



Експериментални задатак

Одређивање густине чврстих тела и течности

Задатак 1

Једноставан метод за налажење густине тела без мерења његове масе и запремине подразумева најпре уравнотежавање равнокраке полуге (слика 1) у ваздуху на коју су обешена два тела А и В, непознатих маса m_A и m_B , са различитих страна ослоња. Након тога тело В, чију густину одређујемо, урања се у течност познате густине (воду густине $\rho = 1\text{g/cm}^3$), и поново се врши уравнотежавање полуге. **Положај тела А се не мења.** Приликом урањања у течност, тело В се не скида са полуге, већ се урања док је закачено о полуку, тако што се испод тела постави чаша испуњена водом. Приликом одређивања новог положаја равнотеже, тело мора бити уроњено у чашу са водом.

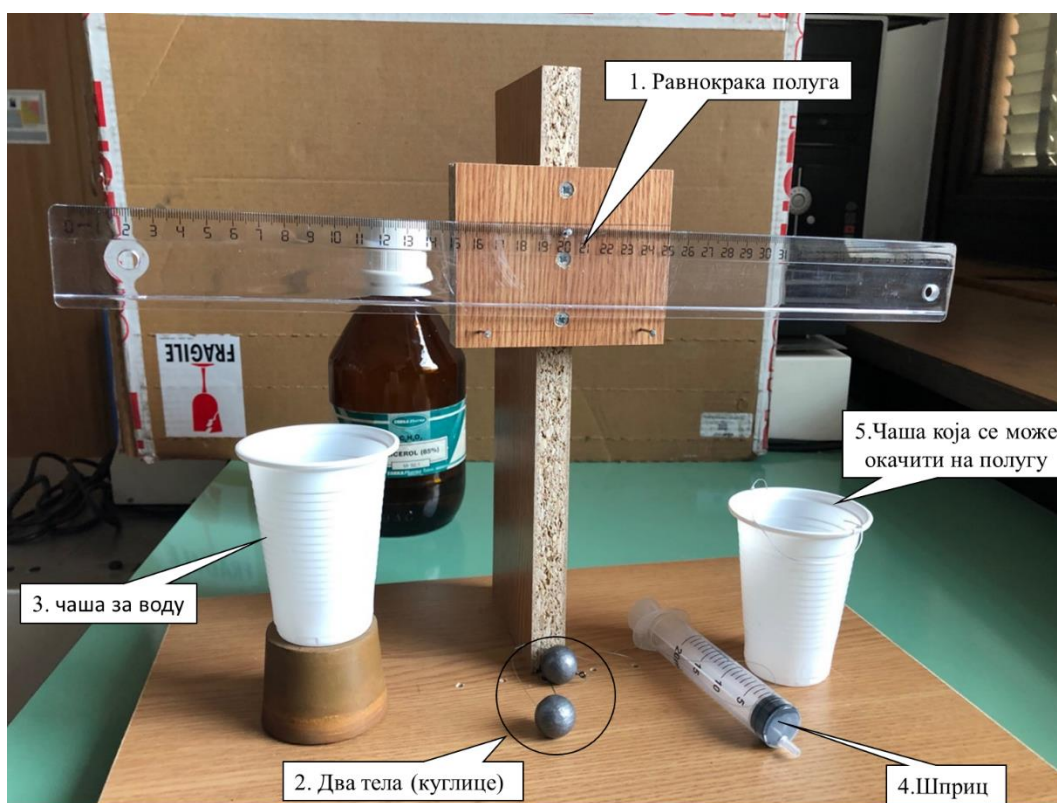
Мерни комплет:

1. равнокрака полука са подеоцима
2. два тела (куглице) непознатих маса и густина.
3. чаша са водом

Ове елементе можете видети на слици 1. Поред овог, на слици 1 су приказани и елементи:

4. шприц (на располагању ће вам бити два шприца),
5. чаша која се може окачити о полуку, која ће се користити у задатку 2.

Претпоставити да је ослонац полуге на двадесетом центиметру лењира.



Слика 1. Мерни комплет



Задатак 1а [15п].

-Скицирати шему полуге на којој су уравнотежена два тела А и В, маса m_A и m_B , са различитих страна ослоња. Скица треба да садржи јасно дефинисане ознаке и нацртане силе које делују на тела. Написати једначине равнотеже полуге. [4п]

-Скицирати шему полуге на којој су уравнотежена ова два тела од којих је једно уроњено у чашу са водом, са јасно дефинисаним ознакама и нацртаним силама које делују на тела. Написати једначине равнотеже полуге. [6п]

-Извести израз за израчунавање густине тела уроњеног у воду преко познатих (густина воде) и мерљивих величина (положај тела на лењиру). [5п]

Напомена: Уколико нисте сигурни у израз или нацртану шему, можете позвати дежурног наставника да провери. Уколико констатује да вам је израз тачан број поена за овај задатак је [10п]. Уколико не знате израз, затражите помоћ од дежурног наставника. У том случају за овај део задатка остајете без бодова.

Задатак 1б [55п].

Користећи мерни комплет, за одређено растојање тела А од ослоња полуге, уравнотежити тело В, а затим и тело В уроњено у воду. **Положај тела А се не мења.** Забележити релевантне податке. Ову процедуру поновити за 6 различитих позиција тела А и табеларно представити мерне вредности. Извршити линеаризацију изрази за одређивање густине тела В. Графичком методом **одредити густину тела В.**

Напомена: Уколико не знате линеаризовати израз, можете позвати дежурног наставника. У том случају остајете без поена предвиђених за линеаризацију.

Задатак 2 [30п].

У овом задатку је потребно **одредити густину непознате течности** користећи равнокраку полуку. За овај задатак на располагању су елементи са слике 1:

1. равнокрака полука из задатка 1,
2. тело А из задатка 1,
3. чаша са водом густине $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$,
4. два шприца за одмеравање запремине течности,
5. чаша коју можете окачити о равнокраку полуку.

Поред ових елемената на располагању су извесна течност непознате густине, и убруси за одстрањивање вишка течности.

Користећи принцип уравнотежавања равнотраке полуге и мерни комплет приложен у задатку 2 потребно је одредити густину непознате течности. За то можете користити чашу (коју можете окачити о крак полуге) чију масу **не треба** занемарити и у коју можете сипати течност познате и непознате густине.

Напомена: У чашу сипајте прво воду, а затим непознату течност, користећи дате шприцеве (по један шприц за сваку течност).

У експерименту користите по 20 ml течности. Чашу поставите на полуку тако да грешка коју правите буде што мања.

Напомена: Уколико нисте сигурни да радите како треба можете питати дежурног наставника. Уколико констатује да вам је тачно добијате 70% освојених поена. Уколико вам дежурни наставник покаже како треба урадити признаће вам се 30% освојених поена у овом делу задатка.

Задатак припремио: др Владимир Марковић, ПМФ Крагујевац

Рецензент: проф. др Маја Стојановић, ПМФ Нови Сад

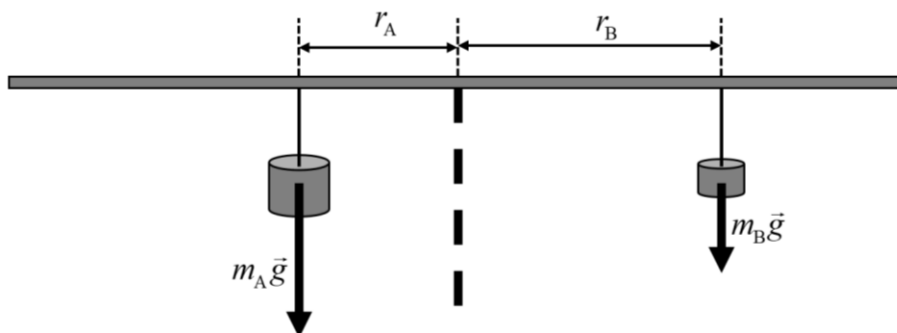
Председник Комисије за такмичење ДФС: проф. др Мићо Митровић, Физички факултет, Београд

Свим такмичарима желимо успешан рад!



РЕШЕЊЕ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОГ ЗАДАТКА

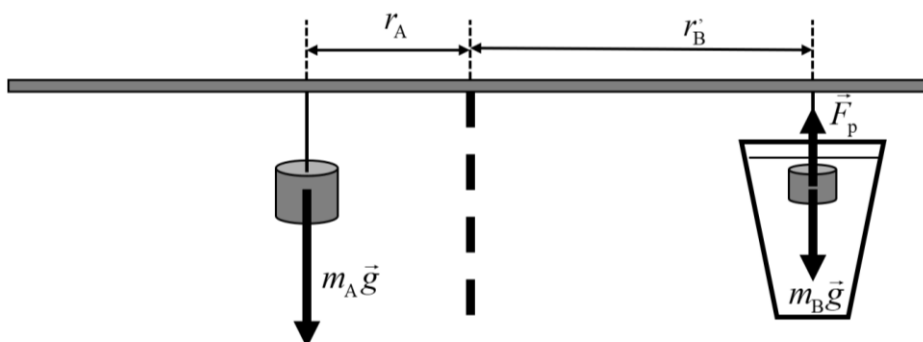
Задатак 1а [15п].



Уравнотежена полуга телима А и В [2п].

Једначина равнотеже гласи:

$$r_A m_A g = r_B m_B g \quad [2п]$$



Уравнотежена полуга телима А и В када је тело В уроњено у воду [3п].

Једначина равнотеже гласи:

$$r_A m_A g = r'_B (m_B g - F_p) \quad [2п], \text{ где је } F_p = \rho V_B g \quad [0,5п] \text{ и маса тела В се може изразити као } m_B = \rho_B V_B \quad [0,5п].$$

Израз за густину тела добијамо дељењем једначина равнотеже за ова два случаја $\rho_B = \frac{r'_B}{r'_B - r_B} \rho \quad [5п].$



Задатак 16 [55п].

Линеаризован израз на основу кога се може одредити густина тела В:

$$r'_B = \frac{\rho_B}{\rho_B - \rho} r_B \quad [3п]$$

Табела 1. Измерене вредности [30п]

	r_B [2,5п]	r'_B [2,5п]
1.	6	6.6
2.	8	8.7
3.	10	10.9
4.	12	13
5.	14	15.4
6.	16	17.6

Исправно нацртан график: 15 п.

Две изабране неексперименталне тачке су редом $A(6,9;7,5)$ [2п] и $B(15,1;16,5)$ [2п].

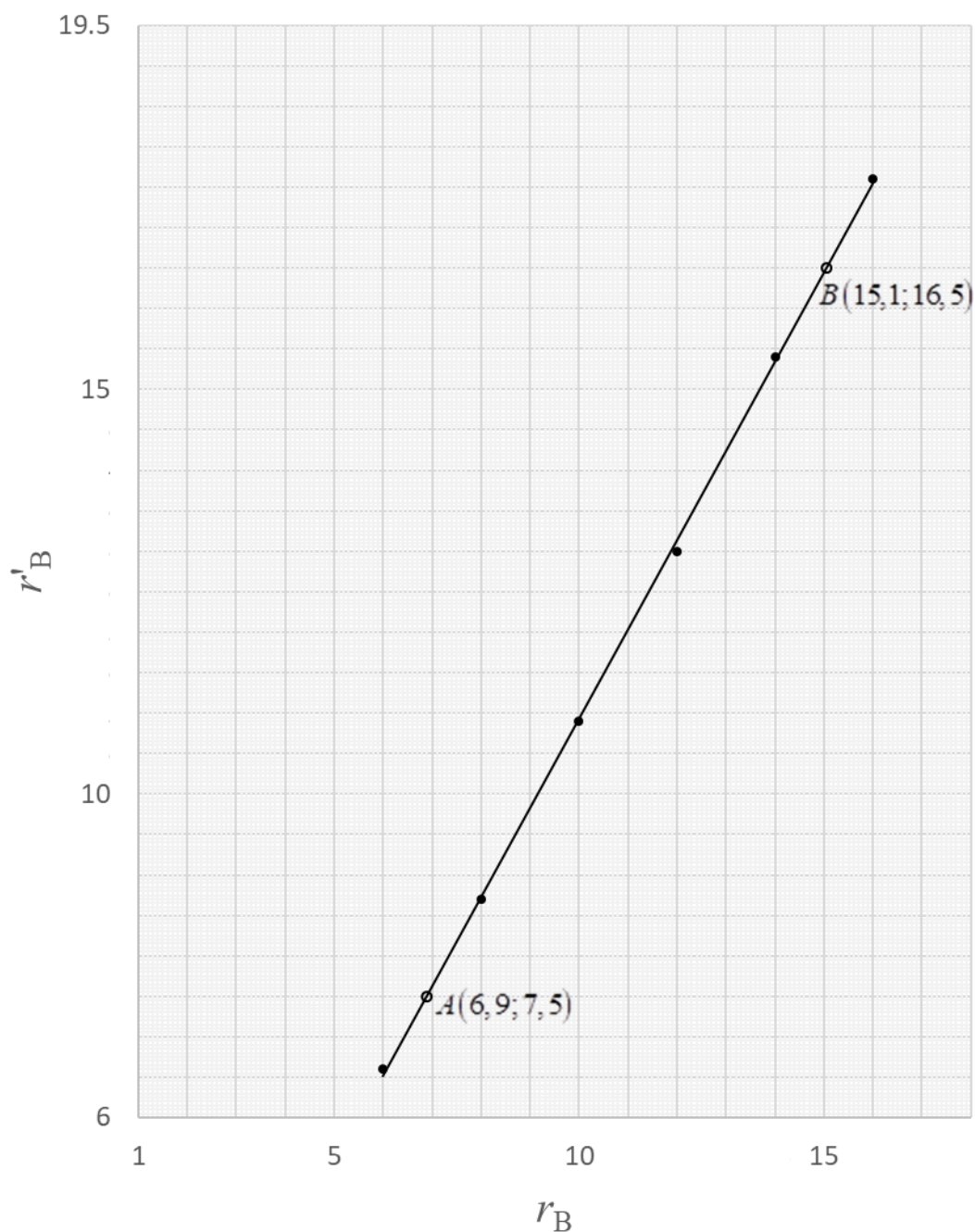
Са графика се добија коефицијент правца $k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = 1,0975$ [1п], на основу чега је

$$\rho_B = \frac{k}{k-1} \rho \approx 11,25 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad [1+1п].$$

Напомена: Куглице су од олова, чија је густина $11,3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.



График зависности равнотежног положаја тела В
уроњеног у воду од равнотежног положаја тела В





Задатак 2 [30п]

На располагању у оквиру мерног комплета су тело и чаша непознатих маса и две различите течности (једна познате и једна непознате густине). Уравнотежавањем тела и $V = 20\text{ ml}$ течности познате и непознате густине у чаши непознате масе, могу се добити једначине равнотеже из којих се може израчунати непозната густина. Како маса чаше није занемарљива, мора се уравнотежити и празна чаша, како би се добила равнотежна једначина помоћу које можемо елиминисати масу чаше. На слици су шематски приказани услови равнотеже за поменуте случајеве.

Одговарајуће једначине равнотеже су:

$$mgR_1 = m_1gr_1 \quad [2\text{п}] \quad \Rightarrow \quad m = m_1 \frac{r_1}{R_1}$$

$$mgR_2 = (m_1 + m_2)gr_2 \quad [2\text{п}] \quad \Rightarrow \quad m = (m_1 + \rho_2V) \frac{r_2}{R_2}$$

$$mgR_3 = (m_1 + m_3)gr_3 \quad [2\text{п}] \quad \Rightarrow \quad m = (m_1 + \rho_3V) \frac{r_3}{R_3}$$

Дељењем прве са другом и трећом једначином добија се

$$\begin{aligned} m_1 \frac{r_1}{R_1} &= (m_1 + \rho_2V) \frac{r_2}{R_2} \quad m_1 \left(\frac{r_1}{R_1} - \frac{r_2}{R_2} \right) = \rho_2V \frac{r_2}{R_2} \Rightarrow \frac{r_1}{R_1} - \frac{r_2}{R_2} = \frac{\rho_2}{m_1} \frac{r_2}{R_2} \\ m_1 \frac{r_1}{R_1} &= (m_1 + \rho_3V) \frac{r_3}{R_3} \quad m_1 \left(\frac{r_1}{R_1} - \frac{r_3}{R_3} \right) = \rho_3V \frac{r_3}{R_3} \Rightarrow \frac{r_1}{R_1} - \frac{r_3}{R_3} = \frac{\rho_3}{m_1} \frac{r_3}{R_3} \end{aligned}$$

Долазимо до израза из којег можемо одредити непознату густину:

$$\rho_3 = \rho_2 \frac{1 - \frac{r_1}{R_1} \frac{R_3}{r_3}}{1 - \frac{r_1}{R_1} \frac{R_2}{r_2}} \quad [5\text{п}] \quad \Rightarrow \quad \rho_3 = \rho_2 \frac{1 - \frac{R_3}{R_1} \frac{r_1}{r_3}}{1 - \frac{R_2}{R_1} \frac{r_1}{r_2}} \quad (\text{најмања грешка ће бити за } r_1 = r_2 = r_3 = 20\text{ cm})$$

Измерене вредности су (укупно 15 поена):

$$R_1 = 1,05\text{ cm} \quad [2,5\text{п}] \quad r_1 = 20\text{ cm} \quad [2,5\text{п}]$$

$$R_2 = 11,30\text{ cm} \quad [2,5\text{п}] \quad r_2 = 20\text{ cm} \quad [2,5\text{п}]$$

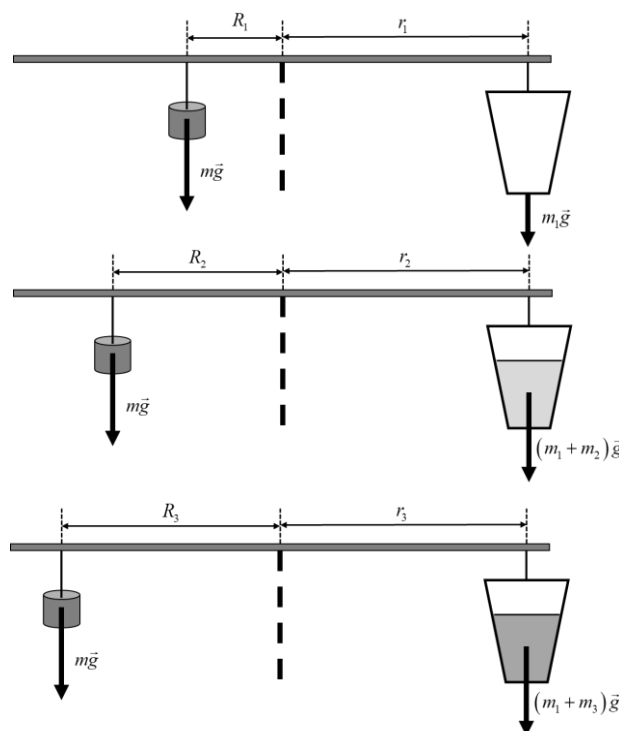
$$R_3 = 13,55\text{ cm} \quad [2,5\text{п}] \quad r_3 = 20\text{ cm} \quad [2,5\text{п}]$$

Заменом измерених вредности у израз за ρ_3 добија се:

$$\rho_3 \approx 1,22 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad [4\text{п}]$$

Напомена: Мања грешка мерења се добија када су тела која се уравнотежавају на већем растојању од ослоња полуге јер је релативна грешка директно мерених величина мања. Горе дато бодовање важи за случај када су тела на растојању већем од 19 cm од ослоња полуге. Уколико је растојање 14-19 cm за крајњи резултат носи 2 поена. Уколико је растојање мање од 15 cm крајњи резултат не доноси поене.

Напомена: Непозната течност је глицерин густине $1,26\text{ g/cm}^3$.





**СРПСКА ФИЗИЧКА ОЛИМПИЈАДА УЧЕНИКА ОСНОВНИХ ШКОЛА
ШКОЛСКА 2018/2019. ГОДИНЕ.**



Друштво физичара Србије

Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије Београд

20-21.05.2019.

Начин бодовања графика:

Негативни поени за график, између осталог за:

- Није искоришћен цео опсег -3
- Нису изабране равномерно распоређене тачке -2
- Координатне осе треба цртати по ивицама милиметарског папира -1
- Без наслова -1 (наслов није $y = f(x)$)
- Лоша размера -1 (график заузима мање од 1/4 простора папира)
- Осе нису обележене и недостају јединице -1
- Унете су мерене бројне вредности на осе -1
- Ако 1. и 2. изабрана тачка није између 1. и 2. односно претпоследње и последње експерименталне -2
(На приказаним графицима су унете све могуће мерне комбинације, због чега је дошло до нагомилавања тачака на почетку интервала и није могуће правилно прочитати неексперименталну тачку између 1. и 2. експерименталне. При одабиру 10 равномерно распоређених тачака, ова ситуација се неће догодити)
- Изабране тачке нису у мереном опсегу -2
- Лоша размера подеока -1 (1 mm на милиметарском папиру може да одговара ... 0.05; 0.1; 0.2; 0.4; 0.5; 1; 2; 4; 5; 10 ... јединица величине која се приказује)

Негативни поени за рачун, између осталог за:

- Лоша размера – за коефицијент правца 50% предвиђених бодова
- Ако нису изабране добре тачке са графика – за тражене величине 50% предвиђених бодова

Коришћење експерименталних тачака уместо тачака са графика не доноси поене, осим поена за линеаризацију.