

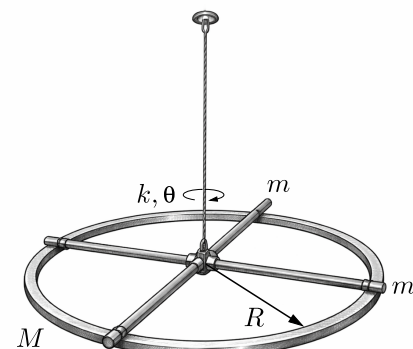


III разред

Друштво физичара Србије и
Министарство просвете Републике Србије
ЗАДАЦИ – БЕТА КАТЕГОРИЈА*

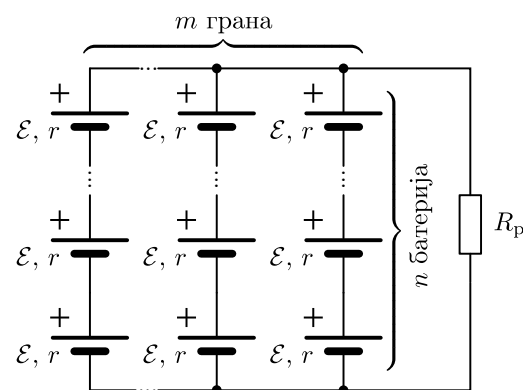
ОКРУЖНИ НИВО
14. март 2026.

1. Танак хомогени прстен полуречника $R = 10 \text{ cm}$ и укупне масе $M = 15 \text{ g}$, ојачан је са два међусобно управна, попречна танка дрвена хомогена штапа сваки масе $m = 2 \text{ g}$, који су спојени у центру прстена. Спојна тачка штапова обешена је лаком неистегљивом нити о фиксирану тачку ослона, као што је приказано на слици. Приликом увијања нити на једном њеном крају, док други крај остаје фиксиран (односно, услед торзије), јавља се реституциони момент силе који тежи да нит врати у почетни положај, чији интензитет је пропорционалан углу заокрета θ , при чему коефицијент те пропорционалности износи $k = 6,5 \text{ mNm/rad}$.

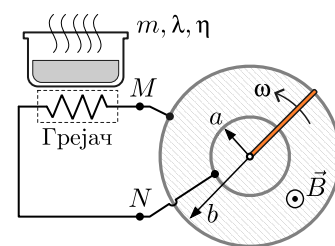


- Наћи *израз* за момент инерције система прстена и штапова I око вертикалне осе симетрије у зависности од R , m и M . (8 поена)
- Ако се прстен закрене за мали угао θ око своје осе, започињу мале торзионе осцилације. Наћи *израз* за период тих осцилација T у функцији од I и k . Занемарити сва трења и отпор ваздуха у систему. (8 поена)
- Израчунати бројне вредности момента инерције I и периода малих осцилација T . (4 поена)

2. Располаже се са N идентичних реалних напонских батерија, свака електромоторне силе \mathcal{E} и унутрашње електричне отпорности r . Паковање батерија се формира дељењем дате количине на m једнаких група од по n батерија, тако да су све батерије искоришћене ($N = m \times n$). Свака од издвојених група од по n батерија се везује редно, па се такве редно везане групе везују у m паралелних грана као што је приказано на слици. Прикључци оваквог паковања батерија повезују се на отпорни потрошач електричне отпорности R_p . Одредити израз за јачину електричне струје I_p која се успоставља на потрошачу у зависности од датих величина. За случај: $N = 48$, $\mathcal{E} = 1,5 \text{ V}$, $r = 300 \text{ m}\Omega$, и $R_p = 1,2 \Omega$, одредити параметре n и m тако да се на потрошачу ослобађа максимална могућа снага и наћи бројну вредност те снаге. (20 поена)



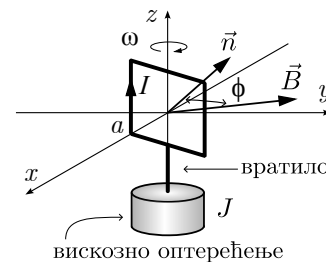
3. На слици је приказан систем који чине суд напуњен течношћу укупне масе m и латентне топлоте испаравања λ . Суд је постављен на отпорни грејач прикључен на извор електромоторне силе. Извор електромоторне силе представља пар добро проводних концентричних прстенова, полупречника a и b ($a < b$), по којима може без трења да клизи добро проводна шипка непрекидно одржавајући контакт са прстеновима. У области прстенова постоји хомогено, непроменљиво спољашње магнетно поље индукције чији је интензитет B , усмерено нормално на раван прстенова као на слици. Момент страних сила делује на шипку, услед чега она ротира сталном угаоном брзином ω око центра прстенова у приказаном смеру. Познато је да удео η електричне енергије која се троши у грејачу одлази на испаравање течности. У почетном тренутку течност се налази на температури кључања, а за време Δt испари целокупна количина течности.



- Одредити израз за индуковану електромоторну силу која се ствара у генератору, $|\mathcal{E}_{\text{ind}}|$, као и поларитет те индуковане електромоторне силе у односу на референтне тачке M и N означене на слици. (10 поена)
- Одредити израз за интензитет момента страних сила, M , којим се угаона брзина шипке одржава константном у магнетном пољу. (10 поена)

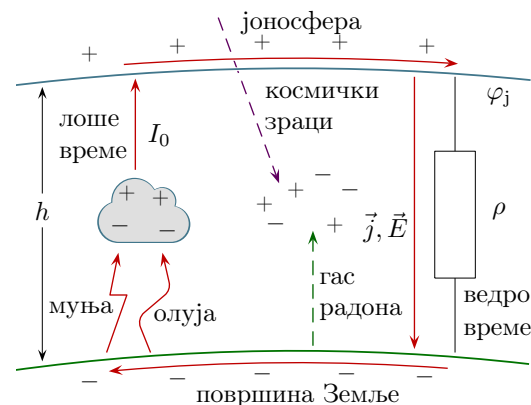


4. На слици је приказан принципски модел синхроног електричног мотора којег представља проводни рам квадратног облика дужине странице $a = 5 \text{ cm}$, постављен у хомогено ротирајуће магнетно поље константне индукције интензитета $|\vec{B}| = 1 \text{ T}$, управно на z -осу. Поље ротира константном угаоном брзином $\omega = 40 \text{ rad/s}$ око z -осе. У раму је успостављена стална једносмерна електрична струја јачине $I = 4 \text{ A}$, према референтном смеру са слике. Рам је крутом везом, вратилом, повезан за вискозно оптерећење чији је интензитет отпорног момента силе сразмеран његовој угаоној брзини, а коефицијент те сразмерности износи J . Успостављено је устаљено стање у којем рам ротира око z -осе константном угаоном брзином. У том устаљеном стању, угао који заклапају тренутни вектор магнетне индукције \vec{B} и тренутна нормала на површ рама \vec{n} је константан и износи $\phi = 30^\circ$.



- (а) Израчунати механичку снагу P коју рам преноси на вратило. (14 поена)
(б) Израчунати коефицијент вискозног отпора оптерећења J прикључен на вратило мотора. (6 поена)

5. За нашу атмосферу је установљено да се понаша као циновско електрично коло са сталним током електричне струје која се успоставља чак и у пределима ведрог времена на планети. У једној грубој апроксимацији, Земљина атмосфера се може представити као плочаста кондензатор: две равне паралелне електроде идентичних површина ($S = 4\pi R^2$), размакнуте на ефективну висину $h = 2,5 \text{ km}$, где горњу электроду чини електропроводна јоносфера, а доњу површина Земље. Видети слику. Иако слабо, атмосфера ипак проводи електричну струју чак и у условима лепог времена, јер се јонизује деловањем космичких зрака, радиоактивног гаса радона и др. Њена просечна специфична електрична отпорност износи око $\rho = 50 \text{ G}\Omega \cdot \text{km}$, која је по датом моделу просторно прилично уједначена. У сасвим другим крајевима планете, у условима временских непогода, олује са грмљавином (око $N = 1500$ стално активних у било ком тренутку широм планете) непрестано генеришу и одржавају сталну разлику потенцијала $\varphi_j = 300 \text{ kV}$ између јоносфере и Земље. Тиме се у регионима ведрог времена формира стационарно, приближно хомогено електрично поље јачине E . Чак и док решавате овај задатак, у вашој непосредној околини, стална невидљива електрична струја површинске густине j протиче кроз ваздух изнад ваших глава, одозго надоле. Истовремено, хиљадама километара даље, негде на екваторијалном појасу у срцу неке бурне олује, позитивна наелектрисања при врху олујних облака се крећу навише ка јоносфери, док она негативна при дну олујних облака се крећу надоле ка Земљиној површини преко муња и падавина. Олује су снажни, али просторно ограничени напонски генератори, којима припада мален удео укупне запремине атмосфере. Доминантни део атмосфере се налази у режиму ведрог времена који обезбеђује стационарно затварање циновског електричног кола кроз постепено пражњење услед равномерно расподељене електричне проводности атмосфере. Мерења са авиона који лете изнад олуја су показала да свака од тих локалних грмљавина појединачно производи електричну струју позитивних наелектрисања јачине I_0 , у смеру навише ка јоносфери. Наћи бројне вредности за E , j и I_0 . Полупречник Земље износи $R = 6400 \text{ km}$.



* У бета категорији такмиче се ученици који похађају одељења која раде по програмима свих врста гимназија осим специјализованих гимназија за области математика и физика.

Решења свих задатака јасно образложити, навести све физичке законе и дефинисати све ознаке које се користе.

Израда задатака траје 210 минута.

Свим такмичарима желимо успешан рад!