

# УПУТСТВО ЗА ПРИПРЕМУ ЛАБОРАТОРИЈСКИХ ВЕЖБИ ИЗ ФИЗИКЕ

## За студенте који раде вежбе ПОНЕДЕЉКОМ од 08<sup>00</sup> до 11<sup>00</sup> у сали 28

Лабораторијске вежбе представљају предиспитну обавезу за курс Лабораторијске вежбе из Физике на основу које се остварује до 40% укупних поена на основу којих се формира оцена. **Обавезно је присуство и израда писаног извештаја за сваку од 6 лабораторијских вежби.**

Од студената се очекује да на вежбе долазе на време, адекватно припремљени и унапред упознати са поступком израде вежбе. Потребно је понети свеску, графитну оловку, гумицу, дигитрон, лењир и милиметарски папир. Употреба мобилних телефона као дигитрона није дозвољена.

**Студент који није адекватно припремљен за израду вежбе, неће моћи у регуларном термину да ради лабораторијску вежбу.**

Литература за припрему лабораторијских вежби је „Лабораторијске вежбе из физике,“ аутора др К. Станковић, др Д. Станковића и др П. Осмокровића.

Припрема за лабораторијску вежбу захтева:

- [1] да је студент упознат са теоријском основом и начином израде лабораторијске вежбе коју у датом термину ради, што подразумева да је прочитао поглавља из практикума која се односе на вежбу и да је способан да одговори на основна питања везана за дату вежбу.
- [2] да је студент припремио уводни део извештаја за лабораторијску вежбу: ставке (1), (2) и (3) извештаја дефинисане у наставку овог упутства (под насловом УПУТСТВО ЗА ПРИПРЕМУ ИЗВЕШТАЈА).

Општа поглавља која треба прочитати су поглавља **1 – 8**. Примери питања која се односе на ова поглавља:

- 1) Шта је мерење? Зашто се мерења понављају и зашто се врши њихова статистичка обрада?
- 2) Шта је популација? Дефинисати средњу вредност и стандардно одступање популације.
- 3) Шта је узорак? Дефинисати средњу вредност и стандардно одступање узорка.
- 4) Шта је стандардно одступање средње вредности?
- 5) Како се дефинишу тачност, поновљивост и репродуктивност мерења? На основу којих параметара се оцењују ове карактеристике мерења?
- 6) Како се израчунава стандардно одступање односно варијанса за познату функцију расподеле и колико оно износи за униформну расподелу?
- 7) Шта је то стандардизована Гаусова расподела?
- 8) Шта су стандардна и проширена мерна несигурност?
- 9) Који типови мерних несигурности постоје, када се примењују и како се израчунавају?
- 10) Када се обрада резултата може извршити методом оптималне праве? На бази чега се одређује оптимална права?
- 11) Правила за исказивање нумеричких вредности и мерних резултата.
- 12) Принципи мерења нонијусом и микрометарским завртњем.

*Одговоре на претходно наведена питања студент треба да зна без обзира на то коју вежбу ради, односно, било које од наведених питања може бити постављено пре сваке вежбе.*

У термину лабораторијске вежбе студенти у оквиру истог тима изводе експерименте и мерне резултате бележе у унапред припремљени извештај у свеску за лабораторијске вежбе. Након прикупљања мерних резултата потребно је извршити њихову обраду и израчунати тражену величину и мерну несигурност са којом је извршено мерење. *Уредно урађен извештај за сваку од 6 лабораторијских вежби представља услов за излазак на испит.*

Поени за сваку лабораторијску вежбу добијају се на основу урађеног извештаја и усмене одбране вежбе која се састоји из провере знања везаних за конкретну вежбу: теоријске основе, начин извођења експеримента, основна правила која се односе на израчунавање мерних несигурности и графичког приказа резултата. Број поена предвиђен за сваку вежбу је 10 (5 поена за комплетан реферат са резултатима мерења и 5 поена за одбрану вежбе). Одбрана вежбе предвиђена је у термину прве следеће вежбе (наредне наставне недеље). Одбрана је могућа и у наредним терминима, али свака недеља закашњења доноси одређени број негативних поена. Уколико се студент одлучи да вежбу брани у наредним терминима, то мора да нагласи пре почетка одбране вежбе. Након што одбрана вежбе почне, неће бити омогућено одлучивање за одбрану у наредним недељама.

**Укупан број поена остварених на лабораторијским вежбама добија се када се збир поена остварених на свим вежбама помножи са 2/3 и не може износити више од 40.**

Лабораторијске вежбе се изводе у 2 циклуса, где сваки од циклуса садржи по 3 лабораторијске вежбе и траје 3 наставне недеље:

### први циклус

1. Мерење густине течних и чврстих супстанци (Поглавље 9).
2. Мерење модула еластичности жице (Јунгов модуо) и мерење модула торзије (смицања) жице. Мерење момента инерције тела помоћу торзионог клатна (Поглавља 11, 12 и 13).
3. Мерење убрзања Земљине теже помоћу клатна (Поглавље 10).

#### други циклус

1. Мерење односа специфичних топлота  $c_p/c_v$  за ваздух методом Клемен-Дезормеа. Мерење брзине звука помоћу Кунтове цеви (Поглавља 14, 15 и 16).
2. Мерење специфичне топлоте чврстих тела (Поглавља 17 и 18).
3. Мерење топлоте испаравања воде. Одређивање зависности тачке кључања воде од притиска (Поглавља 17, 19 и 20).

Редослед израде лабораторијских вежби је цикличан и одговара редном броју тима. То практично значи да у првом термину, први тим ради прву вежбу, други тим другу вежбу, а трећи тим трећу вежбу. У наредном термину први тим прелази на другу вежбу, други тим на трећу вежбу, а трећи тим на прву вежбу и тако док се циклус након три термина не заврши. Предвиђен је и додатни термин у ком се може надокнадити **највише** једна пропуштена вежба. Надокнаде вежби из првог циклуса организују се у 7. недељи семестра. Надокнаде вежби из другог циклуса организују се у 11. недељи семестра.

#### РАСПОРЕД СТУДЕНАТА ПО ТИМОВИМА

понедељак, сала 28, 08:00-09:30		
индекс	студент	тим
2017/0199	Казимировић Јована	T2 десно
2017/0202	Којадиновић Никола	T2 десно
2017/0210	Лешевић Бранислава	T1 лево
2017/0214	Марковић Виктор	T3 лево
2017/0278	Митровски Јован	T1 десно
2017/0233	Маринковић Лазар	T1 десно
2017/0242	Лукић Емилија	T1 лево
2017/0244	Кнежевић Димитрије	T3 лево
2017/0251	Јефтовић Милица	T3 десно
2017/0512	Пејчић Марко	T2 лево
2017/0256	Маљковић Ђорђе	T3 десно
2017/0230	Тадић Тијана	T1 лево
2017/0514	Кастратовић Филип	T2 лево
2017/0274	Максимовић Стефан	T2 лево
2017/0123	Милошевић Александар	T1 десно

понедељак, сала 28, 09:30-11:00		
индекс	студент	тим
2017/0585	Милановић Петар	T3 десно
2017/0347	Николић Јована	T2 лево
2017/0601	Јоксовић Татјана	T3 лево
2017/0628	Марковић Никола	T1 десно
2017/0629	Лазич Марко	T2 лево
2017/0630	Јосифовић Јован	T1 десно
2017/0633	Јовановић Љубомир	T3 десно
2017/0639	Јелић Никола	T3 лево
2017/0649	Марјановић Александра	T1 лево
2017/0652	Копривица Невена	T2 десно
2017/0659	Лазаревић Ивана	T1 лево
2017/0662	Лончар Милица	T1 лево
2017/0664	Марковић Предраг	T1 десно
2017/0719	Мијајловић Вељко	T2 десно

#### УПУТСТВО ЗА ПРИПРЕМУ ИЗВЕШТАЈА

Извештаји за лабораторијску вежбу треба да буду написани у посебној свесци намењеној искључиво за извештаје на предмету Лабораторијске вежбе из Физике. Свеска треба да буде А4 формата, пожељно на „квадратиће“. Прва страница у свесци треба да садржи податке о студенту:

1. Име, презиме и број индекса
2. Термин за израду лабораторијских вежби и ознаку тима
3. Табелу у следећој форми:

	Вежба	датум израде	датум одбране	број поена	потпис
1	Мерење густине течних и чврстих супстанци				
2	Мерење модула еластичности жице (Јунгов модуо) и мерење модула торзије (смицања) жице. Мерење момента инерције тела помоћу торзионог клатна.				
3	Мерење убрзања Земљине теже помоћу клатна				
4	Мерење односа специфичних топлота $c_p/c_v$ за ваздух методом Клемен-Дезормеа. Мерење брзине звука помоћу Кунтове цеви.				
5	Мерење специфичне топлоте чврстих тела.				
6	Мерење топлоте испаравања воде. Одређивање зависности тачке кључања воде од притиска.				

Након тога следе извештаји за сваку појединачну вежбу, према редоследу по ком је студент радио вежбе. Сваки извештај почиње на празној десној страници у свесци и састоји се из следећих целина:

- (1) заглавље: на врху странице у форми табеле поновити табелу са прве странице, са подацима који се односе само на дату вежбу,
- (2) Теоријски увод: кратак опис теоријских основа на којима се базирају експерименти,
- (3) Опис експеримента: кратак опис експеримента са сликом мерне апаратуре,
- (4) Мерни резултати: припремљене табеле у којима ће бити приказани резултати мерења,

- (5) Обрада мерних резултата: израчунавање резултата и одговарајућих мерних несигурности. За вежбе за које у Практикуму не постоје изведени изрази за мерне несигурности, у оквиру овог дела потребно је детаљно извести потребне изразе. За вежбе за које постоје изрази, потребно је бар један од њих детаљно извести.
- (6) Коначан резултат мерне величине са израженом мерном несигурношћу и одговарајућом статистичком сигурношћу. Коначан резултат треба да буде адекватно заокружен (према упутствима датим у Поглављу 5) и приказан у оквиру дефинисаних Табела.

### **ЧЕСТЕ ГРЕШКЕ КОЈЕ ТРЕБА ИЗБЕЋИ**

Током обраде мерних резултата, потребно је водити рачуна о следећем:

- (1) Резултате и мерне несигурности не треба заокруживати током прорачуна, већ искључиво приликом писања коначног резултата. Током прорачуна је потребно задржати најмање четири сигурне цифре.
- (2) Јединице мерених и израчунатих величина неопходно је писати увек, било да се ради о међукорацима, мерним несигурностима или коначном резултату.
- (3) У коначном резултату никако не треба да фигурише релативна, већ искључиво апсолутна проширена мерна несигурност, према дефинисаној статистичкој сигурности.
- (4) Приликом цртања оптималне праве, обавезно назначити најмање две сигурне тачке (добијене помоћу коефицијента правца праве) на основу којих је права нацртана. Алтернативно, могуће је означити угао нагиба праве и написати његову вредност.
- (5) Сви графици морају бити нацртани на милиметарском папиру, за који је могуће користити блок милиметарског папира или један папир приложен у свесци на адекватном месту. Сваки график је неопходно потписати хемијском оловком. Графици који су нацртани у свесци, неће бити оцењени. Детаљније инструкције о графичком приказивању резултата дата су у наставку упутства.
- (6) Водити рачуна о томе да пресек ординате и апсцисе не мора увек истовремено бити и координатни почетак Декартовог координатног система! У том случају, без обзира што права пролази кроз координатни почетак, она не мора обавезно пролазити и кроз тачку дефинисану пресеком оса.

**Табеле за прикупљање мерних резултата (у овом облику приказати резултате у извештају) и приказивање коначних вредности након израчунавања (у случају да је потребно, на одговарајућа места уметнути извођења или додатне кораке у прорачуну) налазе се у наставку материјала.**

### **ГРАФИЧКА ОБРАДА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА**

*Правила за цртање графика на милиметарском папиру*

За цртање графика користе се различити папири. Говорићемо само о милиметарским папирима формата А4, који се уобичајено користе у обради резултата мерења током лабораторијских вежби. Димензије графика на овим папирима могу бити максимално до 250 mm x 170 mm.

Координатне осе би требало цртати **по ивицама** милиметарског папира. По правилу, на **апсцису** (углавном x-осу) се наноси **независно променљива**, а на **ординату** (углавном y-осу) **зависно променљива** величина.

**Размера оса** се бира тако да буде испуњен **што већи простор** расположивог папира (при чему је потребно правилно одабрати коју величину треба нанети на дужу, а коју на краћу осу и ротирати папир на одговарајући начин).

При поставци оса је често боље да пресеци координатних оса не буду у координатном почетку. Међутим, ваља обратити пажњу да то понекад може довести до грубе грешке! На пример, ако је са графика линеарне зависности потребно одредити **пресек са ординатом**, апсциса **мора да почиње од нуле**.

Да би нашошење и очитавање вредности са графика било једноставно, јединица величине која се приказује (или њен умножак са  $10^{zn}$ , где је  $n$  цео број) може да буде приказана са **1, 2, 2.5, 5, 10, 20, 25, 50, 100** итд. милиметара на милиметарском папиру. **Све остале размере нису допуштене!** На пример, јединица физичке величине не сме бити приказана на милиметарском папиру са 3 mm или 3 cm (**најчешћа грешка**), 6 mm, 7 mm, 12 mm 15 cm и сл.

На осе се наносе **само еквидистантне ознаке** бројних вредности физичких величина. На осам се **не обележавају** бројне вредности које одговарају експерименталним тачкама, и на папиру се **не повлаче** било какве линије од оса до нанетих тачака.

Експерименталне тачке се означавају кружићима, квадратићима и сл. Ако је на исти папир нането више низова података, сваки низ се означава посебним ознакама. Ове тачке на графицима, у општем случају, морају бити унете са одговарајућим апсолутним мерним несигурностима приказаних величина. Апсолутне мерне несигурности се **не уносе** само ако су **мање** од вредности **најмањег одговарајућег подеока графика**.

Ако је бројна вредност физичке величине која се наноси на график, **мања од 0.01**, или **већа од 100**, потребно ју је изразити у **експоненцијалном облику**. При томе се често чине грешке у месту писања експонента, што доводи до велике грешке у приказу резултата.

Да би графички приказ резултата мерења на милиметарском папиру био **комплетан, јасан и једнозначан неопходно** је додати и следеће елементе:

- **наслов графика** (на врху папира изнад милиметарске мреже у правцу паралелном са апсцисом),
- **називе мерених физичких величина** уз координатне осе (паралелно са одговарајућом осом на средини и изван милиметарске мреже) **са придруженим јединицама мере** (одмах након назива физичке величине унутар угластих или обичних заграда),

- **датум израде** (на дну папира са леве стране изван милиметарске мреже) и
- **личне податке студента** (име, презиме и број индекса студента на дну папира са десне стране изван милиметарске мреже)

**А МЕРЕЊЕ ГУСТИНЕ ТЕЧНОСТИ ПОМОЋУ ПИКНОМЕТРА:**

Маса празног пикнометра:  $m_1 =$   [g]  
 Маса пикнометра са водом:  $m_2 =$   [g]  
 Маса пикнометра са течношћу:  $m_3 =$   [g]  
 Густина испитиване течности:  $\rho =$  написати формулу =  [kg/m<sup>3</sup>]

Мерна несигурност (МН):

МН масе:  $u_m =$   [kg]  
 МН густине:  $u_\rho =$  написати формулу =  [kg/m<sup>3</sup>]

**Коначан резултат :**  
 (са статистичком сигурношћу 95%)

**Б МЕРЕЊЕ ГУСТИНЕ ЧВРСТЕ СУПСТАНЦЕ У ЗРНАСТОМ ОБЛИКУ:**

Маса супстанце у зрнастом облику:  $m =$   [g]  
 Маса пикнометра са водом и зрнастом супстанцом поред њега:  $m_1 =$   [g]  
 Маса пикнометра са водом и зрнастом супстанцом у њему:  $m_2 =$   [g]  
 Густина чврсте супстанце:  $\rho =$  написати формулу =  [kg/m<sup>3</sup>]

Мерна несигурност (МН):

МН масе:  $u_m =$   [kg]  
 МН густине:  $u_\rho =$  написати формулу =  [kg/m<sup>3</sup>]

**Коначан резултат :**  
 (са статистичком сигурношћу 95%)

**Ц МЕРЕЊЕ ГУСТИНЕ ЧВРСТОГ ТЕЛА ХИДРОСТАТИЧКОМ ВАГОМ:**

Маса тела:  $m =$   [g]  
 Привидна маса тела:  $m_1 =$   [g]  
 Густина чврстог тела:  $\rho =$  написати формулу =  [kg/m<sup>3</sup>]

Мерна несигурност (МН):

МН масе:  $u_m =$   [kg]  
 МН густине:  $u_\rho =$  написати формулу\* =  [kg/m<sup>3</sup>]

**Коначан резултат :**  
 (са статистичком сигурношћу 95%)

\* проверити да ли је формула исправна

**Д МЕРЕЊЕ ГУСТИНЕ ТЕЧНОСТИ ХИДРОМЕТРОМ:**

Р. бр. мерења	$h_{01}$ [cm]	$h_{02}$ [cm]	$h_1$ [cm]	$h_2$ [cm]	$\rho$ = написати формулу [kg/m <sup>3</sup> ]
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

Густина испитиване течности:  $\rho$  = написати формулу =  [kg/m<sup>3</sup>]

Мерна несигурност (МН):

МН мерења висине:  $u_h$  =  [m]  
Мерна несигурност типа А:  $u_{\rho A}$  = написати формулу =  [kg/m<sup>3</sup>]  
Мерна несигурност типа Б:  $u_{\rho B}$  = написати формулу =  [kg/m<sup>3</sup>]  
Комбинована МН:  $u_\rho$  = написати формулу =  [kg/m<sup>3</sup>]

**Коначан резултат :**  
(са статистичком сигурношћу 95%)

**ВЕЖБА БР. 2: Поглавља 11, 12 и 13****А МЕРЕЊЕ МОДУЛА ЕЛАСТИЧНОСТИ ЖИЦЕ:**

Дужина жице:  $L =$   [m]

Пречник жице [mm]:  $d_1 =$    $d_2 =$    $d_3 =$    $d_4 =$    $d_5 =$

Средња вредност пречника жице :  $d_s =$  навести израз =  [mm]

Ред. број мерења $n$	маса тега [kg]	истезање $\Delta l_i$ [mm]		
		при повећању силе	при смањењу силе	средња вредност
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Коефицијент правца оптималне праве:  $a =$  навести израз =  [m/kg]

Модуло еластичности жице:  $E_Y =$  навести израз =  [N/m<sup>2</sup>]

Мерна несигурност:

Мерна несигурност дужине жице:  $u_l =$  навести израз =  [m]

Мерна несигурност пречника жице (тип Б):  $u_{dB} =$  навести израз =  [m]

Мерна несигурност пречника жице (тип А):  $u_{dA} =$  навести израз =  [m]

Комбинована МН пречника жице:  $u_d =$  навести израз =  [m]

МН коефицијента оптималне праве:  $u_a =$  навести израз =  [m/kg]

Мерна несигурност модула еластичности :  $u_{EY} =$  навести израз =  [N/m<sup>2</sup>]

**Коначан резултат :**  
(са статистичком сигурношћу 95%)

**Напомена:** Уз овај извештај треба приложити и график  $\Delta l(m)$  на милиметарском папиру. Оптимална права треба да пролази кроз координатни почетак. На графику обележити мерне несигурности. Са графика прочитати вредност коефицијента правца оптималне праве и ту вредност навести на самом графику.

**Б МЕРЕЊЕ МОДУЛА ТОРЗИЈЕ ЖИЦЕ**

Дужина жице:  [cm]

Пречник жице [mm]:  $d_1 =$    $d_2 =$    $d_3 =$    $d_4 =$    $d_5 =$

Средња вредност пречника жице :  $d_s =$  навести израз =  [mm]

Средња вредност полупречника жице :  $r_s = d_s / 2 =$   [mm]

Пречник цилиндра [cm]:  $D_1 =$    $D_2 =$    $D_3 =$    $D_4 =$    $D_5 =$

Средња вредност пречника цилиндра :  $D_s =$  навести израз =  [cm]

редни број мерења $n$	$m$ [g]	$M = mg \cdot D$ [Nm]	$\varphi$ [°]	$\varphi$ [rad]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Торзиона константа:  $c =$  навести израз =  [Nm/rad]

Модуло торзије жице:  $E_s =$  навести израз =  [N/(rad·m<sup>2</sup>)]

Мерна несигурност (МН):

Мерна несигурност дужине жице:  $u_l =$  навести израз =  [m]

МН полупречника жице (тип А):  $u_{rA} =$  навести израз =  [m]

МН полупречника жице (тип Б):  $u_{rB} =$  навести израз =  [m]

Комбинована МН полупречника жице:  $u_r =$  навести израз =  [m]

Мерна несигурност торзионе константе:  $u_c =$  навести израз<sup>†</sup> =  [Nm/rad]

Мерна несигурност модула торзије:  $u_{E_s} =$  навести израз =  [N/(rad·m<sup>2</sup>)]

**Коначан резултат :**  
(са статистичком сигурношћу 95%)

**Напомена:** Уз овај извештај треба приложити график  $\varphi(M)$  на милиметарском папиру. Оптимална права треба да пролази кроз координатни почетак. На графику обележити мерне несигурности. Са графика очитати вредност коефицијента правца оптималне праве и ту вредност навести на самом графику.

**Ц МЕРЕЊЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИЈЕ ТЕЛА ПОМОЋУ ТОРЗИОНОГ КЛАТНА**

Укупно време за  $n$  осцилација:  $T_u =$   [s]

Број осцилација:  $n =$

Период осциловања:  $T = T_u / n =$   [s]

Момент инерције тела:  $I =$  написати израз =  [kg·m<sup>2</sup>]

Мерна несигурност резултата:

Мерна несигурност периода:  $u_T =$  навести израз =  [s]

Мерна несигурност момента инерције :  $u_I =$  навести израз =

**Коначан резултат :**  
(са статистичком сигурношћу 95%)

<sup>†</sup> Проверити изразе: коефицијент правца је  $1/c$ , а не  $c$ , тако да израз изведен у практикуму треба искористити за израчунавање мерне несигурности за  $c$  применом поступка: мерна несигурност индиректно мерене величине. Такође, у изведеном изразу за мерну несигурност коефицијента правца, постоји грешка: исправити тако да израз буде димензионално исправан.



**МЕРЕЊЕ УБРЗАЊА ЗЕМЉИНЕ ТЕЖЕ:**

Ред. број мерења	$l_1$ [mm]	$l_2$ [mm]	$l_s$ [mm]	$l_s^2$ [mm]	$t_u$ [s]	$n$	$T = t_u / n$ [s]	$T^2$ [s]
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								

Коефицијент правца оптималне праве:  $a =$  написати израз =  [s<sup>2</sup>/m]

Убрзање земљине теже:  $g =$  написати израз =  [m/s<sup>2</sup>]

Мерна несигурност коефицијента оптималне праве:  $u_a =$  написати израз =  [s<sup>2</sup>/m]

Релативно одступање мерења<sup>‡</sup>:  $\varepsilon_r = \frac{g - g_{Bg}}{g_{Bg}} 100\% =$

Мерна несигурност убрзања земљине теже:  $u_g =$  написати израз =  [m/s<sup>2</sup>]

**Коначан резултат :**  
(са статистичком сигурношћу 95%)

**Напомена:** Уз овај извештај неопходно је приложити и график зависности  $T^2(l_s)$  на милиметарском папиру. Оптимална права треба да пролази кроз координатни почетак. На графику обележити мерне несигурности. Са графика очитати вредност коефицијента правца оптималне праве и ту вредност навести на самом графику.

<sup>‡</sup> Гравитационо убрзање за Београд, таблична вредност:  $g_{Bg} = 9,8060226 \text{ m/s}^2$

**ВЕЖБА БР. 4: Поглавља 14, 15 и 16****А ОДРЕЂИВАЊЕ ОДНОСА СПЕЦИФИЧНИХ ТОПЛОТА  $c_p/c_v$  ЗА ВАЗДУХ:**

Ред. број мерења	Разлика нивоа у крацима манометра пре отварања вентила $h_1$ [cm]	Разлика нивоа у крацима манометра после затварања вентила $h$ [cm]	Однос специфичних топлота $\kappa = \frac{h_1}{h_1 - h}$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Однос  $c_p/c_v$  за ваздух: $\kappa =$  написати израз =Мерна несигурност резултата:

Извести израз за мерну несигурност односа специфичних топлота и израчунати појединачне доприносе укупној мерној несигурности. Навести све релевантне величине коришћене приликом израчунавања мерне несигурности.

**Коначан резултат :**  
(са статистичком сигурношћу 95%)

**Б ОДРЕЂИВАЊЕ БРЗИНЕ ЗВУКА ПОМОЋУ КУНТОВЕ ЦЕВИ:**

Фреквенција тон генератора

 $v_g =$   [Hz]

Број Кунтових фигура :

 $n =$  

Дужина ваздушног стуба

 $l_v =$   [m]

Дужина алуминијумске шипке

 $l =$   [m]

Густина алуминијумске шипке

 $\rho_{al} =$   [kg/m<sup>3</sup>]

Собна температура

 $t =$   [°C]

Атмосферски притисак

 $p_a =$   [Pa]

Брзина звука у ваздуху [m/s]:

 $c_{v1} =$  написати израз =  [m/s](Густина ваздуха  $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$ ,  $\kappa$  узети из првог дела вежбе) $c_{v2} = \sqrt{\kappa p_a / \rho} =$   [m/s]Релативно одступање мерења брзине звука у ваздуху:

Брзина звука у функцији од температуре (сматрати за референтну вредност приликом одређивања релативних одступања):

 $c(t) = 331.4 + 0.6 \cdot t [^\circ \text{C}] =$   [m/s]Релативно одступање за  $c_{v1} =$   [%]Релативно одступање за  $c_{v2} =$   [%]

**Коначан резултат за  $c_{v1}$ :** (мерена вредност  $\pm$  апсолутно одступање)  
(приказати резултат са већом тачношћу)

**Одређивање Јунговог модула за алуминијум:**

Брзина звука у алуминијуму:

 $c_{al} =$  написати израз =  [m/s]

Јунгов модуо еластичности алуминијума:

 $E_{yal} =$  написати израз =  [N/m<sup>2</sup>]Релативно одступање<sup>§</sup>: $\varepsilon_R =$  написати израз =  [%]

**Коначан резултат :**  
(мерена вредност  $\pm$  апсолутно одступање)

<sup>§</sup> за алуминијум  $E_{yal} = 6.9 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$

**ВЕЖБА БР. 5: Поглавља 17 и 18**

Маса воде у калориметру:	$m_v =$	<input type="text"/>	[kg]
Маса чврсте супстанце:	$m =$	<input type="text"/>	[kg]
Температура загрејаних куглица:	$t_k =$	<input type="text"/>	[°C]
Почетна температура воде у калориметру:	$t_1 =$	<input type="text"/>	[°C]
Крајња температура воде у калориметру:	$t_2 =$	<input type="text"/>	[°C]

**Количина топлоте коју прими калориметар:**  
(за воду  $c_v = 4186 \text{ J/(kg}^\circ\text{C)}$ )

$\Delta Q =$  написати израз =  [J]

**Специфична топлота тела:**

$c =$  написати израз =  [J/(kg°C)]

Релативно одступање:  
(за олово  $c_l = 130 \text{ J/(kg}^\circ\text{C)}$ )

$\varepsilon_R =$  написати израз =  [%]

Извести израз за стандардну мерну несигурност специфичне топлоте чврстог тела ( $u_c$ ) и упоредити добијену вредност са апсолутним одступањем одређеним на основу табличне вредности специфичне топлоте олова. Стандардна МН масе воде и масе чврсте супстанце су једнаке и износе  $u_m = 5/3^{1/2} \text{ mg} = 2.86 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$ , а стандардна МН сваке од мерених температура је  $u_t = 0.05/3^{1/2} \text{ }^\circ\text{C} = 28.9 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$ . Претпоставити да су све мерене величине некорелисане.

**Коначан резултат :**  
(са статистичком сигурношћу 95%)

**А ОДРЕЂИВАЊЕ ЗАВИСНОСТИ ТАЧКЕ КЉУЧАЊА ВОДЕ ОД ПРИТИСКА**

Разлика нивоа живе $h$ [m]	Температура воде $t$ [°C]	Притисак $p = p_a - \rho gh$ [bar]	температура кључања $t_i$ [°C] (таблична вред)	Одступање температуре $t - t_i$ [°C]

Уз попуњену табелу потребно је приложити и дијаграм зависности  $p(t)$ . Напомена: ако се дијаграм црта на рачунару користити експоненцијално фитовање.

**Б ОДРЕЂИВАЊЕ ТОПЛОТЕ ИСПАРАВАЊА ВОДЕ**

Маса кондензатора:

$$m_k = \boxed{\phantom{000}} \text{ [kg]}$$

Маса празног калориметра:

$$m_p = \boxed{\phantom{000}} \text{ [kg]}$$

Маса пуног калориметра:

$$m_{pv} = \boxed{\phantom{000}} \text{ [kg]}$$

Маса воде у калориметру:

$$m = m_{pv} - m_p = \boxed{\phantom{000}} \text{ [kg]}$$

Маса мешалице:

$$m_m = \boxed{\phantom{000}} \text{ [kg]}$$

Запремина потопљеног дела термометра

$$V = \boxed{\phantom{000}} \text{ [m}^3\text{]}$$

Температура 1:

$$t_1 = \boxed{\phantom{000}} \text{ [°C]}$$

Температура 2:

$$t_2 = \boxed{\phantom{000}} \text{ [°C]}$$

Маса кондензоване течности:

$$\mu = \boxed{\phantom{000}} \text{ [kg]}$$

**Топлотни капацитет калориметра:**

$$M = \text{написати израз} = \boxed{\phantom{000}} \text{ [J/°C]}$$

**Топлота испаравања воде:**

$$q = \text{написати израз} = \boxed{\phantom{000}} \text{ [J/kg]}$$

Релативно одступање:  
(за воду  $q_t = 2257 \text{ kJ/kg}$ )

$$\varepsilon_R = \text{написати израз} = \boxed{\phantom{000}} \text{ [%]}$$

Извести израз за стандардну мерну несигурност топлоте испаравања воде ( $q$ ) и упоредити добијену вредност са апсолутним одступањем одређеним на основу табличне вредности топлоте испаравања воде. Стандардна МН свих мерених маса су једнаке и износе  $u_m = 5/3^{1/2} \text{ mg} = 2.86 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$ , а стандардна МН сваке од мерених температура је  $u_t = 0.05/3^{1/2} \text{ °C} = 28.9 \cdot 10^{-3} \text{ °C}$ . Претпоставити да су све мерење величине некорелисане.

**Коначан резултат :**