

Dugga i Elektromagnetisk fältteori för F2 och TM2.
EEF031 2021-11-27, kl. 8:30-12:30

Tillåtna hjälpmedel: BETA, Physics Handbook,
Formelsamling i Elektromagnetisk fältteori.
Valfri kalkylator, minnet måste raderas.
Inga egna anteckningar utöver egna formler på sista
bladet i formelsamlingen i elektromagnetisk fältteori

Förfrågningar: Andreas Fhager,
Lösningar: Anslås på kursens hemsida senast första vardagen efter
duggan

Resultatet: Distribueras på föreläsning
Granskning: Plats och tid annonseras på kurshemsidan
Kom ihåg Poängavdrag görs för otydliga figurer, utelämnade
referensriktningar, dimensionsfel och utelämnade
motiveringar.

Till tentan: Elektrostatiken (tal 1 och 2) och Magnetostatiken (tal 3 och 4) bedöms
var för sig och poängen tillgodoräknas separat på tentan. Även teoridel och
problemdel räknas separat. Duggaresultatet räknas om till en procentsats av
maxpoängen och respektive tal på tentan kan om så önskas hoppas över med lika
många procent av maxpoängen tillgodo. Om man trots poäng tillgodo från duggan
väljer att räkna motsvarande tal på tentan gäller bästa resultatet. Resultat från
duggan gäller på ordinarie tenta och de två närmast därpå följande omtentamina.

Svaren på förståelsedelen skall ges direkt på tesen som ska lämnas in

Förståelsefrågorna besvaras genom att markera en av rutorna efter varje
påstående till höger. En och endast en ruta på varje rad skall markeras.
De tre svarsalternativen (från vänster till höger är) Rätt, Vet ej och Fel.
Riktigt svar ger +0.2 poäng oriktigt svar ger -0.2 p. Vet ej är neutralt och
ger noll poäng. Förståelseuppgifterna ger maximalt 1 poäng och lägst -
1 poäng och man kan därför få 1 poäng även med ett vet ej svar.

Namn:

1 Elektrostatik

Problemlösningsdel (8 poäng)

Längs linjesegmentet $x = 0, -1 \leq y \leq 1, z = 1$, ligger en linjeladdning med en linjeladdningstäthet som beskrivs som $\rho_l = \pi|y| \mu C/m$. I planet som beskrivs av $z = 0$ finns ett ledande plan. Bestäm laddningstätheten på ytan av det ledande planet i punkten

A) $(x, y, z) = (0, 0, 0)$

B) $(x, y, z) = (0, 1, 0)$

Förståelsedel (4 poäng)

c) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

| | ja | ? | nej |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Elektrostatiken kan beskrivas full ut med ett, och endast ett postulat. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Den elektrostatiska teorin bygger på postulat som enbart kan visas experimentellt. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Den elektromagnetiska teorin är ett exempel på klassisk fysikalisk teori. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Den elektromagnetiska teorin har ett makroskopiskt synsätt. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| I en makroskopisk teori innehåller varje litet volymselement, dV , väldigt många laddningar som antas vara homogent fördelade i volymselementet. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Det elektrostatiska fältet definieras utifrån den kraft som kan mätas upp på en testladdning som befinner sig i nämnda fält. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

d) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

| | ja | ? | nej |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Det elektrostatiska fältet, E , har enheten A/m. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| De elektrostatiska fältlinjerna beskriver slutna slingor som cirkulerar runt laddningarna. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Två positivt laddade sfärer påverkar varandra med en repulsiv kraft. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Det elektriska fältet E definieras utifrån den kraftverkan som kan mätas upp på en testladdning. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| En ensam punktladdning placerad i vila i origo kan i vissa fall ge upphov till E-fältkomponenter som inte är riktade i radiell led. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Elektrostatiska potentialytor kan skära E-fältlinjerna med godtycklig vinkel. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

e) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

| | ja | ? | nej |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Det elektrostatiska E-fältet är källfritt. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Det elektrostatiska E-fältet är rotationsfritt. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Det elektrostatiska E-fältet är konservativt. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Det elektrostatiska E-fältet i en perfekt ledare kan vara nollskilt. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vakuüm har den relativa permittiviteten $\epsilon_r=0,0$ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vatten har en något lägre relativ permittivitet än vakuüm. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

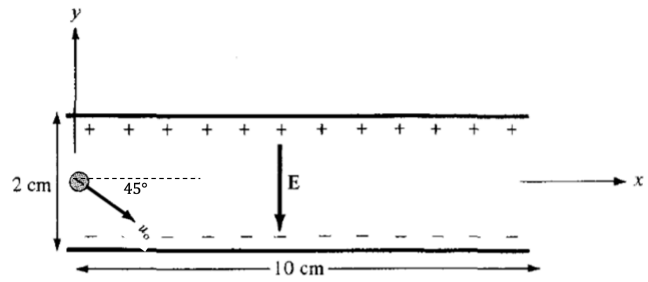
f) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

| | ja | ? | nej |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Poisson's ekvation har en entydig lösning om givna randvillkor är uppfyllda. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lapace's ekvation kan lösas med hjälp av numeriska lösare, den beräknade numeriska lösningen är därvid lika med den exakta lösningen (som hade erhållits om problemet lösts analytiskt), i de grid-punkter som används för att diskretisera lösningsområdet. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Speglingsmetoden kan användas vid spegling av laddningsfördelningar i plana ledande ytor. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Speglingsmetoden kan användas för att lösa fältproblem med en fördelning av punktladdningar som ligger nära ett 90° hörn mellan två oändligt stora metalliska halvplan. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Speglingsmetoden kan användas för att lösa fältproblem med en fördelning av punktladdningar som ligger nära ett 90° hörn mellan två oändligt stora isolerande halvplan. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Poissons ekvation gäller endast för de fall då man sätter potentialen $V=0$ oändligt långt bort, ($R=\infty$) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

2 Elektrostatik

Problemlösningsdel (8 poäng)

En elektron skjuts med begynnelsehastigheten $u_0 = 10^7 \text{ m/s}$ och vinkeln 45° från x-axeln in i det homogena E-fältet mellan två parallella kondensatorplattor, se figuren. (Man kan alltså anta att fältet har konstant storlek och riktning i hela området mellan plattorna.)



Elektronen kommer in precis mitt mellan plattorna, se figuren.

A) Bestäm det minsta möjliga värdet på E så att laddningen inte träffar den nedre plattan. (4p)

B) Antag nu att E-fältet är av samma storlek som bestämdes i uppgift A. Kommer elektronen under sin fortsatta rörelse att krocka in i den övre plattan efter en stund? Om svaret är ja, beräkna position och hastighet med vilken elektronen träffar den övre plattan. (4p)

Förståelsedel (4 poäng)

c) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

Gauss lag på punktform och på integralform beskriver helt ekvivalent fysik. ja ? nej

Kontinuitetsekvationen kan härledas från de elektrostatiska postulaten. ja ? nej

Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger **bland annat** på Gauss lag. ja ? nej

Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger **bland annat** på att B-fältet är rotationsfritt. ja ? nej

Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger **bland annat** på att E-fältet är divergensfritt. ja ? nej

Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger **bland annat** på att E-fältets är konservativt. ja ? nej

d) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

ja ? nej

Elektriska monopoler används som modell när man vill beskriva de dielektriska egenskaperna hos ett polariserbart material. ja ? nej

Permanentmagneter har ett permanent polarisationfält P . ja ? nej

E-fältet från en elektrisk punktladdning är rotationsfritt. ja ? nej

Det elektriska fältet, E , från en elektrisk dipol avtar med avståndet som $1/R$. ja ? nej

P fältet definieras genom att (vektor)summera dipolmomenten i en liten volym dV , och sedan uttrycka P som totalt dipolmomentet per volymsenhet. ja ? nej

I en plastbit som inte utsätts för något externt pålagt E-fält är det rimligt att anta att $P = 0$. ja ? nej

e) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

ja ? nej

Källan till förskjutningsfältet D är de fria laddningarna. ja ? nej

Sambandet mellan D och E är sådant att D är direkt proportionellt mot E för alla material. ja ? nej

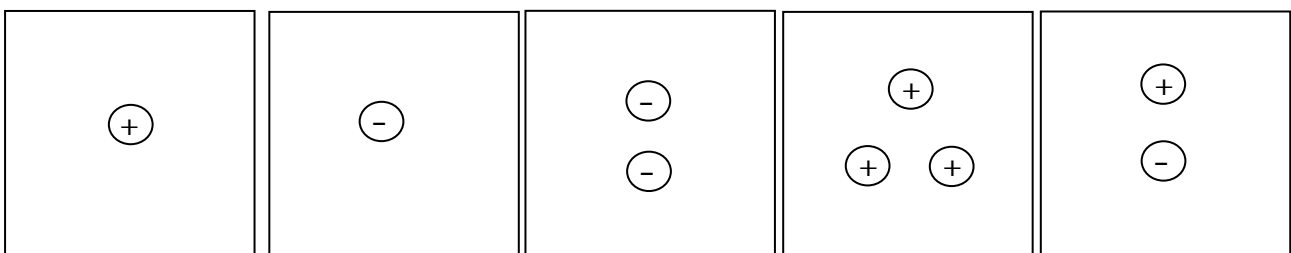
Sambandet $D = \epsilon E$ mellan E- och D-fältet är en direkt konsekvens och kan härledas från postulaten i elektrostatiken. ja ? nej

I det allmänna fallet kan D-fältslinjerna vara riktade åt annat håll än E-fältslinjerna. ja ? nej

Man kan konstruera en apparat som kan mäta E-fältet vid en direkt mätning. ja ? nej

Man kan konstruera en apparat som kan mäta D-fältet vid en direkt mätning. ja ? nej

f) Skissa EKVIPOTENTIALYTORNA runt följande laddningsfördelningar. Alla bilder visar tvärsnitt av olika konfigurationer av positiva och negativa linjeladdningar som går in/ut ur papperet. För poäng ska det principiella utseendet vara korrekt i hela det markerade kvadratiska området för respektive konfiguration. (1 poäng)



3 Magnetostatik

Problemlösningsdel (8 poäng)

A) Laddningen Q är jämnt fördelad på en cirkulär skiva med radien R . Skivan roterar med vinkelfrekvens ω runt sin centrumaxel. Beräkna B -fältet i centrum av skivan.

Förståelsedel (4 poäng)

b) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

| | ja | ? | nej |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Magnetostatiken kan beskrivas full ut med två, och endast två postulat. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Den magnetostatiska teorin bygger på postulat som enbart kan visas experimentellt. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger bland annat på att B -fältet är divergensfritt. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger bland annat på att B -fältet har en nollskild rotation. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Det magnetostatiska fältet orsakas av laddningar som rör sig med konstant hastighet. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Det magnetoistiska fältet definieras baserat utifrån den kraft som kan mätas upp på en testladdning som rör sig i nämnda fält. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

c) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

| | ja | ? | nej |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| B -fältet är rotationsfritt. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| H -fältet är divergensfritt. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| B -fältet är konservativt. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Man kan konstruera en apparat som kan mäta B -fältet vid en direkt mätning. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Man kan konstruera en apparat som kan mäta H -fältet vid en direkt mätning. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Den magnetiska vektorpotentialen kan definieras tack vare att $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

d) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

| | ja | ? | nej |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| En cirkulär strömslinga ledare placerad i vacuum som leder en ström skapar ett nollskilt \mathbf{M} -fält i vacuumet. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vacuum modelleras med den relativa permeabiliteten $\mu_r = 1,0$. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| En permanentmagnet har ett nollskilt \mathbf{M} -fält i själva magneten. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| En permanentmagnet som är placerad i vacuum skapar ett nollskilt \mathbf{M} -fält i vacuumet. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| En permanentmagnet som är placerad i vacuum skapar ett nollskilt \mathbf{D} -fält i vacuumet. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Den magnetiska dipolen består av två cirkulära slingor placerade bredvid varandra och där slingorna leder ström i olika riktningar. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

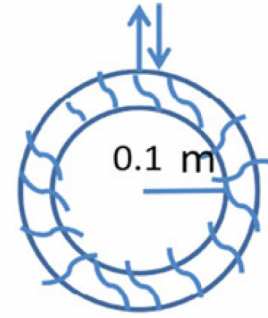
e) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

| | ja | ? | nej |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Laddningar i <i>vila</i> som <i>endast</i> utsätts för ett B -fält <i>kan</i> påverkas av en kraft. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Laddningar i <i>rörelse</i> som <i>endast</i> utsätts för ett B -fält <i>kan</i> påverkas av en kraft. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Laddningar som rör sig <i>parallellt</i> med B -fältslinjerna utsätts för en kraft orsakad av B -fältet. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Laddningar som rör sig <i>vinkelrätt</i> mot B -fältslinjerna utsätts för en kraft orsakad av B -fältet. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Laddningar i <i>vila</i> som utsätts både för ett B -fält och ett E -fält påverkas <i>under vissa förutsättningar</i> av en kraft. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Kraften på en laddning orsakad av ett B -fält har samma riktning som kraften orsakad av ett E -fält. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4 Magnetostatik

Problemlösningsdel (8 poäng)

En torus med radien 0,1 m är lindad med en tråd som leder en ström, se figuren. Antag att tråden är tätlindad, att den är lindad med 100 varv och att den leder strömmen 3,0 A. Antag vidare att diametern på torusens tvärsnitt är mycket liten jämfört med radien på 0.1 m. Gör beräkningar genom att utgå från Amperes lag och använd den på torusen för att bestämma \mathbf{B} , \mathbf{H} och \mathbf{M} -fälten inuti torusen i följande två fall:



- A) Materialet inuti torusen är vacuum.
- B) Materialet inuti torusen består av ett material med den relativa permeabiliteten $\mu_r = 500$.

(Det är inte tillåtet att utgå från en formel som direkt ger tex B-fältet i en tätlindad torus. Uppgiften är att visa hur man gör beräkningarna utgående från Amperes lag.)

Förståelsedel (4 poäng)

c) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

Amperes lag på punktform och på integralform är ekvivalenta och beskriver ekvivalent fysik. Linjeintegralen av B-fältet längs en sluten slinga i ett område där strömtätheten $\mathbf{J} = 0$ kan vara nollskild.

ja ? nej

Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger **bland annat** på Gauss lag. Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger **bland annat** på att B-fältet är rotationsfritt.

Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger **bland annat** på att divergensen av E-fältet är lika med laddningstätheten genom ϵ_0 .

Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger **bland annat** på att rotationen av B-fältet är lika med den fria strömtätheten gånger permeabiliteten.

d) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

Normalkomponenten av strömtäthetsfältet, \mathbf{J} , är alltid kontinuerlig i gränsen mellan två material med olika σ .

ja ? nej

Tangentialkomponenten av strömtäthetsfältet, \mathbf{J} , är alltid kontinuerlig i gränsen mellan två material med olika σ .

Man kan teckna Biot-Savarts lag som en volymsintegral.

Man kan teckna Biot-Savarts lag för en ytström.

Man kan enbart använda Biot-Savarts lag för att beräkna B-fältet från strömmar som går i en sluten slinga.

Amperes lag kan ibland användas istället för Biot-Savarts lag vid fältberäkningar.

e) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

Man kan välja divergensen av den magnetiska vektorpotentialen fritt

ja ? nej

Man kan välja rotationen av den magnetiska vektorpotentialen fritt

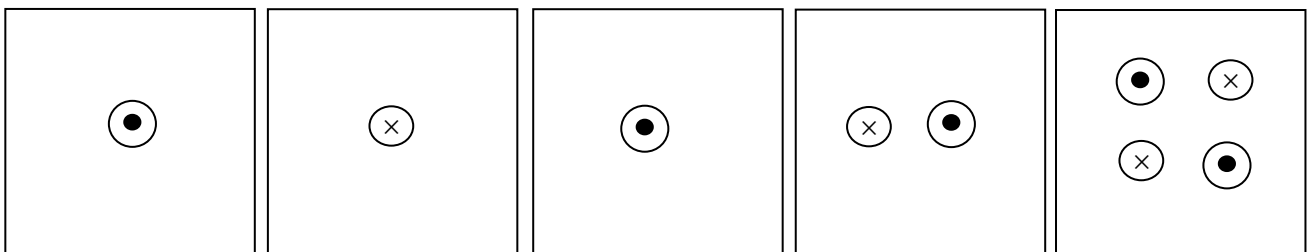
Varje komponent av den magnetiska vektorpotentialen uppfyller Poissons ekvation.

Den magnetiska vektorpotentialen kan definieras tack vare att B-fältet är konservativt.

Kirchoffs strömlag kan härledas från $\nabla \cdot \mathbf{J} = 0$.

Kirchoffs spänningslag kan härledas $\nabla \cdot \mathbf{J} = 0$.

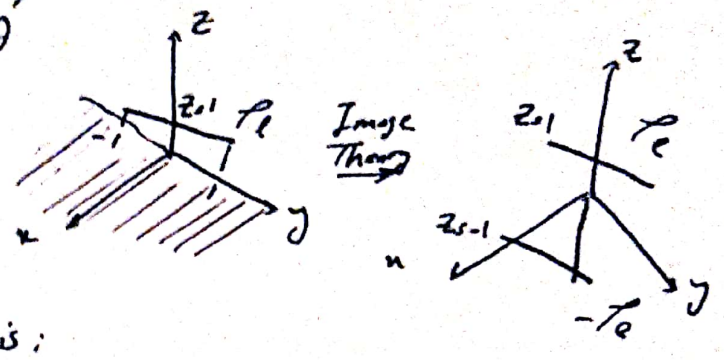
f) Skissa \mathbf{B} -fältslinjerna runt följande strömfördelningar. Alla bilder visar olika konfigurationer av strömmar som går in eller ut ur papperet. För poäng ska det principiella utseendet och fältlinjernas riktningar vara korrekta i hela det markerade kvadratiska området för respektive konfiguration. (1 poäng)



①

We consider a differential element dy' that has charge $dq = \rho_e dy'$.

This point charge with its image pair creates the following electric flux density dD on y -axis:



$$dD = \frac{\rho_e dy' [(y-y')\hat{a}_y - \hat{a}_z]}{4\pi [(y-y')^2 + 1]^{3/2}} - \frac{\rho_e dy' [(y-y')\hat{a}_y + \hat{a}_z]}{4\pi [(y-y')^2 + 1]^{3/2}}, \quad \frac{-\rho_e dy' \hat{a}_z}{2\pi [(y-y')^2 + 1]^{3/2}}$$

$$D(y) = \int dD = \int_{-1}^1 \frac{-\rho_e |y'| \hat{a}_z dy'}{2\pi [(y-y')^2 + 1]^{3/2}} = -\frac{\hat{a}_z}{2} \int_{-1}^1 \left[\frac{y'}{[(y-y')^2 + 1]^{3/2}} + \frac{y'}{[(y+y')^2 + 1]^{3/2}} \right] dy'$$

$$= \frac{\hat{a}_z}{2} \left[\frac{y(y-1)+1}{[(y-1)^2 + 1]^{3/2}} + \frac{y(y+1)+1}{[(y+1)^2 + 1]^{3/2}} \right]_0^1$$

$$= \frac{\hat{a}_z}{2} \left[\frac{y(y-1)+1}{[(y-1)^2 + 1]^{3/2}} + \frac{y(y+1)+1}{[(y+1)^2 + 1]^{3/2}} - 2(y^2 + 1)^{3/2} \right]$$

a) $\rho_s(0,0,0) = D \cdot \hat{a}_z / y=0 = \frac{\hat{a}_z}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} - 2 \right] = -0.29 \mu C/m^2$

b) $\rho_s(0,1,0) = D \cdot \hat{a}_z / y=1 = \frac{\hat{a}_z}{2} \left[1 + \frac{3}{\sqrt{6}} - 2 \right] = -0.24 \mu C/m^2$

a) To find the minimum value of E so that the charge does not hit the lower plate, we should find the trajectory of the charge.

The only force acting on it is the force caused by the constant E .

$$\vec{E} = E \cdot \hat{j} \rightarrow \vec{F} = E \cdot e \hat{j}, \quad e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Neglecting the gravitational force, from Newton's Second law, we have:

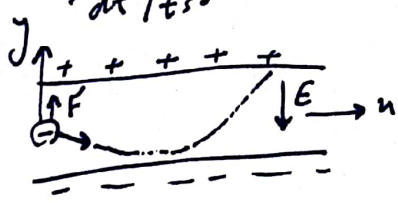
$$F = ma \rightarrow E \cdot e = ma \rightarrow a = E \cdot \frac{e}{m}$$

The force is only in \hat{j} , so is the acceleration. Therefore we have:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = E \cdot \frac{e}{m} \rightarrow \frac{dy}{dt} = E \cdot \frac{e}{m} t + C_1 \rightarrow y = \frac{1}{2} E \cdot \frac{e}{m} t^2 + C_1 t + C_2$$

at $t=0$ the charge is at the origin so $y|_{t=0} = C_2 = 0$. We also have

$$\left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} = C_1 = -\frac{\sqrt{2}}{2} v \rightarrow y = \frac{1}{2} E \cdot \frac{e}{m} t^2 - \frac{\sqrt{2}}{2} v \cdot t \leftarrow \text{Trajectory of the charge}$$



We want the charge to reach the lower plate at the vicinity of $y = -w/2$ but does not hit that. Therefore its velocity should be zero at $y = -w/2$

$$\left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} = E \cdot \frac{e}{m} t - \frac{\sqrt{2}}{2} v = 0 \rightarrow t = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} v}{E \cdot \frac{e}{m}} \quad \text{I}$$

$$-\frac{w}{2} = \frac{1}{2} E \cdot \frac{e}{m} t^2 - \frac{\sqrt{2}}{2} v \cdot t \quad \text{I} \rightarrow -\frac{w}{2} = \frac{1}{2} E \cdot \frac{e}{m} \frac{\frac{1}{2} v^2}{E \cdot \frac{e}{m}} - \frac{\sqrt{2}}{2} v \cdot \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} v}{E \cdot \frac{e}{m}}$$

$$\rightarrow E = \frac{1}{2} \frac{v^2}{e w/m} = 14062 \text{ V/m} \quad \text{II}$$

b) at $y = w/2$ we have $\frac{w}{2} = \frac{1}{2} E \cdot \frac{e}{m} t_1^2 - \frac{\sqrt{2}}{2} v \cdot t_1 \xrightarrow{\text{II}} \frac{1}{4w} U^2 t_1^2 - \frac{\sqrt{2}}{2} v \cdot t_1 - \frac{w}{2} = 0$
 $\rightarrow t_1 = 6.8 \times 10^{-9} \text{ s}$

The motion in \hat{i} direction is with constant velocity $\frac{\sqrt{2}}{2} v$, therefore at time

$t_2 = \frac{L}{\frac{\sqrt{2}}{2} v}$, the charge reaches at the end of the upper plate. $t_2 > t_1$

$\rightarrow t_2 = 1.41 \times 10^{-8} \text{ s}$ Hitting points $\left\{ \begin{array}{l} y = w/2 = 1 \times 10^{-2} \text{ m} \\ x = \frac{\sqrt{2}}{2} v \cdot t_1 = 4.8 \times 10^{-2} \text{ m} \end{array} \right.$ The charge hits the upper plate.

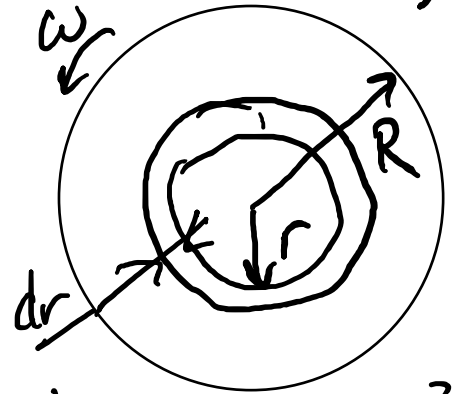
$$U_y = E \cdot \frac{e}{m} t_1 - \frac{\sqrt{2}}{2} v = 0.9 \times 10^7 \text{ V/m} \quad U = U_x \hat{i} + U_y \hat{j} = (0.7 \hat{i} + 0.9 \hat{j}) \times 10^7$$

3

Betrakta först en ring med radie r och tjocklek dr på skivan. Se fig.

Laddningen på ringen:

$$dq = Q \frac{2\pi r dr}{\pi R^2} = \frac{2qrdr}{R^2}$$



När skivan roterar kan strömmen på ringen uttryckas som

$$di = f dq = \frac{\omega}{2\pi} dq = \frac{\omega}{2\pi} r dr$$

Fältet i centrum av cirkulär strömslinga fås som

$$dB = \frac{\mu_0 di}{2r} = \frac{\mu_0 \omega}{2\pi} r dr$$

Totala fältet fås om allt integreras

$$B = \int dB = \int_0^R \frac{\mu_0 \omega r}{2\pi R^2} dr = \frac{\mu_0 \omega R}{2\pi}$$

Om skivan roterar mots enl figuren kan riktningen bestämmas, tex med högerhand s regeln. Fältet i riktat utåt från skivans/papp net.

4 Läggen Ampere-slinga i torusen, se fig.

A) Ampere-lag kan tecknas som

$$Hl = Ni$$

N - antal lindningsvarv, i - ström

l - längden på Ampere-slingan

H -fältet får då som

$$H = \frac{Ni}{l} = \frac{Ni}{2\pi r} = \frac{100 \cdot 3}{2\pi \cdot 0,1} = 477,46 \text{ A/m}$$

i vacuum får

$$B = \mu_r \mu_0 H = 1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 477,48 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

$$M = \frac{B}{\mu_0} - H = 0$$

B) H -fältet påverkas ej av materialet och är därför samma som i uppg A

$$B = \mu_r \mu_0 H = 500 \cdot \mu_0 H = 0,3 \text{ T}$$

$$M = \frac{B}{\mu_0} - H = \frac{0,3}{4\pi \cdot 10^{-7}} - 477,48 = 2,38 \cdot 10^5 \text{ A/m}$$

Enl. högerhandsregeln är alla fält riktade medurs i torusen

