

**Navodila za Fizikalni praktikum
pri predmetu Uvod v fiziko**

Aleš Mohorič in Tomaž Podobnik

Februar 2013

Uvod

Navodila so v prvi vrsti namenjena študentom programa Praktična matematika na Oddelku za matematiko Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, ki morajo v okviru obveznosti pri predmetu Uvod v fiziko opraviti tudi Fizikalni praktikum. Pri Praktikumom naredijo študenti prve korake samostojnega eksperimentalnega dela; seznanijo se s temeljnimi pravili merjenja in spoznajo osnovne merilce fizikalnih količin; naučijo se samostojno obdelati rezultate meritev, jih nazorno prikazati in povezati s teorijo; spoznajo, da je vsaka meritev naravnega pojava nenatančna, vendar pa lahko na stopnjo nenatančnosti vplivamo z izbiro merske metode in s spretnostjo pri izvedbi meritve.

Pred Praktikumom, ki ga študenti opravljajo v drugem semestru prvega letnika, so na sporedu predavanja, ki so namenjena kratkemu pregledu klasične fizike in radioaktivnosti. Tak razpored je nujen, ker je večina študentov programa Praktična matematika brez srednješolskega fizikalnega predznanja.

Posamezno vajo naenkrat opravljata po dva študenta skupaj v skladu z razporedom, ki je obešen v laboratoriju. Za posamezno vajo so predvidene štiri šolske ure (ker praktikum poteka brez odmorov, to pomeni tri polne ure). V Uvodu naštejmo le nekaj splošnih napotkov, v nadaljevanju pa so navodila za vsako posamezno vajo posebej.

Priprava na izvedbo vsake vaje se začnejo doma s skrbnim branjem navodil, ki so sestavljene iz uvoda, v katerem sta na kratko razložena teorija in namen vaje, in iz praktičnega navodila za izvedbo vaje. Dodatno razlago za morebitne nejasnosti v navodilih dobite v primernih fizikalnih učbenikih in pri asistentih, ki vodijo vaje. Del priprave na vajo so tudi odgovori na vprašanja, ki so del navodila za vajo. Kdor na vajo pride nepripravljen, vaje ne sme opravljati, saj zaradi neznanja lahko pride do nesreče. Poleg tega je temeljita priprava pogoj za izvedbo vaje, iz katere se je moč česa naučiti brez resnejših zapletov in v omenjenem časovnem okviru.

Na vaje prihajate točno ob določeni uri. S sabo prinesite stiskana navodila za vajo, ki jo boste tisti dan opravljali, z vpisanimi odgovori na vprašanja v poglavju »Priprava«. Navodila boste uporabljali kot učni list, v katerega boste med vajo sproti vpisovali vse potrebne podatke; če niste popolnoma prepričani ali je podatek pomemben ali ne, ga vseeno vpišite za rezervo. Opišite vsak postopek in merilnik skupaj z njegovo natančnostjo. Vsako meritev ponovite vsaj trikrat, da se prepričate o ponovljivosti dobljenih rezultatov. Podatke, ki jih izmerite in vpisujete, sproti tudi obdelajte do te mere, da ugotovite ali dobivate smiselne rezultate ali ne. S tem lahko odkrijete očitno napako, kot je na primer izklopljen merilnik ali aretirana tehtnica, tako da vaje ne bo potrebno ponavljati na koncu leta. Opišite tudi vse postopke in račune, s katerimi iz izmerjenih količin pridelate končne rezultate. Kadar merite vrednost neke količine v odvisnosti od (spreminjajoče se) vrednosti druge količine, to odvisnost predstavite s tabelo in z grafom. Pri nekaterih vajah meritve opravlja računalnik, ki navadno tudi že predstavi

izmerjene količine v grafu ali v tabeli. Po vsaki vaji bo asistent pregledal, ali ste izmerili vse potrebne količine in vnesli vse potrebne podatke, kar bo potrdil tudi s podpisom. Dokončno meritve obdelajte doma, samostojno in v skladu z navodili. Liste z obdelanimi meritvami shranite v praktikumskem dnevniku.

Oprema za posamezno vajo je zbrana na mestu, kjer vajo opravljate. Za morebitne manjkajoče potrebščine povprašajte pri asistentu (med skupno opremo spadajo tehtnica, kljunasto merilo, mikrometrski vijak in termometer). Pri meritvah upoštevajte navodila in pri delu z merilniki delajte z občutkom (uporabljajte predpisano merilno silo). Bodite natančni in vztrajni. Pri merilnikih s skalo odčitujte pod kotom 90° , da ne storite napake zaradi paralakse. Po končani vaji vrnite potrebščine, ki ste jih dobili pri asistentu, vse drugo pa pospravite tako, kot je bilo, preden ste začeli z vajo.

Pri delu v laboratoriju pazite na svojo varnost in na varnost svojih kolegov. Največjo potencialno nevarnost v laboratoriju predstavlja električna. Vsaka vrsta klopi je opremljena z varnostnim stikalom, s katerim lahko odklopite omrežno napetost. Če vidite, da koga trese, se ga ne dotikajte (ker bo streslo tudi vas), ampak ugasnite varnostno stikalo. Pri delu z električnimi vezji bodite previdni: vsako vezje, preden ga priključite na napetost, naj pregleda asistent. Aktivnost radioaktivnega izvora, ki ga uporabljate pri praktikumu, je nizka, a kljub temu ravnajte z njim previdno. Pri prenašanju in premikanju izvora uporabite pinceto. Ravnajte z njim čimkrajši čas in ga ne približujte očem. Kadar ga ne uporabljate, naj bo v svinčeni omarici. Izvora nikoli ne odnašajte iz sobe.

Opraviti morate vseh dvanajst vaj in doma obdelati meritve v skladu z navodili. Vaje opravljate po predpisanem vrstnem redu. Če kdaj manjkate, potem naslednjič opravljate vajo, ki je takrat na vrsti, saj bo vajo, ki ste jo izpustili, verjetno opravljal nekdo drug. Izpuščeno vajo boste morali nadoknaditi ob koncu šolskega leta, ko bo skupina prenehala z rednim delom.

Z vsemi opravljenimi vajami se lahko udeležite testa iz vaj, ki mu sledi še zagovor vaj pri asistentu. Na testu in na zagovoru, med katerim bo asistent tudi pregledal Vaš praktikumski dnevnik, boste morali pokazati znanje o teoretičnem in o praktičnem delu poskusov, ki ste jih izvedli med vajami.

1. Sile pri nihanju

Vzmetno nihalo je sestavljeno iz vzmeti mase m_v in s koeficientom k , ki je na enem koncu toga vpeta, in uteži mase m , ki je vpeta na drugem koncu vzmeti. Utež v navpični smeri izmaknemo iz ravnovesne lege in pustimo, da prosto niha. Odmik x uteži od ravnovesne lege se s časom sinusno spreminja,

$$x = x_0 \sin(2\pi ft),$$

kjer je x_0 amplituda nihanja in f njegova lastna frekvenca, ki je enaka obratni vrednosti lastnega nihajnega časa t_0 . Nihajni čas je določen s prožnostnim koeficientom vzmeti k in z maso uteži, $t_0 = 2\pi\sqrt{m/k}$. Hitrost uteži v in njen pospešek a se prav tako harmonično spreminjata s časom:

$$v \equiv \frac{dx}{dt} \equiv \dot{x} = x_0 2\pi f \cos(2\pi ft) = v_0 \cos(2\pi ft)$$

in

$$a \equiv \ddot{x} = -x_0 (2\pi f)^2 \sin(2\pi ft) = -a_0 \sin(2\pi ft),$$

$$v_0 \equiv x_0 2\pi f \text{ in } a_0 \equiv x_0 (2\pi f)^2.$$

Raztezek vzmeti $x_r + x$ je razlika med dolžino vzmeti nihajočega nihala v določenem času in med dolžino prosto viseče vzmeti brez uteži, pri čemer je x_r raztezek vzmeti, ko je utež v ravnovesni legi, $x_r = -mg/k$. Sila vzmeti na utež je sorazmerna z raztežkom, $F_{v,u} = -k(x_r + x)$, tako da je vsota vseh sil na utež

$$F_g + F_{v,u} = -mg - k(x_r + x) = -kx = -F_0 \sin(2\pi ft),$$

kjer je $F_0 \equiv kx_0$. V skladu z 2. Newtonovim zakonom je rezultanta sil sorazmerna s pospeškom uteži, $-F_0 \sin(2\pi ft) = ma = -ma_0 \sin(2\pi ft)$, zato velja tudi $F_0 = ma_0$.

Na vzmet delujejo sila uteži $F_{u,v} = -F_{v,u} = k(x_r + x)$, sila teže $F_{g,v} = -m_v g$ in sila F_1 v točki vpetja. Ker je vpetje toga, velja $F_1 + F_{u,v} + F_{g,v} = 0$, zato je sila vzmeti na vpetje

$$F_2 = -F_1 = F_{u,v} + F_{g,v} = -(m + m_v)g + kx = -(m + m_v)g + F_0 \sin(2\pi ft).$$

Priprava:

1. Izračunaj amplitudo nihanja uteži, kateri se v danem koordinatnem sistemu lega spreminja med vrednostima 45 cm in 55 cm. $x_0 =$ _____
2. Izračunaj težo uteži z maso 100 g: $F_u =$ _____
3. Izračunaj prožnostni koeficient vzmeti, ki se raztegne za 5 cm, ko nanjo obesimo utež z maso 100 g: $k =$ _____
4. Iz zveze $t_0 = 2\pi\sqrt{m/k}$ izrazi prožnostni koeficient vzmeti: $k =$ _____

Naloga: Preveri ali je nihanje vzmetnega nihala zares sinusno! Iz grafa, ki prikazuje odmik v odvisnosti od časa, določi nihajni čas, amplitude odmika uteži iz ravnovesne lege in njene hitrosti ter pospeška! Primerjaj pospešek, ki ga dobiš iz meritev odmika s silo, ki jo dobiš z merjenjem sile vzmeti! Meritev opravi za dve različni uteži! Iz meritev frekvence določi konstanto vzmeti!

Potrebščine:

- vijačna vzmet,
- uteži,
- štoparica,
- merilnik sile,
- ultrazvočni merilnik lege,
- vmesnik Vernier,
- osebni računalnik,
- stojalo,
- tehtnica.

Navodilo:

Na stojalo pritrdi silomer in nanj vzmet, tako da silomer meri silo, s katero ga obremenjuje vzmet. Določi maso prve uteži,

$$m_1 = \text{_____} ,$$

in jo pritrdi na drug konec vzmeti! Pod utež na primerni razdalji namesti ultrazvočni merilnik lege, ter poskrbi, da merilnik meri lego uteži in mu druga telesa niso v napoto. Med poskusom pazi, da utež ne pade na merilnik! Na računalniku poženi program LoggerPro in pravilno nastavi vmesnik (poskrbi, da so vključeni pravi senzorji).

Poženi nihalo in s štoparico izmeri čas desetih nihajev, iz katerega izračunaj nihajni čas in frekvenco:

$$t_{10} = \text{_____} , \quad t_0 = \text{_____} \quad \text{in} \quad f = \text{_____} .$$

Podobno meritev opravi tudi z elektronskimi merilniki. Skiciraj grafe lege, hitrosti, pospeška in sile v odvisnosti od časa. Določi nihajni čas iz grafa odmika uteži od ravnovesne lege,

$$t_0 = \text{_____} ,$$

in ga primerjaj s prej izmerjenim! Določi amplitude odmika, hitrosti in pospeška:

$$x_0 = \text{_____} , \quad v_0 = \text{_____} , \quad a_0 = \text{_____} .$$

Izračunaj amplitudi hitrosti in pospeška še iz izrazov:

$$v_0 = x_0 2\pi f = \text{_____} , \quad a_0 = x_0 (2\pi f)^2 = \text{_____} .$$

Primerjaj amplitudo pospeška z amplitudo sile deljene z maso:

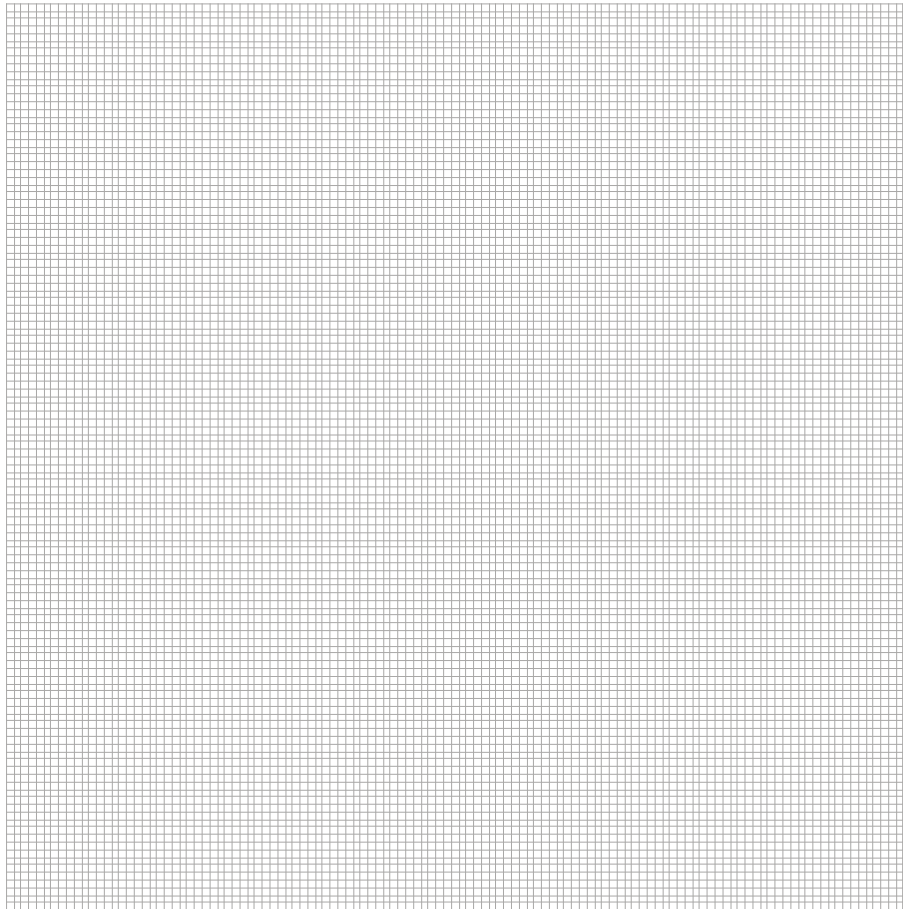
$$F_0/m_1 = \text{_____}$$

Določi koeficient vzmeti tako, da ob vzmet postaviš merski trak ter vzmet raztezaš z roko. V tabelo vnašaj silo F' , ki jo kaže merilnik sile, in raztezek vzmeti x . Opravi vsaj deset meritev! Od sile, zapisane v tabeli, odštej silo F_{brez} , ki jo kaže merilnik sile preden vzmet raztegneš z roko.

F' [N]										
x [cm]										
$F' - F_{brez}$										

Nariši graf, ki kaže odvisnost sile $F' - F_{brez}$ od raztezka vzmeti x , in iz grafa določi naklon oziroma koeficient vzmeti,

$$k_{izmerjen} = \text{_____} .$$



Izračunaj koeficient vzmeti še iz lastnega nihajnega časa $t_0 = 2\pi\sqrt{m/k}$ in ga primerjaj z izmerjenim,

$k_{\text{izračunan}} = \underline{\hspace{2cm}}$.

Datum: .

2. Gibalna količina in trki

Gibalna količina G_1 vozička z maso m_1 in hitrostjo v_1 je $G_1 = m_1 v_1$. Izrek o gibalni količini pove, da je sprememba gibalne količine vozička enaka sunku zunanjih sil na voziček,

$$\int F_1 dt = \Delta G_1 = G_1' - G_1 = m_1 v_1' - m_1 v_1,$$

kjer sta G_1' in v_1' gibalna količina in hitrost vozička po sunku, G_1 in v_1 pa pred njim. Tako na primer pri trku dveh vozičkov sunek sile $F_{2,1}$ drugega vozička na prvi voziček spremeni gibalno količino prvemu vozičku,

$$\int F_{2,1} dt = m_1 v_1' - m_1 v_1.$$

Skupna gibalna količina sistema dveh vozičkov je enaka vsoti gibalnih količin vsakega izmed vozičkov, $G = G_1 + G_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$. Izrek o gibalni količini takega sistema se glasi

$$\int F dt = G' - G = m_1 v_1' + m_2 v_2' - (m_1 v_1 + m_2 v_2),$$

kjer je $\int F dt$ sunek vseh zunanjih sil na sistem. V sistemu so morebitne sile med vozičkoma notranje sile, zato se pri trku vozičkov skupna gibalna količina sistema ohranja,

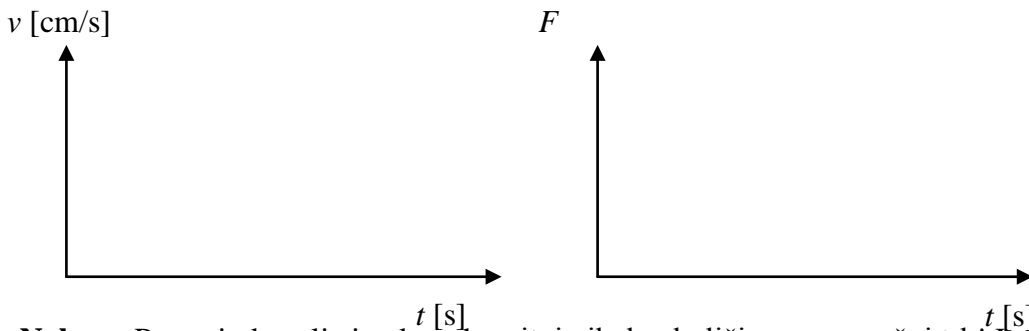
$$m_1 v_1' + m_2 v_2' = m_1 v_1 + m_2 v_2.$$

Pri popolnoma neprožnem trku se vozička sprimeta in gibljeta z enako končno hitrostjo, $v_1' = v_2' = v'$. Če drugo telo pred takim trkom miruje, velja:

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v', \quad \int F_{2,1} dt = \Delta G_1 = m_1 (v' - v_1), \quad \int F_{1,2} dt = -\int F_{2,1} dt = \Delta G_2 = m_2 v'.$$

Priprava:

1. Z osnovnimi enotami izrazite enoto za gibalno količino mv : _____
2. Z osnovnimi enotami izrazite enoto za sunek sile $F\Delta t$: _____
3. V graf hitrosti v odvisnosti od časa vrišite potek hitrosti telesa, ki se najprej 3 s giblje enakomerno s hitrostjo 10 cm/s, potem se mu v 1 s hitrost enakomerno zmanjša na 5 cm/s, nato pa se s to hitrostjo telo giblje še 2 s. V graf sile od časa narišite takemu gibanju ustrezno zunanjo silo. Merila za silo ni treba označiti, ker ni podatka za maso telesa.



Naloga: Preveri, da velja izrek o ohranitvi gibalne količine za neprožni trk! Izmeri sunek sile in ga primerjaj z izračunanim!

Potrebščine:

- tračnice,
- dva vozička s priborom za neprožni trk,
- ultrazvočni merilnik lege,
- merilnik sile,
- vmesnik Vernier,
- osebni računalnik,
- tehtnica.

Navodilo:

Stehtaj vozička, na katerih je nameščena priprava za neprožni trk,

$$m_1 = \text{_____} , \quad m_2 = \text{_____} .$$

Namesti vozička na tračnice. Z ene strani nastavi ultrazvočni merilnik lege tako, da bo nemoteno odčitaval lego prvega vozička. Zaženi program LoggerPro. Pravilno nastavi merilnik sile pri trku. Poženi prvi voziček, da trči z drugim in obenem poženi meritev lege in sile. Program naj izriše hitrost prvega vozička ter silo, ki jo meri silomer. Iz meritve razberi hitrost prvega vozička pred trkom in sprijetih vozičkov po trku,

$$v_1 = \text{_____} , \quad v' = \text{_____} .$$

Iz hitrosti pred in po trku izračunaj spremembo gibalne količine posameznega vozička,

$$\Delta G_1 = \text{_____} , \quad \Delta G_2 = \text{_____} .$$

Iz spremembe gibalnih količin izračunaj sunka sil,

$$\int F_{2,1} dt = \text{_____} , \quad \int F_{1,2} dt = \text{_____} ,$$

in ju primerjaj z izmerjenim,

$$\left(\int F_{1,2} dt \right)_{\text{izmerjen}} = \text{_____} .$$

Preveri ali se pri trku skupna gibalna količina sistema dveh vozičkov res ohranja!

Datum: _____ .

3. Vrtenje telesa v tekočini

Med dve vzporedni vodoravni plošči nalijemo tekočino. Razdalja med ploščama (debelina plasti tekočine) je z , površina vsake izmed stičnih ploskev med tekočino in eno izmed plošč pa S . Spodnja plošča je pritrjena, medtem ko zgornjo vlečemo v vodoravni smeri enakomerno s hitrostjo v . Sila F , s katero vlečemo, je konstantna,

$$\frac{F}{S} = \eta \frac{v}{z},$$

saj jo uravnoteži (nasprotno) enaka sila viskoznosti F_v zaradi trenja med plastmi tekočine z različnimi hitrostmi. Koeficient viskoznosti η je značilen za tekočino in je odvisen od njene temperature.

Koaksialni viskozimeter je sestavljen iz dveh koncentričnih valjev. Notranji valj polmera r se vrti v zunanjem, med valjema pa je plast tekočine debeline Δr , ki notranji valj omoči do višine h . Valj se vrti zaradi navora teže uteži mase m na vrVICI, ki je navita okoli gredi polmera r_g notranjega valja.

Začetno pospešeno vrtenje sčasoma preide v enakomerno vrtenje, ko sta navor teže uteži $M_t = mgr_g$ in navor zaradi viskoznosti

$$M_v = rF_v = \frac{rS\eta v}{\Delta r} = \frac{2\pi\eta\omega hr^3}{\Delta r}$$

(nasprotno) enaka, pri čemer je $v = \omega r$ obodna hitrost notranjega valja, ω je kotna hitrost vrtenja in je $S = 2\pi rh$ površina prijemališča viskozne sile (predpostavili smo še, da sta polmer notranjega valja in razdalja med spodnjo osnovno ploskvijo notranjega valja in dnom zunanjega valja mnogo večja od Δr , tako da lahko zanemarimo vpliv ukrivljenosti in navor viskoznosti na spodnji ploskvi notranjega valja). Iz enakosti obeh navorov izrazimo viskoznost tekočine,

$$\eta = \frac{mgr_g \Delta r}{2\pi\omega hr^3}.$$

Priprava:

1. Izrazi enoto za viskoznost z osnovnimi enotami: _____

2. V tabelah poišči podatka za gostoto vode in olja ter podatka za viskoznost vode in olja. V izraze vstavi ustrezno matematično razmerje (enako, manjše od, večje od)

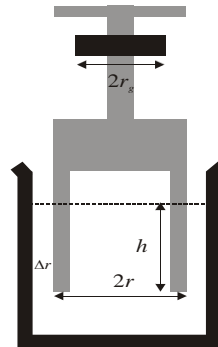
ρ_{vode} ___ ρ_{olja} , η_{vode} ___ η_{olja}

3. Zapiši definicijo kotne hitrosti in njeno enoto: ω _____

Naloga: S koaksialnim viskozimetrom izmeri viskoznost neznane tekočine!

Potrebščine:

- koaksialni viskozimeter,
- neznana tekočina,
- optična vrata,
- vmesnik Vernier,
- osebni računalnik,
- vrvica,
- uteži,
- kljunasto merilo.



$$2r_g = 51,2 \text{ mm}$$

$$\Delta r = 4,7 \text{ mm}$$

Navodilo:

Na vreteno navij vrv, ki je napeljana preko lahkega škripca. Na konec vrvi obesi utež, ki ji določiš maso,

$$m = \text{_____} .$$

S kljunastim merilom izmeri globino potopljenega dela aluminijastega valja in polmer vretena, na katerega je navita vrv,

$$h = \text{_____} , \quad r_g = \text{_____} .$$

Zaženi program »viskoznost« in opravi meritev kotne hitrosti z optičnimi vrati. Spusti utež in skiciraj potek kotne hitrosti. Iz grafa odberi kotno hitrost notranjega valja, ko se le-ta vrti enakomerno,

$$\omega = \text{_____} ,$$

in iz nje izračunaj viskoznost neznane tekočine,

$$\eta = \text{_____} .$$

Ponovi meritev, pri čemer spreminjaj maso uteži in višino h omočenosti notranjega valja.

Datum: _____ .

4. Stojno valovanje

Hitrost zvoka v aluminijasti palici je določena z gostoto ρ aluminija in z njegovim prožnostnim modulom E ,

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}.$$

Valovanje, ki pripotuje do konca palice, se od konca odbije. Z interferenco odbitega in vpadnega valovanja nastane stojno valovanje s hrbtoma na koncu palic. Valovna dolžina stojnega valovanja je

$$\lambda_n = \frac{2l}{n},$$

frekvenca pa ν_n , tako da

$$c = \lambda_n \nu_n,$$

pri čemer je n število vozlov in je l dolžina palice.

Priprava:

1. Kaj je zvok? _____
2. Kako izračunamo prostornino valja s polmerom r in višino h ? _____
3. Kolikšna je hitrost zvoka v zraku? _____

Naloga: Izmeri frekvenco stojnega valovanja v aluminijasti palici ter določi hitrost zvoka v aluminiju in prožnostni modul aluminija.

Potrebščine:

- aluminijasta palica,
- kladivo,
- mikrofoni,
- ojačevalnik,
- računalnik,
- merilni trak,
- kljunasto merilo,
- tehtnica.

Navodilo:

Z merilnim trakom izmeri dolžino l palice in označi njeno polovico in četrtno,

$$l = \text{_____},$$

in s kljunastim merilom določi njen polmer,

$$r = \text{_____} .$$

Izračunaj presek S palice,

$$S = \pi r^2 = \text{_____} ,$$

in njeno prostornino,

$$V = Sl = \text{_____} .$$

S tehtanjem določi maso m palice,

$$m = \text{_____} ,$$

in določi gostoto ρ aluminija,

$$\rho = m/V = \text{_____} .$$

Priključi mikrofona na računalnik in poženi program Audacity. Palico trdno primi z dvema prstoma na sredini in udari s kladivom po njenem robu. Približaj palico mikrofona in posnemi zvok, ki ga oddaja palica. Določi nihajni čas zvoka:

$$t_{01} = \text{_____} .$$

Z računalnikom izriši spekter zvoka in iz spektra odčitaj frekvenco:

$$\nu_1 = \text{_____} .$$

Se frekvenca ujema z $1/t_{0,1}$?

Skiciraj amplitudo stoječega valovanja z enim vozlom,

Določi valovno dolžino takega valovanja:

$$\lambda_1 = \text{_____}$$

Izračunaj hitrost valovanja:

$$c_1 = \lambda_1 \nu_1 = \text{_____}$$

Določi frekvenco, valovno dolžine ter hitrost še tako, da držiš na četrtini dolžine:

$$v_2 = \underline{\hspace{2cm}},$$

skica :

$$\lambda_2 = \underline{\hspace{2cm}},$$

$$c_2 = \lambda_2 v_2 = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Izračunaj povprečno vrednost c obeh hitrosti,

$$c = \underline{\hspace{2cm}},$$

in iz nje določi prožnostni modul E aluminija,

$$E = c^2 \rho = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Datum: .

5. Plinski zakoni

Stanje plina opišemo z njegovim tlakom p , prostornino V in temperaturo T . V primeru, da je stiskanje ali razpenjanje plina zelo hitro, je sprememba $p, V, T \rightarrow p', V', T'$ adiabatna: med stiskanjem ali razpenjanjem je količina toplote, ki se izmenja z okolico, zanemarljiva, zato se temperatura plina T' v tako kratkem času ne more izenačiti z okoliško temperaturo T . Pri adiabatnih spremembah se ohranja produkt

$$pV^\kappa = p'V'^\kappa,$$

pri čemer

$$\kappa = \frac{\ln\{p/p'\}}{\ln\{V'/V\}}$$

sovpada z razmerjem c_p/c_v specifičnih toplot zraka.

Če po stiskanju ali razpenjanju počakamo dovolj dolgo, se temperatura plina sčasoma izenači z okoliško temperaturo in je celotna sprememba $p, V, T \rightarrow p'', V', T$ izotermna.

Pri taki spremembi se ohranja produkt tlaka plina in njegove prostornine,

$$pV = p''V'.$$

Priprava:

1. Izrazi temperaturo 20 °C v absolutni lestvici: _____
2. Zapiši enoto za κ : _____
3. Zapiši plinsko enačbo _____ in izrazi iz nje tlak: $p =$ _____
4. Izrazi normalni zračni tlak v kilopascalih: _____

Naloga: Določi razmerje c_p/c_v za zrak in preveri plinsko enačbo za izotermne spremembe.

Potrebščine:

- vmesnik Vernier,
- merilnik tlaka,
- brizgalki,
- povezovalne cevke,
- osebni računalnik.

Navodilo:

Večjo brizgalko nastavi nekoliko pod polovico njene največje prostornine. Vključi računalnik, priključi merilnik tlaka na večjo brizgalko tako, da nastavek zavrtiš na ustje brizgalki, ne tako, da snameš cev z nastavka!, odberi tlak v brizgalki,

$$p = \underline{\hspace{2cm}}$$

in zapiši začetno prostornino zraka

$$V = \underline{\hspace{2cm}} .$$

Pri vsakokratnem določanju prostornine zraka upoštevaj, da je v cevki, ki povezuje brizgalko z merilnikom tlaka, okoli 2 ml zraka.

Na računalniku nastavi največjo možno hitrost merjenja tlaka. Počasi stisni brizgalko do najmanjše vrednosti, ki jo omogoča aluminjasti tulec in pazi, da izmerjeni tlak ne preseže 200 kPa. To je pomembno zato, ker je merilno območje merilnika tlaka največ 220 kPa in se želimo izogniti posškodbi merilnika. Nato nastavimo ustrezno začetno prostornino in zrak v brizgalki hitro stisnemo na najmanjšo prostornino V' , ki jo omejuje aluminjasti tulec v brizgalki

$$V' = \underline{\hspace{2cm}} ,$$

odberi tlak p' takoj po stiskanju,

$$p' = \underline{\hspace{2cm}} ,$$

in oceni čas τ , v katerem se tlak ustali,

$$\tau = \underline{\hspace{2cm}} .$$

Izračunaj κ ,

$$\kappa = \underline{\hspace{2cm}} .$$

Na manjši brizgalki nastavi prostornino na polovico največje. Prestavi merilnik tlaka na manjšo brizgalko, tako da odvijesh nastavek in ne tako, da snameš cevko, in nastavi LoggerPro na »meritev z vnosom« (”Events With Entry”). Kot vnos (entry) vpiši prostornino (krajše V , enota ml). Spreminjaj prostornino zraka v brizgalki, po vsaki spremembi počakaj vsaj trikratni čas τ , in izmeri tlak,

V [ml]	20	15	10	5
p [kPa]				
pV				

in preveri, če se produkt pV res ohranja.

Datum:

6. Kalorimetrija

Temperaturi vode in vzorca, ki ga potopimo v vodo, se sčasoma izenačita. Pri ohlajanju vode se sprosti toplota

$$Q_v = m_v c_{p,v} (T_z - T_v),$$

medtem ko se za segrevanje vzorca porabi toplota

$$Q_1 = m_1 c_{p,1} (T_z - T_1),$$

pri čemer je m_1 masa vzorca s specifično toploto pri konstantnem tlaku $c_{p,1}$ in začetno temperaturo T_1 , m_v je masa vode s specifično toploto $c_{p,v}$ in začetno temperaturo T_v , medtem ko je T_z zmesna temperatura. Zaradi toplotne izoliranosti vode in vzorca od okolice velja

$$Q_1 + Q_v = 0,$$

tako da je specifična toplota vzorca

$$c_{p,1} = c_{p,v} \frac{m_v (T_v - T_z)}{m_1 (T_z - T_1)}.$$

Priprava:

1. Zapiši enoto za specifično toploto in jo izrazi z osnovnimi enotami: _____
2. V priročniku poišči specifično toploto vode in jo zapiši: $c_{p,v} =$ _____
3. Koliko toplote odda grelnik z močjo P v časovnem intervalu t ? _____

Naloga: Določi specifično toploto neznanih vzorcev!

Potrebščine:

- dve toplotno izolirani čaši,
- termometri,
- električni grelec (kuhalnik vode),
- dva vzorca neznane snovi,
- tehtnica,
- menzura.

Navodilo:

Stehaj maso prazne toplotno izolirane čaše

$m_{\zeta} =$ _____.

V vsako izmed toplotno izoliranih čaš daj po en vzorec. Kot vzorec uporabimo snov razdrobljeno na koščke, s čimer povečamo površino v primerjavi s prostornino, da je

prenos toplote čimhitrejši. Stehtaj polni čaši. Določi maso neznanih vzorcev snovi tako, da od izmerka odšteješ maso prazne čaše,

$$m_1 = \text{_____} , \quad m_2 = \text{_____} .$$

Izmeri temperaturi vzorcev,

$$T_1 = \text{_____} , \quad T_2 = \text{_____} .$$

V posodo na kuhalniku dodaj približno 2 dl vode in vodo zavri. Temperatura ni nujno 100 °C, temperatura vrelišča je odvisna od zračnega tlaka. Izmeri temperaturo vrele vode

$$T_v = \text{_____} ,$$

V čašo z vzorcem vstavi tipalo digitalnega termometra, pazi, da pri tem ne preluknjaš dna čaše, vlij toliko vrele vode, da bo vzorec popolnoma prekrit (slab dl vode), pomešaj in počakaj, da se temperatura ustali. Izmeri končno temperaturo in stehtaj čašo z vodo in vzorcem, da določiš maso dolite vode. Ponovi postopek z drugim vzorcem:

$$m_{v,1} = \text{_____} , \quad m_{v,2} = \text{_____} .$$

$$T_{z,1} = \text{_____} , \quad T_{z,2} = \text{_____} .$$

Izračunaj specifični toploti neznanih snovi,

$$c_{p,1} = \text{_____} , \quad c_{p,2} = \text{_____} .$$

Datum: _____ .

7. Električna vezja

Električni tok skozi porabnik merimo z ampermetrom. Priključimo ga zaporedno s porabnikom, njegov upor pa naj bo majhen v primerjavi z uporom porabnika. Gonilno napetost generatorja in napetost na porabniku merimo z voltmetrom. Priključimo ga vzporedno z generatorjem ali porabnikom, njegov upor pa mora biti velik v primerjavi z uporom porabnika ali notranjim uporom generatorja.

Električni upor R volframove nitke v žarnici je sorazmeren s specifičnim uporom ζ volframa,

$$R = \zeta \frac{l}{S},$$

kjer je l dolžina nitke in S njen prečni preseki. Specifični upor volframa je odvisen od njegove temperature. Za dovolj majhne temperaturne razlike je zveza med specifičnim uporom in temperaturo kar linearna,

$$\zeta(T_2) = \zeta(T_1) + a(T_1)\zeta(T_1)(T_2 - T_1),$$

kjer je $a(T_1)$ temperaturni koeficient specifičnega upora v bližini temperature T_1 ,

$$a(T_1) = \frac{\zeta(T_2) - \zeta(T_1)}{\zeta(T_1)(T_2 - T_1)}.$$

Tako lahko določimo specifični upor volframa pri temperaturi T , $T_1 \leq T \leq T_2$,

$$\zeta(T) = \zeta(T_1) + a(T_1)\zeta(T_1)(T - T_1) = \zeta(T_1) + [\zeta(T_2) - \zeta(T_1)] \frac{T - T_1}{T_2 - T_1},$$

po drugi strani pa lahko iz meritve specifičnega upora ζ , $\zeta(T_3) \leq \zeta \leq \zeta(T_4)$, določimo temperaturo nitke,

$$T = T_3 + \frac{\zeta - \zeta(T_3)}{a(T_3)\zeta(T_3)} = T_3 + (T_4 - T_3) \frac{\zeta - \zeta(T_3)}{\zeta(T_4) - \zeta(T_3)}.$$

Priprava:

1. Nariši shemo vezja, v katerem z voltmetrom merimo napetost na porabniku, ki je priključen na vir napetosti

2. Nariši shemo vezja, v katerem z ampermetrom merimo tok skozi porabnik, ki je priključen na vir napetosti:

Naloga: Določi temperaturo sijoče žarnice!

Potrebščine:

- tokovni vir,
- ampermeter,
- voltmeter,
- multimeter,
- volframova žarnica,
- reostat.

Navodilo:

Na viru enosmerne napetosti nastavi napetost in jo izmeri z voltmetrom:

$$U_g = \underline{\hspace{2cm}} .$$

Na vir priključi upornik ter uporniku vzporedno voltmeter. Zapiši napetost, ki jo kaže voltmeter:

$$U_R = \underline{\hspace{2cm}} .$$

Zaporedno poveži vir enosmerne napetosti, ampermeter in upornik. Kot upornik uporabi uporovno dekada, kjer nastaviš upor nekaj sto ohmov. Skozi ampermeter teče tok

$$I = \underline{\hspace{2cm}} .$$

Pomeri upor upornika z multimetrom,

$$R = \underline{\hspace{2cm}} ,$$

in ga primerjaj z uporom, izračunanim po Ohmovem zakonu:

$$R = U/I = \underline{\hspace{2cm}} .$$

Izmeri temperaturo zraka v sobi,

$$T = \underline{\hspace{2cm}} .$$

Iz podatkov v spodnji tabeli določi vrednost koeficienta $a(T_1)$ pri temperaturi $T_1 = 300\text{ K}$,

$$a(T_1) = \underline{\hspace{2cm}} ,$$

in določi specifični upor volframa $\zeta(T)$,

$$\zeta(T) = \underline{\hspace{2cm}} .$$

Izmeri upor hladne žarnice,

$$R(T) = \underline{\hspace{2cm}},$$

in določi razmerje l/S med dolžino in prečnim presekom njene nitke,

$$\frac{l}{S} = \frac{R(T)}{\zeta(T)} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Žarnico priključi na tokovni vir. Na izviru odčitaj tok in napetost na žarnici ter izračunaj njen upor in moč, s katero sveti,

$$I = \underline{\hspace{2cm}}, \quad U = \underline{\hspace{2cm}},$$

$$R(T') = \underline{\hspace{2cm}}, \quad P = UI = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Iz upora vroče žarnice določi specifični upor segretega volframa:

$$\zeta(T') = \frac{R(T')S}{l} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

V tabeli poišči največji specifični upor $\zeta(T_3)$, ki je še manjši od $\zeta(T')$, in najmanjši specifični upor $\zeta(T_4)$, ki je že večji od $\zeta(T')$, ter določi temperaturo segrete žarnice,

$$T' = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Specifični upor volframa v odvisnosti od temperature											
ζ/ζ_{300K}	T [K]	ζ [$\mu\Omega\text{cm}$]	ζ/ζ_{300K}	T [K]	ζ [$\mu\Omega\text{cm}$]	ζ/ζ_{300K}	T [K]	ζ [$\mu\Omega\text{cm}$]	ζ/ζ_{300K}	T [K]	ζ [$\mu\Omega\text{cm}$]
1.0	300	5.65	5.48	1200	30.98	10.63	2100	60.06	16.29	3000	92.04
1.43	400	8.06	6.03	1300	34.08	11.24	2200	63.48	16.95	3100	95.76
1.87	500	10.56	6.58	1400	37.19	11.84	2300	66.91	17.62	3200	99.54
2.34	600	13.23	7.14	1500	40.36	12.46	2400	70.39	18.28	3300	103.3
2.85	700	16.09	7.71	1600	43.55	13.08	2500	73.91	18.97	3400	107.2
3.36	800	19.00	8.28	1700	46.78	13.72	2600	77.49	19.66	3500	111.1
3.88	900	21.94	8.86	1800	50.05	14.34	2700	81.04	20.35	3600	115.0
4.41	1000	24.93	9.44	1900	53.35	14.99	2800	84.70			
4.95	1100	27.94	10.03	2000	56.67	15.63	2900	88.33			

Datum: _____.

8. Električna kapaciteta

Električno kapaciteto C kondenzatorja vpeljemo kot sorazmernostni koeficient med električnim nabojem e na elektrodah kondenzatorja in električno napetostjo U med elektrodama

$$C = \frac{e}{U},$$

pri poljubnem telesu pa kot sorazmernostni koeficient med električnim nabojem e na telesu in električno napetostjo U med telesom in okolico, pri čemer predpostavimo, da je dimenzija telesa mnogo manjša od razdalje telesa do okoliških teles. Izraz za kapaciteto krogle polmera r v zraku je razmeroma enostaven:

$$C = 4\pi\epsilon_0 r,$$

medtem ko kapaciteto za druga, manj simetrična telesa, najlažje določimo eksperimentalno.

Priprava:

1. Izrazi enoto za merjenje kapacitete farad z osnovnimi enotami: $1 \text{ F} = \underline{\hspace{2cm}}$.

2. Zapiši simbole in desetiške eksponente za sledeče predpone:

mega - ___ - _____, kilo - ___ - _____, mili - ___ - _____, mikro - ___ - _____, nano -
___ - _____, piko - ___ - _____

3. Poišči in zapiši električni naboj protona: _____ in elektrona _____

Naloga: Določi kapaciteto kovinskih krogel in pločevinke.

Potrebščine:

- visokonapetostni vir,
- merilnik naboja,
- vmesnik Vernier,
- osebni računalnik,
- kondenzator,
- kovinski krogli,
- pločevinka.

Navodilo:

Napolni kondenzator na bateriji znane napetosti U . Z merilnikom električnega naboja ravnaj previdno, ker je občutljiv. Pazi, da nikoli ne pride v stik z virom napetosti. Izmeri električni naboj, ki se nabere v kondenzatorju, ter izračunaj kapaciteto kondenzatorja:

$$e = \text{_____} , \quad C = \frac{e}{U} = \text{_____} .$$

Primerjaj izračunano kapaciteto s kapaciteto, ki je zapisana na kondenzatorju.

Določi polmera obeh krogel (polmer male določi s kljunastim merilom, za večjo pa se znajdi kako drugače):

$$r_1 = \text{_____} , \quad r_2 = \text{_____} .$$

Na viru visoke napetosti napolni kroglji in pločevinko ter izmeri električni naboj, ki se nabere na njih,

$$e_1 = \text{_____} , \quad e_2 = \text{_____} , \quad e_3 = \text{_____} .$$

Iz izmerjenih nabojev določi kapacitete treh teles,

$$C_1 = \frac{e_1}{U} = \text{_____} , \quad C_2 = \frac{e_2}{U} = \text{_____} , \quad C_3 = \frac{e_3}{U} = \text{_____} .$$

Kapaciteti C_1 in C_2 krogel primerjaj s kapacitetama

$$C_1' = 4\pi\epsilon_0 r_1 = \text{_____} \quad \text{in} \quad C_2' = 4\pi\epsilon_0 r_2 = \text{_____} .$$

Datum: _____ .

9. Sila na vodnik v magnetnem polju

Sila na vodnik v zunanjem magnetnem polju gostote B je sorazmerna s tokom I skozi vodnik in z dolžino l vodnika v polju. Če je vodnik pravokoten na silnice polja, velja

$$F = IlB.$$

Magnetni pretok Φ_m homogenega magnetnega polja gostote B skozi okvir, ki je pravokoten na silnice polja, je enak produktu:

$$\Phi_m = BS,$$

kjer je S ploščina okvirja.

Priprava:

1. Kolikšno maso bi pokazala tehtnica, če bi z njo tehtali utež z maso 100 g na Luni, kjer je težni pospešek $1,6 \text{ m/s}^2$? _____

2. Zapiši tretji Newtonov zakon (zakon o vzajemnem učinku): _____

3. Zapiši enoto za gostoto magnetnega polja tesla z osnovnimi enotami: $1 \text{ T} =$ _____

Naloga: S tehtanjem pokaži, da je sila na vodnik sorazmerna s tokom in določi magnetno poljsko gostoto in magnetni pretok med poloma magneta!

Potrebščine:

- tehtnica z magnetom in prečko,
- vir enosmernega toka,
- ampermeter,
- reostat,
- kljunasto merilo,
- 4 žice,
- stojalo.

Navodilo:

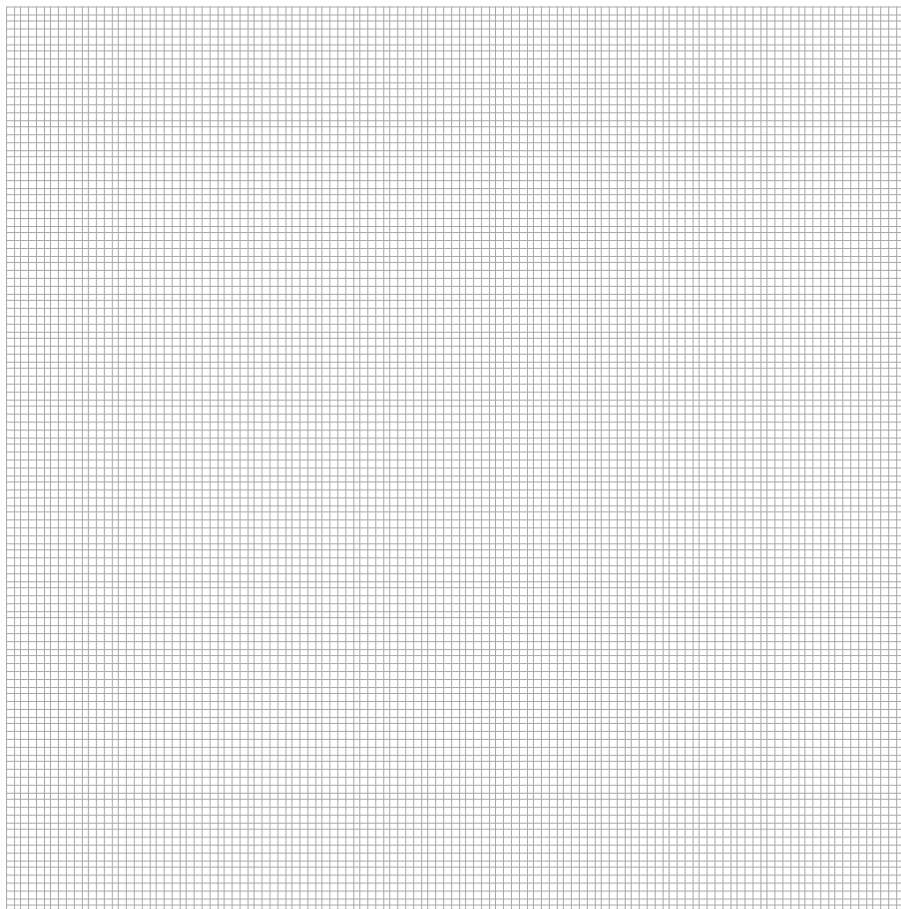
Izmeri dolžno vodnika (prečke) v magnetnem polju in presek magneta:

$$l = \text{_____}, \quad a = \text{_____}, \quad b = \text{_____}, \quad S = ab = \text{_____}.$$

Prečko zaporedno poveži z ampermetrom in reostatom in jo priključi na vir električnega toka. Uravnaj tehtnico. S tehtnico ravnaj previdno, ker je zelo občutljiva. Reostat naravnaj na največji upor in vključi tok. Spreminjaj tok in odčitavaj maso, ki jo kaže tehtnica. Naredi najmanj 10 meritev. Pazi, da ne prekoračiš območja ampermetra!

I											
m											

Meritve vnese v diagram: na absciso nanašaj tok I , na ordinato pa silo.



Iz strmine dobljene premice določi gostoto magnetnega polja B , nato pa izračunaj še magnetni pretok med poloma magneta:

$$B = \text{_____} , \quad \Phi_m \text{_____} .$$

Vprašanja: Kako je v splošnem sila na vodnik odvisna od kota med silnicami polja in vodnikom? Kakšna je smer sile?

Datum: _____ .

10. Interferenca

Pri prehodu skozi režo uklonske mrežice se laserska svetloba ukloni in uklonjeno valovanja iz sosednjih rež se seštejejo. Konstruktivno interferenco dobimo pod koti θ_N , za katere velja

$$a \sin \theta_N = N \lambda, \quad N \in \mathbf{N}_0, \quad \left| \frac{N \lambda}{a} \right| \leq 1,$$

pri čemer je λ valovna dolžina svetlobe in a razdalja med sosednjima režama. Če na razdalji l za uklonsko mrežico postavimo zaslon, na njem poleg pike, ki jo dobimo tudi brez uklonske mrežice in jo imenujemo ničti red interference, saj ustreza $N = 0$ v zgornji enačbi, dobimo še dodatne pike. Če je x razdalja med pikama, ki ustrežata ničtemu in prvemu interferenčnemu maksimumu, je

$$\theta_1 = \arctan\left(\frac{x}{l}\right)$$

in je valovna dolžina laserske svetlobe

$$\lambda = a \sin \theta_1.$$

V vodi se valovna dolžina in hitrost laserske svetlobe zmanjšata,

$$c = \frac{c_0}{n} = \lambda' \nu = \frac{\lambda}{n} \nu,$$

zato se zmanjšata tudi razdalja x' med ničtim in prvim interferenčnim maksimumom in kot

$$\theta_1' = \arctan\left(\frac{x'}{l}\right).$$

Iz kotov θ_1 in θ_1' določimo lomni količnik n vode,

$$n = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_1'}.$$

Pri vpadu svetlobe v snovi z lomnim količnikom n na mejo med snovjo in zrakom se vsa svetloba odbije, če vpadni kot α preseže mejno vrednost $\alpha_m = \arcsin(n^{-1})$.

Priprava:

1. S katetama a in b ter s hipotenuzo c pravokotnega trikotnika izrazi kotne funkcije kota α med kateto b in hipotenuzo: $\sin \alpha = \underline{\hspace{2cm}}$, $\cos \alpha = \underline{\hspace{2cm}}$, $\tan \alpha = \underline{\hspace{2cm}}$

2. Zapiši lomni zakon: $\underline{\hspace{4cm}}$

Naloga: Določi valovno dolžino laserske svetlobe in lomni količnik vode. Izmeri mejni kot za totalni odboj pri prehodu svetlobe iz plankonveksne leče v zrak in določi lomni količnik snovi, iz katere je leča.

Potrebščine:

- laser,
- merilni trak,
- uklonska mrežica,
- steklena kad s stojalom, zaslonom in pipo,
- svetilka z ozkim snopom,
- plankonveksna leča,
- vrtljiva plošča s kotomerom.

Navodilo:

Izmeri dolžino kadi:

$$l = \underline{\hspace{2cm}} .$$

Pred kad postavi uklonsko mrežico. Mrežica ima 500 rež na mm, tako da je razdalja a med dvema režama (mrežna konstanta)

$$a = \underline{\hspace{2cm}} .$$

Na mrežico posveti z laserskim curkom pod pravim kotom, tako da na zadnji strani kadi nastanejo svetle pege. Na zadnjo stran kadi prisloni papir in na njem označi legi ničtega in prvega uklonskega maksimuma. Izmeri razdaljo med oznakama,

$$x = \underline{\hspace{2cm}}$$

in iz nje izračunaj kot θ_1 ,

$$\theta_1 = \underline{\hspace{2cm}} .$$

Iz kota določi valovno dolžino laserske svetlobe,

$$\lambda = \underline{\hspace{2cm}} .$$

V kad nalij vodo. Pege se premaknejo. Izmeri x' ,

$$x' = \underline{\hspace{2cm}} ,$$

izračunaj θ_1' ,

$$\theta_1' = \underline{\hspace{2cm}} ,$$

in določi lomni količnik vode,

$$n = \underline{\hspace{2cm}} .$$

Svetilko nastavi tako, da meri izek snop svetlobe, ki ga usmeriš na izbočeni del plankonveksne leče tako, da gre skozi sredino leče in je pravokoten na njen planarni del. Z obračanjem leče določi mejni kot za popolni odboj,

$$\alpha_m = \text{_____} ,$$

in določi lomni količnik snovi, iz katere je leča,

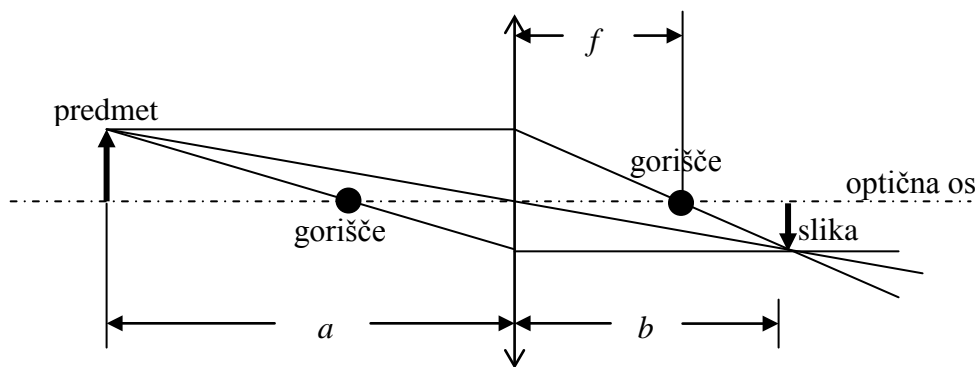
$$n = \frac{1}{\sin \alpha_m} = \text{_____} .$$

Datum: _____ .

11. Geometrijska optika

Na leči se žarki lomijo tako, da se snop vzporednih žarkov zbere v eni točki, ki leži v goriščni ravnini. Tako lečo imenujemo zbiralna leča. Po razpršilni leči se snop vzporednih žarkov razprši tako, da se njihovi podaljški sekajo v goriščni ravnini. Goriščna ravnina je od leče oddaljena za f . Presečišče optične osi in goriščne ravnine imenujemo gorišče.

Pri iskanju lege slike si pomagamo s tremi karakterističnimi žarki, ki zapuščajo točko na predmetu: vzporednim, ki je vzporeden optični osi in se lomi skozi gorišče, temenskim, ki gre skozi sredino leče in se ne zlomi, ter goriščnim, ki gre skozi gorišče na strani predmeta in se lomi tako, da gre vzporedno z optično osjo. Vsi trije žarki se zberejo v eni točki, ki leži v ravnini, v kateri nastane slika.



Velja enačba leče

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b},$$

kjer je a razdalja od leče do predmeta, b pa razdalja od leče do slike.

Slike, ki nastanejo pri preslikavah z optičnimi elementi so lahko realne ali navidezne, pokončne ali obrnjene ter povečane ali pomanjšane. Realne slike lahko prestrežemo na zaslon, navidezne pa nastanejo v podaljšku žarkov in jih lahko le opazujemo z očesom. Pokončne slike so obrnjene enako kot predmeti. Povečava slike je definirana z razmerjem velikosti slike y' in velikosti predmeta y in je enaka razmerju razdalj slike in predmeta:

$$N = \frac{y'}{y} = \frac{b}{a}.$$

Priprava:

1. Izračunaj lego leče, pri kateri nastane ostra slika na zaslonu, ki je za d oddaljen od predmeta. Upoštevaj, da je $d = a + b$: _____

Naloga:

Določi goriščno razdaljo leče, opazuj projekcijo ter določi povečavo.

Potrebščine:

- optična klop,
- svetilka,
- zaslon,
- merilni trak.

Navodilo:

Na optično klop nanizaj na isto višino svetilko z diapozitivom, lečo in zaslon. Lečo in zaslon premakni tako, da na zaslonu nastane ostra slika. Izmeri razdaljo od diapozitiva do leče ter od leče do zaslona:

$$a = \text{_____} , \quad b = \text{_____} .$$

Izračunaj goriščno razdaljo:

$$f = \text{_____} .$$

Izmeri velikost predmeta in slike,

$$y = \text{_____} , \quad y' = \text{_____} ,$$

ter izračunaj povečavo

$$\frac{y'}{y} = \text{_____} , \quad \frac{b}{a} = \text{_____} .$$

Zastri pol slike s papirjem in opazuj sliko. Kaj opaziš na sliki?

Zastri pol zaslona s papirjem. Kaj opaziš na sliki?

Zastri pol leče s papirjem. Kaj opaziš na sliki?

Datum: _____ .

12. Absorpcija sevanja γ

Pri radioaktivnem razpadu večina atomskih jeder seva tudi delce γ , to je kratkovalovno rentgensko svetlobo. Valovna dolžina delcev γ , ki jih sevajo radioaktivne snovi, je od okoli 1 nm do 10^{-3} nm. Radioaktivni razpad je naključen pojav: verjetnost, da bo v radioaktivnem vzorcu v časovnem intervalu Δt razpadlo N jeder, podaja Poissonova porazdelitev,

$$P(N | \nu) = \frac{\nu^N}{N!} e^{-\nu} ,$$

kjer je ν pričakovano število razpadov, ki je odvisno od aktivnosti vzorca in od dolžine časovnega intervala.

Denimo, da vzporeden curek delcev γ pada pravokotno na zaslon debeline d . Pri prehodu skozi zaslon število delcev v curku pojenja eksponentno z debelino zaslona,

$$N = N_0 e^{-\mu d} ,$$

kjer je N_0 število delcev v vpadnem curku in je N število delcev v prepuščenem curku, medtem ko je μ absorpcijski koeficient. Ta je značilen za snov in je odvisen še od energije žarkov γ . Razpolovna debelina $d_{1/2}$ je debelina zaslona, pri kateri se absorbira polovica vpadnih žarkov. Med razpolovno debelino in absorpcijskim koeficientom obstaja enolična zveza,

$$d_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} .$$

Pri vaji žarke γ zaznavamo z Geiger-Müllerjevim števcem. Števec sestavlja tanka žička v osi kovinske cevi. Cev je zaprta in napolnjena z mešanico plinov pri tlaku okoli 100 mbar. Števec je priključen na enosmerno napetost tako, da je žička v sredini pozitivna. Ioni in elektroni, ki jih pri preletu skozi plin ustvari delec γ , sprožijo v cevi kratkotrajen električni tok. Tokovni sunek zaznamo z elektronsko števno napravo.

Priloga:

1. Zapiši zvezo med energijo fotona in njegovo valovno dolžino: _____
2. Kaj je sevanje beta? _____

Naloga: Z Geiger-Müllerjevo cevjo določi razpolovno debelino svinca za sevanje γ !

Potrebščine:

- GM števec,
- vmesnik Vernier,
- osebni računalnik,
- radioaktivni vir,
- podstavek s svinčenimi ploščicami,
- mikrometrski vijak.

Navodilo:

Desetkrat izmeri število razpadov v vzorcu v eni minuti:

N_0										
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Izračunaj povprečno število razpadov v minuti,

$$\bar{N}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_{0,i} \quad ,$$

(n je število ponovitev meritve) in standardno deviacijo povprečja,

$$S_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (N_{0,i} - \bar{N}_0)^2 \quad ,$$

$$\bar{N}_0 = \underline{\hspace{2cm}} \quad , \quad S_n^2 = \underline{\hspace{2cm}} \quad ,$$

ter primerjaj obe količini!

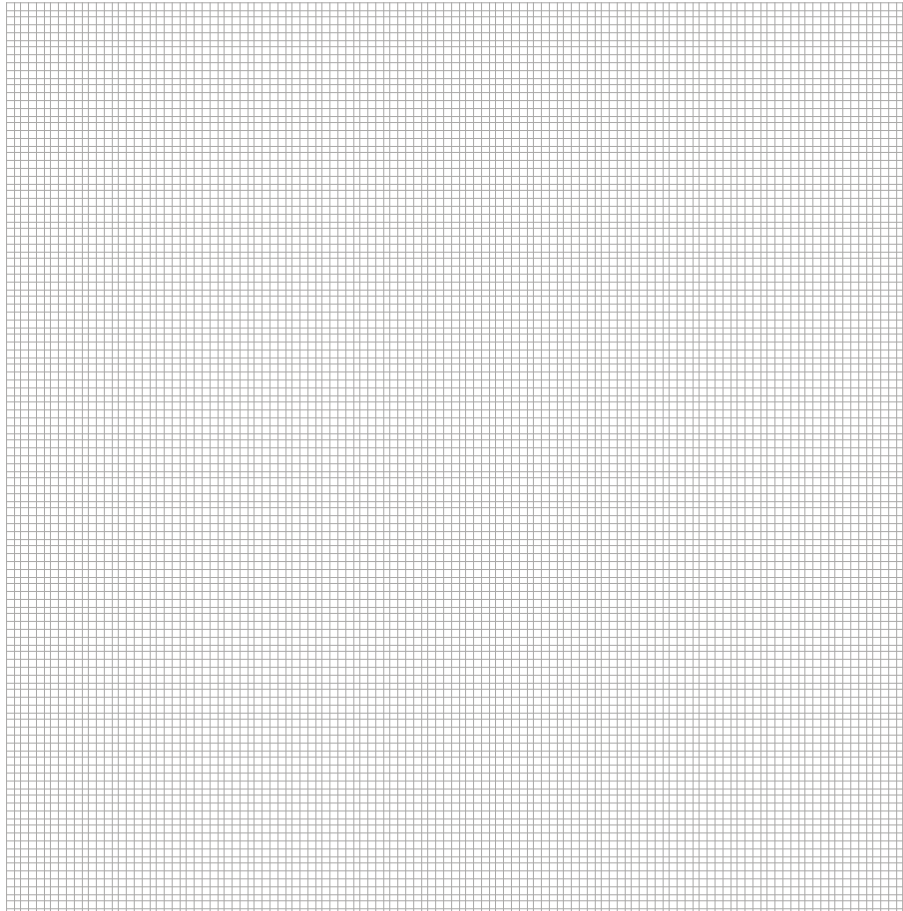
Z mikrometrskim vijakom izmeri debeline svinčenih ploščic:

b							
-----	--	--	--	--	--	--	--

Med radioaktivni vir in detektor vstavljalj ploščice in vsakič izmeri število sunkov N v števcu v eni minuti! Sestavi tabelo števila sunkov v odvisnosti od skupne debeline svinčene plasti d in izračunaj ustrezní logaritem!

d						
N						
$\ln\{N/\bar{N}_0\}$						

Nariši graf odvisnosti logaritma od debeline svinčene plasti.



Iz naklona premice, ki jo prilagodiš merskim točkam, izračunaj absorpcijski koeficient za svinec,

$$\mu = \underline{\hspace{2cm}} ,$$

in iz njega določi razpolovno debelino svınca za žarke γ ,

$$d_{1/2} = \underline{\hspace{2cm}} !$$

Datum: .