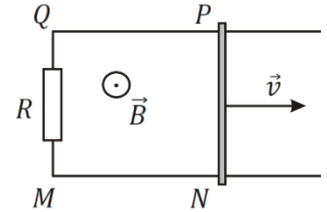


1) Паралелне металне шине MN и QR налазе се у хоризонталној равни на међусобном растојању $l = 80\text{cm}$. Шине су на једном крају спојене отпорником електричне отпорности $R = 1,2\Omega$. Попречно на шине постављена је метална шипка NP масе $m = 0,6\text{kg}$, која се креће константном брзином $v = 2,66\text{m/s}$. Цела контура се налази у вертикалном, хомогеном магнетном пољу индукције $B = 0,5\text{T}$, оријентисаном као на слици. Коефицијент трења између шипке и шина је $\mu = 0,05$. Одредити:



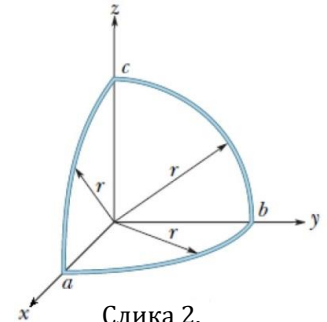
Слика 1.

- смер индуковане струје применом Ленцовог правила;
- силу потребну да шипка одржава кретање константном брзином: затим упоредити рад који врши сила у секунди са количином топлоте која се у секунди развија у колу;
- одредити убрзање шипке уколико се отпорник замени кондензатором капацитета $C = 1\mu\text{F}$. Да ли се у том случају у колу може индуковати струја уколико се шипка креће константном брзином?

(Млади физичар 114, Н. Чалуковић, "Ф3" 207, Н. Каделбург, К. Панић "Физика 3" 32 – комбинација задатака)

2) Непокретна жичана контура састоји се од три лука који су делови кружница једнаких полупречника $r = 1\text{dm}$. Укупна отпорност контуре, постављене као на слици 2, износи $R = 10\Omega$. Сваки део контуре лежи у једној од координатних равни, тако да део ab лежи у xOy равни, bc лежи у yOz равни и део ca лежи у zOx равни. У тренутку $t = 0$ укључено је хомогено магнетно поље чија је зависност од времена $B(t) = 10 + 30t + 50t^2$, где је B у јединици $[\text{mT}]$ а t у $[\text{s}]$. Правац магнетног поља је у правцу x -осе, а смер у позитивном смеру x -осе. Одредити јачину струје у контури у тренутку $t_1 = 2\text{s}$.

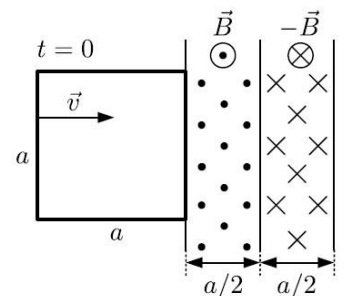
(Окружно такмичење 2015. 3. разред)



Слика 2.

3) Крећући се у хоризонталној равни, провони квадратни рам странице $a = 1\text{m}$ и отпора $R = 100\Omega$ улази у тренутку $t = 0$ у вертикално хомогено магнетно поље индукције $B = 1\text{T}$ у области дужине $a/2$ (слика 3). Након тога рам пролази кроз област исте дужине у којој магнетно поље, исте индукције, има супротан смер. Рам се сво време креће константном брзином $v = 2\text{m/s}$. Нацртајте график зависности магнетног флукса у функцији пута који је рам прешао, као и временску зависност јачине струје индуковане у раму.

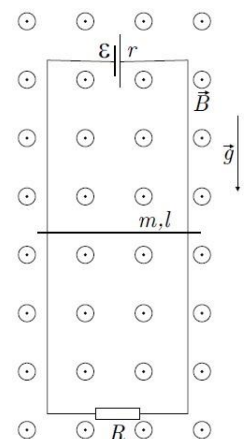
(Општинско такмичење 2012. 3. разред)



Слика 3.

4) По двама вертикалним проводним шинама, повезаним у дну отпорником R , а на врху батеријом електромоторне силе ε и унутрашњег отпора r клизи без трења проводник дужине l и масе m (слика 4). Систем се налази у хомогеном магнетном пољу индукције B , које је нормално на раван цртежа и усмерено као на слици. Нађите успостављену брзину проводника v у константном гравитационом пољу. Отпор шипке и проводника можете занемарити.

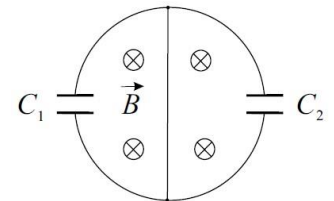
(Савезно такмичење 2001, 3. разред, Општа група)



Слика 4.



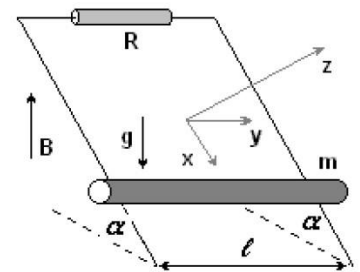
5) Штап од проводног материјала лежи дуж пречника проводног прстена полупречника R као што је приказано на слици 5. На леву и десну половину прстена прикључени су кондензатори капацитета $C_1 > C_2$, који су у почетку били празни. Раван прстена је нормална у односу на линије хомогеног магнетног поља, чији се интезитет мења по закону $B = kt$, $k = const$. У произвољном тренутку штап је уклоњен а временска промена магнетног поља прекинута. Одредити равнотежне количине наелектрисања на облогама оба кондензатора.



Слика 5.

(Млади физичар 64, 1997/2998. Општинско такмичење 3. разред 2013/2014.)

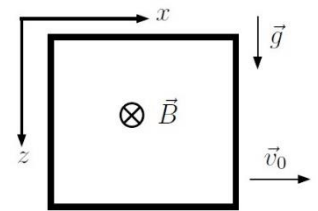
6) Хомогени цилиндрични проводник масе m , специфичне отпорности ρ и полупречника основе r , котрља се без клизања низ две паралелне шине које заклапају угао α . Растојање између шина је l . На врху шине су повезане отпорником отпорности R . Цео систем се налази у константном и хомогеном магнетном пољу, усмереном вертикално навише (слика 6). Одредити убрзање проводника као и стационарну брзину ако је отпор шина занемарљив.



Слика 6.

(Савезно такмичење 2000. 3. разред, Републичко такмичење 2006. 4. разред)

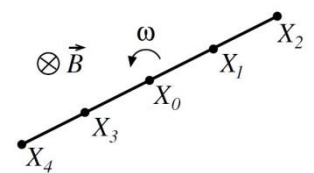
7) Проводни квадратни рам, странице l , масе m и отпора R креће се у магнетном пољу и пољу Земљине теже као на слици 7. Индукција магнетног поља мења се дуж z -осе по закону $B(z) = B_0 + kz$, $B_0, k = const$. Ако се раму саопшти почетна брзина дуж x -осе, после неког времена он ће се кретати константном брзином v . Колика је почетна брзина рама?



Слика 7.

(Окружно 2004. 3. разред, Општинско 2006. 3. разред, Окружно 2014. 3. разред)

8) а) Проводна шипка дужине L ротира око своје средине у равни нормалној на магнетно поље. Обележимо тачку у средини шипке са X_0 , крајеве шипке са X_2 и X_4 , тачку на средини између X_0 и X_2 са X_1 , и тачку на средини између X_0 и X_4 са X_3 , као на слици 8. Ако дефинишемо електрични потенцијал тачке X_0 као $V_0 = 0$, наћи електричне потенцијале V_1, V_2, V_3, V_4 тачака X_1, X_2, X_3, X_4 .

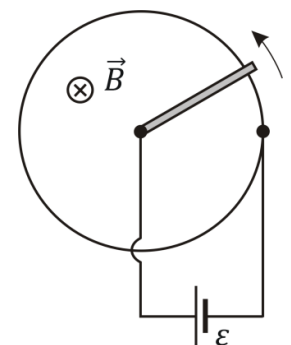


Слика 8.

б) Сијалица малог отпора спојена је крутим проводником између тачака X_0, X_2 . Да ли ће сијалица светлети? Објасните.

(Општинско такмичење, 3. разред, 2017/2018.)

9) По танком проводном прстену полупречника l и отпора R ротира проводни штап масе m и отпора R_0 . Раван прстена је вертикална. Центар и једна тачка прстена повезани су са извором ЕМС. Прстен се налази у хомогеном магнетном пољу индукције B чије су линије нормалне на раван прстена (слика 9). Како треба да се мења са временом ЕМС извора да би штап ротирао константном угаоном брзином ω ? Како се при том мења јачина струје у времену?

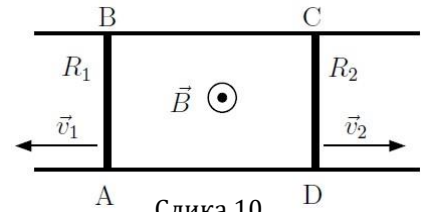


Слика 9.

(Н. Чалуковић, "ФЗ" 211.)

Још пар задатака за самостални рад...

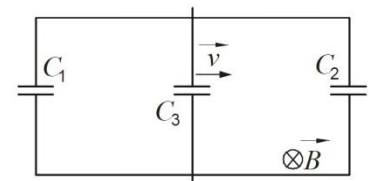
10) Две металне шипке отпора R_1 и R_2 клизе у супротним смеровима брзинама v_1 и v_2 по паралелним металним занемарљивог отпора (слика 10). Растојање између шина је d . Овај систем се налази у временски константном и просторно хомогеном магнетном пољу индукције B , чије су линије нормалне на равну у којој леже шине. Одредити јачину и смер струје у колу ABCD. Одредити разлике потенцијала U_{AB} и U_{CD} . Да ли важи $U_{AB} = -U_{CD}$? (Општинско такмичење, 3. разред, 2003/2004.)



Слика 10.

11) Између две паралелне шине прикључени су кондензатори C_1 и C_2 као на слици 11. Проводна шипка дужине L са кондензатором C_3 клизи удесно по шинама константном брзином v . Систем се налази у хомогеном магнетном пољу индукције B нормалном на равну контуре. Наћи количину наелектрисања на облогама кондензатора C_3 .

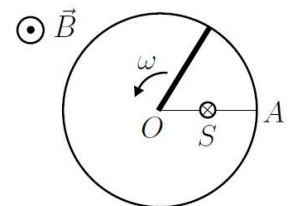
(Окружно такмичење 2011. 3. разред, Републичко такмичење 2008. 3. разред)



Слика 11.

12) Проводна шипка дужине r ротира константном угаоном брзином ω око осовине за коју је причвршћена једним својим крајем (слика 12). Други крај шипке додирује проводни рам облика кружнице полупречника r чија је отпорност по јединици дужине λ . Систем се налази у хомогеном магнетном пољу индукције B нормалном на равну рама. Сијалица S отпорности R везана је у коло овог једноставног генератора између центра ротације O и тачке A на раму коју шипка додирује у тренутку $t = 0$. Нађите временску зависност снаге сијалице $P(t)$ у току прве ротације шипке. Отпор шипке је занемарљив, а сијалица је мало издигнута изнад равни рама тако да шипка при ротацији не удара у њу.

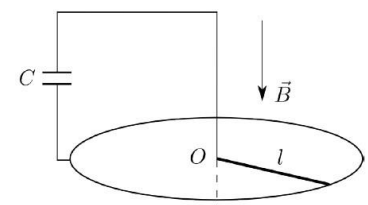
(Савезно такмичење 2004. 3. разред)



Слика 12.

13) Проводни рам дужине $l = 0,2\text{m}$ ротира угаоном брзином $\omega = 10\text{Hz}$ у хоризонталној равни око вертикалне осе која пролази кроз крај штапа O (слика 13). Други крај штапа клизи по проводном хоризонталном прстену чији се центар налази на оси ротације. Прстен је спојен са крајем штапа O кондензатором капацитета $C = 10\mu\text{F}$. Систем се налази у хомогеном, вертикалном магнетном пољу индукције $B = 0,5\text{T}$, смера као на слици. Одредити ЕМС индуковану у штапу и количину наелектрисања на облогама кондензатора.

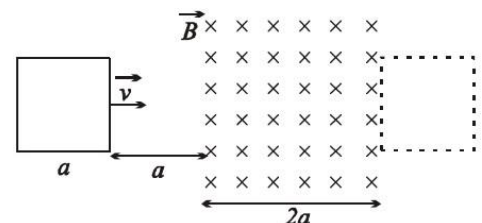
(Општинско такмичење 2013. 3. разред)



Слика 13.

14) Квадратни рам странице a налази се у почетном тренутку на растојању a од простора ширине $2a$ у коме влада хомогено магнетно поље индукције B чије су линије нормалне на равну рама (слика 14). Чеона страница рама је нормална на линије индукције и паралелна простору са пољем. Крећући се константном брзином v , која је нормална на чеону страницу рама и линије индукције, рам улази у магнетно поље. Нацртати график зависности индуковане ЕМС од почетног тренутка до тренутка када рам буде на удаљености a од поља.

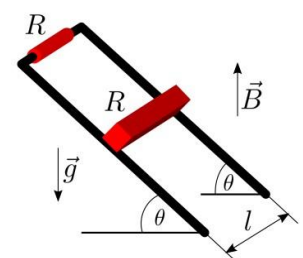
(Општинско такмичење 2005. 3. разред)



Слика 14.

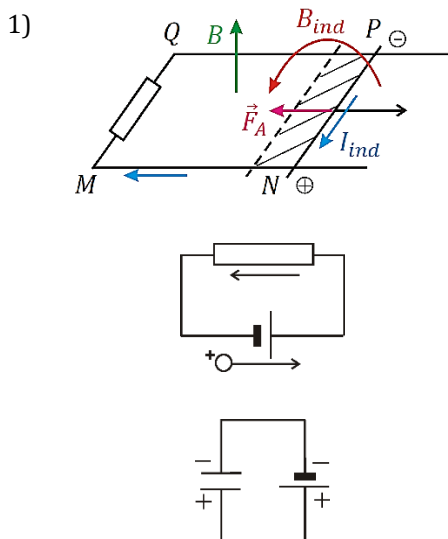
15) Штап масе m , отпора R и дужине l клизи низ две паралелне проводне шине које су нагнуте под углом θ у односу на хоризонталу и спојене при врху шипком отпора R , као на слици 15. Систем се налази у хомогеном, вертикалном магнетном пољу индукције B , усмереном навише. Штап је пуштен из стања мировања да се слободно креће. После неког времена, брзина штапа ће постати константна. Одредити ову брзину, као и јачину струје која ће протицати кроз штап. Занемарити трење у систему.

(Окружно такмичење 2016. 3. разред)



Слика 15.

РЕШЕЊА



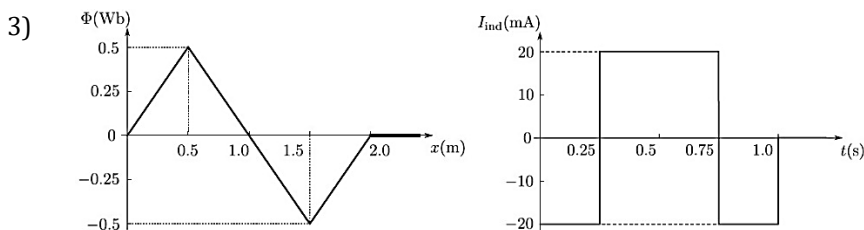
а) По Ленцовом правилу, смер индукване струје је такав да се она (сопственим магнетним пољем) супротставља промени флукса услед којег се индукује. Приликом кретања шипке на десно површина контуре MNPQ се повећава, услед чега флукс спољашњег (зеленог ☺) поља расте. Дакле, магнетно поље индукване струје (црвено), унутар контуре, мора бити супротног смера од спољашњег. Технички смер индукване струје (смер позитивних носилаца) се тада може одредити применом правила десне руке за правoliniјски проводник. При том треба разликовати проток струје кроз извор (индукване) ЕМС и кроз спољашњи део кола! Поларитет индукване ЕМС се може одредити и анализом деловања Лоренцових сила на електроне у проводнику NP.

б) На шипку поред силе трења делује и Амперова сила супротно од смера кретања. Смер Амперове силе, одређен правилом леве руке, последица је смера индукване струје, односно Ленцовог правила. Ситуација супротна од описане нарушавала би Закон одржања енергије!

$$F = \mu mg + \frac{l^2 B^2 v}{R} = 0,65\text{N}, \quad Fv = 1,7\text{W}, \quad P_Q = 0,94\text{W}$$

с) $a = (F - \mu mg) / (m + l^2 B^2 C) = 0,6\text{m/s}$. Уколико шипка нема убрзање, индуквана ЕМС биће константна у времену, услед чега се кондензатор врло брзо напуни до истог, константног напона. Дакле, струја не може да протиче кроз коло зато што се при том не би мењало наелектрисање на облогама кондензатора у времену: $I = \Delta q / \Delta t$, $q = C \varepsilon_{ind} = \text{const}$.

$$2) \quad I = \frac{|\varepsilon_{ind}|}{R} = \frac{1}{R} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Big|_{\Delta t \rightarrow 0} = \frac{1}{R} \frac{1}{4} r^2 \pi \frac{B(t + \Delta t) - B(t)}{\Delta t} = \frac{r^2 \pi}{4R} (30 + 100t), \quad I(2\text{s}) = 0,18\text{mA}$$



4) Када се успостави константна брзина Амперова сила се изједначи са гравитационом. Еквивалентно разгранато струјно коло садржи два чвора и две подконтуре. На основу Кирхових правила добија се:

$$v = \frac{mgr - \mathcal{E}Bl}{B^2 l^2 \left(1 + \frac{r}{R}\right)}$$

$$5) \quad q_1 = \frac{kR^2 \pi C_1 - C_2}{2 C_1 + C_2} C_1, \quad q_2 = \frac{kR^2 \pi C_1 - C_2}{2 C_1 + C_2} C_2$$

6)	
7)	
8)	
9)	
10)	
11)	
12)	
13)	
14)	