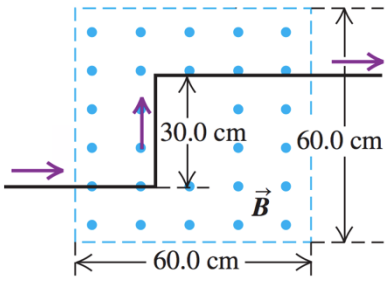
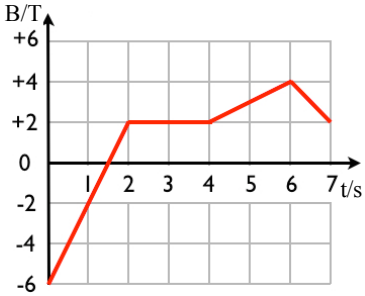
Općinsko natjecanje iz fizike – 3. skupina

1. zadatak (8 bodova)
Magnetsko polje u prostoru potpuno je homogeno, gleda vertikalno prema gore i ima iznos B. U polje ulijeće elektron mase m i naboja $-e$ čija brzina v zatvara kut od 60^0 s horizontalom mjereno od horizontale prema gore. Koliki je iznos sile koja djeluje na elektron? Skicirajte putanju elektrona. Ako kruži (ili djelomično kruži), koliki mu je polumjer kruženja izražen preko zadanih veličina?

2. zadatak (12 bodova)
Dugom žicom s dva ugla teče struja iznosa I = 1A i prolazi kroz magnetsko polje označeno plavom površinom kao na slici. Polje izlazi iz stranice, okomito je na nju i ima iznos B = 1T. Odredite iznos i smjer ukupne sile na žicu. Ne zanimaju nas rotacije te kako će se žica gibati, već samo iznos sile u trenutku na slici. Kako bi se sila promijenila da se cijela žica pomakne udesno za 5cm? Kako bi se promijenila da se žica zarotira za 90^0 (tj. da ulazi u donjem dijelu slike, a izlazi u gornjem)?



3. zadatak (8 bodova)
Kružna petlja polumjera R = 1m nalazi se u homogenom magnetskom polju iznosa B koje je okomito na ravninu petlje. Nacrtajte ovisnosti magnetskog toka i elektromotorne sile u petlji kao funkcije vremena ako se polje mijenja prema dijagramu na slici.



4. zadatak (14 bodova)
Zbog termalnih oscilacija u prostoriji, klatno sata nije uvijek iste duljine. Neka je klatno pravilne duljine i točno pokazuje vrijeme - pomakne sat za jednu sekundu za svakih pola perioda njihanja. Ako se klatno produlji za 5%, koliku grešku u mjerenju vremena čini sat tijekom jednog dana u sekundama (tj. što pokazuje sat nakon 24 puna sata)? Koliku grešku čini ako se skrati za 5%? Sad pretpostavite da klatno može biti ili samo kraće ili samo duže od pravilne duljine za 5% (tj. nikad nije pravilne duljine) i da su promjene od predugog na prekratko klatno i obratno trenutne te da se može opisati kao matematičko njihalo. Koliko sati, minuta i sekundi tijekom dana klatno mora biti prekratko, a koliko predugo, da bi na kraju ipak pokazivalo točno vrijeme tijekom jednog dana?

5. zadatak (8 bodova)
Snop protona masa m_p=1.7 x 10^{-27} kg i naboja e = 1.6 x 10^{-19} C putuje u pozitivnom smjeru osi x brzinom v = 1 km/s i ulijeće u homogeno magnetsko polje koje je okomito na njegov smjer gibanja. Snop izađe iz polja u smjeru okomitom na upadni. Duljina putanje snopa u polju jednaka je s = 1 cm. Koliki je iznos magnetskog polja? Kolikom brzinom protoni izlijeću iz polja?

Općinsko natjecanje iz fizike – 3. Skupina (rješenja)

1. zadatak (8 bodova)

Lorentzova sila je okomita na brzinu i magnetsko polje te stoga ne utječe na komponentu brzine koja je paralelna s poljem (vertikalna komponenta) **(1 bod)**, već samo na horizontalnu komponentu brzine iznosa $vcos(\phi)$ **(1 bod)** koja je iznosom jednaka $vcos(60) = v/2$. **(1 bod)**

Lorentzova sila predstavlja centripetalnu silu i iznosa je

$$\frac{m(v/2)^2}{r} = e(v/2)B \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Elektron opisuje spiralu jer kruži u x-y smjeru i giba se jednolikom brzinom u z smjeru. **(Skica 1 bod).** Polumjer kruženja u x-y smjeru dobija se iz gornje jednadžbe i daje

$$r = \frac{mv}{2eB} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

2. zadatak (12 bodova)

Žica na slici sastoji se od 3 komada koji se mogu promatrati nezavisno. Sila u magnetskom polju koje je okomito na žicu iznosi $F = BIl$ **(1 bod)**. Horizontalno postavljeni komadi žice razmatraju se zajedno i sila na njih iznosi

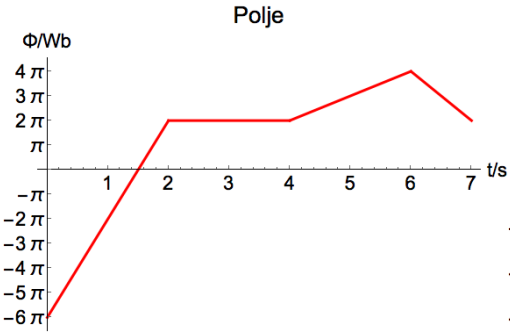
$$F_h = F_1 + F_2 = BI(l_{1h} + l_{2h}) = 0.6\ N \qquad \textbf{(1 bod za zbroj, 1 za iznos)}$$

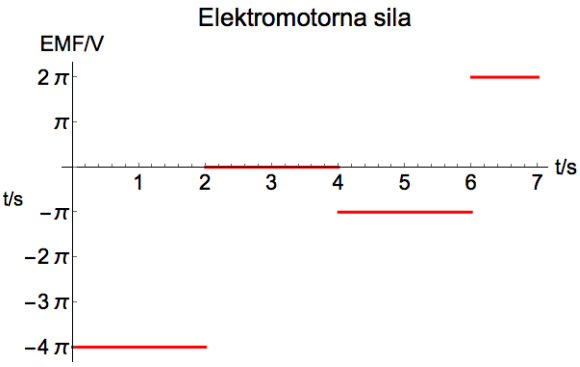
Na vertikalno postavljeni komad sila iznosi $F_v = BIl_v = 0.3\ N$ **(1 bod)**. Smjerovi sila odrede se pravilom desne ruke i vidi se da su obje sile u ravnini papira te da je sila na horizontalne komade usmjerena prema dolje **(1 bod)**, a na vertikalni komad prema desno **(1 bod)**. Ukupna sila dobija se vektorskim zbrajanjem sila. Iznos ukupne sile jednak je $F_u = \sqrt{F_h^2 + F_v^2} = 0.671\ N$ **(1 bod)**. Smjer sile dobije se trigonometrijski, npr. $tg(\phi) = \frac{0.3}{0.6}$ i nalazi se u četvrtom kvadrantu te je otklonjena od *y*-osi pod kutom 26.56°. **(2 boda)**. Ako se cijela žica pomakne udesno za 5cm, ni jedna od varijabli koje smo koristili u zadatku se ne mijenja, te ukupna sila ostane ista **(1 bod)**. Rotacijom žice za 90° zarotiraju se svi komadi žice, sve sile na njih **(1 bod)**, pa se i ukupna sila zarotira za 90° te je sad istog iznosa, no u I kvadrantu, s otklonom od 26.56° od *x*-osi. **(1 bod)**

3. zadatak (8 bodova)

Površina kružne petlje jednaka je $S = r^2\pi = \pi$ **(1 bod)**. Kako je magnetsko polje okomito na ravninu petlje, tok kroz petlju jednak je $\Phi = BS = \pi B$ **(1 bod)**. Graf toka kroz petlju izgledom je identičan grafu polja, no nosi druge jedinice i druge iznose. **(1 bod za dobar izgled grafa, 1 za dobre brojeve i jedinice na osima)**. Napomena: ako učenik nacrta graf koji je simetričan s obzirom na ovaj graf oko osi x (tj. pretvori pozitivan tok u negativan i obrnuto), dobija sve bodove, s obzirom da smjer toka ovisi o dogovorenom smjeru površine petlje. Elektromotorna sila dobija se iz $\epsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ **(1 bod)**. Na dijelovima grafa gdje se tok linearno mijenja u vremenu, elektromotorna sila biti će konstanta, a iznos joj se računa iz nagiba pravca **(1 bod)**. Graf

elektromotorne sile dan je na slici **(1 bod za dobar izgled grafa, 1 za dobre brojeve i jedinice na osima)**. Za graf elektromotorne sile vrijedi ista napomena kao i za graf toka.





4. zadatak (14 bodova)

Period titranja klatna iznosi 2 sekunde, ovisi samo o duljini klatna **(1 bod)** i dan je relacijom $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ **(1 bod)**. Ako se klatno produlji 5%, period će se povećati i iznositi $T_{pr} = 2\pi\sqrt{\frac{1.05L}{g}} = \sqrt{1.05}\,T$ **(1 bod)**. Slično tome, skraćivanjem duljine period se smanji i iznosi $T_{sk} = 2\pi\sqrt{\frac{0.95L}{g}} = \sqrt{0.95}\,T$ **(1 bod)**. Tijekom jednog dana, koji traje 24*60*60 = 86400 s, pravilno klatno napravi 43200 titraja, a nepravilna klatna naprave $N_{pr} = \frac{43200}{\sqrt{1.05}} = 42159$ **(1 bod)** titraja, tj. $N_{sk} = \frac{43200}{\sqrt{0.95}} = 44322$ **(1 bod)** titraja. Greška koju načine, tj. koju pokazuju satovi jest 43200-42159=1041 sekundu premalo za produljeno klatno te 44322-43200=1122 sekunde previše za skraćeno klatno **(2 boda)**.

Ako je klatno neki dio dana prekratko, a neki predugo, no na kraju ipak pokazuje točno vrijeme, možemo napisati 2 jednadžbe. Neka predugo klatno napravi x titraja, a prekratko y titraja. Ukupno vrijeme titranja mora biti točno 1 dan:

$$xT_{pr} + yT_{sk} = 86400 = 43200T \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Osim toga, vrijeme koje se izgubi prilikom titranja produljenog klatna mora se nadoknaditi prilikom titranja skraćenog klatna:

$$x(T - T_{pr}) = y(T_{sk} - T) \qquad \textbf{(1 bod za ovu ili analognu relaciju)}$$

Rješavanjem sustava ove dvije jednadžbe s dvije nepoznanice, uz uvažavanje gornjih relacija, dobija se da je

$$x = 43200\frac{1-\sqrt{0.95}}{\sqrt{1.05}-\sqrt{0.95}} = 21870 \qquad \textbf{(1 bod)}$$

$$y = 43200\frac{\sqrt{1.05}-1}{\sqrt{1.05}-\sqrt{0.95}} = 21330 \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Produljeno klatno titra $21870T_{pr} = 21870\sqrt{1.05}T = 12h\ 27\ min$ **(1 bod)**, a skraćeno klatno $21330T_{sk} = 21330\sqrt{0.95}T = 11h\ 33\ min$ **(1 bod)**. Oba su rješenja zaokružena na sekunde.

5. zadatak (8 bodova)

Bez obzira na smjer polja, zadan je uvjet okomitosti polja na smjer gibanja protona, što znači da će sila na protone biti iznosa $F = evB$. **(1 bod)**. Gibanjem kroz magnetsko polje protoni opisuju kružnicu jer Lorentzova sila djeluje kao centripetalna sila **(1 bod)**. Kako protoni izlaze van u smjeru okomitom na upadni smjer, opisali su četvrtinu kružnice prije izlaska. To znači da je duljina putanje, zadana sa s = 1 cm jednaka duljini četvrtine luka kružnice **(1 bod)**. Slijedi da je polumjer kruženja jednak $r = \frac{2s}{\pi} = 0.64\ cm$ **(1 bod)**. S druge strane, polumjer kruženja može se dobiti izjednačavanjem izraza za centripetalnu silu s izrazom za Lorentzovu silu, što daje $r = \frac{mv}{eB}$ **(1 bod)**. Izjednačavanjem ta dva izraza dobija se da je $B = \frac{mv}{er} = \frac{\pi mv}{2es} = 1.67\ mT$ **(2 boda)**. Magnetska sila ne vrši rad na čestice pa protoni zadržavaju svoju prvobitnu kinetičku energiju i izlijeću iz polja istom brzinom kojom su i upali, tj. 1 km/s **(1 bod)**.