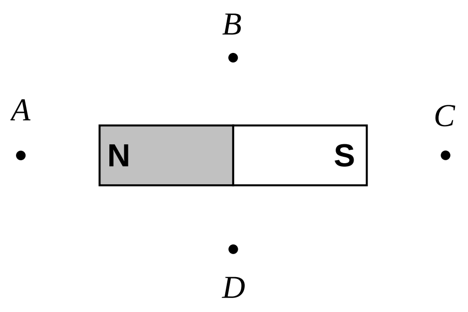
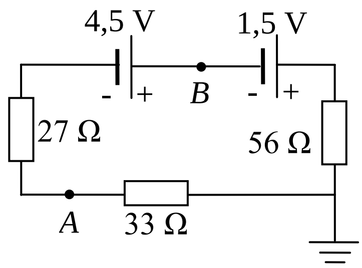
Tentamen i IF0402 Fysik, Ten 1:3 120806

1.



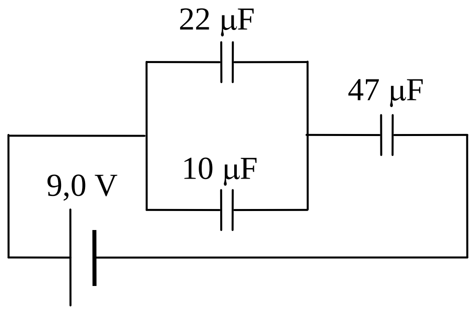
Fyra små kompassnålar har placerats vid punkterna *A*, *B*, *C* och *D* i närheten av en permanentmagnet. Rita hur kompassnålarna ställer in sig! (Kompassnålarna ritas som små pilar med spetsen vid nordpolen. Inverkan av det jordmagnetiska fältet försummas.) 1 p

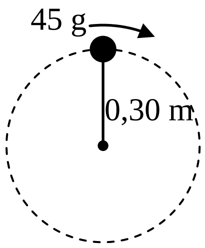
2. Beräkna potentialen i punkterna *A* och *B* i figuren. 2 p



3. Två vagnar kolliderar på en rullbana och fastnar i varandra. Vagnarnas massor och hastigheter före kollisionen framgår av figuren.
   a) Vilken hastighet får de hopkopplade vagnarna efter kollisionen? 1 p
   b) Hur mycket rörelseenergi omvandlas till andra energiformer vid kollisionen? 1 p

4. Tre kondensatorer kopplas till ett batteri enligt figuren. Beräkna laddningen i var och en av kondensatorerna. 2 p

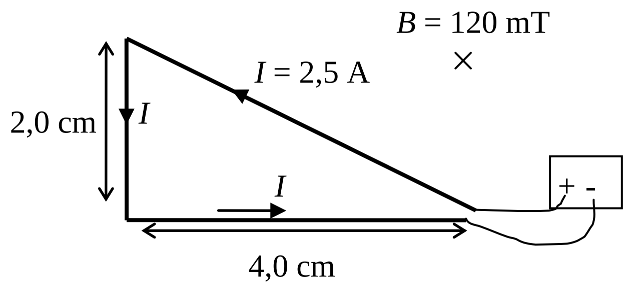


5. 

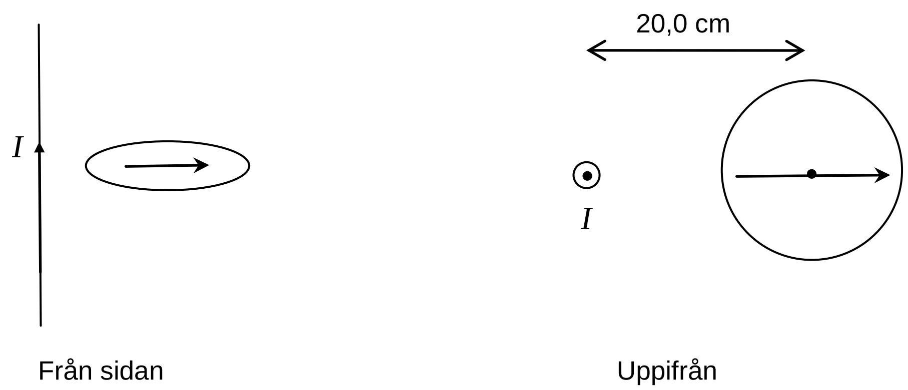
En liten kula med massan 45 g sitter fast i en tråd och går runt i en vertikal cirkelbana med radien 0,30 m. I kulans översta läge är spännkraften i tråden 0,80 N. Hur stor är kulans hastighet i översta läget? *Kraftsituationen på kulan ska redovisas!* 2 p

6. Dvärgplaneten Ceres har radien 476 km och massan $9{,}45 \cdot 10^{20}$ kg. Beräkna utifrån dessa uppgifter tyngdaccelerationen på Ceres' yta. 2 p

7. En strömslinga i form av en rätvinklig triangel enligt figuren befinner sig i ett homogent magnetfält med flödestätheten B = 120 mT, riktat rakt in i papperet i figuren. Slingan genomflyts av strömmen I = 2,5 A. Beräkna kraften på var och en av sidorna i triangeln. Ange även krafternas riktningar. 2 p

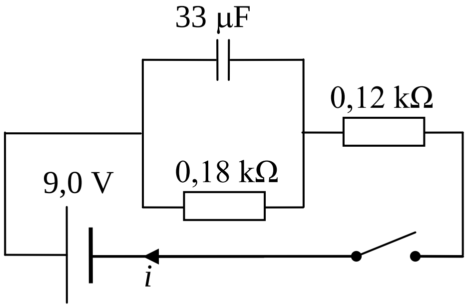


8. En kompass placeras på 20,0 cm avstånd från en lång, rak, vertikal ledare. Horisontal-komponenten av det jordmagnetiska fältet på orten är 16 µT. När ingen ström flyter genom ledaren pekar kompassnålen rakt bort från ledaren. Hur mycket vrider sig kompassnålen om en uppåtriktad ström på 12 A slås på i ledaren? 2 p

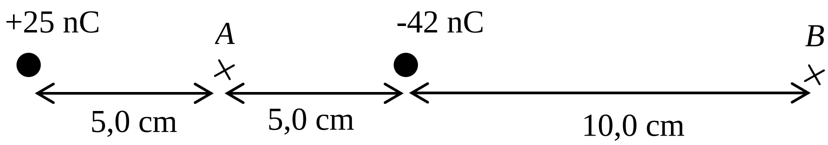


Från sidan Uppifrån

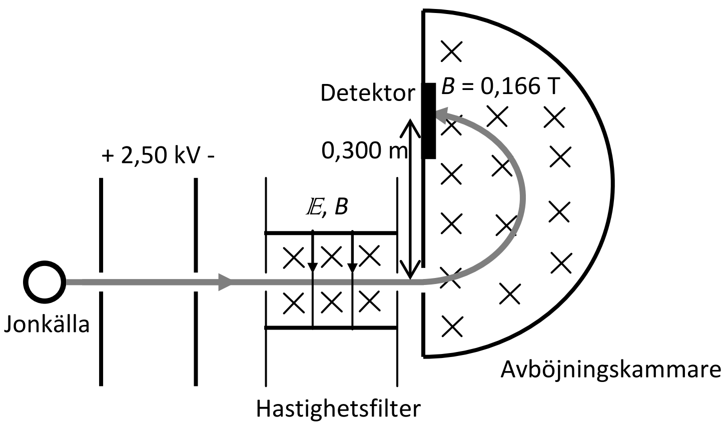
9. Två resistorer och en kondensator är kopplade till ett batteri vis en strömbrytare enligt figuren. Kondensatorn är till en början oladdad. Beräkna strömmen *i* genom batteriet
   a) Omedelbart efter att strömbrytaren slutits. 1 p
   b) Efter att strömbrytaren varit sluten en längre tid. 1 p
   c) I det ögonblick då kondensatorn har laddats upp till 75 % av sin slutliga laddning. 1 p



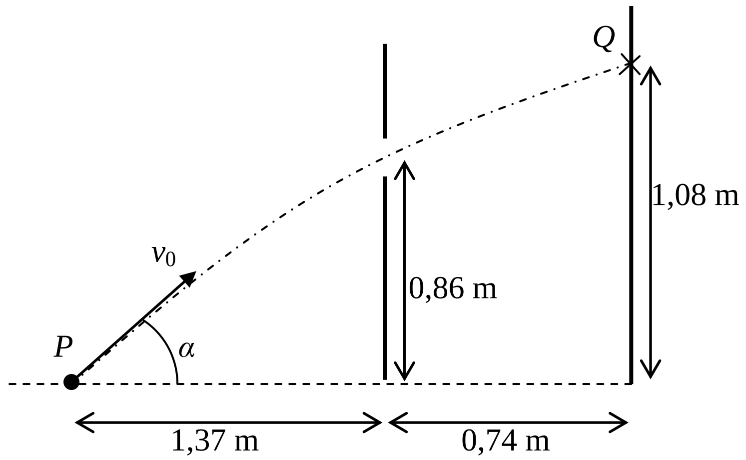
10. Två elektriska laddningar är utplacerade enligt figuren. Beräkna den elektriska fältstyrkan till storlek och riktning i punkterna *A* och *B*. 2 p



11. I en masspektrometer accelereras joner från en jonkälla av spänningen 2,50 kV. Jonerna passerar genom ett hastighetsfilter med korsade elektriska och magnetiska fält. Det elektriska fältet är riktat nedåt i figuren och det magnetiska fältet in i papperet. Sedan fortsätter jonerna till en avböjningskammare med bara ett magnetiskt fält. Jonerna går rakt genom hastighetsfiltret och sedan i en halvcirkelbana i avböjningskammaren för att träffa detektorn. Flödestätheten både i hastighetsfiltret och i avböjningskammaren är 0,166 T. Joner med laddningen +1 *e* träffar detektorn 0,300 m från ingångshålet i avböjningskammaren.
   a) Bestäm jonernas massa. 2 p
   b) Bestäm den elektriska fältstyrkan i hastighetsfiltret. 1 p



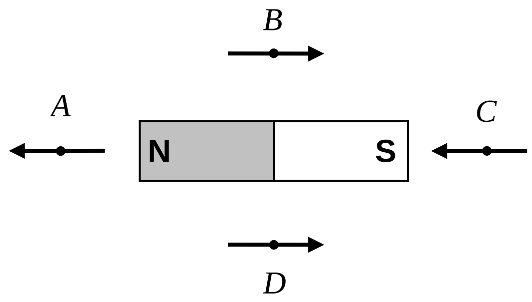
12. En boll ska kastas från en punkt P genom ett litet hål i en vägg till en punkt Q på en annan vägg. Den första väggen befinner sig 1,37 m från P, och hålet sitter 0,86 m ovanför P. Den andra väggen befinner sig 0,74 m bakom den första väggen. Målpunkten Q ligger 1,08 m ovanför bollens utgångspunkt P. Med vilken utgångsfart v_0 och i vilken vinkel α över horisontalplanet ska bollen kastas? 3 p



Tentamen i IF0402 Fysik, Ten 1:3 120806

Lösningsförslag

1.



2. Strömmen I i kretsen får man genom att potentialvandra ett helt varv:

$$-(33\ \Omega)\cdot I - (27\ \Omega)\cdot I + (4{,}5\text{ V}) + (1{,}5\text{ V}) - (56\ \Omega)\cdot I = 0 \text{ ger } I = \frac{6{,}0\text{ V}}{116\ \Omega} = 0{,}0517\text{ A.}$$

Potentialvandring från jordade hörnet över 33 Ω-resistorn till A ger
$V_A = 0 - 33\ \Omega \cdot 0{,}0431\text{ A} = -1{,}71\text{ V}$.
Fortsättning över 27 Ω-resistorn och 4,5 V-batteriet till B ger
$V_B = -1{,}71\text{ V} - 27\ \Omega \cdot 0{,}0517\text{ A} + 4{,}5\text{ V} = +1{,}40\text{ V}$.
Svar: $V_A = -1{,}7$ V, $V_B = +1{,}4$ V.

3a Rörelsemängden bevaras: $\vec{p}_{\text{efter}} = \vec{p}_{\text{före}}$. I vårt fall ger detta
$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$, där $m_1 = 0{,}50$ kg, $m_2 = 1{,}00$ kg.
Med positiv riktning åt höger blir utgångshastigheterna $u_1 = 1{,}40$ m/s och $u_2 = -0{,}40$ m/s.
Eftersom vagnarna fastnar i varandra, blir sluthastigheterna lika: $v_2 = v_1$. Då kan man lösa ut

$v_1 = \dfrac{m_1u_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2} \Rightarrow v_1 = 0{,}20$ m/s. Svar: Vagnarna rör sig med 0,20 m/s åt höger.

3b Rörelseenergi från början: $E_{k1} = \dfrac{m_1u_1^2}{2} + \dfrac{m_2u_2^2}{2} \Rightarrow E_{k1} = 0{,}5700$ J. Rörelseenergi efter kollisionen: $E_{k2} = \dfrac{(m_1 + m_2)v_1^2}{2} = 0{,}030$ J. Skillnaden $E_{k1} - E_{k2} = 0{,}5400$ J har omvandlats till andra energiformer.'
Svar: 0,54 J

4 Kondensatorerna betecknas $C_1 = 22$ µF, $C_2 = 10$ µF, $C_3 = 47$ µF. De båda parallellkopplade kondensatorerna har tillsammans kapacitansen $C_p = C_1 + C_2 = 47 \Rightarrow C_p = 32$ µF.
När de seriekopplas med den tredje kondensatorn, ges den totala kapacitansen C av $\dfrac{1}{C} = \dfrac{1}{C_p} + \dfrac{1}{C_3} \Rightarrow C = 19{,}0$ µF.
Den totala laddningen i systemet $Q = CU$ blir därmed $Q = 171$ µC. C_3 får hela denna laddning.
Spänningen över C_3 blir därmed $U_3 = \dfrac{171\ \mu\text{F}}{47\ \mu\text{C}} = 3{,}65$ V.
Över de båda parallellkopplade kondensatorerna ligger då resterande spänning:
$U_1 = U_2 = 9{,}00\text{ V} - 3{,}65\text{ V} = 5{,}35\text{ V}$.
Detta ger laddningarna $Q_1 = C_1 U_1 \Rightarrow Q_1 = 118$ µC, $Q_2 = C_2 U_2 \Rightarrow Q_1 = 53{,}5$ µC.
Svar: 0,17 mC i 47 µF-kondensatorn, 0,12 mC i 22 µF-kondensatorn och 54 µC i 10 µF-kondensatorn.

Tentamen i IF0402 Fysik, Ten 1:3 120806

5. Sökt: v_{uppe}; Givet: m = 0,045 kg; r = 0,30 m; S = 0,80 N; Formler: $F_R = ma_C = \dfrac{mv^2}{r}$.

Krafterna på kulan är spännkraften F_S och tyngdkraften mg, som båda är nedåtriktade.

Resulterande kraft $F_R = F_S + mg$ ger $\dfrac{mv^2}{r} = F_S + mg \Rightarrow v = \sqrt{\dfrac{F_S r}{m} + gr} \Rightarrow v$ = 2,877 m/s

<u>Svar:</u> Hastigheten i översta läget är 2,9 m/s.

6. Tyngdkraften F_G på ett föremål med massan m vid Ceres' yta ges av $F_G = G\dfrac{Mm}{R^2}$,

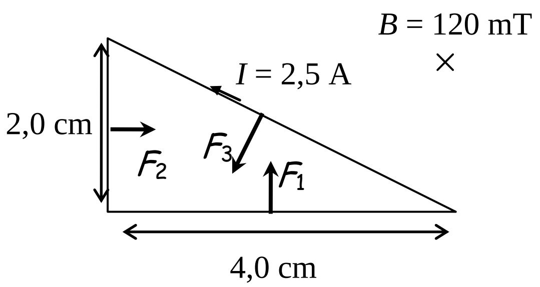
där M är Ceres' massa och R dess radie. Tyngdaccelerationen g ges av

$F_G = mg \Rightarrow g = \dfrac{F_G}{m} = \dfrac{GM}{R^2}$.

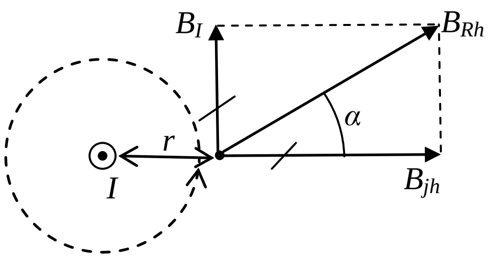
Med insatta siffror får man

$g = \dfrac{6{,}6726 \cdot 10^{-11} \cdot 9{,}45 \cdot 10^{20}}{(476 \cdot 10^3)^2}$ m/s^2 = <u>0,278 m/s^2</u>.

7. $F = IlB$ ger F_1 = 2,5 · 0,040 · 0,120 N = <u>12 mN</u>; F_2 = 2,5 · 0,020 · 0,120 N = <u>6,0 mN</u>;
$F_3 = 2{,}5 \cdot \sqrt{0{,}040^2 + 0{,}020^2} \cdot 0{,}120$ N = <u>13 mN</u>. Krafterna är vinkelräta mot magnetfältet och triangelsidorna enligt högerhandsregeln.



8.



Strömmen ger upphov till ett magnetfält $B_I = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$ riktat längs tangenten till fältlinjen, vars riktning ges av skruvregeln. Kompassnålen ställer in sig enligt det resulterande horisontella magnetfältet B_{Rh}. Enligt figuren blir vinkeln $\alpha = \arctan\dfrac{B_I}{B_{jh}}$.

Insatta siffror I = 12 A, r = 0,200 m ger B_I = 12 μT $\Rightarrow \alpha$ = 37°.

9a. Hela strömmen i_0 går genom 0,12 Ω-resistorn. Då kondensatorn är oladdad, är spänningen över den 0. Potentialvandring ger då att spänningen över 0,12 Ω-resistorn är 9,0 V.

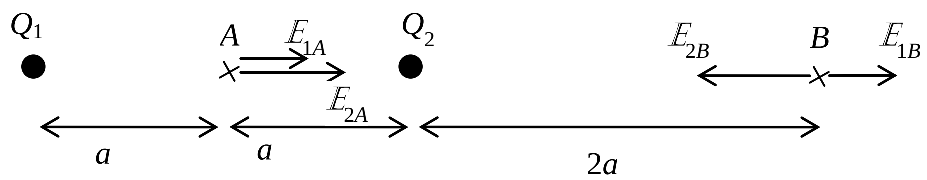
Strömmen genom denna resistor blir enligt Ohms lag $i_0 = \dfrac{9{,}0\ \text{V}}{120\ \Omega} = 0{,}075$ A. <u>Svar:</u> 75 mA.

9b. Då kondensatorn är fulladdad, går ingen ström genom den. Hela strömmen i måste därför passera både 0,18 Ω-resistorn och 0,12 Ω-resistorn. Potentialvandring runt kretsen ger $9{,}0\ \text{V} - (180\ \Omega) \cdot i_\infty - (120\ \Omega) \cdot i_\infty = 0$.

Här kan man lösa ut strömmen $i_\infty = \dfrac{9{,}0\ \text{V}}{300\ \Omega} = 0{,}030$ A. <u>Svar:</u> 30 mA.

9c. Spänningen över kondensatorn är hela tiden dessamma som över 0,18 kΩ-resistorn eftersom dessa är parallellkopplade. När kondensatorn nått sin slutliga laddning, är strömmen genom 0,18 kΩ-resistorn 0,30 mA enligt b-uppgiften. Detta ger att den slutliga spänningen över kondensatorn är 0,030 A · 180 Ω = 5,4 V. I det ögonblick när kondensatorn har 75 % av sin slutliga laddning, har den också 75 % av sin slutliga spänning. Spänningen över kondensatorn i detta ögonblick är alltså 0,75 · 5,4 V = 4,05 V. Genom potentialvandring runt kretsen finner vi att spänningen över 0,12 Ω-resistorn i detta ögonblick är 9,0 V – 4,05 V = 4,95 V. Detta ger en ström genom 0,12 Ω-resistorn på $\dfrac{4{,}95\ \text{V}}{120\ \Omega} =$ 0,04125 A. Samma ström går genom batteriet. <u>Svar:</u> 41 mA.

10. Välj positiv riktning för fältstyrkan åt höger. Fältstyrkan är i varje punkt riktad ut från den positiva laddningen och in mot den negativa laddningen.



$$E_1 = E_{1A} + E_{1A} = k\frac{Q_1}{a^2} + k\frac{|Q_2|}{a^2}$$

$$E_2 = E_{2A} - E_{2A} = k\frac{Q_1}{(4a)^2} - k\frac{|Q_2|}{(2a)^2},$$

där $Q_1 = 25 \cdot 10^{-9}$ C, $Q_2 = -42 \cdot 10^{-9}$ C och $a = 0{,}050$ m.

Insatta siffror ger $E_1 = 2{,}41 \cdot 10^5$ V/m, $E_2 = -3{,}21 \cdot 10^4$ V/m.
<u>Svar:</u> I punkten *A* är fältstyrkan 0,24 MV/m åt höger, i punkten *B* är den 32 kV/m åt vänster.

Tentamen i IF0402 Fysik, Ten 1:3 120806

11a. Jonernas hastighet efter accelerationen ges av $\frac{mv^2}{2} = eU$, där U är accelerationsspänningen 2,50 kV. Detta ger $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$.

Ett annat uttryck för hastigheten ges av kraftekvationen $F_R = ma$, där $F_R = F_B = evB$ är den magnetiska kraften och $a = a_{CP} = \frac{v^2}{r}$, där r är banans radie. Vi får då

$$evB = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \frac{reB}{m}.$$

Sammanställning av de två uttrycken för v ger $\sqrt{\frac{2eU}{m}} = \frac{reB}{m} \Rightarrow m = \frac{r^2B^2e}{2U}$.

Med r = 0,150 m får vi m = <u>$1{,}99 \cdot 10^{-26}$ kg</u> .

11b. I hastighetsfiltret måste den elektriska och den magnetiska kraften vara lika stora för att jonen ska gå rakt igenom. Detta ger $e\mathbb{E} = evB \Rightarrow \mathbb{E} = vB \Rightarrow \mathbb{E} =$ <u>$3{,}3 \cdot 10^4$ V/m</u>.

12. Antag att bollen går genom hålet vid tiden t_1 och träffar bortre väggen vid t_2. Då gäller

$$\begin{cases} x_1 = v_{0x}t_1 \\ y_1 = v_{0y}t_1 - \frac{gt_1^2}{2} \\ x_2 = v_{0x}t_2 \\ y_2 = v_{0y}t_2 - \frac{gt_2^2}{2} \end{cases},$$

där x_1 = 1,37 m, y_1 = 0,86 m, x_2 = (1,37 + 0,74)m = 2,11 m och y_2 = 1,08 m. Obekanta är t_1, t_2, v_{0x} och v_{0y}. Tidpunkterna kan elimineras ur första och tredje ekvationen: $t_1 = \frac{x_1}{v_{0x}}$, $t_2 = \frac{x_2}{v_{0x}}$.

Sätter man in detta i de övriga ekvationerna, får man

$$\begin{cases} y_1 = \frac{v_{0y}}{v_{0x}}x_1 - \frac{gx_1^2}{2v_{0x}^2} \\ y_2 = \frac{v_{0y}}{v_{0x}}x_2 - \frac{gx_2^2}{2v_{0x}^2} \end{cases}.$$

För att eliminera v_{0y} kan man dela den övre ekvationen med x_1 och den undre med x_2. Sedan subtraherar man ekvationerna ledvis. Detta ger

$$\frac{y_2}{x_2} - \frac{y_1}{x_1} = -\frac{g}{2}(x_2 - x_1)\frac{1}{v_{0x}^2} \Rightarrow v_{0x} = \sqrt{\frac{g(x_2 - x_1)x_1x_2}{2(x_2y_1 - x_1y_2)}} \Rightarrow v_{0x} = 5{,}60 \text{ m/s.}$$

Återsubstitution i övre ekvationen ger $v_{0y} = \frac{v_{0x}y_1}{x_1} + \frac{gx_1}{2v_{0x}} \Rightarrow v_{0y}$ = 4,72 m/s.

Till sist beräknas utgångsfarten $v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} \Rightarrow v_0$ = 7,3 m/s och kastvinkeln

$$\alpha = \arctan\frac{v_{0y}}{v_{0x}} \Rightarrow \alpha = 40°.$$

<u>Svar:</u> v_0 = 7,3 m/s, α = 40°.