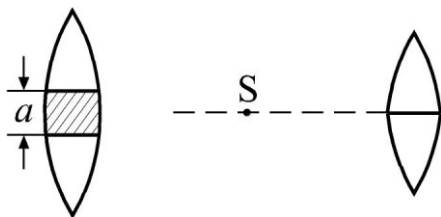


**DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE I CRNE GORE**  
**MINISTARSTVO PROSVJETE I NAUKE REPUBLIKE CRNE GORE**  
**MINISTARSTVO PROSVJETE I SPORTA REPUBLIKE SRBIJE**  
**MINISTARSTVO ZA PROSVJETU, NAUKU I KULTURU REPUBLIKE SRPSKE**  
**Savezno takmičenje iz fizike učenika srednjih škola školske 2004/2005. godine**  
**Opšta grupa**

1. Rektor planira tajni sastanak Saveta univerziteta na kome bi se uvele sankcije Fizičkom fakultetu koji je daleko prekoračio svoj buxet. Sekretar rezerviše apartmane u međuzvezdanom hotelu na jednoj atraktivnoj planeti koja kruži oko zvezde udaljene 10 svetlosnih godina od Zemlje. Ustanoviti da li su sledeće izjave istinite ili lažne ako se zanemare efekti ubrzanja. a) Rektor je izjavio da, ukoliko uzme dovoljno brz kosmički brod, po njegovom časovniku putovanje će trajati samo jedan dan. b) Referent za raspored, međutim, tvrdi da ma šta pokazivao rektorov časovnik sopstveno vreme leta će biti mnogo duže od jednog dana. v) Sekretar, koji prvo mora da ide na neki sastanak, kaže da će sa Zemlje krenuti 12 sati posle rektora, ali da će koristeći superbrzi Gama-ekspres putovanje za njega trajati samo 12 sati i u hotel će stići istovremeno sa rektorom. g) Službenik socijalno-penzionog fonda upozorava da i pored toga što putovanja traju samo 1 dan, kad sastanak počne članovi Saveta će biti biološki stariji za više od 10 godina. d) Optuženi dekan Fizičkog fakulteta koji je nekako saznao za ovaj sastanak kaže da ni Savet ni njegov izveštaj ne mogu stići na Zemlju za manje od 20 godina (a do tada će on, hvala bogu, već otići u penziju). Odgovore obrazložiti. (20 b.)
2. Iz tankog sabirnog sočiva žižne daljine  $f = 50$  cm isečen je centralni deo širine  $a$  (slika 1). Dva preostala dela čvrsto su priljubljena jedan uz drugi. Tačkasti izvor svetlosti  $S$  ( $\lambda = 600$  nm) postavljen je ispred ovog bisočiva (Bijeovo bisočivo), kao na slici, dok je iza bisočiva zaklon na kome se zapažaju interferencione pruge. Razmak između susednih svetlih pruga je  $\Delta x = 0,5$  mm i praktično se ne menja kada se zaklon pomera duž ose sistema, ostajući pri tome stalno normalan na osu. Naći  $a$ . (25 b.)
3. Baterija elektromotorne sile  $E$  povezana je serijski sa kondenzatorom kapaciteta  $C$ , solenoidom koeficijenta samoindukcije  $L$ , diodom i otvorenim prekidačem. Naelektrisanje na oblogama kondenzatora je nula. Nakon zatvaranja prekidača, kroz kolo teče struja koja puni kondenzator. Odrediti kako jačina struje u kolu zavisi od vremena i konačni napon između obloga kondenzatora. Diodu smatrati idealnom (u propusnom smeru, njen otpor je nula, u nepropusnom, beskonačno veliki). Zanemariti omski otpor solenoida i unutrašnji otpor baterije. (25 b.)
4. Ribar mase  $m$  stoji na pramcu čamca mase  $M$  i dužine  $L$  koji miruje na jezeru. Ribar pređe sa pramca na krmu i tu ostane. Koliko se pomeri čamac do svog zaustavljanja ako je: a) viskoznost vode zanemarljiva; (9 b.) b) trenje usled viskoznosti vode srazmerno brzini čamca? (14 b.) Koliko vremena će se čamac kretati do zaustavljanja u prvom a koliko u drugom slučaju ako je ribaru potrebno 7 sekundi da pređe sa pramca na krmu u oba slučaja? (7 b.)



Slika 1

Zadatke pripremio: Dragan Redžić  
Recenzent: Đorđe Spasojević

Predsednik komisije: Mićo Mitrović

**DRUŠTVO FIZIČARA SRBIJE I CRNE GORE**  
**MINISTARSTVO PROSVJETE I NAUKE REPUBLIKE CRNE GORE**  
**MINISTARSTVO PROSVETE I SPORTA REPUBLIKE SRBIJE**  
**MINISTARSTVO ZA PROSVJETU, NAUKU I KULTURU REPUBLIKE SRPSKE**  
**Savezno takmičenje iz fizike učenika srednjih škola školske 2004/2005. godine**  
**Opšta grupa**

1. a) Za posmatrača na Zemlji, putovanje rektora bi trajalo  $1/(1 - V_R^2/c^2)^{1/2}$  zemaljskih dana, gde je  $V_R$  brzina rektorovog kosmičkog broda, pod uslovom da jednačina  $V_R/(1 - V_R^2/c^2)^{1/2} = 10 \cdot c \cdot 365$  ima rešenje  $V_R < c$ . Pošto je rešenje te jednačine  $V_R = Ac/(1 + A^2)^{1/2}$ , gde  $A \equiv 3650$ , rektorova izjava je istinita. (6b) b) Lažan iskaz. (2b) v) Označavajući sa  $V_S$  brzinu Gama-ekspresa mora važiti jednačina  $V_S/2(1 - V_S^2/c^2)^{1/2} = Ac$ , čije rešenje je  $V_S = c2A/(1 + 4A^2)^{1/2} < c$  (3b). Sekretarov put traje  $1/2(1 - V_S^2/c^2)^{1/2} = \check{S}(1/4) + A^2\check{C}^{1/2}$  zemaljskih dana, (3b) pa uslov  $1/2 + \check{S}(1/4) + A^2\check{C}^{1/2} = (1 + A^2)^{1/2}$  ne može biti zadovoljen, tj. iskaz sekretara je lažan. (2b) g) Lažan iskaz, jer je dilatacija vremena univerzalan fenomen, važi i za biološke procese. (2b) d) Tačan iskaz jer su brzine kosmičkih brodova sigurno manje od  $c$ . (2b)
2. Gornja i donja polovina bismočiva formiraju po jedan tačkast lik izvora S u skladu sa zakonima geometrijske optike, na istom mestu gde bi ga formiralo *odgovarajuće* celo sočivo. (3b) Pretpostavimo da je izvor S postavljen na nekom rastojanju  $P < f$  od bismočiva. Iz Gausove jednačine sočiva,  $1/P + 1/L = 1/f$  imamo  $L = Pf/(P - f) < 0$ . (3b) Bismočivo formira dva imaginarna lika,  $S_1$  i  $S_2$ , levo od bismočiva, na rastojanju  $d\check{L}\check{d}$  od njega, koji su simetrično raspoređeni u odnosu na osu bismočiva, i nalaze se na međusobnom rastojanju  $D = aP/(f - P)$ . (4b) Sistem predstavlja varijantu Jungovog eksperimentalnog uređaja, pri čemu su likovi  $S_1$  i  $S_2$  odgovarajući sinfazni izvori. Iz teorije Jungove interferencije imamo da je  $\Delta x = \lambda(R + d\check{L}\check{d})/D$  (3b)  $= \lambda\check{S}R + fP/(f - P)\check{C}(f - P)/aP$ , gde je R rastojanje od bismočiva do zaklona, odnosno  $\Delta x = \lambda\check{S}R(f - P)/aP + f/a\check{C}$ . (3b) Veličina na desnoj strani poslednje jednačine ne zavisi od R pod uslovom da  $P \rightarrow f$ . (3b) U tom slučaju imamo  $a = \lambda f/\Delta x$  (1b)  $= 0,6$  mm. (1b) Nije teško uvideti da pretpostavka da je izvor S postavljen tako da je  $P > f$ , kada su likovi  $S_1$  i  $S_2$  realni i nalaze se desno od bismočiva, ne može biti usklađena sa uslovom zadatka. (4b)
3. Nakon zatvaranja prekidača ( $t = 0$ ), kroz kolo teče struja jačine  $i$  koja zadovoljava jednačinu  $E = L di/dt + i/C$ . (1)(3b) Diferencirajući jednačinu (1) po vremenu  $i$  koristeći vezu  $i = dlj/dt$  dobijamo  $L d^2i/dt^2 + i/C = 0$ , odnosno  $d^2i/dt^2 + \omega^2 i = 0$ , (2) gde  $\omega^2 = 1/LC$ . (4b) Pošto jednačina (2) ima isti oblik kao jednačina linearnog harmonijskog oscilovanja  $d^2x/dt^2 + \omega^2 x = 0$ , (3) te jednačine imaju ista rešenja. Vodeći računa da je  $i(t = 0) = 0$  (efekt samoindukcije!) zaključujemo da važi  $i = A \sin \omega t$ . (4) (6b) Amplitudu struje  $A$  nalazimo iz uslova da u početnom trenutku mora biti  $di/dt = E/L$ , što se može zaključiti na osnovu jednačine (1), pa je  $A\omega = E/L$ . (3b) Struja u kolu je data jednačinom (4) samo do trenutka  $t^* = \pi/\omega$ . (3b) (Nakon tog trenutka jačina struje u kolu je 0.) Kako je  $di/dt = A\omega \cos \omega t$ , imamo da je  $di/dt$  u trenutku  $t = t^*$  jednako  $-E/L$ , (3b) pa iz jednačine (1) zaključujemo da je konačno naelektrisanje na oblogama kondenzatora  $2CE$ , odnosno traženi napon je  $2E$ . (3b)
4. a) U ovom slučaju na sistem ribar-čamac ne deluje nikakva spoljašnja sila horizontalnog pravca, pa se horizontalna komponenta impulsa sistema održava, odnosno važi  $m\mathbf{v}_{ro} + M\mathbf{V}\check{C} = \mathbf{0}$ , (2b) gde je  $\mathbf{v}_{ro}$  brzina ribara u odnosu na obalu a  $\mathbf{V}\check{C}$  brzina čamca u odnosu na obalu. Pošto je  $\mathbf{v}_r + \mathbf{V}\check{C} = \mathbf{v}_{ro}$ , (2b) gde je  $\mathbf{v}_r$  brzina ribara u odnosu na čamac, iz prethodnih jednačina nalazimo  $m\mathbf{v}_r + (M + m)\mathbf{V}\check{C} = \mathbf{0}$ . Odavde je  $\mathbf{V}\check{C} = -\mathbf{v}_r m/(M + m)$ , (2b) odakle neposredno sledi da se čamac kreće duž horizontalnog pravca samo dok se i ribar kreće (7 sekundi), kao i da se čamac pomeri za rastojanje  $Lm/(M + m)$ . (3b) b) Sada je jednačina kretanja sistema

5. ribar-čamac duž horizontalnog pravca  $d \dot{S} m \mathbf{v}_r + (M + m) \mathbf{V}_{\dot{c}} \dot{C} dt = -K \mathbf{V}_{\dot{c}}, (4b)$  gde je  $K$  konstanta. Uzimajući da se horizontalni pravac poklapa sa pravcem  $x$ -ose, integracijom prethodne jednačine nalazimo  $m \mathbf{v}_r + (M + m) \mathbf{V}_{\dot{c}} = -K(x - x_0) \mathbf{i}, (5b)$  gde je  $x$  koordinata proizvoljne ali fiksirane tačke čamca a  $x_0$  njena početna vrednost;  $\mathbf{i}$  je ort  $x$ -ose. (Vrednost integracione konstante,  $Kx_0$ , određena je iz uslova da su u početnom trenutku ribar i čamac u miru.) Budući da poslednja jednačina važi u svakom trenutku kretanja sistema, i budući da na kraju i ribar i čamac opet miruju, sledi da je konačna vrednost  $x$  jednaka  $x_0$ , odnosno da se čamac zaustavlja u svom početnom položaju. (5b) U nekom trenutku  $t = t^*$  kad ribar stigne na krmu, koordinata posmatrane tačke čamca ima neku vrednost  $x^*$ , a brzina čamca  $u$  tom trenutku je data izrazom  $\mathbf{V}_{\dot{c}}^* = -K(x^* - x_0) \mathbf{i}. (2b)$  Za  $t > t^*$ , jednačina kretanja sistema je  $d \dot{S} (M + m) \mathbf{V}_{\dot{c}} \dot{C} dt = -K \mathbf{V}_{\dot{c}}$ , odnosno  $d \mathbf{V}_{\dot{c}} = -\alpha \mathbf{V}_{\dot{c}} dt, (2b)$  gde  $\alpha \equiv K/(M + m)$ . Integracijom poslednje jednačine, uzimajući da je sada  $t^*$  početni trenutak, nalazimo  $\mathbf{V}_{\dot{c}} = \mathbf{V}_{\dot{c}}^* \exp(-\alpha t), (2b)$  odakle neposredno sledi da će se čamac veoma dugo kretati do svog konačnog zaustavljanja. (1b)

Zadatke pripremio: Dragan Redžić  
 Recenzent: Đorđe Spasojević  
 Predsednik komisije: Mićo Mitrović

**Друштво физичара Србије и Црне Горе**  
**Министарство просвете и спорта Републике Србије**  
**Министарство просвете и науке Републике Црне Горе**  
**Министарство за просвјету, науку и културу Републике Српске**

**40. Савезно такмичење из физике**  
**Петровац 2005.**

Експериментални задаци  
Општа група

**Задатак 1**

Мерњем периода осциловања клатна формираног од добијене кугле и нити одредити:

- 1) густину материјала од кога је направљена кугла,
- 2) коефицијент пригушења осцилација клатна у води.

Тражене величине одредити са одговарајућим грешкама.

Пажња! Грешке неких мерених величина ћете добити необјективно велике, нека вас то не забрињава!

(30 поена)

*Напомена:* Густина воде је  $(1.00 \pm 0.05) \text{ g/cm}^3$

*Препорука:* Мерите период осциловања клатна различитих дужина у различитим спољашњим условима.

Мерни комплет

1. Кугла са нити

2. Хронометар

3. Посуда са водом

**Теоријски увод**

Када осцилује у ваздуху, кугла обешена на нит може да се посматра као математичко клатно периода

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Када су осцилације пригушене важи

$$\omega^2 = \omega_s^2 - \beta^2,$$

где су  $\omega$  и  $\omega_s$  кружна фреквенција пригушених и слободних осцилација, по реду, а  $\beta$  коефицијент пригушења.

Архимедов Закон гласи: То ипак треба да знате...

Аутор: Андријана Жекић

Рецензент: Мићо Митровић

Председник комисије: Мићо Митровић

## Задатак 2

За диоду коју имате на располагању одредите

- а) Праг напона  $U_g$  изнад кога она почиње да проводи струју коју можете констатовати приложеним мерним инструментима (2)
- б) Инверзну струју засићења диоде  $I_0$  (10)
- в) Интервал напона на диоди у коме она нерегуларно проводи струју (3)

Проценити грешке мерења тражених величина. За сваку одређену величину морате јасно навести начин одређивања, као и начин процене грешке. Посебно се ова напомена односи на делове задатка под а) и б).

**Пажња!** Грешке неких мерених величина ћете добити велике, нека вас то не забрињава!

ВАЖНЕ НАПОМЕНЕ:

- Диоду поларизујте искључиво директно. Максималан напон који смете довести на диоду је 800 mV. Диода је директно поларизована када се виши потенцијал доведе на аноду. У супротном случају је инверзно поларизована (види слику).
- Занемарите промену температуре диоде у току мерења.
- Апсолутна грешка мерења струје и напона расположивим мултиметром одређује се по формули  $\Delta x = kx + 1 \text{ digit}$ , где је  $k$  класа тачности инструмента и 1 digit вредност одговарајуће цифре на дисплеју (које - треба да знате).



Мерни комплет

1. Комплет са диодом и потенциометром
2. Извор напона
3. Два мултиметра класе тачности 0.02
4. Одвијач

*Препорука:* Повежите извор струје са комплетом за мерење. Помоћу одвијача на потенциометру подешавајте напон који доводите на диоду. Мерите зависност струје кроз диоду од напона доведеног на диоду.

### Теоријски увод

Полупроводничка диода је елемент електричног кола који проводи електричну струју у једном смеру - када је позитивно поларизована. Зависност струје од напона за идеалну диоду дати су једначином:

$$I = I_0 e^{\frac{eU}{kT}}, \quad (1)$$

где су:  $T$  - апсолутна температура,  $k$  – Болцманова константа,  $e$  - елементарно наелектрисање и  $I_0$  - инверзна струја засићења.  $I_0$  је слаба струја која протиче кроз диоду када је инверзно поларизована, тј. када се виши потенцијал доведе на катоду.

Реалне диоде, каква је диода чије особине треба да одредите, има следеће особине:

- Почиње да проводи струју тек ако се на њу доведе напон већи од неког граничног напона  $U_g$ .
- Зависност струје од напона је сложеног облика за мале напоне, али веће од  $U_g$ . У тој области напона провођење струје је нерегуларно.
- За напоне веће од напона при којима диода нерегуларно проводи струју важи једначина (1).

Аутор: Андријана Жекић

Рецензент: Мићо Митровић

Председник комисије: Мићо Митровић

**Друштво физичара Србије и Црне Горе**  
**Министарство просвете и спорта Републике Србије**  
**Министарство просвете и науке Републике Црне Горе**  
**Министарство за просвјету, науку и културу Републике Српске**

**40. Савезно такмичење из физике**  
**Петровац 2005.**

Решења експерименталних задатака  
Општа група

**Задатак 1**

Када се налази у ваздуху математичко клатно осцилује са периодом  $T_0 = 2\pi\sqrt{l/g}$ . Када се стави у воду, на клатно делују силе Земљине теже, затезања нити, потиска и отпора средине, тако да осцилације постају пригушене. Мерењем времена потребног да клатно направи одређен број осцилација (у овом случају 10) у ваздуху и у води, при истим дужинама  $l$ , одређени су периоди осциловања клатна у ваздуху  $T_0$  и у течности  $T = 2\pi/\omega$ , где је  $\omega = 2\pi/T = \sqrt{\omega_s^2 - \beta^2}$ . Резултати мерења су дати у табели.

|                                      |  |  |   |   |   |   |
|--------------------------------------|--|--|---|---|---|---|
| $l_i$                                | 1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   |
| $t_i$ [s]                            | 16.68  | 16.30  | 14.93   | 14.45   | 12.89   | 12.11   |
|                                      | 16.65  | 16.33  | 14.96   | 14.43   | 12.89   | 12.08   |
|                                      | 16.68  | 16.30  | 14.96   | 14.42   | 12.86   | 12.12   |
| $t_s$ [s]                            | 16.67  | 16.31  | 14.95   | $\begin{matrix} 14.433 \\ 14.43 \end{matrix}$ | 12.88   | $\begin{matrix} 12.103 \\ 12.10 \end{matrix}$ |
| $\Delta t$                           | 0.02   | 0.02   | 0.02  | $\begin{matrix} 0.017 \\ 0.02 \end{matrix}$   | 0.02  | $\begin{matrix} 0.023 \\ 0.03 \end{matrix}$   |
| $T_0$ [s]                            | 1.667  | 1.631  | 1.495   | $\begin{matrix} 1.4433 \\ 1.443 \end{matrix}$ | 1.288   | $\begin{matrix} 1.2103 \\ 1.210 \end{matrix}$ |
| $\Delta T_0$ [s]                     | 0.002  | 0.002  | 0.002   | $\begin{matrix} 0.0017 \\ 0.002 \end{matrix}$ | 0.002   | $\begin{matrix} 0.0023 \\ 0.003 \end{matrix}$ |
| $T_0^2$ [s <sup>2</sup> ]            | 2.779  | 2.406  | 2.082   | 1.798   | 1.659   | 1.465   |
| $1/T_0^2$ [s <sup>-2</sup> ]         | $\begin{matrix} 0.3598 \\ 0.360 \end{matrix}$  | $\begin{matrix} 0.4156 \\ 0.416 \end{matrix}$  | $\begin{matrix} 0.4803 \\ 0.480 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.5562 \\ 0.556 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.6028 \\ 0.603 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.6826 \\ 0.683 \end{matrix}$ |
| $\Delta(1/T_0^2)$ [s <sup>-2</sup> ] | $\begin{matrix} 0.00087 \\ 0.001 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.00092 \\ 0.001 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.0012 \\ 0.002 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.0012 \\ 0.002 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.0019 \\ 0.002 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.0026 \\ 0.003 \end{matrix}$ |
| $t_i$ [s]                            | 18.18  | 17.53  | 15.93   | 15.59   | 13.87   | 13.02   |
|                                      | 18.20  | 17.58  | 15.95   | 15.58   | 13.83   | 13.02   |
|                                      | 18.14  | 17.56  | 16.02   | 15.61   | 13.83   | 13.02   |
| $t_s$ [s]                            | $\begin{matrix} 18.173 \\ 18.17 \end{matrix}$  | $\begin{matrix} 17.557 \\ 17.56 \end{matrix}$  | $\begin{matrix} 15.967 \\ 15.97 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 15.593 \\ 15.59 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 13.843 \\ 13.84 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 13.02 \\ 13.02 \end{matrix}$  |
|                                      | 0.033  | 0.027  | 0.053   | 0.017   | 0.027   | 0   |
| $\Delta t$                           | 0.04   | 0.03   | 0.06  | 0.02  | 0.03  | 0.01  |
| $T$ [s]                              | $\begin{matrix} 1.8173 \\ 1.817 \end{matrix}$  | $\begin{matrix} 1.7557 \\ 1.756 \end{matrix}$  | $\begin{matrix} 1.5967 \\ 1.597 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 1.5593 \\ 1.559 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 1.3843 \\ 1.384 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 1.302 \\ 1.302 \end{matrix}$  |
|                                      | 0.0033   | 0.0027   | 0.0053  | 0.0017  | 0.0027  | 0   |
| $\Delta T$ [s]                       | 0.004  | 0.003  | 0.006   | 0.002   | 0.003   | 0.001   |
| $T^2$ [s <sup>2</sup> ]              | 3.303  | 3.083  | 2.550   | 2.431   | 1.916   | 1.695   |
| $1/T^2$ [s <sup>-2</sup> ]           | $\begin{matrix} 0.3028 \\ 0.303 \end{matrix}$  | $\begin{matrix} 0.3488 \\ 0.349 \end{matrix}$  | $\begin{matrix} 0.4113 \\ 0.411 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.4811 \\ 0.481 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.5218 \\ 0.522 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.5899 \\ 0.590 \end{matrix}$ |
| $\Delta(1/T^2)$ [s <sup>-2</sup> ]   | $\begin{matrix} 0.0011 \\ 0.001 \end{matrix}$  | $\begin{matrix} 0.001 \\ 0.001 \end{matrix}$   | $\begin{matrix} 0.0026 \\ 0.003 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.0009 \\ 0.001 \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.002 \\ 0.002 \end{matrix}$  | $\begin{matrix} 0.0009 \\ 0.001 \end{matrix}$ |

Из једначине кретања клатна у води без пригушења добија се једначина  $a + \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \frac{g}{l} x = 0$ . Види се да

је  $\omega_s^2 = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \frac{g}{l}$ , тј.  $\omega_s^2 = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \frac{g}{l} + \beta^2$ . Пошто је  $\frac{g}{l} = \frac{4\pi^2}{T_0^2}$ , то је  $\frac{1}{T^2} = \frac{1}{T_0^2} \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) - \frac{\beta^2}{4\pi^2}$ . Из

ове линеаризоване зависности може се графичком методом одредити тражена густина метала од кога је направљена куглица. Члан уз  $1/T_0^2$  одговара коефицијенту правца праве где су  $\rho_0$  и  $\rho$  густине воде и материјала од којег је направљена куглица, редом. Слободан члан одговара одсечку на ординати његовим читавањем са графика може се одредити коефицијент пригушења  $\beta$ .

Одабирањем две неексперименталне тачке са праве,  $A$  – између прве и друге и  $B$  – између последње и претпоследње експерименталне тачке, на пример  $A(0.38s^{-2}, 0.3175s^{-2})$  и  $B(0.65s^{-2}, 0.5625s^{-2})$  одређује се коефицијент правца праве као:

$$a = \frac{1/T_B^2 - 1/T_A^2}{1/T_{0B}^2 - 1/T_{0A}^2} = \frac{(0.5625 - 0.3175)s^{-2}}{(0.65 - 0.38)s^{-2}} = 0.907.$$

$$\Delta(T_{0A}^2) = 0.002s^{-2}, \Delta(T_{0B}^2) = 0.0026s^{-2} \text{ и } \Delta(T_A^2) = \Delta(T_B^2) = 0.0025s^{-2}$$

$$\frac{\Delta a}{a} = \left( \frac{\Delta(1/T_{0B}^2) + \Delta(1/T_{0A}^2)}{1/T_{0B}^2 - 1/T_{0A}^2} + \frac{\Delta(1/T_B^2) + \Delta(1/T_A^2)}{1/T_B^2 - 1/T_A^2} \right) = \frac{0.002 + 0.0026}{0.65 - 0.38} + \frac{0.0025 + 0.0025}{0.5625 - 0.3175} = 0.038$$

$$\Rightarrow \Delta a = 0.907 \cdot 0.038 = 0.035 \approx 0.04 \Rightarrow a = (0.91 \pm 0.04)$$

Пошто је  $a = 1 - \frac{\rho_0}{\rho}$ , следи да је  $\rho = \frac{\rho_0}{1-a} = \frac{1000kg/m^3}{1-0.907} = 10753kg/m^3$ .

Апсолутна грешка је  $\Delta\rho = \rho \left( \frac{\Delta\rho_0}{\rho_0} + \frac{\Delta a}{1-a} \right) = 10753kg/m^3 \left( \frac{50}{1000} + \frac{0.035}{1-0.907} \right) = 4624kg/m^3 \approx 5000kg/m^3$ .

$$\Rightarrow \rho = (11000 \pm 5000)kg/m^3 \approx (1.1 \pm 0.5) \cdot 10^4 kg/m^3$$

Коефицијент пригушења се одређује из одсечка чија вредност, прочитана са графика, износи  $b = -0.04s^{-2}$ . За вредност апсолутне грешке узета је вредност најмањег подеока по ординати, тј.  $\Delta b = 0.005s^{-2}$ .  $\Rightarrow b = (-0.040 \pm 0.005)s^{-2}$ .

$$\Rightarrow \beta = \sqrt{4\pi^2 b} = 2\pi\sqrt{0.04s^{-2}} = 1.257s^{-1}$$

$$\Rightarrow \Delta\beta = \frac{\beta}{2} \frac{\Delta b}{b} = \frac{1.257s^{-1}}{2} \frac{0.005}{0.04} = 0.078s^{-1} \approx 0.08s^{-1} \Rightarrow \beta = (1.26 \pm 0.08)s^{-1}$$

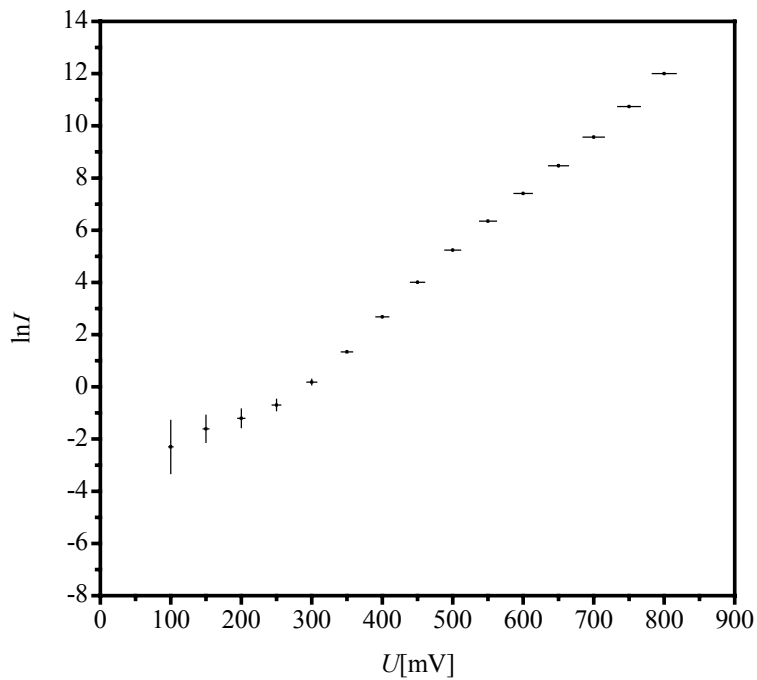
**Друштво физичара Србије и Црне Горе**  
**Министарство просвете и спорта Републике Србије**  
**Министарство просвјете и науке Републике Црне Горе**  
**Министарство за просвјету, науку и културу Републике Српске**

**40. Савезно такмичење из физике**  
**Петровац 2005.**

Решење експерименталних задатака  
**Општа група**

**Задатак 2**

Линеаризацијом једначине  $I = I_0 e^{\frac{eU}{kT}}$  добија се да је  $\ln I = \ln I_0 + \frac{eU}{kT}$ . При томе треба водити рачуна да је струја изражена у  $\mu\text{A}$ , па ће у истим јединицама бити и добијена инверзна струја засићења. Према експериментално измереним вредностима напона и струје датих у табели нацртан је график  $\ln I_0 = f(U)$ .



- а) Праг напона  $U_g$  изнад кога она почиње да проводи струју може се проценити директним мерењем више пута напона при коме се појављује прва цифра најмање вредности и њеног нестајања. Грешка мерења је реда величине једног дигита.  $U_g = (40 \pm 5) \text{ mV}$ .



|                         |   |    |       |       |       |       |      |       |       |
|-------------------------|---|----|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| $U[\text{mV}]$          | 0 | 50 | 100   | 150   | 200   | 250   | 300  | 350   | 400   |
| $\Delta U[\text{mV}]$   | 1 | 2  | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    | 8     | 9     |
| $I[\mu\text{A}]$        | 0 | 0  | 0.1   | 0.2   | 0.3   | 0.5   | 1.2  | 3.8   | 14.6  |
| $\Delta I[\mu\text{A}]$ |   |    | 0.102 | 0.104 | 0.11  | 0.11  | 0.13 | 0.18  | 0.39  |
| $\ln I$                 | / | /  | -2.3  | -1.61 | -1.20 | -0.69 | 0.18 | 1.335 | 2.681 |
| $\Delta(\ln I)$         |   |    | -2    | -1.6  | -1.2  | -0.7  | 0.2  | 1.34  | 2.68  |
|                         |   |    | 1.02  | 0.52  | 0.36  | 0.22  | 0.11 | 0.047 | 0.027 |
|                         |   |    | 1     | 0.6   | 0.4   | 0.3   | 0.1  | 0.05  | 0.03  |

|                         |       |       |       |       |       |       |        |        |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| $U[\text{mV}]$          | 450   | 500   | 550   | 600   | 650   | 700   | 750    | 800    |
| $\Delta U[\text{mV}]$   | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16     | 17     |
| $I[\mu\text{A}]$        | 55    | 188.1 | 571   | 1650  | 4780  | 14360 | 45900  | 16300  |
| $\Delta I[\mu\text{A}]$ | 55    | 188   | 570   | 1650  | 4800  | 14400 | 46000  | 16000  |
| $\ln I$                 | 4.007 | 5.237 | 6.347 | 7.409 | 8.472 | 9.857 | 10.734 | 12.002 |
| $\Delta(\ln I)$         | 0.022 | 0.021 | 0.022 | 0.026 | 0.022 | 0.021 | 0.022  | 0.021  |
|                         | 0.03  | 0.02  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.02  | 0.03   | 0.02   |

б) Да би одредили инверзну струја засићења  $I_0$ , према експериментално мереним подацима датим у табели треба нацртати график  $\ln I = f(U)$  за интервал напона од 400mV до 800mV. Струја  $I_0$  се одређује из вредности слободног члана  $\ln I_0$  чија се вредност очитава са графика и одговара одсечку на ординати  $b$ .

Дакле, пошто је  $b = \ln I_0$ , следи да је  $I_0 = \exp(b)$ .

Вредност  $b$  очитана са графика износи  $b = -6.4$ , а његова апсолутна грешка као половина интервала у оквиру кога се налази ова вредност  $\Delta b = 0.7$ .

$$\Rightarrow b = -6.4 \pm 0.7$$

$$\Rightarrow I_0 = 0.00166\mu\text{A} \quad \text{и} \quad \frac{\Delta I_0}{I_0} = \Delta b \quad \Rightarrow \quad \Delta I_0 = \exp(b)\Delta b = 0.0016616 \cdot 0.7 = 0.0012\mu\text{A}$$

$$\Rightarrow I_0 = (0.0017 \pm 0.0012)\mu\text{A}$$

в) Диода нерегуларно проводи за напоне веће од  $U_g = (40 \pm 5)\text{mV}$  све до напона изнад кога регуларно проводи струју. Пошто је зависност анализирана под б) линеарна, у границама грешака мерења, изнад напона  $U_{g1} = (400 \pm 50)\text{mV}$ , тада је провођење регуларно. Интервал нерегуларности напона је

$$(40 \pm 5)\text{mV} < U < (400 \pm 50)\text{mV}$$