

# МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Национално пролетно състезание по физика, София, 6-8 март 2026 г.

## Тема за пета състезателна група (11. клас)

### Задача 1. Механична предавка

а) От еднородно парче метал е изработена макара с маса  $m_0$ , която се състои от два цилиндъра с еднаква височина  $h$  и с радиус на основата  $R$  и  $2R$  съответно, както е показано на фиг. 1 (а). Върху повърхностите на двата цилиндъра са изрязани плитки улеи, около които може да се навиват нишки, а по оста на цилиндрите е пробит тесен отвор, през който може да минава ос, около която макаратата да се върти. Дълбочината на улеите и диаметърът на отвора са толкова малки, че може да бъдат пренебрегнати спрямо останалите размери.

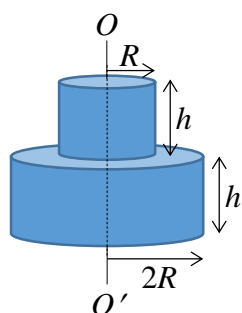
Получете израз за инерционния момент  $I$  на макаратата спрямо общата ос  $OO'$  на симетрия на цилиндрите. (2.5 т)

*Упътване.* Известно е, че инерционният момент на еднороден цилиндър с маса  $m$  и радиус  $a$  спрямо оста му на симетрия е  $1/2 ma^2$ .

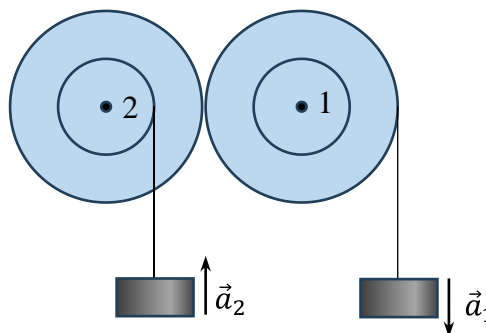
б) Две еднакви макари, като описаната в предишната точка, са монтирани на успоредни хоризонтални оси, около които може да се въртят без триене, както е показано на фиг. 1 (б). Макарите са допрени в широките си части така, че да не се приплъзват една спрямо друга. В улеите около широката част на макаратата 1 и около тясната част на макаратата 2 са навити нишки, на които са окачени теглилки с еднаква маса  $m$ . Намерете ускоренията  $a_1$  и  $a_2$ , с които се движат теглилките. (5.0 т)

в) Да предположим, че поради недобър контакт между макарите, те започват да приплъзват една спрямо друга, при което теглилката 1 се спуска надолу, а теглилката 2 – виси неподвижно. Намерете ускорението  $a_1$  на първата теглилка в този случай. (2.5 т)

*Упътване.* В подточките б) и в) не е нужно да замествате инерционния момент на макарите с изказа, получен в точка а). Достатъчно е да получите изрази за  $a_1$  и  $a_2$ , в които  $I$  участва като параметър.



Фиг. 1 (а)



Фиг. 1 (б)

### Задача 2. Планетарен кондензатор

Йоносферата е слой силно йонизиран въздух в най-горните слоеве на атмосферата, който се образува при поглъщане на ултравиолетово лъчение и високоенергетични заредени частици от молекулите на азота и кислорода. Отделените при йонизирането

свободни електрони се захващат от прах и водни капки и падат върху земната повърхност. Затова като цяло йоносферата носи некомпенсиран положителен заряд  $+Q$ , а Земята – съответно некомпенсиран отрицателен заряд  $-Q$ . В тази задача може да разглеждате Земята като проводящо кълбо с радиус  $R = 6400 \text{ km}$ , а йоносферата – като тънък сферичен слой на височина  $H = 200 \text{ km}$  над земната повърхност.

а) Експериментално е установено, че непосредствено над земната повърхност има статично електрично поле с интензитет  $E = 200 \text{ V/m}$ .

- Каква е посоката на интензитета на земното електрично поле? Обосновайте отговора си. **(1.0 т)**
- Колко е зарядът  $Q$  на йоносферата? **(2.0 т)**

б) Земята и йоносферата може да се разглеждат като плочи на огромен „планетарен“ кондензатор. Колко е неговият капацитет  $C$ ? **(4.0 т)**

в) Колко е електричната потенциална енергия  $W$  на планетарния кондензатор? **(1.0 т)**

г) Известно е, че средното годишно потребление на електроенергия от целия свят е около  $30\,000 \text{ TWh}$ . Ако предположим, че бъде измислен начин съхранената в планетарния кондензатор енергия да се използва изцяло в бита, приблизително за колко време би позволила захранване с електричество на Земята? Представете отговора с тази единица, която е най-близка по порядък до търсеното време. **(2.0 т)**

*Полезни константи:*

Кулонова константа,  $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ ;

Електрична проницаемост на вакуума,  $\epsilon_0 = 1/(4\pi k) = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ .

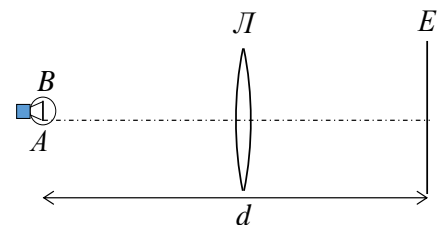
### Задача 3. Оптичен експеримент

В двата края на оптична релса с дължина  $d = 100 \text{ cm}$  са поставени съответно лампа с нажежаема жичка и екран  $E$  (фиг. 3). Между тях по релсата може да се хлъзга тънка събирателна леща  $L$ , монтирана на стойка. Жичката  $AB$  на лампата е вертикална и е перпендикулярна на оптичната ос на лещата. Първоначално лещата е допряна до балона на лампата и започва бавно да се отдалечава от нея, докато стигне до екрана. При това върху екрана на два пъти се получава образ на жичката – светла вертикална линия, първия път с височина  $h_1 = 16 \text{ mm}$ , а втория – с височина  $h_2 = 4 \text{ mm}$ .

а) Колко е дължината  $\ell$  на жичката на лампата? Подкрепете решението с подходящи чертежи. **(5.0 т)**

б) Колко е фокусното разстояние  $f$  на лещата? **(2.5 т)**

в) Колко е минималното разстояние  $d_{\min}$  между лампата и екрана, при което може да се използва този експериментален метод за определяне на фокусното разстояние на лещата? **(2.5 т)**



Фиг. 3