



I и II разред

Друштво физичара Србије и Министарство просвете
науке и технолошког развоја Републике Србије
АЛФА И БЕТА - МИСАОНИ ЕКСПЕРИМЕНТ

Крагујевац
23-24. април 2021.

5. ОБРАДА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА - Динамика ротационог кретања [25 поена]

Једначина динамике ротационог кретања система са слике 1, који може ротирати око осе OO' као на слици 2 је $I\alpha = M_T - M_{tr}$ (1). У претходној једначини I је момент инерције система у односу на осу OO' , $M_T = rT$ (2) је интензитет момента силе који настаје услед деловања силе затезања безмасене и неистегљиве нити T на растојању r од осе ротације система и M_{tr} је интензитет момента силе трења у осовини система. Интензитет силе затезања T се може одредити из једначине кретања тега m окаченог о слободни крај нити $ma = mg - T$ (3), као на слици 2. Интензитет угаоног убрзања ротирајућег система је $\alpha = a/r$ (4). Интензитет убрзања a се може индиректно мерити у експерименту. У Табели 1 су дате измерене масе тега m , вредности интензитета убрзања a , као и одговарајуће припадајуће апсолутне грешке Δa и Δm .

а) На основу података из Табеле 1 одредити интензитет угаоног убрзања система α и интензитет момента силе M_T са припадајућим апсолутним грешкама, за сваку масу тега m из Табеле 1. Познато је $r = (2,64 \pm 0,01)\text{cm}$. Убрзање силе Земљине теже је константа чија је вредност $g = 9,81\text{m/s}^2$, која се узима без апсолутне грешке. [10 поена]

б) **ОБАВЕЗНО** написати израз (1) у облику $M_T = f(\alpha)$. Нацртати график зависности $M_T = f(\alpha)$ и уцртати апсолутне грешке величина чије се вредности уносе на график. [8,5 поена]

в) Графичком методом из графичке зависности $M_T = f(\alpha)$ одредити момент инерције система I и припадајућу апсолутну грешку ΔI . [6,5 поена]

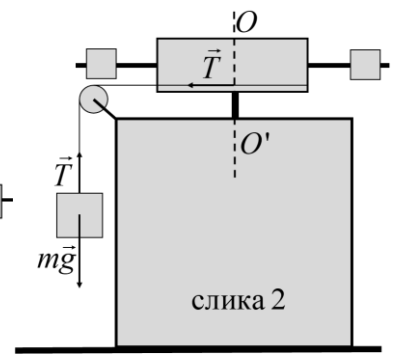
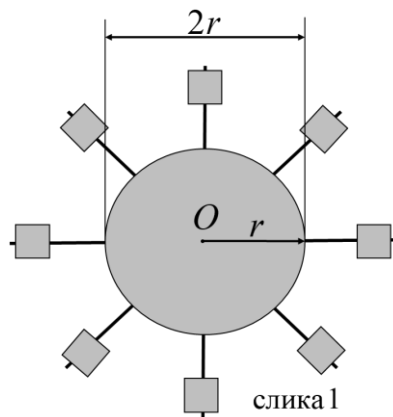
Апсолутна грешка Δy изведене физичке величине $y = f(x_1, x_2, \dots)$ се одређује на основу апсолутних грешака $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots$, физичких величина x_1, x_2, \dots од којих изведена физичка величина зависи на следећи начин:

-уколико је зависност облика $y = x_1 / x_2$, апсолутна грешка Δy се може одредити на основу израза $\frac{\Delta y}{y} = \frac{\Delta x_1}{x_1} + \frac{\Delta x_2}{x_2}$;

-уколико је зависност облика $y = x_1 \cdot x_2 \cdot (C - x_3)$, где је C константа дата без апсолутне грешке, апсолутна грешка Δy се може одредити на основу израза $\frac{\Delta y}{y} = \frac{\Delta x_1}{x_1} + \frac{\Delta x_2}{x_2} + \frac{\Delta x_3}{C - x_3}$.

Табела 1. Резултати мерења

	$m[\text{g}]$	$\Delta m[\text{g}]$	$a[\text{cm/s}^2]$	$\Delta a[\text{cm/s}^2]$
1.	120	1	1,9	0,2
2.	136	1	2,5	0,2
3.	168	1	3,7	0,4
4.	184	1	4,3	0,3
5.	200	1	5,2	0,4
6.	216	1	5,7	0,5



Решења свих задатака треба јасно образложити са јасно дефинисаним физичким законима и величинама које користите приликом решавања задатака. Нарочито дефинисати ознаке које уводите а које нису уобичајене.

Обавезно на сваком листу папира (и на милиметарском папиру) који предајете напишите своју шифру, и обавезно нумеришите сваку страну.

Задатак припремио: доц. др Владимир Марковић, ПМФ Крагујевац

Рецензенти: проф. др Иван Живић, доц. др Саша Симић и доц. др Момир Арсенијевић, ПМФ Крагујевац

Председник Комисије за такмичења ученика средњих школа: доц. др Владимир Марковић, ПМФ Крагујевац

Свим такмичарима желимо успешан рад!



I и II разред

Друштво физичара Србије и Министарство просвете,
науке и технолошког развоја Републике Србије
РЕШЕЊА-АЛФА и БЕТА МИСАОНИ ЕКСПЕРИМЕНТ

Крагујевац
23-24. април 2021.

5. а) Угаоно убрзање система је дато релацијом (4) $\alpha = a/r$, на основу које се може одредити грешка $\Delta\alpha = \alpha \left(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta r}{r} \right)$ [1п]. Момент силе M_T се може одредити на основу релација (2) и (3) као $M_T = rm(g - a)$ [0,8п], на основу чега је $\Delta M_T = M_T \left(\frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta a}{g - a} \right)$ [1п]. Израчунате вредности и припадајуће грешке су дате у Табели 2.

Табела 2. (Бодовати сваку ставку у табели по кључу у заглављу табеле, укупно [7,2п])

N_0	α [rad/s ²] [1,8п] [0,3п вредност]		$\Delta\alpha$ [rad/s ²] [1,8п] [0,3п вредност]		M_T [10 ⁻³ N·m] [1,8п] [0,3п вредност]		ΔM_T [10 ⁻³ N·m] [1,8п] [0,3п вредност]	
	1.	0,719	0,72	0,078	0,08	31,01	31,0	0,38
2.	0,946	0,95	0,079	0,08	35,13	35,1	0,39	0,4
3.	1,40	1,4	0,15	0,2	43,34	43,3	0,43	0,5
4.	1,62	1,6	0,11	0,2	47,44	47,4	0,45	0,5
5.	1,96	2,0	0,15	0,2	51,52	51,5	0,47	0,5
6.	2,159	2,2	0,19	0,2	55,61	55,6	0,49	0,5

За исправно нацртан график дати 8 поена.

Негативни поени за график, између осталог за:

- Координатне осе треба цртати по ивицама милиметарског папира [-0,2п]
- График приказан без наслова [-0,2п] (наслов није $y = f(x)$)
- Лоша размера величине графика [-0,5п] (график заузима мање од 1/4 простора папира)
- Лоша размера подеока [-0,5п] (1 mm на милиметарском папиру може да одговара ... 0,05; 0,1; 0,2; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 5; 10 ... јединица величине која се приказује)
- Осе нису обележене и недостају јединице [-1п] (за сваку осу [-0,5п])
- Унете су мерене бројне вредности на осе [-0,5п]
- Повлачене линије од оса до нанетих тачака [-0,5п]
- Ако прва изабрана тачка није између прве и друге експерименталне тачке [-0,5п]
- Ако друга изабрана тачка није између претпоследње и последње експерименталне тачке [-0,5п]
- Лоше унете, или изостављене, вредности [-1,8], [-0,3] за сваку тачку.
- Лоше унете, или изостављене, вредности грешака [-1,8п] [-0,3] за сваку тачку.

б) Тражени израз је облика $M_T = I\alpha + M_{tr}$ [0,5п]. График је дат на слици 1 [8 поена].

в) Момент инерције система једнак коефицијенту правца праве зависности M_T од α , тј. $I = k$ [0,5п]. Две изабране неексперименталне тачке су: А(0,88 rad/s²; 0,034 N·m) и В(2,05 rad/s²; 0,054 N·m) [1+1п]. Коефицијент

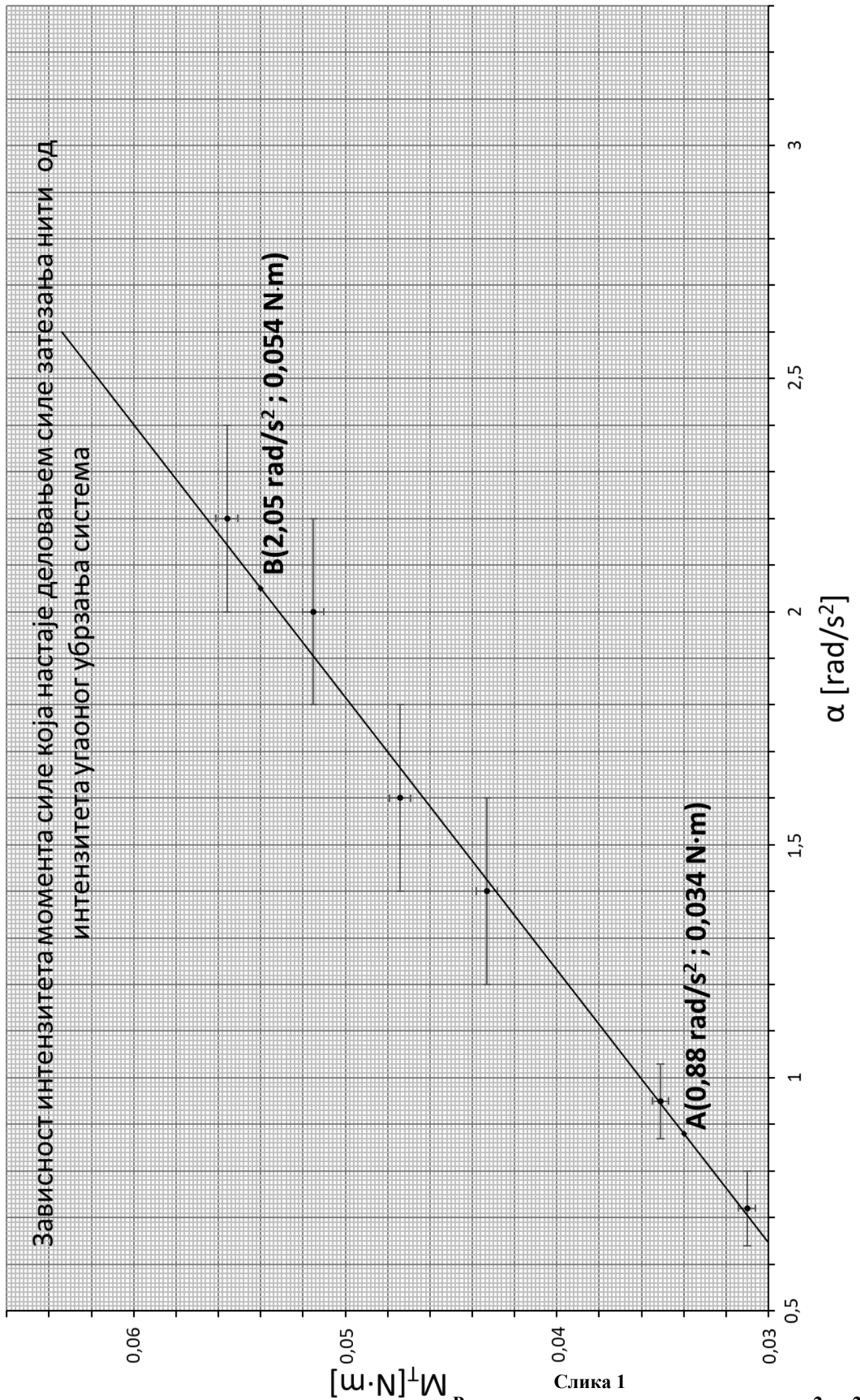
правца праве је $k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{0,054 \text{ N}\cdot\text{m} - 0,034 \text{ N}\cdot\text{m}}{2,05 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-2} - 0,88 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}} \approx 17,09 \cdot 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ [0,25+0,25п]. Грешка вредности

коефицијента праве се може изразити као

$$\Delta k = |k| \left(\frac{\Delta y_B + \Delta y_A}{|y_B - y_A|} + \frac{\Delta x_B + \Delta x_A}{|x_B - x_A|} \right) = \left(\frac{0,054 \text{ N}\cdot\text{m} - 0,034 \text{ N}\cdot\text{m}}{2,05 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-2} - 0,88 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}} \right) \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 10^{-3} + 0,4 \cdot 10^{-3}}{0,054 - 0,034} + \frac{0,2 + 0,08}{2,05 - 0,88} \right) \approx 4,86 \cdot 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}^2, \quad [0,25+0,25п]$$

где су $\Delta x_A, \Delta x_B, \Delta y_A$ и Δy_B апсолутне грешке одређивања координата x_A, x_B, y_A и y_B са графика. Свака од ових грешака $\Delta x_A, \Delta x_B, \Delta y_A$ и Δy_B је једнака већој од одговарајућих апсолутних грешака суседних тачака. Ни једна од ових грешака не може бити мања од тачности читавања координата са графика односно, најмањег подеока на милиметарском папиру, тако да је $\Delta x_A = 0,08 \text{ rad/s}^2$ [0,25п]; $\Delta x_B = 0,2 \text{ rad/s}^2$ [0,25п]; $\Delta y_A = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}$ [0,25п] и $\Delta y_B = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}$ [0,25п], на основу чега је:

$$I = k = (1,7 \pm 0,5) \cdot 10^{-2} \text{ kg}\cdot\text{m}^2 \quad [2п].$$



Слика 1