

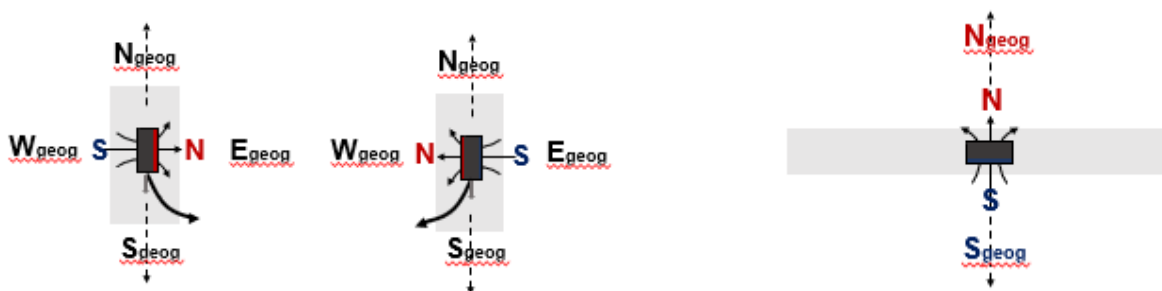
Državno natjecanje iz fizike
Poreč, 10.-13. travnja 2019.

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA

3. skupina

1. dio

Ako nasumično usmjerimo kosinu opazit će se zakretanje magneta sa pravocrtne staze, ulijevo ili udesno, u ovisnosti o tome kako su usmjereni njegovi magnetski polovi u odnosu na geografske polove (Zemljine magnetske polove):



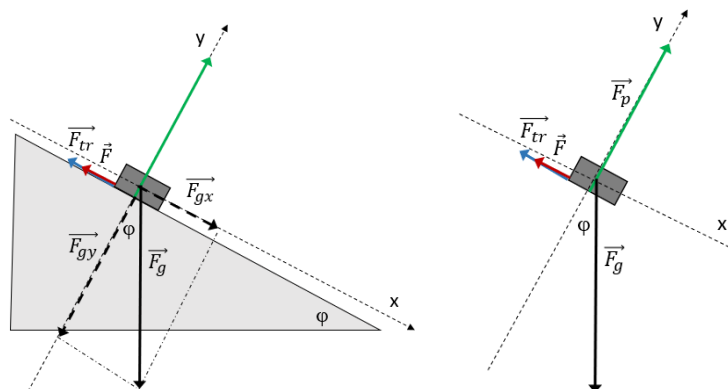
Da bi što je više moguće smanjili na najmanju moguću mjeru značajan zakretni moment na disk zbog utjecaja Zemljinog magnetskog polja, usmjerenje magneta mora biti takvo da se poklapa sa geografskim polovima.

3 boda

2. dio

1. *Napišite jednadžbu gibanja magneta niz kosinu i odredite kojim se silama djeluje na magnet. Nacrtajte dijagram sila.*

$$m\vec{a} = \vec{F}_g + \vec{F}_{tr} + \vec{F} + \vec{F}_p$$



Djelovanja na magnet koji klizi niz kosinu:

F_g - sila teže, F_{tr} - sila trenja, F - sila otpora (gušenja), F_p – reakcija podloge

Jednadžba gibanja: $ma = mg\sin\varphi - \mu mg\cos\varphi - bv$

3 boda

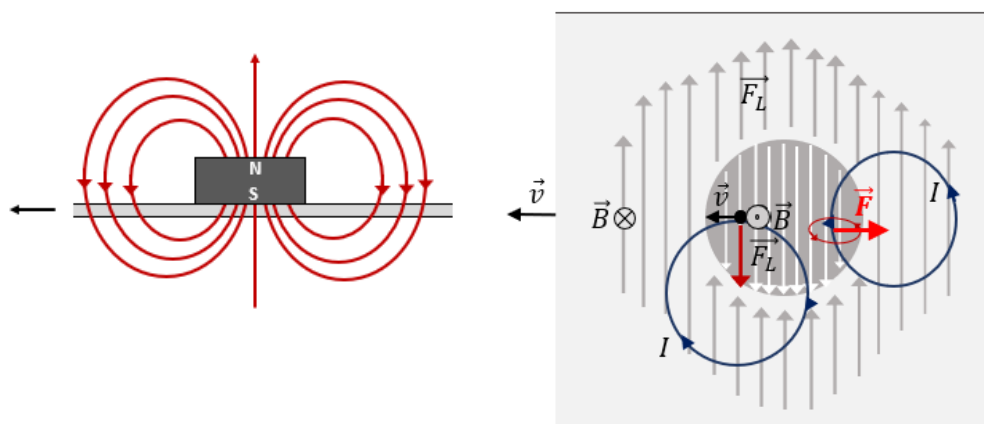
2) Objasnite uzrok ovakvom gibanju magneta. O kakvoj se pojavi ovdje radi? Obrazložite popratite i odgovarajućim skicama.

Uzrok vrtložnim strujama je elektromagnetska indukcija. Potrebna magnetska polja mogu biti promjenjiva u vremenu ili polja koja se ne mijenjaju tijekom vremena.

U ovom zadatku razmatraju se vrtložne struje koje su nastale u vremenski nepromjenjivim magnetskim poljima. Vrtložne struje nastaju samo ako se polje i vodljivi materijal u kojem nastaju vrtložne struje, gibaju relativno jedno u odnosu na drugo.

Kada se magnet giba u odnosu na nemagnetičnu vodljivu ploču (primjer aluminij ili bakar) opaža se značajni učinak kočenja prouzrokovanog nastankom vrtložnih struja.

Prema Lenzovom pravilu nastala inducirana struja zbog promjenjiva magnetskog toka stvara takvo polje koje se protivi uzroku svog nastanka. U našem slučaju uzrok je gibanje magneta u odnosu na vodljivu ploču.



Magnet na slici ispod svojeg južnog magnetskog pola koji se nalazi na vodljivoj ploči pokriva područje kružnog oblika u kojem magnetske silnice prolaze u smjeru prema gore kroz vodljivu ploču. Izvan toga je područje u kojem silnice prolaze u suprotnom smjeru. Kada se magnet giba po ploči nastaje promjenjivi magnetski tok.

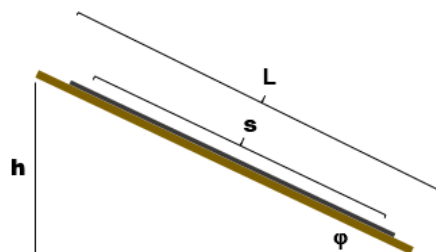
Jednostavnije je razmotrit situaciju kada se ploča giba u odnosu na magnet kako je prikazano na slikama. Zajedno sa pločom gibaju se i vodljivi elektroni, okomito na smjer magnetskih silnica. Gledano odzgora, na elektrone djeluje Lorentzova sila, čiji smjer se utvrđuje pravilom desne ruke. Smjer je prema dolje. Zbog toga se elektroni počnu gibati po zatvorenim stazama. Nastale vrtložne struje u suprotnom su smjeru od gibanja elektrona. Ove struje u polju magneta uzrokuju djelovanje silom (F) u smjeru suprotnom od smjera gibanja vodljive ploče i dolazi do kočenja. Smjer sile određuje se pravilom desne ruke. Izvan magneta je polje slabije pa je i Lorentzova sila na slobodne elektrone manja.

3 boda

3) **Odredite granične brzine za slučajeve klizanja niz staze A, B i C za sedam različitih nagiba. Izvedite jednostavniju procjenu točnosti mjerenja.**

L=31,5cm

r.b.	h/cm	$\sin\varphi=h/L$	φ/rad	$\varphi/^\circ$
1.	15	0,4762	0,50	28,44
2.	17	0,5397	0,57	32,66
3.	19	0,6032	0,65	37,10
4.	21	0,6667	0,73	41,81
5.	23	0,7302	0,82	46,90
6.	25	0,7937	0,92	52,53
7.	27	0,8571	1,03	59,00



Traka A Cu, d=0,6mm

R.br.mj.	$t(\varphi_1)/s$	$t(\varphi_2)/s$	$t(\varphi_3)/s$	$t(\varphi_4)/s$	$t(\varphi_5)/s$	$t(\varphi_6)/s$	$t(\varphi_7)/s$
1.	5,73	4,78	3,94	3,34	2,81	2,43	2,25
2.	5,75	4,68	3,97	3,31	2,80	2,41	2,22
3.	5,69	4,75	4,01	3,35	2,81	2,40	2,22
4.	5,65	4,65	3,96	3,37	2,85	2,43	2,24
5.	5,73	4,72	3,97	3,38	2,78	2,41	2,22
\bar{t}/s	5,71	4,72	3,97	3,35	2,81	2,42	2,23
$r_m(\%)$	1,05	1,48	1,01	1,19	1,42	0,83	0,90

Traka B Al, d=0,6mm

R.br.mj.	$t(\varphi_1)/s$	$t(\varphi_2)/s$	$t(\varphi_3)/s$	$t(\varphi_4)/s$	$t(\varphi_5)/s$	$t(\varphi_6)/s$	$t(\varphi_7)/s$
1.	4,22	3,56	2,94	2,53	2,22	1,87	1,59
2.	4,25	3,56	2,94	2,56	2,16	1,84	1,56
3.	4,22	3,53	2,97	2,53	2,18	1,85	1,62
4.	4,31	3,63	2,93	2,51	2,19	1,84	1,59
5.	4,24	3,62	2,94	2,53	2,19	1,83	1,56
\bar{t}/s	4,25	3,58	2,94	2,53	2,19	1,85	1,58
$r_m(\%)$	1,41	1,40	1,02	1,18	1,37	1,08	2,53

Traka C Al, d=1,6mm

R.br.mj.	$t(\varphi_1)/s$	$t(\varphi_2)/s$	$t(\varphi_3)/s$	$t(\varphi_4)/s$	$t(\varphi_5)/s$	$t(\varphi_6)/s$	$t(\varphi_7)/s$
1.	7,6	6,28	5,28	4,53	3,97	3,37	3,00
2.	7,66	6,35	5,35	4,60	3,97	3,44	2,97
3.	7,69	6,37	5,31	4,59	4,03	3,43	3,01
4.	7,6	6,28	5,31	4,57	3,93	3,43	3,03
5.	7,63	6,18	5,33	4,56	3,94	3,43	2,97
\bar{t}/s	7,64	6,29	5,32	4,57	3,97	3,42	3,00
$r_m(\%)$	0,65	1,75	0,75	0,88	1,51	1,46	1,00

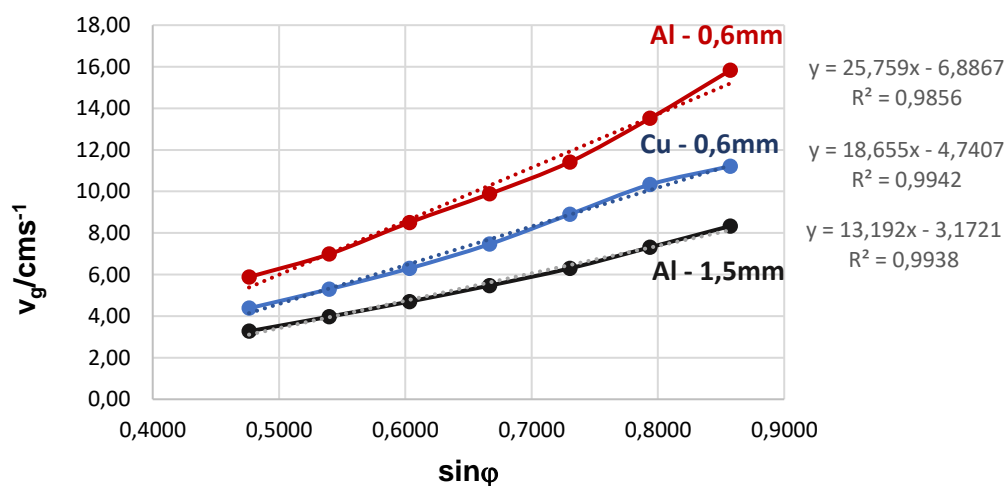
$$v_g = \frac{s}{t}$$

s=25cm

Cu/0,6mm		Al/0,6mm		Al/1,5mm	
t/s	$v_g/\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$	t/s	$v_g/\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$	t/s	$v_g/\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$
5,71	4,38	4,25	5,88	7,64	3,27
4,72	5,30	3,58	6,98	6,29	3,97
3,97	6,30	2,94	8,50	5,32	4,70
3,35	7,46	2,53	9,88	4,57	5,47
2,81	8,90	2,19	11,42	3,97	6,30
2,42	10,33	1,85	13,51	3,42	7,31
2,23	11,21	1,58	15,82	3,00	8,33

5 bodova

- 4) **Prikažite grafičku ovisnost granične brzine o sinusu kuta nagiba kosine (graf - v_g , $\sin\varphi$).**



3 boda

- 5) **Na osnovi izraza za graničnu brzinu i vaših mjerenja odredite faktore trenja (što jednostavnije) za slučajeve gibanja magneta na stazi A, B i C.**

Faktor trenja klizanja:

podijelimo jednadžbe i eliminiramo koeficijent gušenja b:

$$v_{g2} = \frac{mg}{b} (\sin\varphi_2 - \mu \cos\varphi_2)$$

$$v_{gi} = \frac{mg}{b} (\sin\varphi_i - \mu \cos\varphi_i)$$

Koeficijent trenja se može odrediti iz izraza:

$$\mu = \frac{v_i \sin\varphi_2 - v_2 \sin\varphi_i}{v_i \cos\varphi_2 - v_2 \cos\varphi_i}$$

Indeks i predstavlja vrijednosti za kuteve $\varphi_3, \varphi_4, \varphi_6, \varphi_7$ i odgovarajuće granične brzine (tablica).

Uzete su vrijednosti za područja u kojima su najmanja odstupanja.

	$\mu(A)$	$\mu(B)$	$\mu(C)$
	0,16	0,25	0,21
	0,19	0,24	0,18
	0,21	0,26	0,22
$\bar{\mu}$	0,18	0,25	0,20
$\Delta\mu_m$	0,03	0,01	0,02
r_m	17%	4%	9,9%

Faktor trenja za magnet i vodljive plohe:

Cu, d=0,6mm: $\mu(A)=(0,18 \pm 0,03)$

Al, d=0,6mm: $\mu(B)=(0,25 \pm 0,01)$

Al, d=1,5mm: $\mu(C)=(0,20 \pm 0,02)$

3 boda

6) Odredite koeficijente gušenja b , za gibanje magneta niz staze A, B i C za pet proizvoljno odabrane nagibe staza. Što možete zaključiti?

$$b = \frac{mg}{v_g}(\sin\varphi - \mu\cos\varphi)$$

$\varphi/^\circ$	A	B	C
	Cu, d=0,6mm: b/ Nsm⁻¹	Al, d=0,6mm: b/ Nsm⁻¹	Al, d=1,5mm: b/ Nsm⁻¹
28,4	0,207	0,124	0,261
32,7	0,208	0,134	0,266
37,1	0,208	0,135	0,269
41,8	0,203	0,138	0,269
46,9	0,194	0,139	0,268
52,5	0,189	0,135	0,262
59	0,194	0,131	0,257
\bar{b}/Nsm^{-1}	0,200	0,134	0,265
$\Delta b_m/\text{Nsm}^{-1}$	0,012	0,006	0,007
r_m	6%	4%	2,7%

Koeficijent gušenja za dani metal ne ovisi o nagibu staza.

4 boda

7) Na osnovi izraza $\gamma = \frac{b}{m}$ procijenite koliko je vremena potrebno da magnet postigne 99% granične brzine.

$$v = v_g(1 - e^{-\gamma t}) \Rightarrow 0,99 = 1 - e^{-\gamma t} \Rightarrow t = \frac{4,605}{\gamma}$$

	A Cu, d=0,6mm	B Al, d=0,6mm:	C Al, d=1,5mm:
b/ Nsm⁻¹	0,200	0,134	0,265
γ / s⁻¹	68,96	46,21	91,30
t/s	0,07	0,01	0,05

Procjena vremena da se postigne 99% granične brzine je na osnovu srednjih vrijednosti mjerenja. Unatoč tome uočava se, posebno u slučaju aluminija debljine 0,6 mm da je brzina gotovo od samog početka stalna. Tako da je pretpostavka koja se koristila u izračunima opravdana.

2 boda

8) Usporedite električnu otpornost bakrenog vodiča debljine 0,6 mm i aluminijskog vodiča debljine 0,6 mm.

Lorentzova sila F proporcionalna je jakosti vrtložnih struja. Ove struje su veće jakosti kod vodiča manjih omskih otpora. Zato pri jednakom uvjetima (relativnoj brzini gibanja magneta i vodiča, jednakoj geometriji vodiča – debljini i širini trake), sila je gušenja obrnuto proporcionalna specifičnom otporu vodiča. Analogno je koeficijent gušenja obrnuto proporcionalan električnoj otpornosti:

$$\frac{\rho(Al, 0,6mm)}{\rho(Cu, 0,6mm)} = \frac{b(Cu, 0,6mm)}{b(Al, 0,6mm)} = \frac{0,200}{0,134} \approx 1,49$$

Odstupanje u odnosu na teorijske podatke iznosi oko 5%.

2 boda

9) Usporedite koeficijente gušenja b , aluminijskih vodiča debljine 0,6 mm i 1,5 mm.

$$\frac{b(Al, 1,5mm)}{b(Al, 0,6mm)} = \frac{0,265}{0,134} \approx 2$$

1 bod

10) Što je sve uvjetovalo točnost vaših mjerenja?

- moguća manja oštećenja na površini vodiča i tragovi nečistoća
- pri manjim kutevima nagiba više dolaze do utjecaja nehomogenosti i moguće nepravilnosti na površini materijala
- tijekom klizanja zbog tih nepravilnost moguće su manja zaktretanja magneta. Ovakva mjerenja treba ponoviti.
- magnetska polja su tek približno homogena
- gibanja blizu rubova traka (rubni efekti)
- poteškoće u što točnijem očitavanju vremenskih intervala...

1 bod