstantnom naponu.
2. Šta možete zaključiti o raspodjeli električne struje u serijskoj vezi u strujnom kolu?
3. Obrazložite raspodjelu struje u serijskoj vezi u strujnom kolu.

VEZIVANJE IZVORA NAPONA

Oblast / tematska cjelina: Elektricitet i magnetizam / Električni krugovi – izvori napona

Cilj vježbe: Ispitati kako se ukupni napon i jačina struje mijenjaju pri povezivanju izvora napona u serijsku i paralelnu vezu.

Teorijski uvod

Serijska veza naponskih izvora znači da su izvori povezani tako da se pozitivni pol jednog spaja na negativni pol sljedećeg izvora. U serijskoj vezi naponi se sabiraju pa ukupni napon raste, dok je jačina struje ista kao kod jednog izvora. Naprimjer, dvije baterije od 1,5 V povezane serijski daju ukupni napon od 3 V. Ova veza koristi se kada je potreban veći napon za rad električnog uređaja. Paralelna veza naponskih izvora znači da su svi pozitivni polovi spojeni zajedno, kao i svi negativni. U paralelnu vezu mogu se spajati samo naponski izvori koji imaju isti napon (npr. 12 V). U paralelnoj vezi ukupni napon ostaje isti kao kod jednog izvora, ali se povećava jačina struje. Struja iz paralelno povezanih izvora veća je jer se dijeli opterećenje među izvorima. Ova veza koristi se kada je važna dugotrajnost i pouzdanost napajanja.

Pravilnom kombinacijom serijske i paralelne veze može se dobiti željeni napon i struja za različite potrebe.

Potreban pribor

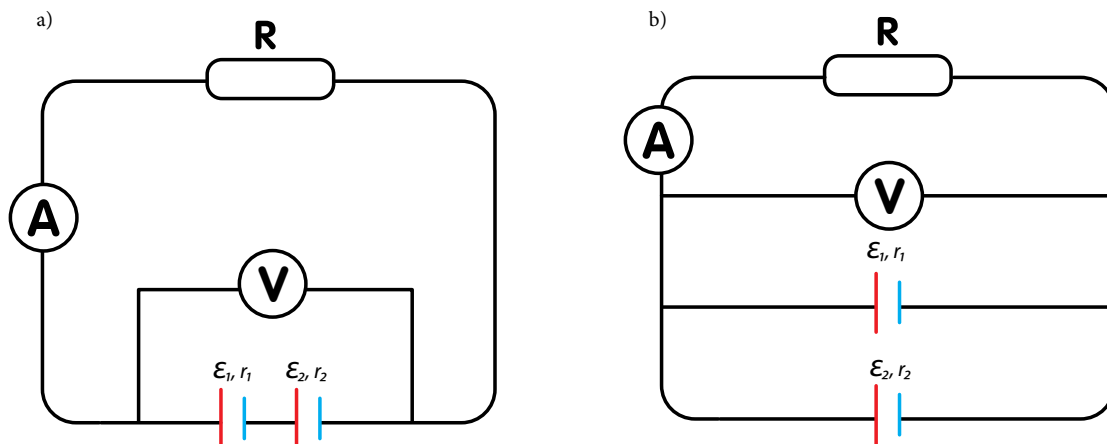
1. Set *Student Kit: Everyday Electricity and Magnetism, Cornelsen Experimenta*
2. Baterije (npr. 1,5 V)
3. Spojni kablovi sa štipaljkama
4. Voltmetar
5. Ampermetar
6. Otpornik ili sijalica (opcionalno)

Zadatak: Izmjeriti jačinu struje i napon u strujnom kolu s različitim brojem serijski i paralelno vezanih baterija

Postupak izvođenja mjerenja

1. Spojiti dvije baterije u serijsku vezu (plus na minus) i spojiti voltmetar na krajeve kao na Slici 44a. Zabilježiti napon U . Uključiti ampermetar u kolo i izmjeriti jačinu struje I . Zapisati podatke u Tabelu 46.
2. Spojiti voltmetar paralelno s prvom baterijom i izmjeriti napon U_1 . Zatim spojiti voltmetar paralelno s drugom baterijom i izmjeriti napon U_2 . Zapisati izmjerene vrijednosti u Tabelu 46.
3. Povezati dvije baterije u paralelnu vezu (plus na plus, minus na minus) kao na Slici 44b i izmjeriti napon U . Uključiti ampermetar u kolo i izmjeriti jačinu struje I . Zapisati podatke u Tabelu 47.
4. Spojiti ampermetar serijski s prvom baterijom i izmjeriti jačinu struje I_1 . Zatim spojiti ampermetar serijski s drugom baterijom i izmjeriti jačinu struje I_2 . Zapisati izmjerene vrijednosti u Tabelu 47.

5. Povezati tri, četiri i pet baterija u serijsku i paralelnu vezu, te ponoviti korake od 1 do 4.
6. Opcionalno, dodati otpornik ili sijalicu u kolo i posmatrati promjene na ampermetru i voltmetru.



Slika 44. Serijska i paralelna veza baterija

Tabela 46. Mjerenje napona i jačine struje pri serijskoj vezi baterija

Broj mjerenja	I (mA)	U_1 (V)	U_2 (V)	U (V)
1.				
2.				
3.				

Tabela 47. Mjerenje napona i jačine struje pri paralelnoj vezi baterija

Broj mjerenja	U (V)	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I (mA)
1.				
2.				
3.				

Zapažanje i zaključak

1. Kako se baterije povezuju u serijski spoj?
2. Kako se baterije povezuju u paralelni spoj?
3. Šta se dešava s ukupnim naponom kada se baterije spoje serijski? Zašto?
4. Kako se mijenja ukupni napon kada se baterije spoje paralelno? Zašto?
5. Zašto je važno pravilno povezati izvore napona u električnim kolima?
6. Šta treba izbjegavati prilikom povezivanja izvora napona?

OHMOV ZAKON

Oblast / tematska cjelina: Elektricitet i magnetizam / Električne struje i osnovni zakoni električnih kola

Cilj vježbe: Eksperimentalno provjeriti Ohmov zakon za dio strujnog kola.

Teorijski uvod

Električna struja je usmjereni tok naelektrisanja kroz vodič i mjeri se u amperima (A). Napon je razlika električnog potencijala između dviju tački u strujnom kolu i mjeri se u voltima (V). Ohmov zakon povezuje napon U , jačinu struje I i otpor R u električnom kolu formulom:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1).$$

Jačina struje direktno je proporcionalna naponu na krajevima otpornika, a obrnuto proporcionalna otporu, pri konstantnoj temperaturi.

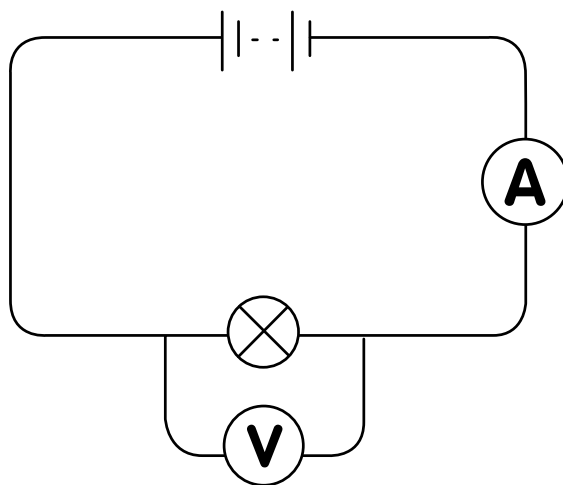
Potreban pribor

1. Set *Student Kit: Everyday Electricity and Magnetism, Cornelsen Experimenta*
2. Izvor jednosmjerne struje (baterijski modul)
3. Otpor (npr. žaruljica ili otpornik iz kompleta)
4. Ampermetar
5. Voltmetar
6. Spojni kablovi sa štipaljkama

Zadatak: Izračunati otpor omskog otpornika u strujnom kolu

Postupak izvođenja mjerenja

1. Povezati jednostavno električno kolo: izvor napajanja, otpor (žaruljica), ampermetar u seriji i voltmetar paralelno na otpor (sastaviti kolo prema uputstvu iz seta *Cornelsen*).
2. Uključiti izvor napajanja.
3. Postaviti ampermetar i voltmetar na prikladna mjesta prema shemi iz seta.
4. Izmjeriti i zabilježiti jačinu struje I ampermetrom.
5. Izmjeriti i zabilježiti napon U voltmetrom na otporu.



Slika 45. Strujni krug za provjeru Ohmovog zakona

6. Izračunati otpor prema Ohmovom zakonu koristeći formulu (1).
7. Promijeniti napon (npr. dodati još jednu bateriju) i ponoviti mjerenja i proračune.
8. Zabilježiti podatke u Tabelu 48.

Tabela 48. Mjerenje jačine struje i napona

Broj mjerenja	Broj baterija	U (V)	I (A)	R (Ω)
1.				
2.				
3.				
Srednja vrijednost				

Možete grafički predstaviti zavisnost jačine struje od napona.

Zapažanje i zaključak

1. Koji se uređaj koristi za mjerenje jačine električne struje?
2. Gdje se u električnom kolu spaja ampermetar?
3. Koji uređaj koristimo za mjerenje napona?
4. Kako se voltmetar priključuje u kolu?
5. Šta se događa sa strujom u kolu ako povećamo napon i otpor ostane isti?
6. Kako možete provjeriti da li vaši mjerni podaci potvrđuju Ohmov zakon?
7. Zašto je važno isključiti izvor napajanja prilikom promjene spojeva?
8. Šta je moglo uzrokovati greške pri mjerenju?

MAGNETNO POLJE ELEKTRIČNE STRUJE

Oblast / tematska cjelina: Elektricitet i magnetizam / Elektromagnetizam – električna struja i magnetsko polje

Cilj vježbe: Istražiti magnetno polje pravolinijskog provodnika.

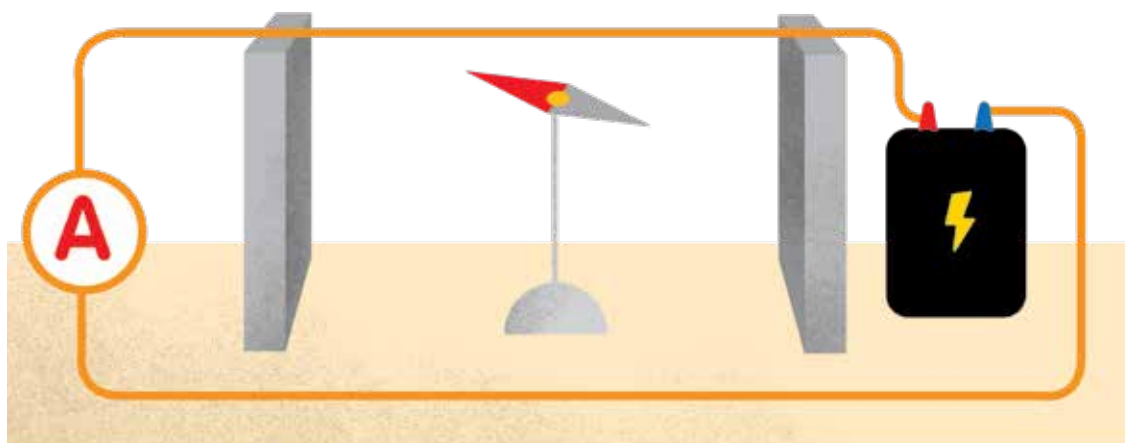
Teorijski uvod

Električna struja oko provodnika stvara magnetsko polje koje se može detektirati magnetnom iglom ili kompasom. Jačina i smjer magnetnog polja ovise o jačini struje i obliku provodnika. Ova je pojava osnova elektromagnetizma i koristi se u mnogim uređajima poput elektromagneta, zvučnika i elektromotora.

Potreban pribor

1. Set *Student Kit: Everyday Electricity and Magnetism, Cornelsen Experimenta*
2. Izvor jednosmjerne struje (baterijski modul iz seta)
3. Ravna žica i zavojnica iz kompleta
4. Kompas (uključen u set)
5. Ampermetar iz seta
6. Spojni kablovi sa štipaljkama

Zadatak: Dokazati da električna struja stvara magnetno polje oko pravolinijskog provodnika i da je polje slabije na većim udaljenostima od provodnika



Slika 46. Postavka eksperimenta

Postupak izvođenja mjerenja

1. Spojiti ravnu žicu na izvor i uključiti napajanje.
2. Postaviti kompas neposredno uz žicu (Slika 46) i zabilježiti početni položaj igle.
3. Izmjeriti jačinu struje I ampermetrom i zabilježiti vrijednost u Tabelu 49.
4. Udaljavati kompas od provodnika i posmatrati magnetnu iglu.
5. Povećavati jačinu struje i ponoviti korake od 2 do 4 i bilježiti promjene pomaka igle.

Tabela 49. Magnetno polje struje

Broj mjerenja	I (A)	Položaj magnetne igle
1.		
2.		
3.		

Zapažanje i zaključak

1. Šta se događa oko vodiča kada kroz njega teče električna struja?
2. Kako možemo detektirati magnetno polje nastalo električnom strujom?
3. Kako jačina struje utječe na magnetno polje oko vodiča?
4. Koji oblik vodiča stvara jače magnetno polje: ravna žica ili zavojnica? Zašto?
5. Zašto je važno da se tokom eksperimenta izbjegavaju kratki spojevi?
6. Koje sigurnosne mjere treba poštovati prilikom izvođenja vježbe?
7. Šta ova vježba dokazuje o vezi između elektriciteta i magnetizma?

FARADAYEVA ELEKTROMAGNETNA INDUKCIJA

Oblast / tematska cjelina: Elektricitet i magnetizam

Cilj vježbe: Istražiti pojavu elektromagnetne indukcije.

Teorijski uvod

Hans Christian Ørsted otkrio je da električna struja koja prolazi kroz provodnik stvara magnetno polje oko sebe. Nakon toga, Michael Faraday se zapitao da li vrijedi i obrnuto, odnosno može li magnetno polje proizvesti električnu struju. Eksperimentima je pokazao da promjenjivo magnetno polje zaista može indukovati električnu struju u provodniku. Ova pojava naziva se elektromagnetna indukcija.

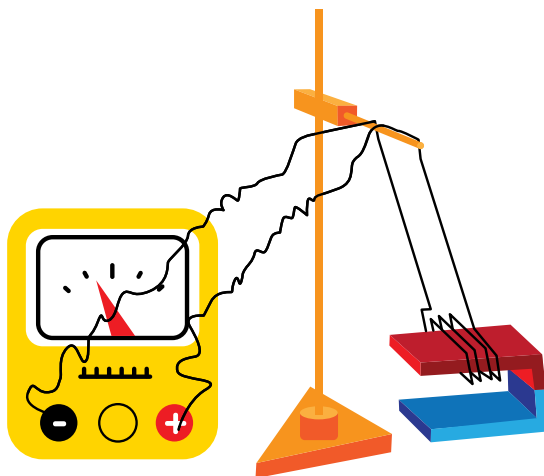
Potreban pribor

- | | |
|---|--|
| 1. Zavojnica s pravouglim okvirom | 4. Galvanometar (miliampermetar, sijalica) |
| 2. Stalak za zavojnicu s priključnicama | 5. Provodnici |
| 3. Potkovičasti magnet | |

Zadatak: Posmatrati ponašanje kazaljke galvanometra pri pomjeranju zavojnice u magnetnom polju

Postupak izvođenja mjerenja

1. Postaviti pribor kao na Slici 47.
2. Postaviti zavojnicu da miruje i kroz nju provući jedan kraj potkovičastog magneta.
3. Za ovaj eksperiment nije potreban izvor struje. Šta se dešava na galvanometru?
4. Sada pomjeraj zavojnicu lijevo-desno. Šta se dešava na galvanometru?



Slika 47. Zavojnica u magnetnom polju spojena za galvanometar

Zapažanje i zaključak

1. Kada se u zavojnici pomjera magnet (uvlači ili izvlači), šta pokazuje galvanometar (ili miliampermetar/sijalica)?
2. Da li postoji električna struja u zavojnici kada magnet miruje unutar nje? Šta to govori o uvjetima za nastanak struje?
3. Šta možete zaključiti o vezi između kretanja magneta i pojave struje u zavojnici? Šta je neophodno da bi se pojavila struja?
4. Da li brzina kretanja magneta utječe na kazaljku na galvanometru? Kako? Zašto?

SILE U MAGNETNOM POLJU ZAVOJNICE

Oblast / tematska cjelina: Elektricitet i magnetizam

Cilj vježbe: Istražiti pojavu elektromagnetne indukcije.

Teorijski uvod

Kada kroz zavojnicu teče električna struja, oko nje se stvara magnetno polje slično polju štapnog magneta. Ako se u magnetno polje zavojnice postavi pokretni provodnik kroz koji teče struja, na njega će djelovati Lorencova sila. Smjer te sile zavisi od smjera struje i linija magnetnog polja, što se određuje pomoću pravila desne ruke. Magnetne sile oko zavojnice omogućavaju rad uređaja poput elektromagneta, releja i elektromotora.

Magnetne silnice javljaju se svuda oko magneta ili provodnika kroz koji teče električna struja. One predstavljaju zamišljene linije koje prikazuju pravac i jačinu magnetnog polja. Smjer magnetnih silnica uvijek je od sjevernog (N) ka južnom (S) polu magneta izvan magneta. Unutar magneta se silnice vraćaju od južnog ka sjevernom polu, čineći zatvorene petlje. Magnetne silnice su gušće tamo gdje je polje jače, a rjeđe gdje je polje slabije. One se nikada ne sijeku, jer u svakoj tački prostora magnetno polje ima samo jedan pravac.

Potreban pribor

Iz seta *Student Kit: Everyday Electricity and Magnetism, Cornelsen Experimenta*:

1. Zavojnica sa 200/400/600 namotaja
2. Zavojnica sa 400/400/800 namotaja
3. Jezgro u obliku slova U (potkovičasti magnet)
4. Opiljci željeza
5. Spojni kablovi sa štipaljkama

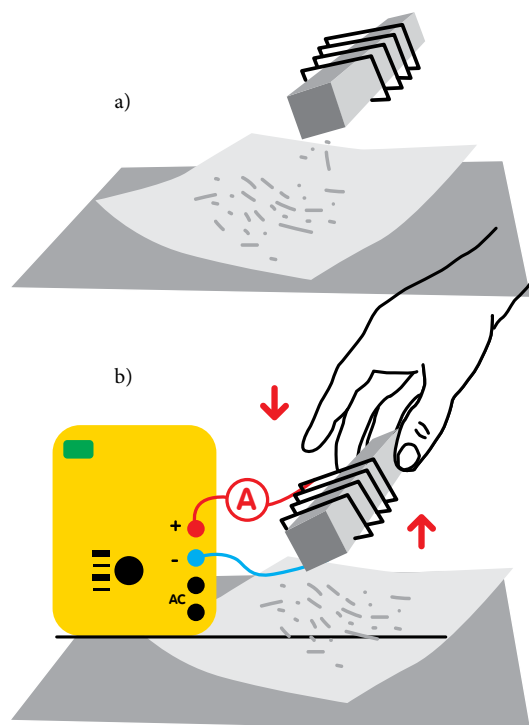
Dodatno potrebno

6. Izvor napajanja iz seta *SEK Electricity 1* (230 V: 1000998 / 115 V: 1000997)
7. ESCOLA 2 multimetar (1006811)
8. List papira

Zadatak A: Odrediti količinu opiljaka podignutih magnetom pri različitim vrijednostima jačine struje kroz zavojnicu

Postupak izvođenja mjerenja

1. Koristite zavojnicu s maksimalno 800 namotaja.
2. Pospite opiljke željeza na list papira.
3. Umetnite jezgro u zavojnicu i postavite zavojnicu iznad opiljaka kao na Slici 48a.
4. Spojite pribor kao na Slici 48b.
5. Podesite napajanje na jednosmjernu struju (DC) i napon na 1,5 V.
6. Podesiti ampermetar tako da mjerni opseg obuhvata očekivanu vrijednost struje (oko 1000 mA). Na taj način instrument neće biti oštećen niti će pokazivati pogrešne vrijednosti.
7. Provjerite ispravnost spojeva prije uključivanja.
8. Uključite napajanje.
9. Pažljivo podignite zavojnicu s jezgrom i posmatrajte koliko se opiljaka podiglo.
10. Očitajte vrijednost struje I i procijenite količinu podignutih opiljaka.
11. Unesite podatke u Tabelu 49.
12. Ponavljajte ogled pri naponima 3 V, 4,5 V i 6 V.
13. Nakon završetka, isključite napajanje.



Slika 48. Izvođenje mjerenja

Tabela 50. Magnetno polje zavojnice u zavisnosti od jačine struje

Broj mjerenja	Napon (V)	I (mA)	Procijenjena količina podignutih opiljaka željeza (malo/srednje/puno)
	1,5		
	3,0		
	4,5		
	6,0		

Napomena

Umjesto subjektivne procjene količine opiljaka (malo/srednje/puno), moguće je koristiti i kvantitativnu metodu – npr. vaganjem ili brojanjem komadića ako imate uvjete za to.

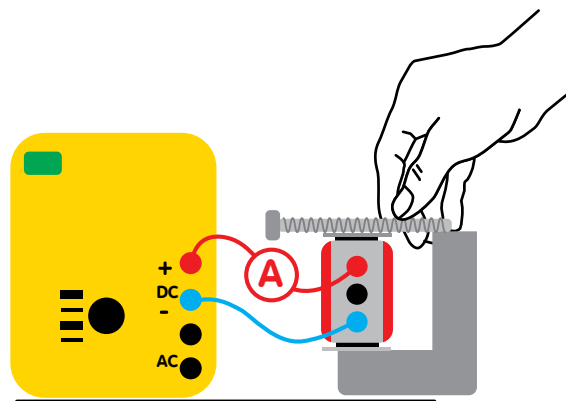
Uočava se da zavojnica podiže sve više željeznih opiljaka kako napon (i jačina struje) raste. To pokazuje da se povećava jačina magnetskog polja, a samim tim i sila koju ono ostvaruje.

Zaključak: Jačina magnetne sile u zavojnici zavisi od jačini struje – što je struja veća, jače je magnetno polje i veća sila kojom se privlače feromagnetni materijali poput opiljaka željeza.

Zadatak B: Odrediti količinu opiljaka podignutih magnetom pri različitim vrijednostima broja namotaja na zavojnici

Postupak izvođenja mjerenja

1. Spojite zavojnicu s izlazom na 200 namotaja u seriju s napajanjem, prema shemi kao na Slici 49.
2. Podesite izvor napajanja na jednosmjernu struju (DC) i napon od 6 V.
3. Podesiti ampermetar tako da mjerni opseg obuhvata očekivanu vrijednost struje (oko 1000 mA). Na taj način instrument neće biti oštećen niti će pokazivati pogrešne vrijednosti.
4. Umetnite jezgro u zavojnicu sa 200 namotaja.
5. Uključite izvor napajanja.
6. Podignite zavojnicu i jezgro, posmatrajte koliko je opiljaka željeza podignuto te očitajte jačinu struje I . Unesite podatke u Tabelu 50.
7. Isključite napajanje, umetnite jezgro u zavojnicu sa 800 namotaja i ponovite postupak.
8. Nakon završetka ogleda, isključite izvor napajanja.



Slika 49. Izvođenje vježbe

Tabela 50. Magnetno polje zavojnice u zavisnosti od broja namotaja

Broj mjerjenja	Broj namotaja	I (mA)	Procijenjena količina podignutih opiljaka željeza (malo/srednje/puno)
	200		
	800		

Zapažanje i zaključak

1. Da li se oko i unutar zavojnice stvara magnetno polje kada kroz zavojnicu protiče električna struja? Na osnovu čega to zaključujete?
2. Koja je uloga jezgre unutar zavojnice?
2. Kako jačina magnetnog polja zavojnice zavisi od jačine električne struje? Zašto?
3. Da li jačina magnetnog polja zavojnice zavisi od drugih parametara zavojnice? Kako i zašto?

OSCILOVANJE KLATNA

Oblast / tematska cjelina: Optika i savremena fizika / Oscilatorno kretanje

Cilj vježbe: Istražiti oscilovanje matematičkog klatna.

Teorijski uvod

Matematičko klatno jeste sistem koji se sastoji od materijalne tačke obješene na neistezljivoj niti zanemarive mase. Kada se pomjeri iz ravnotežnog položaja i pusti, klatno oscilira pod utjecajem sile Zemljine teže stvarajući oscilacije. Za male uglove odklona njegovo kretanje može se opisati harmonijskim oscilacijama.

Matematičko klatno prikazano je na Slici 51.

Za određivanje perioda i frekvencije koristit ćemo sljedeće formule

$$T = \frac{t}{N} \quad (1),$$

$$f = \frac{N}{t} \text{ ili } f = \frac{1}{T} \quad (2),$$

gdje je: N – broj oscilacija, t – ukupno vrijeme oscilovanja, T – period, f – frekvencija.

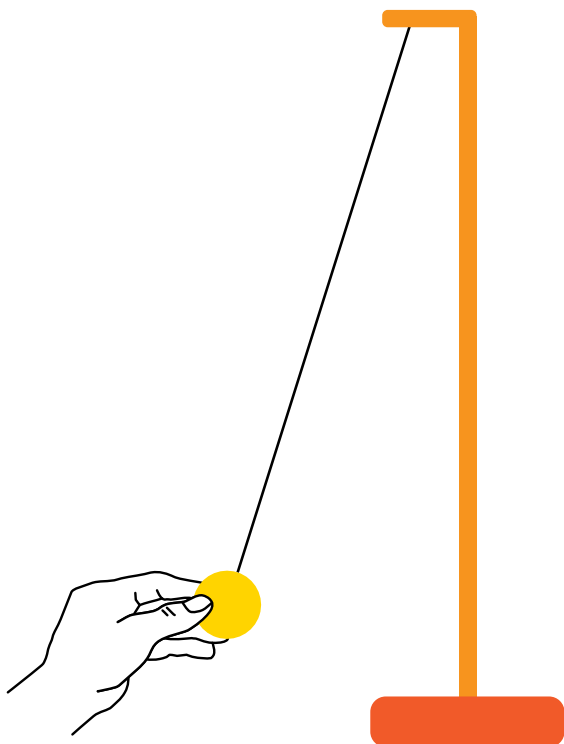
Potreban pribor

1. Matematičko klatno
2. Štoperica

Zadatak: Izračunati frekvenciju oscilovanja matematičkog klatna

Postupak izvođenja mjerenja

1. Izvesti kuglicu iz ravnotežnog položaja za mali ugao.
2. Uključiti štopericu i mjeriti vrijeme t za koje klatno napravi 10 punih oscilacija.
3. Podatke upisati u Tabelu 51.
4. Na osnovu formula (1) i (2) izračunati period i frekvenciju.
5. Ponoviti postupak mjerenja još četiri puta.



Slika 51. Matematičko klatno izvedeno iz ravnotežnog položaja

Tabela 51. Određivanje perioda i frekvencije oscilovanja

Broj mjerenja	t (s)	T (s)	f (Hz)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Zapažanje i zaključak

1. Šta predstavlja vrijeme koje mjerite štopericom – ukupno vrijeme više oscilacija ili vrijeme jedne oscilacije (period)?
2. Kako možete tačno odrediti period ako znate vrijeme za više oscilacija? Zašto je korisno mjeriti više oscilacija umjesto samo jedne?
3. Ako su rezultati mjerenja perioda različiti svaki put, kako možete dobiti precizniju vrijednost?

PROVJERAVANJE HOOKOVOG ZAKONA

Oblast / tematska cjelina: Optika i savremena fizika / Oscilatorno kretanje

Cilj vježbe: Eksperimentalno provjeriti Hookov zakon.

Teorijski uvod

Kada se elastična opruga istegne ili sabije i potom pusti, ona počinje da osciluje oko svog ravnotežnog položaja. Ove oscilacije posljedica su elastične sile unutar opruge, koja uvijek djeluje u suprotnom smjeru od deformacije. Kretanje mase na opruzi pri malim pomjeranjima periodično je i može se opisati kao harmonijsko oscilovanje.

Period oscilovanja zavisi od mase tijela i krutosti opruge (tzv. konstante opruge).

Ovo je primjer mehaničkih oscilacija gdje se energija stalno pretvara između kinetičke i potencijalne.

Istražujući oscilatorno kretanje, učenici su se upoznali s elastičnom silom

$$F = -k\Delta x \quad (1),$$

gdje je: F – elastična sila, k – konstanta opruge, Δx – izduženje opruge.

Istezanje opruge računamo

$$\Delta x = x - x_0 \quad (2),$$

gdje je: x_0 – početna (nerastegnuta) dužina opruge, x – dužina opruge s opterećenjem.

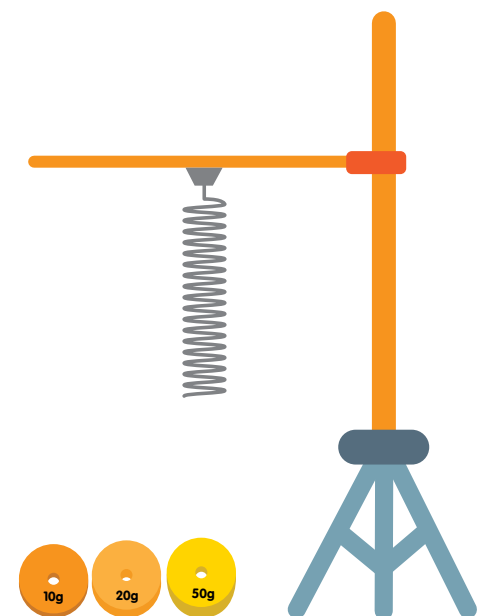
Kada se na oprugu postavi teg određene mase, ona se istegne do trenutka dok se ne uspostavi ravnotežno stanje. U tom trenutku elastična sila opruge izjednačava se s težinom tega, što se izražava relacijom:

$$k\Delta x = mg \quad (3).$$

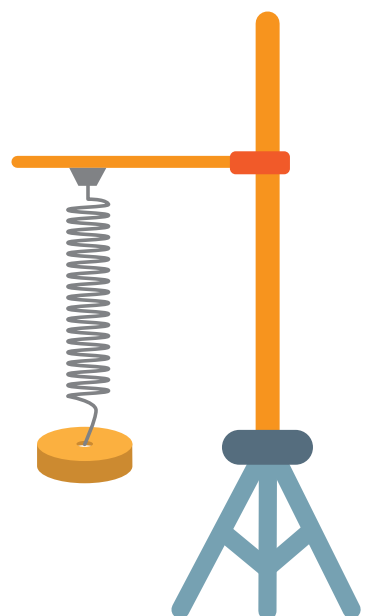
Ovaj odnos pokazuje da se iz mjerenja izduženja opruge za poznatu masu može odrediti konstanta opruge, što je jedan od osnovnih načina eksperimentalnog proučavanja elastičnih sila.

Potreban pribor

1. Stativ s oprugom
2. Tegovi različitih masa
3. Metar ili lenjir ukoliko na stativu nije prikazana skala



Slika 52. Potreban pribor



Slika 53. Istezanje opruge nakon postavljanja tega

Zadatak: Izračunati konstantu opruge

Postupak izvođenja mjerenja

1. Izmjeriti početnu dužinu opruge na stativu x_0 .
2. Postaviti teg na oprugu i nakon istezanja opruge izmjeriti novu dužinu x .
3. Mijenjati tegove različitih masa i ponoviti mjerenja za istezanje opruge.
4. Za gravitaciono ubrzanje Zemlje koristiti vrijednost $9,81 \text{ m/s}^2$.
5. Zabilježiti vrijednosti u Tabelu 52.
6. Na osnovu formule (3) izračunati konstantu opruge k .
7. Izračunati srednju vrijednost konstante k .

Tabela 52. Određivanje konstante opruge

Broj mjerenja	$m \text{ (kg)}$	$x_0 \text{ (m)}$	$x \text{ (m)}$	$\Delta x \text{ (m)}$	$k \text{ (N/kg)}$
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

Rezultate mjerenja možete predstaviti i grafički (zavisnost istezanja opruge od sile).

Zapažanje i zaključak

1. Šta primjećujete kada postavite teg na oprugu? Da li se opruga vraća u prvobitni položaj?
2. Zašto je važno da se opruga ne deformira trajno tokom eksperimenta?
3. Kako se izduženje opruge mijenja s povećanjem mase tegova okačenih na oprugu? Zašto?
4. Šta se dešava s vrijednošću k ? Da li bi se vrijednost konstante k mijenjala ukoliko uzmete drugu oprugu i provedete eksperiment?
5. Kako možete znati da je došlo do trajne deformacije opruge tokom eksperimenta?
6. Šta biste preporučili kao rješenje ako primijetite velika odstupanja u rezultatima? Da li bi eksperiment trebalo ponoviti i zašto?

ODBIJANJE SVJETLOSTI – OGLEDALA

Oblast / tematska cjelina: Optika i savremena fizika / Ogledala

Cilj vježbe: Istražiti kreiranje slike u konkavnom i konveksnom ogledalu.

Teorijski uvod

Ogledala su glatke, sjajne površine koje reflektuju svjetlost i omogućavaju formiranje slike. Ogledala mogu biti ravna ili sferna. Ravna ogledala svakodnevno srećemo u domaćinstvu, dok se sferna – konkavna i konveksna – najčešće koriste u saobraćaju. Svako ogledalo stvara različitu vrstu slike.

U ovom eksperimentu potrebno je istražiti kako se mijenja položaj i visina lika u zavisnosti od promjene položaja predmeta.

Računsku provjeru možemo izvršiti koristeći jednačinu za ogledala:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l} \quad (1),$$

(uz napomenu da se za neke položaje lika, kada je lik imaginaran, koristi negativan predznak, dok je žižna daljina pozitivna kod konkavnih, a negativna kod konveksnih ogledala) i jednačinu za uvećanje/umanjenje lika:

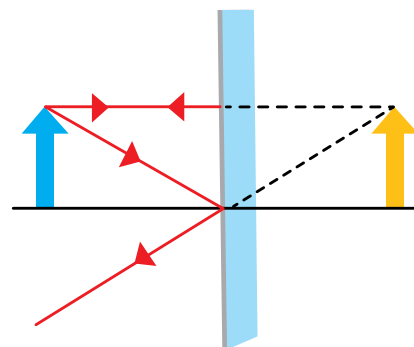
$$U = \frac{l}{p} = \frac{L}{P} \quad (2),$$

gdje je: p – udaljenost predmeta od tjemena ogledala, l – udaljenost lika od tjemena ogledala, f – žižna daljina, P – visina predmeta, L – visina lika.

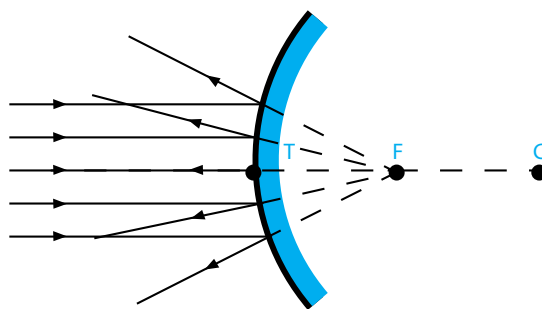
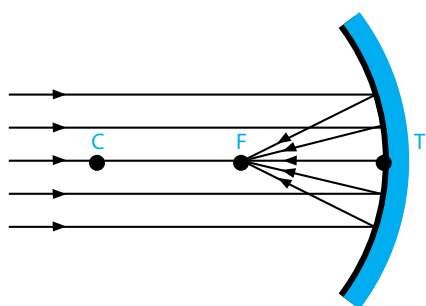
Potreban pribor

1. Ogledala (ravno, konveksno, konkavno)
2. Optička klupa
3. Predmet (ukoliko škola ne posjeduje opremu, može se koristiti PhET simulacija)

https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_all.html?locale=hr



Slika 54. Ravno ogledalo



Slika 55. Konveksna i konkavna ogledala

Zadatak: Izračunati žižnu daljinu zakrivljenog ogledala

Postupak izvođenja mjerenja

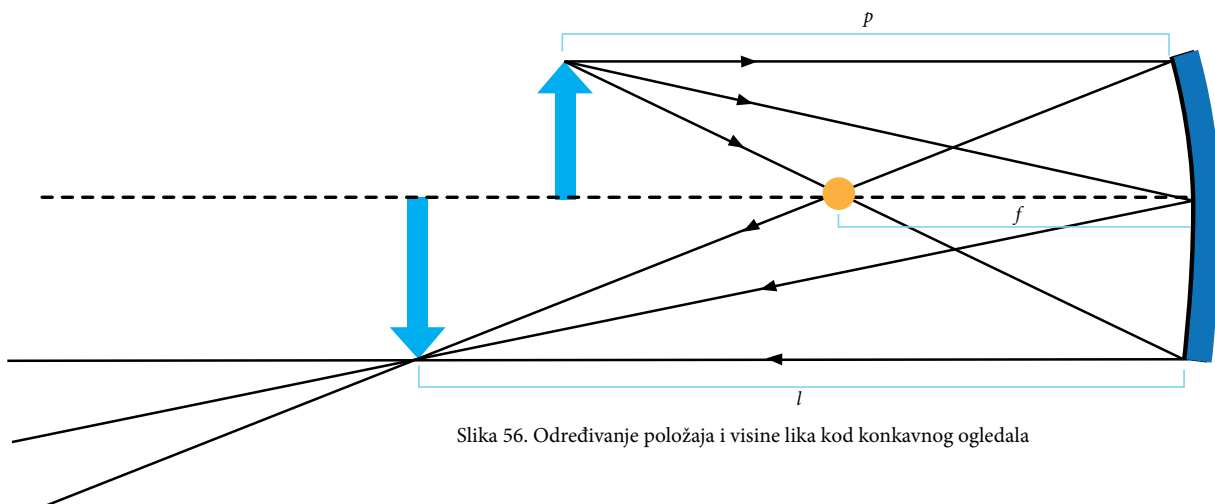
1. Na optičku klupu koja je baždarena postaviti konkavno ogledalo.
2. Postaviti predmet ispred ogledala i izmjeriti mu visinu.
3. Mijenjati udaljenost predmeta od ogledala pet puta i svaki put očitati položaj lika.
4. Podatke unijeti u Tabelu 53.
5. Izračunati žižnu daljinu pomoću formule (1).
6. Na osnovu formule (2) izračunati visinu lika.
7. Izračunati srednju vrijednost žižne daljine ogledala.
8. Isti postupak možete ponoviti s konveksnim i ravnim ogledalom.

 Napomena

Ogled se može izvesti korištenjem simulacije konkavnog ogledala dostupne na obrazovnim platformama kao što je *PhET Interactive Simulations*.

Tabela 53. Određivanje položaja lika u zavisnosti od položaja predmeta

Broj mjerenja	p (cm)	I (cm)	f (cm)	P (cm)	L (cm)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					



Slika 56. Određivanje položaja i visine lika kod konkavnog ogledala

Zapažanje i zaključak

1. Šta se dešava s položajem i visinom lika kada pomjerate predmet bliže ili dalje od ogledala?
2. Kako znate da je lik uvećan ili umanjen? Na osnovu čega to procjenjujete?
3. Po čemu razlikujete da li je lik uspravan ili obrnut i da li to utječe na prirodu lika (realan ili virtualan)?
4. Da li je položaj predmeta utjecao na vrijednost žižne daljine, odnosno položaj fokusa ogledala? Zašto?
5. Zašto je korisno koristiti simulaciju u ovom eksperimentu? Koje prednosti ima u odnosu na mjerenja u stvarnim uvjetima?

PRELAMANJE SVJETLOSTI

Oblast / tematska cjelina: Optika i moderna fizika / Zakon prelamanje svjetlosti

Cilj vježbe: Istražiti prelamanje svjetlosti.

Teorijski uvod

Prelamanje svjetlosti jeste pojava promjene smjera svjetlosnog zraka kada prelazi iz jedne sredine u drugu. Ova promjena smjera nastaje zbog različite brzine svjetlosti u različitim sredinama.

Prelamanje svjetlosti opisuje se zakonom prelamanja, koji povezuje upadni i prelomni ugao s indeksom prelamanja sredine. Jednostavno rečeno, pri prelasku svjetlosti iz optički gušće u optički rjeđu sredinu, zraka svjetlosti prelama se od normale, što znači da je ugao prelamanja veći od ugla upada. Zbog prelamanja, predmeti pod vodom izgledaju pomjereni ili iskrivljeni u odnosu na stvarni položaj. Prelamanje svjetlosti u osnovi je rada sočiva i mnogih optičkih uređaja poput naočala, mikroskopa i kamera.

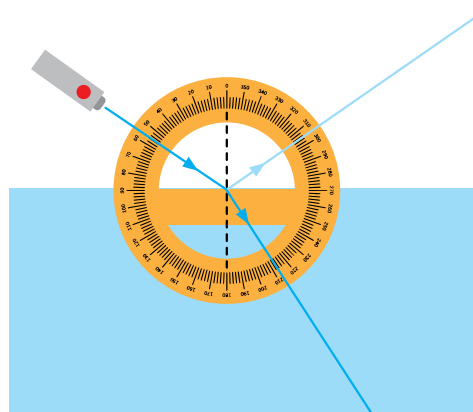
Potreban pribor

1. Uglomjer
2. Laser i posuda kao na Slici 57
3. Različite sredine poput vode, ulja i sl.

Zadatak: Izmjeriti ugao prelamanja svjetlosti

Postupak izvođenja mjerenja

1. Na papir ili karton (ili veći uglomjer) postaviti predmet od stakla. Ukoliko nemate predmete od različitih materijala, možete koristiti posudu i u nju sipati različite vrste tečnosti (poput vode, ulja, deterdženta).
2. Naznačiti normalu na površinu predmeta.
3. Uključiti laser i usmjeriti zraku na posudu pod nekim uglom α u odnosu na normalu, kao na Slici 57.
4. Očitati na uglomjeru prelomni ugao β .
5. Mijenjati upadni ugao više puta i mjeriti prelomni ugao.
6. Rezultate mjerenja (vrijednosti upadnog i prelomnog ugla) unijeti u Tabelu 54.
7. Mjerenje ponoviti za druge sredine, npr. vodu ili ulje.



Slika 57. Propuštanje laserske svjetlosti kroz predmet s indeksom prelamanja

Tabela 54. Određivanje ugla prelamanja

Broj mjerenja	α	β
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Zapažanje i zaključak

1. Šta se dešava sa svjetlosnim zrakom kada prelazi iz optički rjeđe u optički gušću sredinu? U kojem se pravcu prelama – ka normali ili od normale? Zašto?
2. Kako se mijenjaju upadni i prelomljeni ugao kada svjetlost prelazi iz optički gušće u optički rjeđu sredinu? Koji je veći?
3. Šta možete zaključiti o odnosu između ugla prelamanja i optičke gustoće sredine kroz koju svjetlost prolazi?

PRELAMANJE SVJETLOSTI – SOČIVA

Oblast / tematska cjelina: Optika i savremena fizika / Sočiva

Cilj vježbe: Istražiti kreiranje slike u sabirnom sočivu.

Teorijski uvod

Sočiva su providni optički elementi napravljeni od stakla ili plastike koji prelamaju svjetlosne zrake. Postoje dva osnovna tipa sočiva: sabirna i rasipna.

Sabirna sočiva skupljaju svjetlosne zrake u jednu tačku, nazvanu žiža ili fokus. Rasipna sočiva razdvajaju svjetlosne zrake tako da one izgledaju kao da dolaze iz jednog zamišljenog fokusa.

Sočiva mijenjaju pravac svjetlosti zbog prelamanja, što im omogućava da formiraju slike predmeta.

Slike formirane sočivima mogu biti realne ili imaginarne, zavisno od položaja predmeta u odnosu na fokus.

Sočiva se koriste u različitim uređajima kao što su naočale, fotoaparati, mikroskopi i teleskopi. Kvalitet slike zavisi od oblika sočiva i materijala od kojeg je napravljeno.

Žižna daljina određuje sposobnost sočiva da usmjerava ili rasipa svjetlost.

Kombiniranjem više sočiva moguće je postići bolje uvećanje i jasniju sliku u optičkim instrumentima. Udaljenost žižne daljine možemo odrediti po relaciji:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l} \quad (1)$$

(uz napomenu da je žižna daljina f pozitivna za sabirna sočiva, a negativna za rasipna, udaljenost lika l je pozitivna za realne likove, a negativna za imaginarne),

gdje je: p – udaljenost predmeta od centra sočiva, l – udaljenost lika od centra sočiva, f – žižna daljina sočiva.

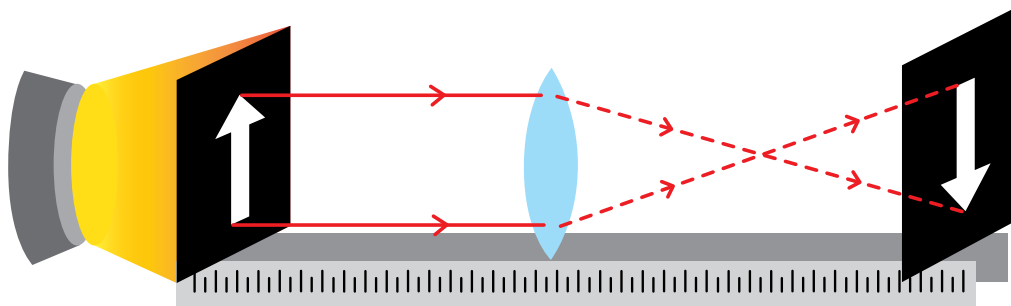
Potreban pribor

1. Predmet
2. Optička klupa
3. Sočivo određene žižine daljine
4. Ekran

Napomena

Ukoliko škola ne posjeduje navedeni pribor, u tom slučaju može se koristiti PhET simulacija.

Zadatak: Izračunati žižnu daljinu sočiva



Slika 58. Optička klupa na kojoj su postavljeni predmet, bikonveksno sočivo i ekran

Postupak izvođenja mjerenja

1. U zamračenoj prostoriji postaviti pribor kao na Slici 58.
2. Na optičku klupu postaviti sabirno sočivo.
3. Ispred sočiva postaviti predmet.
4. Pomjerati predmet dok se na ekranu ne formira izoštrena slika.
5. Očitati vrijednost udaljenosti predmeta p i lika l od sočiva s optičke klupe.
6. Mijenjati poziciju predmeta i ponoviti mjerenja pet puta za p i svaki put očitati l .
7. Podatke unijeti u Tabelu 55.
8. Izračunati žižnu daljinu pomoću formule (1).
9. Izračunajte srednju vrijednost žižne daljine.

Tabela 55. Određivanje žižne daljine bikonveksnog sočiva

Broj mjerenja	p (cm)	l (cm)	f (cm)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Zapažanje i zaključak

1. Šta se dešava s položajem i visinom lika kada pomjerate predmet bliže ili dalje od sočiva?
2. Kako znate da je lik uvećan ili umanjen? Na osnovu čega to procjenjujete?
3. Po čemu razlikujete da li je lik uspravan ili obrnut i šta to govori o njegovoj prirodi (realan ili virtualan)?
4. Da li je položaj predmeta utjecao na vrijednost žižne daljine, odnosno položaj fokusa sočiva? Zašto?

LITERATURA

Feta, M., Šabić, E. (2016), *Fizika je svuda oko nas – zbirka ogleda iz fizike za osnovnu školu*, Sarajevo Publishing, Sarajevo.

Gabela, N., Vrcelj, A. (1996), *Fizika praktikum, I-IV razreda srednjih škola*, Ministarstvo obrazovanja, nauke, kulture i sporta, Sarajevo.

Grupa autora (1959), *Ogledi i nastavna sredstva za prirodne nauke u osnovnoj školi*, Savremena škola Beograd, Beograd.

Hadžibegović, Z. (2014), *Fizika II, praktikum laboratorijskih i računskih vježbi*, Univerzitetsko izdanje, Sarajevo.

Humper, C. (2014), *Physics*, Pearson Education Limited, Harlow.

Kostić, Ž. (1953), *Između igre i fizike*, Tehnička knjiga Beograd, Beograd.

Kulenović, E. (1997), *Fizika 7*, Svjetlost, Sarajevo.

Muratović, H., Gabela, N. (2011), *Fizika VIII – za osmi razred devetogodišnje osnovne škole*, Grafex, Mostar.

Nugent, P., Grehan, M., Kelly, A., Hacket, A., Lyne, P., O'Donoghue, B., Collins, E., Elliott, I. (2017), *Physics on Stage 2&3, Demonstrations and Teaching Ideas*, Institute of Physics Ireland, Irska.

Paar, V., Martinko, S. (2009), *Fizika 7: udžbenik i radna bilježnica*, Školska knjiga, Zagreb.

Sijerčić, F. (2010), *Fizika – udžbenik za sedmi razred osnovne škole*, Sarajevo Publishing, Sarajevo.

Sulejmanović, S. (2010), *Fizika – udžbenik za sedmi razred devetogodišnje osnovne škole*, Vrijeme i NAM, Zenica–Tuzla.

Šahman, E., Ramić, L. (2010), *Fizika – udžbenik za sedmi razred*, Bosanska riječ Sarajevo, Dječija knjiga Sarajevo, Sarajevo.

Šalaka, Z., Karović, S. (2012), *Fizika 8 – udžbenik za osmi razred devetogodišnje osnovne škole*, Svjetlost, Sarajevo.

Vučić, V. (2000), *Osnovna mjerenja u fizici*, Nauka, Beograd.

Internet-stranice

Everday Electricity and Magnetism for Kids (2014),
<http://onceuponacreativeclassroom.blogspot.com/2014/12/electricity-and-magnets-unit-and-friday.html>, posjećeno 15. 5. 2025.

PhET interactive simulations (2025), University of Colorado,
<https://phet.colorado.edu/en/simulations/filter?subjects=physics&type=html>, posjećeno 15. 5. 2025.

Priručnici uz opremu

Cornelsen Experimenta (2018), *Mini Kit Basic Physics: Mechanic*, Berlin.

Cornelsen Experimenta (2019), *Mini Kit Basic Physics: Dynamics*, Berlin.

Cornelsen Experimenta (2019), *Student Kit: Everyday Electricity and Magnetism*, Berlin.

3B Scientific GmbH (2019), *Mechanical Oscillations and Waves, Mechanic, Electricity CD – Equipment*, Hamburg.

Umjetna inteligencija

MagicSchool AI (2025), *MagicSchool*, <https://app.magicschool.ai/tools>

BILJEŠKE O AUTORICAMA



Dr. Jasmina Baluković diplomirala je na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Tuzli, gdje je stekla zvanje profesorice fizike. Magistarski rad odbranila je 2011. godine, a doktorsku disertaciju 2019. godine na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Sarajevu na temu *Učeničke spoznaje pojava u gravitacionom polju i tumačenje rezultata tih spoznaja implementacijom aktivnog učenja u nastavi fizike u osnovnim i srednjim školama*.

Profesionalnu karijeru započela je 2006. godine u srednjim školama u Tuzli, a od 2009. godine zaposlena je kao profesorica fizike u Drugoj gimnaziji Sarajevo, gdje od 2020. godine predaje i u okviru međunarodnog IB MYP programa na engleskom jeziku.

Dr. Baluković je aktivna članica Društva fizičara u Bosni i Hercegovini, učesnica brojnih međunarodnih konferencija i seminara o savremenim pristupima nastavi fizike, te autorica i koautorica više naučnih i stručnih radova objavljenih u časopisima indeksiranim u Web of Science i Scopus bazama. Učestvovala je u izradi kurikuluma za fiziku u Kantonu Sarajevo. Svojim radom i zalaganjem kontinuirano doprinosi razvoju savremene i eksperimentalno orijentirane nastave fizike te unapređenju kvaliteta obrazovanja u Bosni i Hercegovini.



Meliha Feta, bachelor fizike, zaposlena je u JU OŠ "Avdo Smailović" u Sarajevu i ima više od dvadeset i tri godine radnog iskustva u nastavi fizike. Koautorica je zbirke ogleda iz fizike za osnovnu školu *Fizika je svuda oko nas* (Sarajevo Publishing, 2016), te seta slikovnica za djecu predškolskog i školskog uzrasta *Šta? Kako? Zašto?* (COI Step by Step, 2022). Aktivno je učestvovala u radu stručnih timova za izradu testova iz fizike za prijemne ispite pri upisu u srednje stručne škole, kao i u izradi testova za provođenje eksterne evaluacije iz fizike.

Godine 2016. nominirana je za Godišnju nagradu inovativnih nastavnika (NIN) u Bosni i Hercegovini, u organizaciji COI Step by Step, za nastavnu praksu *Fizika je svuda oko nas*, koja ima za cilj popularizaciju fizike među učenicima osnovnih škola.

Tokom karijere realizirala je brojne školske i međunarodne projekte, te učestvovala na manifestacijama posvećenim obrazovanju i nauci, među kojima su međunarodne smotre malih projekata iz fizike, festivali znanja iz fizike i prirodnih nauka, sajmovi nauke i tehnologije i međunarodni naučni kampovi.

Redovno učestvuje na konferencijama, seminarima i edukacijama iz oblasti obrazovanja i razvoja djece, kontinuirano unapređujući svoje stručno znanje i pedagoške vještine. Znanja stečena kroz profesionalne obuke koristi u osmišljavanju nastavnih aktivnosti koje potiču učenike na aktivno učenje, istraživanje i kritičko razmišljanje.

Kroz praktičan rad i interaktivne zadatke nastoji kod učenika razviti interes, razumijevanje i pozitivan odnos prema prirodnim naukama.



Lejla Ramić bachelor je fizike i magistar matematike i informatike. Zaposlena je u JU OŠ “Safvet-beg Bašagić” u Sarajevu. Cijeli svoj radni vijek posvetila je neposrednom odgojno-obrazovnom radu s učenicima, razvijajući inovativne pristupe nastavi i podstičući interdisciplinarnu povezanost prirodnih nauka.

Koautorica je udžbenika i zbirke iz fizike za 7. razred osnovne škole, odobrenih od Federalnog ministarstva obrazovanja i nauke, te autorica dodatka udžbeniku *Fizika za 7. razred osnovne škole*. Bila je članica Komisije za izmjenu nastavnih programa iz fizike, Stručne grupe za izradu kataloga pitanja za učenike u inkluzivnom obrazovanju, kao i stručnih komisija za izradu kurikuluma fizike. Učestvovala je i u radu eksperimentalne grupe za izmjene nastavnog plana i programa fizike za 8. razred u Kantonu Sarajevo.

Kao članica Upravnog odbora Društva fizičara Federacije BiH, dala je značajan doprinos unapređenju nastave fizike. Koautorica je materijala *Eksperimenti u magnetizmu*, realiziranog u saradnji osnovnih i srednjih škola, te autorica časa na temu *Svjetlost*, prikazanog na BHRT1 u okviru projekta *Domaća zadaća – Specijal*.

Aktivno prati konferencije, seminare i edukacije iz oblasti obrazovanja i prirodnih nauka, te s ponosom prati uspjehe svojih učenika, koje motivira da nastave koračati stazama nauke.



Merjem Popara osnovno i srednje obrazovanje završila je u Sarajevu, dok je diplomu iz opće fizike stekla na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Sarajevu. Akademski put nastavila je na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Zagrebu, gdje je magistrirala teorijsku fiziku, s istraživanjem usmjerenim na leptokvarkove u fizici elementarnih čestica.

Već petnaest godina profesionalno je angažirana u obrazovanju i trenutno radi kao nastavnica fizike u osnovnim školama “Edhem Mulabdić” i “Grbavica 1” u Sarajevu. U svom radu prepoznatljiva je po inovativnim metodama nastave, povezivanju teorijskih znanja s praktičnim eksperimentima te primjeni digitalnih alata u učenju.

Bila je član stručnog tima za izradu predmetnog kurikuluma fizike za opće gimnazije, tehničke i stručne škole. Autorica je više naučnih i stručnih radova, među kojima se posebno ističe *Teaching physics for high-school students through real-life questions and situations*. Aktivno učestvuje na domaćim i međunarodnim konferencijama, mentorira učenike na olimpijadama iz fizike te doprinosi popularizaciji prirodnih nauka kroz rad u stručnim komisijama i kreiranje nastavnih materijala.

PRILOZI

Prilog 1: Tabela veličina prstena

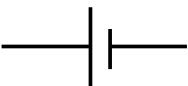
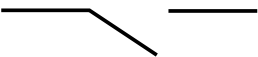
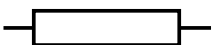
OBIM PRSTA (MM)	VELIČINA PRSTENA
46	6
47	7
48	8
49	9
50	10
51	11
52	12
53	13
54	14
55	15
56	16

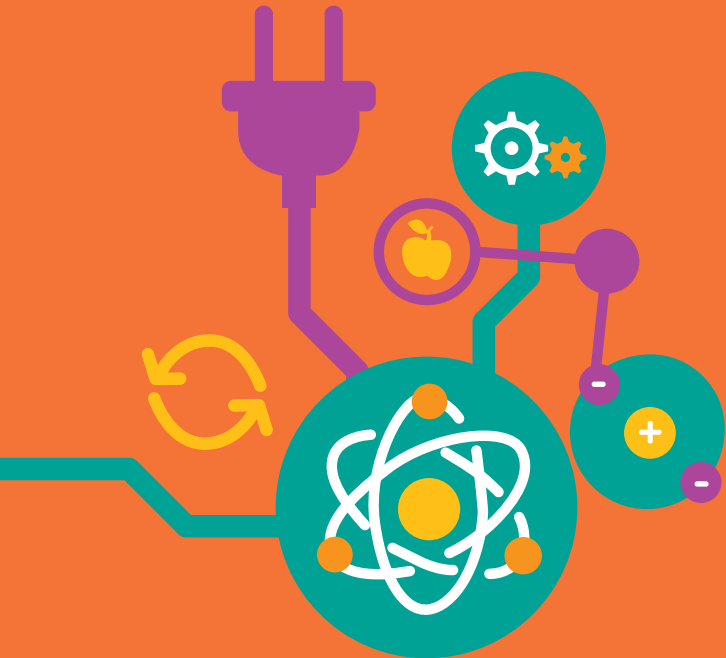
OBIM PRSTA (MM)	VELIČINA PRSTENA
57	17
58	18
59	19
60	20
61	21
62	22
63	23
64	24
65	25
66	26
67	27

Prilog 2: Tabela gustina supstanci

NAZIV SUPSTANCE	GUSTINA (kg/m ³)
zlato	19300
živa	13600
bakar	8900
staklo	2500
drvo	750
led	900
voda	1000

Prilog 3:
Simboli elemenata u strujnim krugovima

PROVODNIK	
IZVOR NAPONA	
PREKIDAČ	
VOLTMETAR	
AMPERMETAR	
OTPORNIK	
SIJALICA	
KONDENZATOR	



Izvodi iz recenzija

U okviru svake vježbe dat je adekvatan teorijski uvod, a postupak izvođenja mjerenja je napisan jasno i detaljno. Mjerenja se u svakoj vježbi ponavljaju više puta, što doprinosi smanjenju grešaka i povećanju tačnosti i preciznosti. U okviru nekih vježbi nastavnicima je data i napomena o mogućnostima korištenja simulacija u slučaju nedostatka odgovarajuće opreme za izvođenje eksperimenata u učionici. Vježbe kao cjelina tvore logički slijed jer se izvode od lakših ka težim.

Na kraju analize Priručnika može se zaključiti da je sadržaj rukopisa izložen na jedan sistematičan i jasan način, a prezentacija sadržaja je prilagođena ciljanoj grupi nastavnika osnovnih škola. Korištena terminologija, definicije i opisi pojmova su uobičajeni u izlaganju gradiva ovog tipa.

Prof. dr. Maja Đekić

S obzirom na to da je “eksperiment temelj objektivne spoznaje prirode”, a fizika fundamentalna prirodna nauka, ovo djelo će sigurno olakšati nastavnicima izvođenje eksperimenata u nastavi, što će učenicima omogućiti bolje razumijevanje prirode.

(...)

Djelo u potpunosti ispunjava zahtjeve i norme literature ove vrste iz fizike. Također, djelo će moći koristiti i nastavnici u srednjim škola, ali i učenici osnovnih i srednjih škola koji imaju poseban interes za fiziku. U skladu sa svim prethodno napisanim, rukopis *Priručnik za školske eksperimente iz fizike – osnovna škola*, autorica dr. Jasmine Baluković, Melihe Feta, BA, mr. Merjem Popara i Lejle Ramić, BA, u cjelini ocjenjujem pozitivno i preporučujem njegovo objavljivanje u izdanju Instituta za razvoj preduniverzitetskog obrazovanja Kantona Sarajevo.

Prof. dr. Amra Salčinović Fetić

