

Ledtrådar (Ergo Fysik 2)

Nedan följer ledtrådar och lösningshjälp till en del uppgifter i *Ergo Fysik 2* av Pålsgård med flera (tredje upplagans första tryckning).

Detta är en tidig version. Säg gärna till om du hittar fel eller saknar någon uppgift!

Kapitel 7

7.01 (a) och (b) Tänk på att i detta fall induceras det en ström bara så länge flödestätheten i spole S förändras. (c) Bestäm först strömriktningen i spole S i fall 1). Detta kan göras med följande steg:

- Använd högerhandsregel 2b för att ta reda på magnetfältets riktning inuti spole P när strömmen slås på (nedåt).
- Bestäm hur magnetfältet från spole P är riktat inuti spole S (uppåt, flödeslinjerna följer järnkärnan runt).
- Då vet vi att att fältet från spole P inuti spole S är riktat uppåt, och ökar.
- Använd nu Lenz lag för att bestämma det i spole S inducerade fältets riktning (nedåt, eftersom *förändringen* av det ursprungliga fältet i S skall motverkas, eller med andra ord, "naturen vill ha det som det var från början, i det här fallet fältfritt").
- Använd högerhandsregel 2b för att ta reda på den inducerade strömmens riktning i spole S när strömmen slås på (medurs).

Bestäm sedan, med liknande tankegång som ovan, strömriktningen i spole S i övriga fall, och tänk på att ström medurs innebär amperemeterutslag åt höger.

7.02 (a) Magnetfältet i spolen förändras, och en ström kommer att induceras. Kan använda samma tankegång som i 7.01(c):

- Bestäm hur magnetfältet från magneten är riktat inuti spolen (vänster).
- Då vet vi att att fältet från magneten inuti spolen är riktat åt vänster, och ökar.
- Använd nu Lenz lag för att bestämma det i spolen inducerade fältets riktning (åt höger, eftersom *förändringen* av det ursprungliga fältet i spolen skall motverkas, eller med andra ord, "naturen vill ha det som det var från början, i det här fallet fältfritt").
- Använd högerhandsregel 2b för att ta reda på den inducerade strömmens riktning i spolen när strömmen slås på (moturs).

Tänk sedan på att flödeslinjer utanför en magnet går från nordände till sydände.

(b) Nu har vi en ledare som rör sig i ett magnetfält, och en ström kommer att induceras. Betrakta en positiv laddning på spolens framsida, och använd högerhandsregel 1 för att ta reda på riktningen hos den magnetiska kraften på denna laddning (partikeln rör sig åt *höger* då spolen dras åt höger, flödestätheten från magneten har här en komponent riktad *utåt* från pappret, och kraften blir således riktad *nedåt*. Om strömmen går nedåt på framsidan kommer strömriktningen att vara moturs.

Alternativt kan man resonera som så att enligt Lenz lag bör spolen bli som en magnet med nordände åt höger, så att rörelsen av spolen motverkas. Då måste flödeslinjerna inuti spolen från det inducerade fältet vara riktade åt höger, och högerhandsregel 2b ger då att strömmen måste gå nedåt på framsidan, det vill säga strömriktning moturs.

Notera att strömriktningen blir densamma i (a) och (b), vilket knappast är förvånande, eftersom det inte skall spela någon roll om vi flyttar spolen eller magneten. Observera dock att förklaringarna till fenomenet är olika i (a) och i (b). Om vi, som i (a), ser det som att spolen är stilla förklarar vi den uppkomna induktionsströmmen genom att säga att ett magnetfält som förändras ger upphov till elektriska fält som knuffar runt laddade partiklar i spolen. Om vi, som i (b), ser det som att magneten är stilla förklarar vi den uppkomna induktionsströmmen genom att säga att laddade partiklar som rör sig i magnetfält känner en magnetisk kraft, som här knuffar runt laddade partiklar i spolen. Att våra förklaringar av samma fenomen är olika är inget konstigt, utan en följd av att elektromagnetismen är relativistisk, och i relativitetsteori är det så att observatörer i olika referenssystem ser samma förlopp på olika sätt. Du har redan sett exempel på detta i avsnittet om relativistisk mekanik i Fysik 1-kursen.

(c) Enklast är här att se på förloppet från ett referenssystem som följer med i rörelsen. Spolen och magneten ligger då stilla.

7.03 (a) Magnetfältet i spolen förändras. (b) Kan använda samma tankegång som i 7.02(a) ($B_{\text{inuti ring från magnet}}$ riktad uppåt & ökar $\Rightarrow B_{\text{inuti ring från inducerad ström}}$ riktad nedåt, då måste strömriktningen sedd ovanifrån vara medurs). (c) Kan använda samma tankegång som i 7.02(a) ($B_{\text{inuti ring från magnet}}$ riktad uppåt & minskar $\Rightarrow B_{\text{inuti ring från inducerad ström}}$ riktad uppåt, då måste strömriktningen sedd ovanifrån vara moturs). (d) Kraftverkan mellan magneten och den strömförande ledaren (ringen) kommer att bromsa fallet.

Betrakta till exempel en liten bit av ringen på framsidan när magneten är i det utritade läget i figuren. Strömmen är riktad åt *vänster*. Flödestätheten vid den lilla ringbiten har en komponent som går ut *inåt* papprets plan. Högerhandsregeln ger då att kraften på den lilla biten av ringen är riktad *nedåt* ($F = BIl$), och reaktionskraften på magneten är riktad uppåt.

Flödestäthetens andra komponent vid ringbiten är riktad uppåt eller nedåt (beror på hur nära magneten är ringen), och ger också uppväg till en kraft (riktad *inåt* ringens centrum eller *utåt*), men denna kraft på ringen balanseras av en lika stor, men motsatt riktad kraft på en motsatt del av ringen.

7.04 ...

7.05 ...

7.06 Mellan vingspetsarna induceras en spänning $e = lvB$. Använd högerhandsregel 1 för att ta reda på åt vilket håll positiv laddning kommer att knuffas (de rör sig åt tillsammans med flygplanet i ett magnetfält som är riktat *nedåt*, och kommer då att påverkas av en magnetisk kraft som är riktad åt vänster (om vi tittar i flygplanets hastighetsriktning).

7.07 ...

7.08 (a) Mellan stavens ändrar induceras en elektromotorisk spänning $e = lvB$ så länge den rör sig. (b) Staven som rör sig kan ses som en spänningskälla som ger spänningen $e = lvB$. Strömmen genom motståndet ges då på vanligt vis av $I = \frac{U}{R} = \frac{e}{R}$. För att få reda på strömriktningen, undersök åt vilket håll den magnetiska kraften på en positiv laddning i staven är riktad (laddningen rör sig åt *höger* när staven dras åt höger, magnetfältet är riktat *inåt* papprets plan, kraften på laddningen blir då enligt högerhandsregel 1 riktad *uppåt*, och strömriktningen i kretsen blir moturs. (b) I staven går det en elektrisk ström. Den befinner sig i ett magnetfält, och kommer då att påverkas av en magnetisk kraft ($F = BIl$), som enligt högerhandsregel 1 är riktad åt vänster, det vill säga motsatt hastighetsriktningen. (c) Tänk på att den elektriska effekten i en komponent är $P = UI$, där U är spänningen över komponenten och I strömmen genom densamma.

7.09 ...

7.10 Betrakta en positiv laddning i ledarstycket NK, och bestäm den magnetiska kraftens riktning på laddningen med högerhandsregel 1. (b) Mellan ändarna hos ledarstycket NK induceras en spänning $e = lvB$. Ledarstycket NK som rör sig kan ses som en spänningskälla som ger spänningen $e = lvB$. Strömmen genom motståndet ges då på vanligt vis av $I = \frac{U}{R} = \frac{e}{R}$. (c) Induktionsströmmen flyter i kretsen så länge en del av kretsen befinner sig i magnetfältet. Tänk på att den elektriska energin som under en tid t utvecklas i en komponent där effektutvecklingen är P är $W = Pt$.

7.11 (a) och (b) Flödet ($\Phi = BA$) förändras inte.

7.12 Använd induktionslagen på formen $e = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. Här är antalet varv $N = 1$.

7.13 ...

7.14 ...

7.15 (a) Tänk på att flödet genom slingan ges av $\Phi_1 = BA$. (b) Flödesändringen är här $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 0 - \Phi_1$. I 7.10(c) räknade du ut hur lång tid det tog att dra ut ledarslingan ur magnetfältet (2,0 s). Alltså är $\Delta t = 2,0$ s. Använd nu induktionslagen på formen $e = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ (strunta i eventuella minustecken). Här är antalet varv $N = 1$.

7.16 (a) Beräkna först flödesändringen $\Delta\Phi$ ($-0,12 \cdot 10^{-3}$ Wb). Använd sedan induktionslagen på formen $e = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ (strunta i eventuella minustecken). Här är antalet varv $N = 280$. Lenz lag ger strömriktningen (B_{inuti} spole från magnet riktad nedåt & minskar $\Rightarrow B_{\text{inuti}}$ spole från inducerad ström

riktad nedåt, då måste strömriktningen sedd ovanifrån vara medurs).

(b) (a) Beräkna först flödesändringen $\Delta\Phi$ ($-0,10 \cdot 10^{-3}$ Wb). Använd sedan induktionslagen på formen $e = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ (strunta i eventuella minustecken). Här är antalet varv $N = 280$. Lenz lag (Hawaii-variant) ger strömriktningen (magnetfältet i spolen riktad nedåt & "minskar" $\Rightarrow B_{\text{inuti}}$ spole från inducerad ström riktad nedåt, då måste strömriktningen sedd ovanifrån vara medurs).

Strömriktningen kan också bestämmas med samma slags resonemang som i 7.10(b).

7.17 Enklart är att använda att det mellan stavens ändrar induceras en spänning som är $e = lvB$. Alternativt kan man använda induktionslagen på formen $e = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. Om B är konstant kan induktionslagen skrivas $e = NB \frac{\Delta A}{\Delta t}$, varur B kan bestämmas.

7.18 Bestäm grafiskt det största värdet på $\frac{dB}{dt}$ (dra en tangent till grafen i den punkt där lutningen är som störst, och bestäm tangentens lutning). Använd sedan induktionslagen, som om A är konstant kan skrivas $e = N \frac{d\Phi}{dt} = NA \frac{d(BA)}{dt} = NA \frac{dB}{dt}$, för att få det sökta momentanvärdet av den inducerade spänningen. (b) Tänk på att enligt induktionslagen är e proportionell mot $\frac{d\Phi}{dt}$. Här är A konstant, vilket innebär att e proportionell mot $\frac{dB}{dt}$. Det vi skall göra är alltså att rita derivata-grafen till grafen i bokens figur. Den inducerade spänningen är noll fram till 1,1 s då den ökar till sitt maxvärde (beräknat i (a)) vid 2,5 s, varpå den minskar till och blir noll vid 3,9 s.

7.19 ...

7.20 ...

7.21 ...

7.22 Effekten är $P = UI$, där U och I är effektivvärden. Strömmens toppvärde ges av $\hat{i} = \frac{I}{\sqrt{2}}$.

7.23 (a) Använd induktionslagen $e = N \frac{d\Phi}{dt}$, och glöm inte inre derivatan! (b) Toppvärdet är konstanten framför $\sin \omega t$ i formeln i (a), det vill säga $\hat{e} = N\Phi_m \omega$. Antalet varv per sekund är inget annat än frekvensen f , som hänger ihop med vinkelhastigheten ω enligt

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f,$$

där T är tiden för ett varv (perioden). (c) Använd att $\hat{e} = N\Phi_m \omega$.

7.24 (a) Tänk på att vid transformering av spänning gäller att $\frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1}$. (b) Beräkna först sekundärströmmen I_2 (använd $P = UI$). Samma effekt som tas ut på sekundärsidan måste matas in på primärsidan. Primärströmmen I_1 kan således beräknas med $P = UI$, med $P = 30$ W.

7.25 (a) Tänk på att vid transformering av spänning gäller att $\frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1}$. (b) Använd $P = UI$, först på primärsidan, sedan på sekundärsidan (men tänk på att effekten P på sekundärsidan

bara är 0,95 av effekten på primärsidan, det vill säga 34,2 MW.

7.26 ...

7.27 ...

7.28 Använd att utbredningsfarten för ljus är densamma som för EM-vågor, $3,00 \cdot 10^8$ m/s.

7.29 (a) Läs av λ_{\max} i figuren och använd Wiens förskjutningslag ($\lambda_{\max}T = a$, där a är en konstant vars värde finns i formelsamlingen). (b) Använd Stefan-Boltzmanns lag ($M = \sigma T^4$) (tänk på att utstrålningstäthet och emittans är samma sak).

7.30 (a) och (b) Använd Wiens förskjutningslag ($\lambda_{\max}T = a$, där a är en konstant vars värde finns i formelsamlingen). Tänk på att temperaturen T skall anges i kelvin (K).

7.31 (a) Emittansen är per definition $M = \frac{P}{A}$, där A är arean av den strålände ytan (här $4\pi r^2 = 0,020$ m²). (b) Bestäm temperaturen med hjälp av Stefan-Boltzmanns lag ($M = \sigma T^4$).

7.32 Yttertemperaturen kan först uppskattas med Wiens förskjutningslag. Bestäm sedan emittansen M genom att betrakta stjärnan som en svart kropp och använda Stefan-Boltzmanns lag. Använd sedan att $M = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$.

7.33 (a) Uttryck enheterna för elektrisk fältstyrka och flödestäthet i SI-grundenheter (tänk på att $E = \frac{F}{q}$ och $F = BI l \Rightarrow B = \frac{F}{Il}$):

$$\left[\frac{\text{N}}{\text{C}} = \frac{\text{kgm/s}^2}{\text{As}} = \frac{\text{kgm}}{\text{As}^3} \right]$$

$$\left[\text{T} = \frac{\text{N}}{\text{Am}} = \frac{\text{kgm/s}^2}{\text{Am}} = \frac{\text{kg}}{\text{As}^2} \right]$$

Då får vi

$$\left[\frac{\frac{\text{N}}{\text{C}}}{\text{T}} = \frac{\frac{\text{kgm}}{\text{As}^3}}{\frac{\text{kg}}{\text{As}^2}} = \frac{\text{m}}{\text{s}} \right].$$

(b) Sätt in i uppgiftens formel $c = E_m/B_m$ och tänk på att c är utbredningshastigheten för elektromagnetiska vågor, det vill säga lika med ljushastigheten.