



ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ЗАДАТАК

## Одређивање магнетизације сталног магнета

**УПОЗОРЕЊЕ:** У овом експерименту се користе снажни Неодијумски магнети. Магнети привлаче и лепе се на све гвоздене предмете и површине, тако да магнете држите даље од металних предмета. Посебно будите обазриви када спајате магнете, држите их чврсто, спајате полако док су вам руке стабилно ослоњене. Непажња може проузроковати озледе прстију.

### 1. УВОД

Магнетни момент ( $\vec{\mu}$ ) се углавном спомиње код проводног прстена, кроз који протиче струја.

**Питање 1.1:** [0.3 п] Дефинисати магнетни момент прстена.

Када се стални (перманентни) магнет спомиње у том контексту онда електроне који „круже“ око језгра сматрамо кружном струјом и приписујемо им магнетне моменте. Наравно ситуација је много сложенија већ код једног атома са више електрона, улогу игра и спин и различити правци орјентације ових момената. Ако још посматрамо систем са више атома (нпр. магнет) може се говорити само о укупном магнетном моменту свих атома. Укупни магнетни момент свих атома у телу је на неки начин пропорционалан магнетном моменту појединачних атома али и њиховом броју. Да би се избегла ова зависност од броја атома (односно одредио јединични магнетни момент) дефинише се величина која се назива **магнетизација**. Она је једнака односу укупног магнетног момента тела и броја атома (али као његова запремина  $V$ ), односно (у скаларном облику)

$$M = \frac{\mu}{V}$$

Уколико се сталан магнет са укупним магнетним моментом  $\vec{\mu}$  нађе у хомогеном магнетном пољу индукције  $\vec{B}$  долази до интеракције између та два магнетна поља, која се испољава у стварању торзионе силе (момента силе)

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

која тежи да оријентише магнет у правцу магнетног поља. За момент силе је узета ова ознака, пошто се  $M$  користи за магнетизацију.

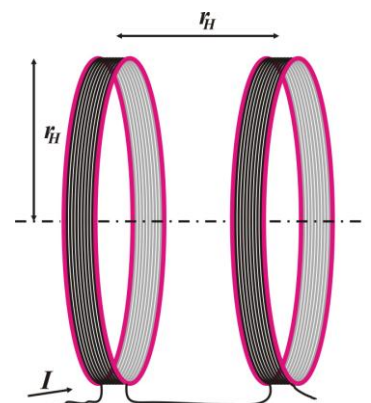
### 2. Хелмхолцови калемови:

Хелмхолц је нашао да уколико се два велика калема, кроз које тече иста струја у истом смеру, ставе на одређено међусобно растојање, таква поставка у простору између калемова ствара хомогено магнетно поље. Смер магнетног поља је одређен смером електричне струје али и смером мотања намотаја на калему. У Хелмхолцовој поставци два истоветна калема, са по  $N$  намотаја, постављена су на међусобно растојање који је једнак (или бар приближан) полупречнику  $r_H$  једног намотаја у калему (слика 1.) Када се кроз калемове пропусти једносмерна струја ствара се хомогено магнетно поље у правцу осе калемова. Сваки калем у реализованом експерименту се састоји од  $N = 100$  намотаја густо намотане бакарне жице на пластичном носачу, средњи полупречник калемова је процењен на  $r_H = (85.0 \pm 0.5) \text{ mm}$ , а растојање између калемова је исто.

**Задатак 2.1:** [1п] Ако кроз калемове (који су међусобно везани редно) протиче једносмерна струја јачине  $I$ , одредити индукцију магнетног поља у центру између Хелмхолцових калемова (на осиметрије у средишњој тачки између калемова, односно на растојању  $r_H/2$  од калемова)

Магнетни узорак се поставља на вертикалну торзиону нит (конац са додатком малог носача) тако да оса магнета стоји водоравно и без присуства поља калема налази се на осиметрије калемова (слика 2.).

**Питање 2.1:** [0.2п] Када би се сада укључила струја, шта би се десило са магнетом? Размотрите обе варијанте положаја северног и јужног магнетног поља.



Слика 1. Геометрија Хелмхолцових калемова



ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ЗАДАТАК

Проблем у овом експерименту представља то да Земља поседује своје магнетно поље, које, ако није занемарљиво у односу на индукцију магнетног поља Хелмхолцових калемова, утиче на интензитет поља у калемовима.

**Питање 2.2:** [0.3п] Ако се не може избећи земљин магнетизам, како поставити експеримент?

Када кроз калемове тече струја а магнет је миран, магнет се изведе из равнотежног положаја тако да остаје водоравно, али да се магнет уврне око вертикалне осе за мали угао  $\varphi$  и пусти да осцилује. Магнет треба да осцилује око конца као торзионо клатно у хоризонталној равни (не као математичко клатно и не смеју кракови осциловати горе-доле).

**Задатак 2.2:** [2п] Одредити (теоретски) период осциловања магнета момента  $\mu$  у хомогеном магнетном пољу индукције  $B$ . (Јасно дефинисати све величине које до сада нису наведене.) Конац који држи магнете посматрати као торзиону жицу константе  $C$ .

**Задатак 3:** Одређивање момента инерције и запремине магнета.

Магнет који се користи у експерименту формиран је од 2 комада Неодијумских магнета, које се постављају на мали држач, тако да се магнети међусобно привуку а плочицу држача стисну између две равне површине магнета. Магнети се међусобно постављају тако да им се осе поклопе. Маса држача и његова дебљина се занемарује. Пошто се магнети мало разликују по параметрима, они су упарени: у свакој поставци су бирани магнети најприближније масе. Ово значи да се може сматрати да је тежиште на средини између магнета и да ће окачени магнети стајати хоризонтално.

**Задатак 3.1:** [1 п] Известити формулу за момент инерције око осе ротације постављених магнета на држач. Пошто су магнети у односу на њихову дужину „дебели“, не може се користити формула за момент инерције танког штапа. Момент инерције ваљка око осе која је нормална на осу цилиндра и пролази кроз средину ваљка (слика 3.) се може израчунати по формули

$$\xi = \frac{1}{4}mr^2 + \frac{1}{12}mL^2$$

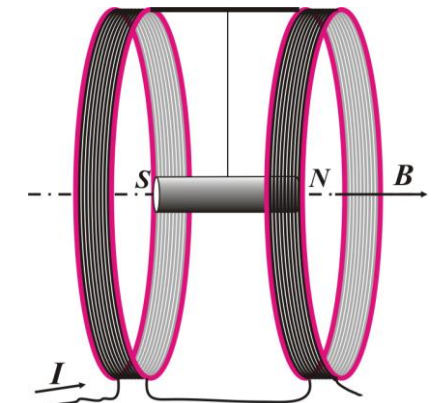
где је  $m$  маса ваљка,  $r$  полупречник а  $L$  дужина ваљка.

**Задатак 3.2:** [1п] Измерити потребне параметре коришћених магнета и одредити момент инерције узорка. Маса магнета су дате (измерене) и налазе се на папиру са подацима уз експеримент. Пречник магнета мерити на крајевима и средини (бар 6 мерења по магнету) микрометром, дужину магнета одредити на бар 3 места по магнету помичним мерилем. **ПАЖЊА: микрометар и помично мерило привлаче магнете!** Одредити момент инерције магнета на држачу и запремину магнета

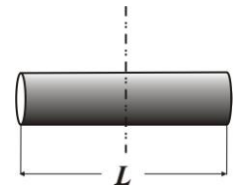
**Задатак 4:** Промена јачине струје и магнетног поља у експерименту:

Напајање струје у експерименту се остварује помоћу оловног акумулатора. Како је отпорност калема веома мала, његово везивање директно на извор напајања би изазвао кратак спој у колу. Зато **НЕ ВЕЗАТИ КАЛЕМ ДИРЕКТНО НА ИЗВОР СТРУЈЕ!** Како би се могло испитати период осциловања магнета у магнетним пољима различитих интензитета, струја кроз коло се регулише додавањем отпорника редно у коло. На располагању на столу су три отпорника  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ .

**Задатак 4.1:** [1п] Наћи све варијанте везивања отпорника (појединачно, комбинације редне и паралелне везе са по највише два отпорника и редну везу сва три отпорника). Начин везивања отпорника на експерименталној кутији шематски представити у Табели 1. За цртање веза користите фломастер у боји.



Слика 2. Постављање сталног магнета на торзиону жицу (подвез)



Слика 3. Оса ротације ваљка

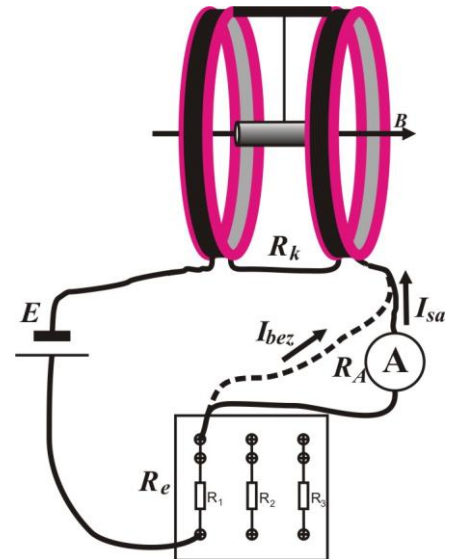


### ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ЗАДАТАК

Када сте учртали све комбинације везивања отпорника ОБАВЕЗНО морате затражити од дежурног да потврди да ли су везе добро остварене и тек након његовог одобрења можете реализовати експеримент (ово је мера предострожности да не би направили кратак спој).

**Задатак 5: Мерење струје у колу** се врши дигиталним амперметром. Како је за реализацију експеримента потребна што већа струја (струја ће у некој комбинацији отпорника прећи  $2A$ ), треба испоштовати процедуру мерења великих струја. Амперметри су најчешће у суштини волтметри, који мере пад напона на редном отпорнику (такозваном шанту). Услед протицања велике струје шант се греје и може се истопити. Ако се пажљиво погледа универзални мерни инструмент, на њему постоји упозорење (које нико не чита) да се мерење великих струја може вршити максимално 30 секунди, после чега се инструмент хлади 15 минута. Из овог разлога на почетку и крају сваког низа мерења (једна комбинација отпорника) прво се измери јачина струје и **одмах се коло искључује** и амперметар се изоставља из кола. Даље мерења осцилација се врше без присуства амперметра.

Струју која се измери амперметром назовимо  $I_{sa}$ , а струју која тече када амперметар није прикључен са  $I_{bez}$ . У суштини се мери амперметром  $I_{sa}$ , међутим за одређивање јачине магнетног поља у Хелмхолцовим калемовима треба израчунати  $I_{bez}$ .



Слика 3. Шема везивања кола

**Задатак 5.1: [0.5п]** Нацртати еквивалентну шему кола (слика 3.) са и без амперметра. Извести формулу која повезује наведене струје и отпоре у колу. Пошто отпорност прикључених отпорника варира, у рачуну рачунати са еквивалентним отпором отпорне кутије.

Унутрашњи отпор акумулатора се може занемарити, а отпоре калемова (заједно у редној вези) и појединачних отпорника (отпорности  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ ) измерити универзалним мерним инструментом (омметром). Грешке мерења појединачних отпорника представити, али изоставити одређивање грешке комбинације отпорника. Такође грешку струје  $I_{bez}$  не рачунати, већ је проценити на двоструку вредност  $I_{sa}$  (односно  $\Delta I_{bez} = 2\Delta I_{sa}$ ).

**Задатак 6: Мерење периоде осциловања клатна:**

Реализовати сваку комбинацију отпорника понаособ, повезати комбинацију са калемом, амперметром и акумулатором, укључити коло и измерити јачину струје  $I_{sa}$ . **ОДМАХ ИСКЉУЧИТИ КОЛО!** Елиминисати амперметар из кола и даље мерења вршити без амперметра. Трудите се да су **магнети што мање времена укључени**, да не би дошло до претераног загревања отпорника.

**Питање 6.1: [0.2п]** Акумулатор који се користи у експерименту је напона  $E = 12V$  и називног капацитета  $7Ah$ . Ако се при мерењу пропушта кроз коло (максимално) струја од  $I = 2.15A$ , колико Вам времена стоји на располагању, под непромењеним условима, за експеримент (изражено у сатима и минутима)?

**Задатак 6.1: [1.5п]** Измерити струје  $I_{sa}$  на почетку сваке комбинације мерења уз горње предострожности, такође после извршеног мерења (измереног времена три пута по 30 осцилација) поново измерити струју и наћи средњу вредност. На основу ове (средње) струје и еквивалентног отпора кориштене комбинације отпорника израчунати вредности струје  $I_{bez}$ . Резултате представити у Табели 2.

**Задатак 6.2: [1п]** Одредити јачине магнетног поља за све комбинације отпорника. Резултате представити у Табели 2.

**Задатак 6.3: [2п]** Када је успостављено струјно коло без амперметра, тј. магнет (клатно) се налази у магнетном пољу калемова, пажљиво заротирати руком магнет хоризонтално за мали угао и мерити време за које се изврши 30 осцилација. Поступак поновити по три пута за сваку комбинацију отпорника и наћи средњи период осциловања са грешком. Да би мерење било потпуно, на исти начин, измерити и период



**ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ЗАДАТАК**

осциловања клатна без присуства магнетног поља.

**Задатак 7: Линеаризација зависности и графички приказ:**

**Задатак 7.1: [1п]** Извршити линеаризацију једначине из задатка 2. Јасно означити које су нове променљиве које дају међусобну линеарну зависност и шта су параметри ове зависности.

**Задатак 7.2: [1п]** Израчунати вредности нових параметара (за линеарну зависност) и њихове грешке и ове резултате унети у Табелу 2.

**Задатак 7.3: [4п]** Нацртати график линеарне зависности

У график уцртати и тачку мерену без присуства магнетног поља. Мада се за ову тачку узима да је магнетна индукција 0, ово мерење (пошто се користи магнет) представља осциловање магнета у пољу земљиног магнетизма. Из тог разлога тачка мерења може да одступа од линеарне зависности. Ако је разлика значајна тачка се уцртава, али приликом повлачења линеарне зависности она се не узима у обзир.

**Задатак 7.4: [1п]** На основу графика одредити потребан параметре линеарне зависности и проценити њихове грешке

**Задатак 8: Одређивање особина магнета:**

**Задатак 8.1: [0.5п]** Из параметара линеарне зависности одредити магнетни момент коришћених магнета

**Задатак 8.2: [0.5п]** Израчунати магнетизацију коришћених Неодијумских магнета

Константе: Магнетна пермеабилност вакуума  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N}{A^2}$

**Свим такмичарима желимо успешан рад !**

Задатак припремио и експеримент реализовао: Проф. др Имре Гут, Департман за физику, Нови Сад  
Председник комисије: Проф. др Имре Гут, Департман за физику, Нови Сад

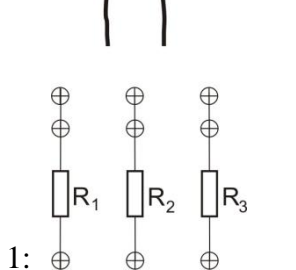
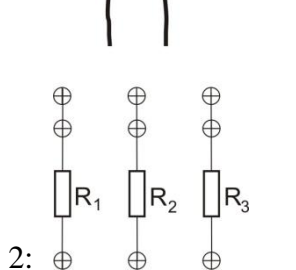
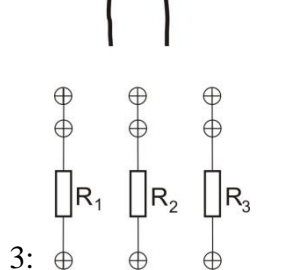
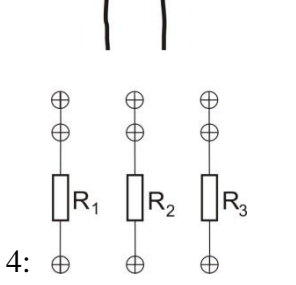
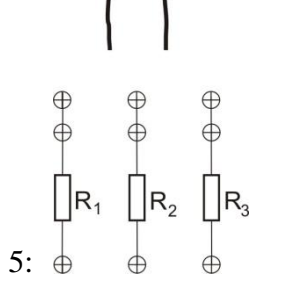
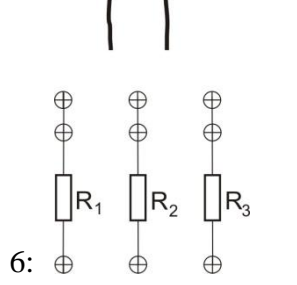
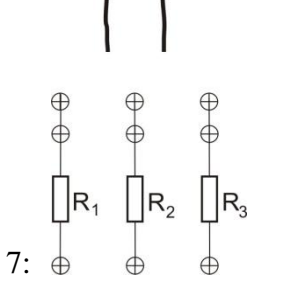
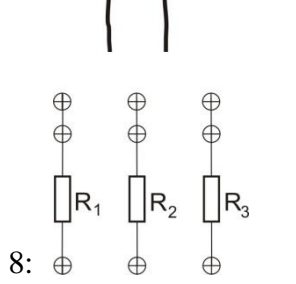
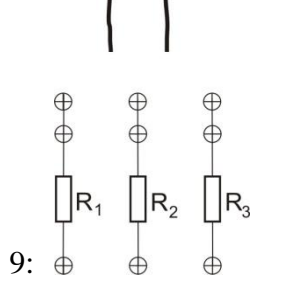
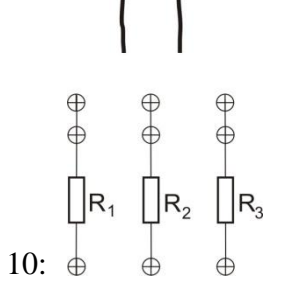
Напомена: Експеримент је реализован подстакнуто идејом из рада:

В. Barman, А. Petrou, American Journal of Physics 87, 257 (2019), doi: 10.1119/1.5092452



ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ЗАДАТАК

Табела 1. Шеме комбинација отпорника за регулацију струје односно величине магнетне индукције и њихов еквивалентни отпор (горе на шема су уцртани делови жице које воде до акумулатора и амперметра- њих повезати (фломастером) са спојкама отпора ради постизања жељене комбинације)

|                            |   |   |  |
|----------------------------|---|---|--|
| Појединачни отпори         |  <p>1: <math>R_e =</math></p>    |  <p>2: <math>R_e =</math></p>   |  <p>3: <math>R_e =</math></p>   |
| Редна веза 2 отпорника     |  <p>4: <math>R_e =</math></p>   |  <p>5: <math>R_e =</math></p>  |  <p>6: <math>R_e =</math></p>  |
| Паралелна веза 2 отпорника |  <p>7: <math>R_e =</math></p>  |  <p>8: <math>R_e =</math></p> |  <p>9: <math>R_e =</math></p> |
| Сви отпори редно           |  <p>10: <math>R_e =</math></p> |   |  |





ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ЗАДАТАК

РЕШЕЊЕ

**Питање 1.1:** [0.3п]  $\vec{\mu} = I \vec{S}$  где је  $I$  јачина струје кроз прстен а  $S$  његова површина

**Задатак 2.1:** [1п] Интензитет магнетне индукције у тачки која се налази на оси симетрије кружног проводника удаљено за  $b$  од центра кружног проводника је дата формулом  $B = \frac{\mu_0}{2} \frac{Ir^2}{\sqrt{(r^2+b^2)^3}}$ . Како се калемови састоје од по  $N$  намотаја и тачка у којој се тражи магнетна индукција је удаљена од калема за  $r_H/2$ , следи да је магнетна индукција у Хелмхолцовим калемима  $B = \frac{\mu_0}{2} \frac{2Nlr_H^2}{\sqrt{(r_H^2+(\frac{r_H}{2})^2)^3}} = \frac{8\mu_0NI}{\sqrt{125}r_H}$

**Питање 2.1:** [0.2п] При укључивању струје магнети ће остати у оси или заротирани за 180 степени у зависности како се односе смерови магнетних поља магнета и калемова (односно јавиће се торзиони момент или не- у зависности од оријентације)

**Питање 2.2:** [0.3п] Апаратуру (калем) треба поставити да се његова оса поклапа са правцем хоризонталне компоненте магнетног поља Земље. (Ту се може разматрати и варијанта да се уређај постави у правцу земљиног поља и заротира за 180 степени, а затим се тражи средња вредност ова два мерења)

**Задатак 2.2:** [2п] Уколико се тело на торзионој жици заротира за неки угао  $\varphi$ , јавља се реституциони торзиони момент жице  $\tau = C\varphi$ . У исто време се оса магнета заротира у односу на магнетно поље за исти угао, тако да се јавља и магнетни момент силе  $\tau = \mu B \sin\varphi$ . Треба запазити да су оба момента реституциона, тј. делују ка равнотеном положају Обележимо момент инерције магнета са  $\xi$ , пошто се стандардна ознака поклапа са ознаком јачине струје. Једначина која ће описати кретање магнета је  $\xi\alpha = -C\varphi - \mu B \sin\varphi$ , односно у апроксимацији малих осцилација  $\xi\alpha = -(C + \mu B)\varphi$ . Ова једначина описује осцилаторно кретање  $\xi\ddot{\varphi} + (C + \mu B)\varphi = 0$  са периодом осциловања  $T = 2\pi\sqrt{\frac{\xi}{C + \mu B}}$

**Задатак 3.1:** [1п] Како је конфигурација узорка магнет-држач-магнет, може се закључити да је тежиште на средини држача (односно између магнета како се димензија држача занемарује). На познати момент инерције једног ваљка са осом у средини се примењује Штајнеров став и измешта се оса ротације за  $\frac{L}{2}$  и то се понови и за други магнет, тако да је укупан моменат инерције узорка  $\xi = 2 \cdot (\frac{1}{4}mr^2 + \frac{1}{12}mL^2 + m(\frac{L}{2})^2) = \frac{1}{2}mr^2 + \frac{2}{3}mL^2$  где је  $m$  средња маса једног магнета.

**Задатак 3.2:** [1п] Измерени параметри магнета су

$$m_1 = (23,560 \pm 0,005)g, m_{21} = (23,520 \pm 0,005)g, m = (23,540 \pm 0,005)g,$$

$$r = (4,980 \pm 0,005)mm, L = (40,00 \pm 0,03)mm, ,$$

$$\xi = (2540 \pm 5) \cdot 10^{-8}kgm^{-2}, V = 2r^2\pi L = (6234 \pm 18)10^{-9}m^3$$

**Задатак 4.1:** [1п] У Табели 1.

**Задатак 5.1:** [0.5п] Пошто су у колу сви отпорници (отпорна кутија се сматра једним отпорником отпора  $R_e$ ) везани редно, дуго Кирхофово правило за коло са и без амперметра гласи  $E = (R_k + R_e + R_A)I_{sa}$  и  $E = (R_k + R_e)I_{bez}$ , тако да је веза између струја  $I_{bez} = \frac{R_k + R_e + R_A}{R_k + R_e} I_{sa}$ .

**Питање 6.1:** [0.2п] 3 сата и 15 минута.

**Задатак 6.1:** [1.5п] У Табели 2.- колона  $I_{bez}$

**Задатак 6.2:** [1п] У Табели 2.- колона  $B$

**Задатак 6.2:** [2п] У Табели 2.- колона  $T$



15. СРПСКА ФИЗИЧКА ОЛИМПИЈАДА УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА  
ШКОЛСКА 2021/2022. ГОДИНЕ.



СФО

Друштво физичара Србије и Министарство просвете  
науке и технолошког развоја Републике Србије

09. и 10. јун 2022.  
Нови Сад

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ЗАДАТАК

**Задатак 7.1:** [1п] Једначина за период осциловања магнета у магнетном пољу Хелмхолцових калемова се трансформише у  $\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{C}{\xi} + \frac{\mu}{\xi} B$ . Линеаризација се врши увођењем нових промењивих  $Y = \frac{4\pi^2}{T^2}$  и  $X = B$ . Параметри зависности су коефицијент правца  $k = \frac{\mu}{\xi}$  и слободан члан  $n = \frac{C}{\xi}$ . Исправно је и увођење  $Y = \frac{1}{T^2}$  али тада су коефицијент правца  $k = \frac{\mu}{4\pi^2\xi}$  а слободан члан  $n = \frac{C}{4\pi^2\xi}$ .

**Задатак 7.2:** [1п] У Табели 2.- колона  $X, Y, \Delta X$  и  $\Delta Y$  ( $\Delta Y = \frac{8\pi^2}{T^3} \Delta T$ )

**Задатак 7.3:** [4п] График

**Задатак 7.4:** [1п] На основу одабраних тачака А и В са графика: коефицијент правца је  $k = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$ . Грешка коефицијента правца се одређује на основу величине једног подеока на графику (тачка А) или највећа грешка суседних мерених тачака (тачка Б)  $\frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta X_B + \Delta X_A}{X_B - X_A} + \frac{\Delta Y_B + \Delta Y_A}{Y_B - Y_A}$ .

Бројна вредност коефицијента правца је  $k = (162 \pm 7) 10^3 \cdot T^{-1} s^{-2}$

**Задатак 8.1:** [0.5п] Како је  $\mu = k\xi$  и  $\Delta\mu = k\Delta\xi + \xi\Delta k$  добија се вредност магнетног момента узорка од Неодијумских магнета

$$\mu = (4.11 \pm 0.19) Am^2$$

**Задатак 8.2:** [0.5п] За магнетизацију Неодијумских магнета се коначно добије ( $\Delta M = \frac{\Delta\mu}{V} + \frac{\mu}{V^2} \Delta V$ )

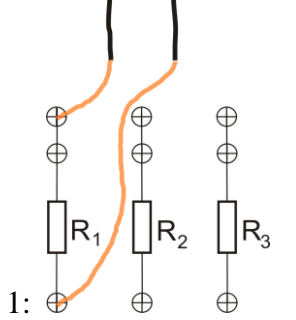
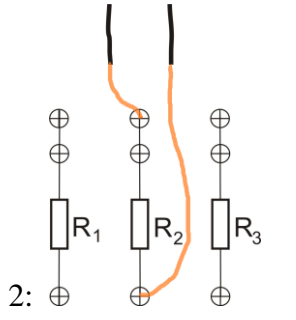
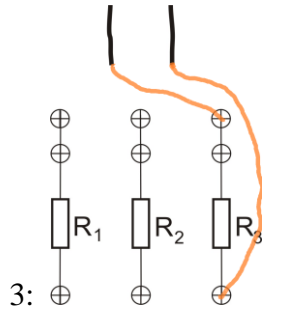
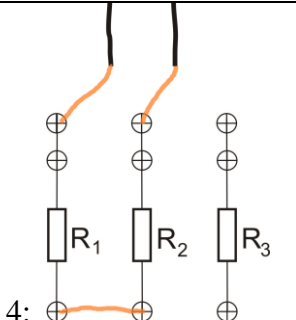
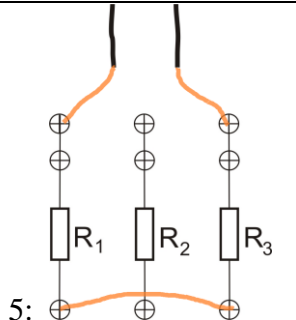
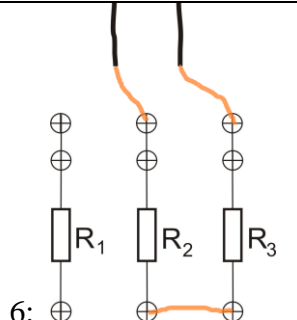
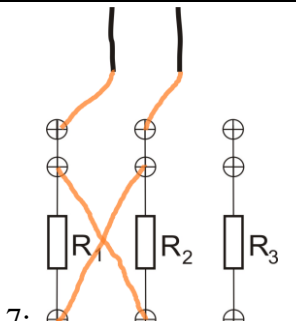
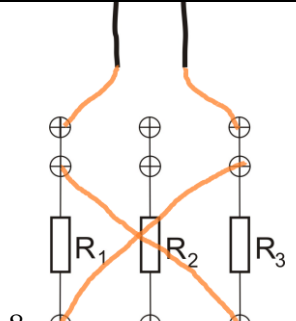
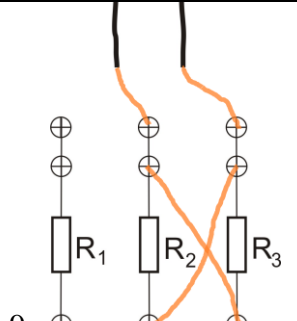
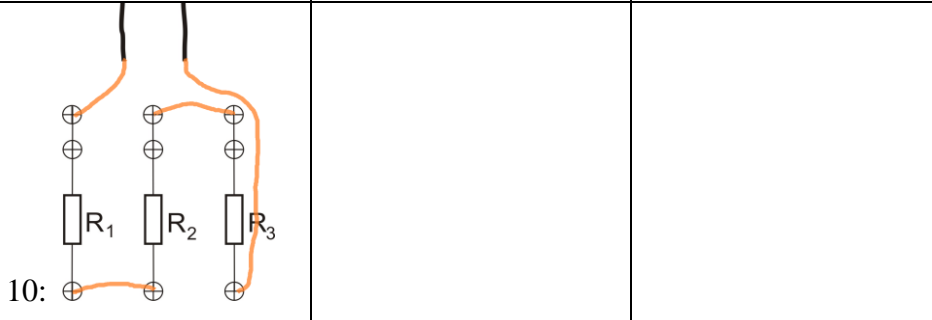
$$M = (0.66 \pm 0.04) 10^6 \cdot Am^{-1}$$

**Напомена:** Због неистоветних услова мерења, мање одступање добијених резултата између мерних апаратура је очекивано.



ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ЗАДАТАК

Табела 1. Шеме комбинација отпорника за регулацију струје односно величине магнетне индукције и њихов еквивалентни отпор

|                                   |  |   |  |
|-----------------------------------|--|---|--|
| <p>Појединачни отпори</p>         |  <p>1: <math>R_e = R_1</math></p>                         |  <p>2: <math>R_e = R_2</math></p>                         |  <p>3: <math>R_e = R_3</math></p>                         |
| <p>Редна веза 2 отпорника</p>     |  <p>4: <math>R_e = R_1 + R_2</math></p>                  |  <p>5: <math>R_e = R_1 + R_3</math></p>                  |  <p>6: <math>R_e = R_2 + R_3</math></p>                  |
| <p>Паралелна веза 2 отпорника</p> |  <p>7: <math>R_e = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}</math></p> |  <p>8: <math>R_e = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}</math></p> |  <p>9: <math>R_e = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}</math></p> |
| <p>Сви отпори редно</p>           |  <p>10: <math>R_e = R_1 + R_2 + R_3</math></p>         |   |  |



15. СРПСКА ФИЗИЧКА ОЛИМПИЈАДА УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА  
ШКОЛСКА 2021/2022. ГОДИНЕ.



СФО

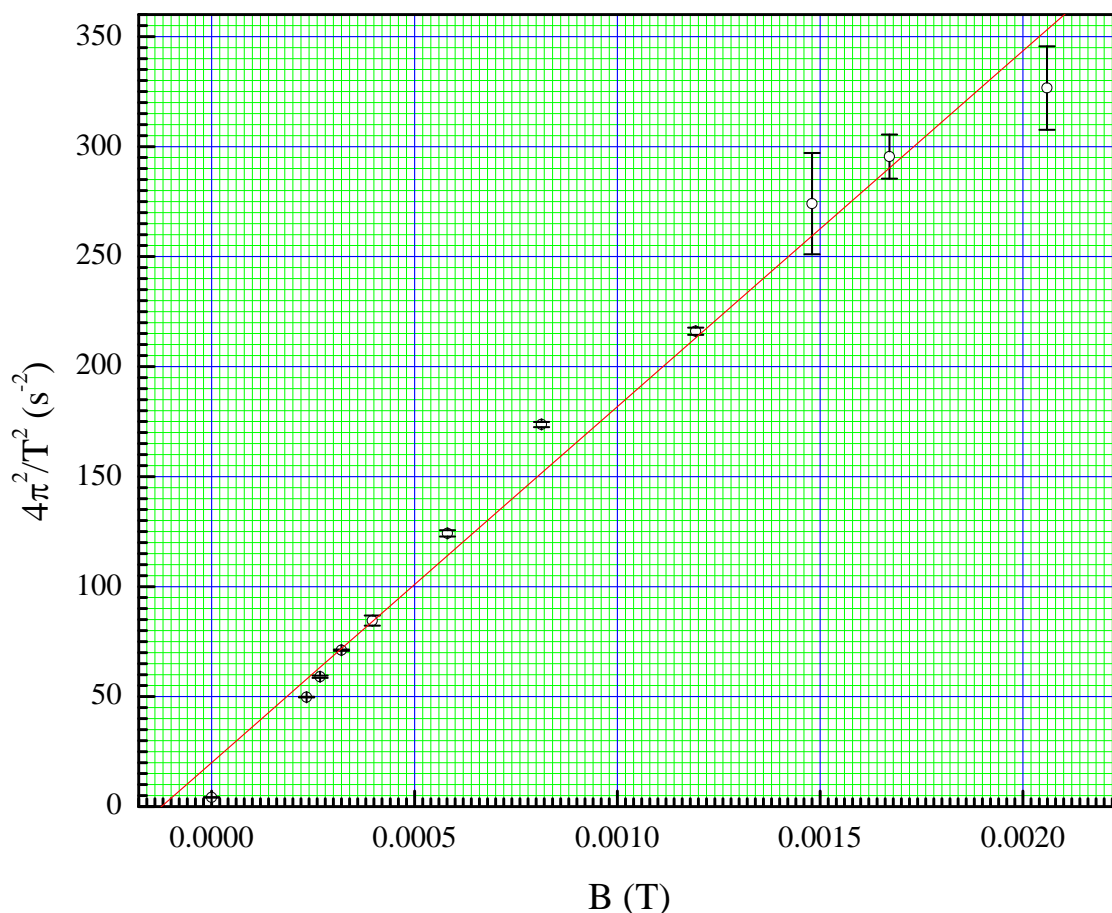
Друштво физичара Србије и Министарство просвете  
науке и технолошког развоја Републике Србије

09. и 10. јун 2022.  
Нови Сад

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ЗАДАТАК

Табела 2: Мерене вредности

| Р. бр.                | Бр. шеме | $t_1$ [s] | $t_2$ [s] | $t_3$ [s]       | $T$ [s] | $\Delta T$ [s] | $R_e$ [ $\Omega$ ] | $I_{sa}$ [A] | $I_{bez}$ [A] | $B$ [T]=X | $Y = \frac{4\pi^2}{T^2}$ | dY   |
|-----------------------|----------|-----------|-----------|-----------------|---------|----------------|--------------------|--------------|---------------|-----------|--------------------------|------|
| 1                     | 1        | 20,53     | 20,26     | 20,72           | 0,683   | 0,009          | 33,2               | 0,37         | 0,37          | 0,000396  | 84.519                   | 2.3  |
| 2                     | 2        | 14,28     | 14,35     | 14,28           | 0,4768  | 0,0016         | 14,7               | 0,75         | 0,77          | 0,000813  | 173.671                  | 1.2  |
| 3                     | 3        | 11,07     | 11,25     | 11,84           | 0,380   | 0,016          | 6,4                | 1,33         | 1,40          | 0,001480  | 274.037                  | 23   |
| 4                     | 4        | 24,47     | 24,56     | 24,59           | 0,818   | 0,003          | 47,9               | 0,25         | 0,25          | 0,000267  | 59.000                   | 0.5  |
| 5                     | 5        | 22,31     | 22,37     | 22,38           | 0,7451  | 0,0015         | 39,6               | 0,30         | 0,30          | 0,000320  | 71.108                   | 0.3  |
| 6                     | 6        | 16,87     | 16,87     | 17,00           | 0,564   | 0,003          | 21,1               | 0,54         | 0,55          | 0,000581  | 124.206                  | 1.4  |
| 7                     | 7        | 12,78     | 12,84     | 12,85           | 0,4274  | 0,0015         | 10,19              | 1,09         | 1,13          | 0,001193  | 216.073                  | 1.6  |
| 8                     | 8        | 11,03     | 11,06     | 10,81           | 0,366   | 0,006          | 5,37               | 1,49         | 1,58          | 0,001671  | 295.429                  | 10   |
| 9                     | 9        | 10,72     | 10,15     | 10,42           | 0,348   | 0,010          | 4,46               | 1,82         | 1,95          | 0,002059  | 326.613                  | 19   |
| 10                    | 10       | 26,72     | 26,75     | 26,69           | 0,891   | 0,001          | 54,30              | 0,22         | 0,22          | 0,000234  | 49.766                   | 0.11 |
| 11                    | 0        | 91,75     | 92,52     | 91,28           | 3,062   | 0,023          |                    |              |               | 0,000000  | 4.212                    | 0.07 |
| $\Delta I_{bez}$ [A]= |          | 0,01      |           | $\Delta B$ [T]= |         | 0,000017       |                    |              |               |           |                          |      |



Графички приказ реципрочне вредности квадрата пероде осциловања клатна од магнетне индукције поља