

Tentamen i Elektromagnetisk fältteori för F2 och TM2.

EEF031 2015-08-20 kl. 14:00-18:00

Tillåtna hjälpmedel:	BETA, Physics Handbook, Formelsamling i Elektromagnetisk fältteori, Valfri kalkylator men inga egna anteckningar utöver egna formler på sista bladet i formelsamlingen i Elektromagnetisk fältteori
Förfrågningar:	Jinlin Liu, tel. 073-58 59 548
Examinator:	Andreas Fhager, tel. 076-125 70 12
Lösningar:	anslås på kursens hemsida
Resultatet:	anslås i LADOK
Granskning:	Sker på plats och tid annonseras på kurshemsidan
Kom ihåg	Poängavdrag görs för otydliga figurer, utelämnade referensriktningar, dimensionsfel och utelämnade motiveringar.

OBS!

Resultat från **läsårets** dugga får tillgodoräknas på elektrostatik- (tal 1) respektive magnetostatiktalet (tal 2). Bästa resultatet från duggan eller tentan räknas. Poäng på teoridelen respektive problemlösningsdelen räknas separat. Bonuspoäng från **årets** omgång av webb-frågorna får också tillgodoräknas till tentaresultatet.

Svaren på förståelsedelen skall ges på tesen som skall 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) Ja, Vet ej och Nej. Riktigt svar ger +0,2 poäng oriktigt svar ger -0,2p. Vet ej är neutralt och ger noll poäng. Förståelseuppgifterna ger maximalt 1 poäng och lägst -1 poäng och man kan därför få 1poäng även med ett vet ej svar.

Anonym kod:

(Var vänlig ange den **email-adress** som används för inlämningsuppgifterna bland den dolda personinformationen på omslaget)

1 (Elektrostatik)

Problemlösningsdel (8 poäng)

a) En telefonledning sitter upphängd på stolpar 5 m över marken. Beräkna ledningens kapacitans per meter. Hur definierar vi lämpligen kapacitansen för en ensam ledare? För beräkningarna kan vi anta att ledningen är mycket lång och att den har diametern 1 mm.

Förståelsedel (4 poäng)

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

	ja	?	nej
För att fullständigt beskriva den grundläggande fysiken i uppgiften ovan räcker ett av Maxwells postulat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
För att fullständigt beskriva den grundläggande fysiken i uppgiften ovan behövs två av Maxwells postulat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger endast på Gauss lag.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger endast på att B-fältet är källfritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger endast på att E-fältet är källfritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger endast på att rotationen av B-fältet är lika med den fria strömtätheten gånger permeabiliteten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

	ja	?	nej
Postulaten i elektrostatiken följer från Maxwells ekvationer om man antar att källorna inte rör sig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I kursen har vi använt den elektriska dipolen som en modell för den laddningsseparation som sker när en atom utsetts för ett elektriskt fält.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
På stort avstånd från en elektrisk dipol avtar fältet som $1/R^2$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
På stort avstånd från en elektrisk dipol avtar potentialen som $1/R$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Speglingsmetoden tillsammans med entydighetssatsen medför att Laplace ekvation ibland kan lösas mha. spegling.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Coulombs lag uttrycker hur stor kraften är mellan laddningar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

	ja	?	nej
Eftersom rotationen av det elektrostatiska fältet är lika med noll kan en potential definieras.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anledningen till att vi definierar den elektrostatiska potentialen om $E = -\nabla V$ är att få en naturlig koppling av V till den kinetiska energin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En perfekt ledare har alltid samma potential i hela sin volym.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fältet innanför en oladdad ihålig metallsfär med en punktladdning i håligheten beror på punktladdningens placering i hålet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fältet utanför en laddad ihålig metallsfär beror på hur håligheten ser ut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Det elektriska fältet är en skalär.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

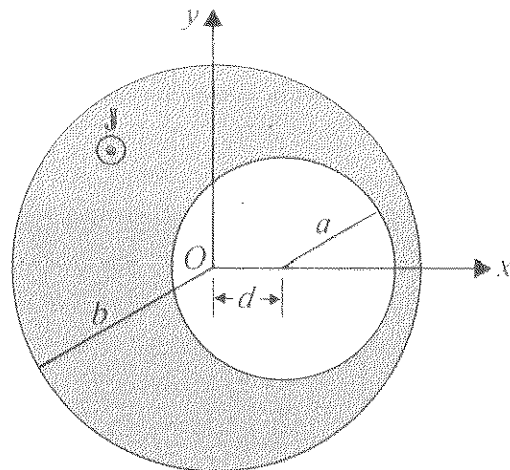
e) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

	ja	?	nej
Källan till förskjutningsfältet D är de bundna polarisationsladdningarna och de fria laddningarna.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sambandet $D = \epsilon E$ mellan E- och D-fältet kan härledas utifrån postulaten för elektrostatiken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Polarisationsfältet P har samma enheter som E-fältet och beskriver fältet från bundna laddningar i materialet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Om permeabiliteten för ett dielektriskt material är en konstant skalär oberoende av fältstyrkan och konstant i hela materialet, betyder det att materialet är homogent, isotropt och icke-linjärt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Om permeabiliteten för ett dielektriskt material är beroende av fältstyrkan betyder det att materialet är inhomogent.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I härledningen av entydighetssatsen för Poissons ekvation antar man att först att det finns flera lösningar som uppfyller lösningen men att de kan ha olika randvillkor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2 (Magnetostatik)

Problemlösningsdel (8 poäng)

a) I en mycket lång rak cylinder är ett cylindriskt hål utskuret. Centrum på det urskurna hålet är förskjutet avståndet d från centrum av den större cylindern, se figuren. Antag vidare att en strömtäthet är jämt fördelad i denna ledare. Beteckna den axiella strömtätheten som $J_0 \hat{z}$, beräkna storlek och riktning på B-fältet i det cylindriska hålet. Man kan anta att förskjutningen d och radierna på cylindrarna är sådana att den urskurna cylindern är helt omsluten av den större cylindriska ledaren, dvs $d+a < b$.



Förståelsedel (4 poäng)

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

	ja	?	nej
För att fullständigt beskriva den grundläggande fysiken i uppgiften ovan räcker ett av Maxwells postulat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
För att fullständigt beskriva den grundläggande fysiken i uppgiften ovan behövs två av Maxwells postulat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger bland annat på Gauss lag.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger bland annat på att B-fältet är källfritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger bland annat på att E-fältet är källfritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger bland annat på att rotationen av B-fältet är lika med den fria strömtätheten gånger permeabiliteten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

	ja	?	nej
Vid härledningen av Biot-Savarts lag kan man utgå från den magnetiska vektorpotentialen och dess allmänna lösning till Poissons ekvation.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man kan teckna Biot-Savarts lag som en volymintegral.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man kan teckna Biot-Savarts lag för en ytström.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man kan teckna Biot-Savarts lag för en strömförande tråd	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biot-Savarts lag kan endast användas för fältberäkning om strömmen beskriver en sluten slinga.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Amperes lag kan ibland användas direkt istället för Biot-Savarts lag vid fältberäkningar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

	ja	?	nej
Två långa raka parallella ledare som leder en likström i samma riktning känner av en attraktiv kraft, som orsakas av likströmmen och att det uppstår ett B-fält runt ledarna.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Två långa raka parallella ledare känner av en attraktiv kraft om bara den ena ledaren leder en likström, som orsakas av likströmmen och att det uppstår ett B-fält runt ledarna.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Magnetiska krafter kan förstås ur ett resonemang som baseras på att kontinuitetsekvationen alltid ska vara uppfylld.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Om vi använder metoden med virtuella förflyttningar för att beräkna den magnetiska kraften kan både flöde och ström hållas konstanta samtidigt under den tänkta förflyttningen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Om man håller strömmen konstant blir kraften större än om man håller flödet konstant eftersom batteriet i det fallet levererar energi till systemet för att hålla strömmen konstant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Om vi håller det magnetiska flödet konstant ska vi ha ett minustecken framför derivatan av energin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

	ja	?	nej
Magnetiseringsfältet härleds genom att summera magnetiska dipoler i en liten volym ΔV .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ett homogent magnetiserat material har en magnetiseringsströmstäthet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ett homogent magnetiserat material har en magnetiseringsytströmstäthet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den magnetiska vektorpotentialen från en magnetisk dipol avtar som $1/R^3$ på stort avstånd från dipolen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B-fältet från en magnetisk dipol avtar som $1/R^2$ på stort avstånd från dipolen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$\text{Div}(\mathbf{J})=0$ är en konsekvens av att laddningstätheten är konstant i tiden, vilket är fallet i statiken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

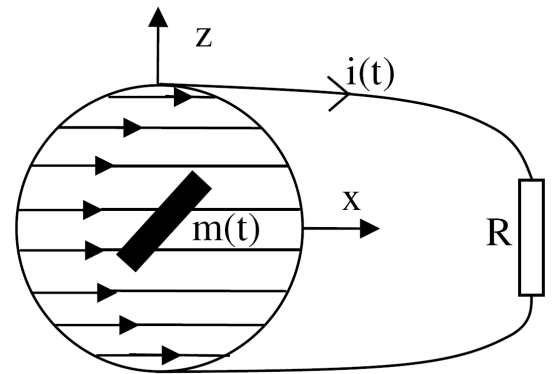
Problemlösningsdel (8 poäng)

a) En elektrisk generator är utformad enligt bilden. Den består av en isolerad ledningstråd som är lindad från botten till toppen utanpå ett tunt sfäriskt plastskal med ytterradien a . Antag att antalet lindningsvarv hos spolen är N och att dessa är jämt fördelade över sfären. Vid sfärens poler är lindningen ansluten till en yttre last, en resistor med resistansen R . I sfärens centrum finns en roterande permanentmagnet som roterar med vinkelhastigheten $\omega = \omega \hat{y}$, vinkelrätt mot dipolmomentaxeln så att det magnetiska dipolmomentet kan beskrivas som

$\mathbf{m}(t) = m_0(\sin(\omega t)\hat{x} + \cos(\omega t)\hat{z})$. Beräkna strömmen $i(t)$

genom lindningen och resistansen. *Ledning: Använd den*

magnetiska vektorpotentialen för att beräkna flödet genom lindningarna.



Förståelsedel (4 poäng)

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

	ja	?	nej
För att fullständigt beskriva den grundläggande fysiken i uppgiften ovan räcker två av Maxwells postulat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
För att fullständigt beskriva den grundläggande fysiken i uppgiften ovan behövs alla fyra Maxwells postulat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i uppgiften ovan bygger bland annat på att rotationen av H-fältet är den fria strömtätheten plus tidsderivatan av förskjutningsfältet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i uppgiften ovan bygger bland annat på att B-fältet är konservativt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i uppgiften ovan bygger bland annat på att rotationen av E-fältet är lika med minus tidsderivatan av B-fältet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i uppgiften ovan bygger bland annat på att E-fältet är källfritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

	ja	?	nej
Gauss lag modifieras när man går från elektrostatik till elektrodynamik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Amperes lag modifieras när man går från elektrostatik till elektrodynamik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kontinuitetsekvationen innehåller samma nollskilda termer i statiken som i dynamiken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man kan använda Lenz lag för att bestämma riktningen på strömmen i en stillastående slinga som befinner sig i ett tidsvarierande magnetfält.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lenz lag följer av Faradays lag.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lenz lag säger att en inducerad spänning förstärker förändringen i det pålagda magnetfältet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

	ja	?	nej
Retarderade potentialer kan användas för att beskriva hur E-fältet från en punktladdning som rör sig breder ut sig i rummet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Retarderade potentialer är en konsekvens av att inget kan färdas snabbare än ljuset.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Retarderade potentialer är lösningar till Poissons ekvation.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den retarderade potentialen har formen $A(t-R/c)$.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Det är praktiskt att använda komplex notation då man beskriver retarderade potentialer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den retarderade potentialen kan endast uttryckas med hjälp av den magnetiska vektorpotentialen, A .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

	ja	?	nej
Den skalära potentialen beskriver elektriska fält som härrör sig från laddningsseparation.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den skalära potentialen kan även beskriva elektriska fält som härrör sig från induktion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Två spolars ömsesidiga induktans beror på hur stor strömmen är i spolarna.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Två spolars ömsesidiga induktans beror på hur många lindningsvarv som finns i de två spolarna.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Det länkade flödet används då man beräknar självinduktansen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Det magnetiska flödet genom en slinga kan tecknas i termer av den magnetiska vektorpotentialen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4

Problemlösningsdel (8 poäng)

a) Ett flygplan flyger över havsytan samtidigt som det sänder ut en radiosignal. Antag att signalen kan beskrivas av en plan våg som propagerar vertikalt nedåt mot havsytan. Frekvensen hos den utsända signalen är 2 MHz och fältstyrkan 2000V/m. Om en ubåt kräver fältstyrkan $10 \mu\text{V/m}$ för att kunna ta emot signalen. Vilket är det maximala djupet på vilket den kan befinna sig för att fortfarande kunna nås av flygplanets radiosignaler? Antag att havsvatten har konduktiviteten 4 S/m och att vattnet är omagnetiskt $\mu=\mu_0$.

Förståelsedel (4 poäng)

b) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?	ja	?	nej
Kontinuitetsekvationen kan härledas från Maxwells fyra postulat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utöver Maxwells fyra postulat är kontinuitetsekvationen nödvändig för en fullständig beskrivning av den elektromagnetiska teorin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utöver Maxwells fyra postulat är definitionen av elektrisk och magnetisk potential nödvändig för en fullständig beskrivning av den elektromagnetiska teorin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utöver Maxwells fyra postulat är definitionen av konstitutiva relationer nödvändig för en fullständig beskrivning av den elektromagnetiska teorin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i uppgiften ovan bygger bland annat på att rotationen av E-fältet är lika med minus tidsderivatan av B-fältet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger bland annat på att rotationen av B-fältet är lika med den fria strömtätheten gånger permeabiliteten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?	ja	?	nej
Vågimpedansen hos luft är $Z=733\Omega$.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vågimpedansen för vatten är högre än för luft.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vågimpedansen för järn är högre än för luft.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vågimpedansen är alltid ett reellt tal.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vågimpedansen relaterar magnetiskt fält till elektriskt fält.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vågimpedansen bestäms av enbart av konduktiviteten och permittiviteten hos ett material	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?	ja	?	nej
Ljushastigheten i ett medium beror av permeabiliteten i materialet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ljushastigheten i ett medium beror av konduktiviteten i materialet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ljushastigheten i ett medium beror av permittiviteten i materialet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En plan våg har ingen fältkomponent i utbredningsriktningen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En plan våg kännetecknas av att fälten är riktade vinkelrätt mot utbredningsriktningen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
För plana vågor är fälten konstanta vinkelrätt mot utbredningsriktningen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?	ja	?	nej
Poyntings teorem uttrycker energikonsivering.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poyntingvektorn kan vara tidsberoende.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poyntingvektorn kan definieras med komplexa B- och E-fält.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poyntingvektorn har enheten W/m.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poyntingvektorn kan bara definieras för monokromatiska fält.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poyntingvektorn kan definieras som tidsmedelvärde eller som momentanvärde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Problemlösningsdel (8 poäng)

a) Man vill konstruera ett antensystem som skall kunna sända till den ena eller den andra av två stationära mobiltelefonanvändare. I ett första försök att åstadkomma ett sådant system använder man sig av två stycken Hertzdipoler. Fjärrfältet från en Hertzdipolantenn kan skrivas:

$$\bar{\mathbf{E}}_{rad} = \hat{\theta} Z_o \frac{j\omega l \bar{I}_o \sin \theta}{4\pi cr} e^{-j\beta r}$$

$$\bar{\mathbf{H}}_{rad} = \hat{\phi} \frac{j\omega l \bar{I}_o \sin \theta}{4\pi cr} e^{-j\beta r}$$

Visa hur man med hjälp av två sådana antenner och genom att kontrollera faserna hos de drivande strömmarna kan uppnå detta resultat. Hur bra är det föreslagna systemet? Hur skulle man kunna göra detta bättre?

Förståelsedel (4 poäng)

b) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?	ja	?	nej
För att fullständigt beskriva den grundläggande fysiken i uppgiften ovan räcker två av Maxwells postulat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
För att fullständigt beskriva den grundläggande fysiken i uppgiften ovan behövs alla fyra Maxwells postulat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i uppgiften ovan bygger endast på att rotationen av H-fältet är den fria strömtätheten plus tidsderivatan av förskjutningsfältet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i uppgiften ovan bygger endast på att E-fältet är rotationsfritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i uppgiften ovan bygger endast på att rotationen av E-fältet är lika med minus tidsderivatan av B-fältet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i uppgiften ovan bygger endast på att B-fältet är källfritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?	ja	?	nej
En Hertzdipol är <i>mycket kortare</i> än en våglängd.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strömmen i en Hertzdipol kan i varje ögonblick variera längs antennen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strömmen i en Hertzdipol kan vara tidsberoende.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hertzdipoler kan användas som byggstenar, vars fältbidrag integreras, då man utför beräkningar på andra mer komplexa antenner eller antensystem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En kvartsvågsantenn är ekvivalent med en halv vågsantenn över ett ledande plan.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strömmen antas vara noll i änden av en kvartsvågsantenn.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?	ja	?	nej
Snells lag gäller endast i gränssytor där permeabiliteten är samma på båda sidorna, dvs $\mu_1 = \mu_2$.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Snells reflektionslag säger att infallsvinkeln är samma som reflektionsvinkeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Med hjälp av Snells lag kan begreppet totalreflektion förstås.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Snells lag kan härledas genom att studera randvillkoren i gränsen mellan olika material.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En optisk fiber bygger på totalreflektion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Totalreflektion sker vid Brewstervinkeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?	ja	?	nej
Vid snett infall mot en gränssyta skiljer sig uttrycken på reflektionskoefficienten för vinkelrät polarisering jämfört med parallell polarisering mot infallsplanet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reflektionskoefficienten för effekt vid vinkelrätt infall är densamma som kvadraten på reflektionskoefficienten för amplituden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transmissionskoefficienten för effekt vid vinkelrätt infall är densamma som kvadraten på transmissionskoefficienten för amplituden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Summan av transmissionskoefficienten och reflektionskoefficienten för effekt i en och samma gränssyta mellan två förlustfria material är ett.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poyntingvektorn uttrycker en vågs intensitet i en viss riktning.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Om integralen av Poyntingvektorn över en sluten yta är negativ finns inga källor innanför ytan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

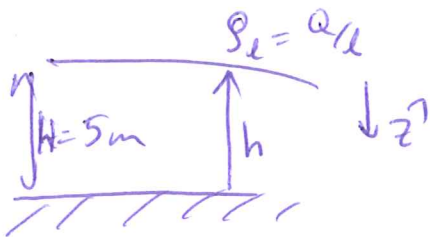
①

Allt beräkna kapacitets kräve beräkning av spänningsskillnad mellan två elektoder.

Den era är här tråden, den andra är marken.

Antag vidare att förhållandena är sådana att vi kan använda spegling.

Antag laddning Q på ledaren, beräkna ΔV .



$$H = 5 \text{ m}$$

$$R = 0,0005 \text{ m}$$

— spegelladdning
 $\rho_l = -Q/l$

Fältet som funktion av h : $E(h) = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{H-h} + \frac{1}{H+h} \right) \hat{z}$

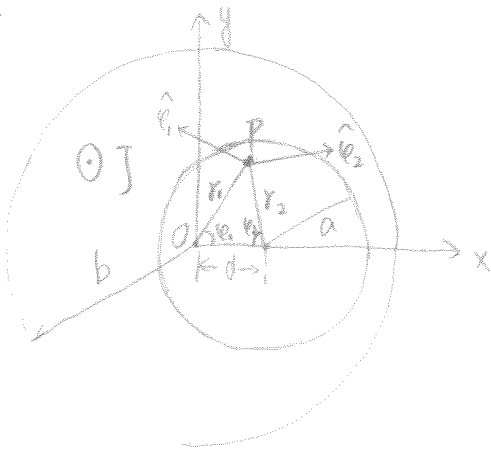
$$\text{Spänningsskillnad: } |\Delta V| = \int_0^{H+R} E \cdot dh = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0} \int_0^{H+R} \left(\frac{1}{H-h} + \frac{1}{H+h} \right) dh$$

$$= \frac{Q}{2\pi\epsilon_0} [\ln(2H-R) - \ln R]$$

Kapacitans per meter:

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln(2H-R) - \ln R} = 5,6 \text{ pF}$$

2.



The \vec{B} field at an arbitrary point P in the cavity is the superposition of two B fields: \vec{B}_1 and \vec{B}_2 . \vec{B}_1 is produced by a uniformly distributed cylindrical current $\vec{J} = J_0 \hat{z}$ with radius b . \vec{B}_2 is produced by a uniformly distributed cylindrical current $\vec{J} = -J_0 \hat{z}$ with radius a . According to the figure:

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 J_0 \pi r_1^2}{2\pi r_1} \hat{e}_1$$

$$= \frac{\mu_0 J_0}{2} r_1 \hat{e}_1$$

$$\hat{e}_1 = \cos e_1 \hat{y} - \sin e_1 \hat{x}$$

$$\vec{B}_2 = \frac{\mu_0 J_0 \pi r_2^2}{2\pi r_2} \hat{e}_2$$

$$= \frac{\mu_0 J_0}{2} r_2 \hat{e}_2$$

$$\hat{e}_2 = \cos e_2 \hat{y} + \sin e_2 \hat{x}$$

$$r_2 = \sqrt{(d - r_1 \cos e_1)^2 + (r_1 \sin e_1)^2} = \sqrt{r^2 + d^2 - 2dr \cos e_1}$$

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \frac{\mu_0 J_0}{2} [r_1 \cos e_1 \hat{y} - r_1 \sin e_1 \hat{x} + r_2 \cos e_2 \hat{y} + r_2 \sin e_2 \hat{x}]$$

$$= \frac{\mu_0 J_0}{2} [r_1 \cos e_1 \hat{y} - r_1 \sin e_1 \hat{x} + (d - r_1 \cos e_1) \hat{y} + r_1 \sin e_1 \hat{x}]$$

$$= \frac{\mu_0 J_0 d}{2} \hat{y}$$

3

Till att börja med ser vi att endast dipolens z-komponent ger flödesbidrag i de lindade varven.

Vektorpotentialen från z-komponenten blir:

$$A(r, \theta, \phi, t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{m_2 \times \hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0 m_0}{4\pi} \cos(\omega t) \frac{\hat{z} \times \hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0 m_0}{4\pi} \cos(\omega t) \frac{\sin\theta}{r^2} \hat{\phi}(\theta)$$

Flödet genom ett varv av lindningen beläget vid polvinkeln θ blir:

$$\Phi(\theta, t) = \int \mathbf{A} \cdot d\mathbf{l} = \frac{\mu_0 m_0}{4\pi} \cos(\omega t) \frac{\sin\theta}{a^2} \int_{-\pi}^{\pi} \hat{\phi} \cdot (a \sin\theta \hat{\phi} d\phi) = \frac{\mu_0 m_0}{2a} \cos(\omega t) \sin^2\theta$$

Med jämn varvbeläggning i θ -led förs att i intervallet $d\theta$ finns

$dN = \frac{N}{\pi} d\theta$ varv som passerar av flödet $\Phi(\theta)$

Detta ger ett bidrag till det sammanlagda flödet: $d\Phi = \Phi dN = \frac{\mu_0 m_0 N}{2\pi a} \cos(\omega t) \sin^2\theta$

$$\text{Totala flödet: } \Phi_{\text{total}}(t) = \frac{\mu_0 m_0 N}{2\pi a} \cos(\omega t) \int_0^\pi \sin^2\theta d\theta = \frac{\mu_0 m_0 N}{4a} \cos(\omega t)$$

Den inducerade spänningen

$$V = -\frac{d\Phi_{\text{total}}}{dt} = \frac{\mu_0 m_0 N \omega}{4a} \sin(\omega t)$$

$$\text{Strömmen } i \text{ i resistansen blir } i = \frac{V}{R} = \frac{\mu_0 m_0 N \omega}{4aR} \sin(\omega t)$$

④

För havsvattnet gäller vid 2 MHz $\frac{\sigma}{\omega \epsilon_0} \gg 1$

Så vi kan använda approximationen för goda ledare

För vattnet gäller

$$Z_2 = e^{j\pi/4} Z_0 \sqrt{\frac{\omega \epsilon_0}{\sigma}} = 1,99 e^{j\pi/4} \Omega$$

$$\alpha_2 \approx \beta_2 \approx \sqrt{\frac{\omega \mu_0 \sigma}{2}} \approx 5,62 \text{ m}^{-1}$$

För luft

$$Z_1 = Z_0 = 377 \Omega \quad \alpha_1 = 0$$

Transmissionskoefficient

$$t_{12} = \frac{2Z_2}{Z_2 + Z_1} = \frac{2 - 1,99 e^{j\pi/4}}{1,99 e^{j\pi/4} + 377} = \left\{ \begin{array}{l} \text{approximeras} \\ 11,99 e^{j\pi/4} \ll 377 \end{array} \right\} \approx 10,610^{-3} e^{j\pi/4}$$

Fältstyrka precis vid havsytan

$$2000 |t_{12}| = 21,1 \text{ V/m}$$

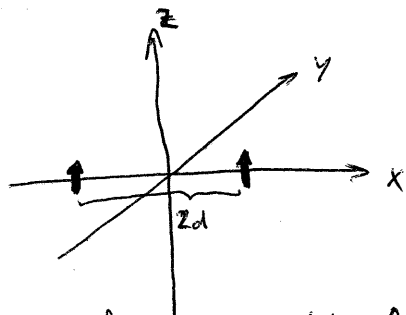
Vid propagation genom havet dämpas fältet som $e^{-\alpha_2 d}$ där d är den propagerade sträckan.

Villkoret för kommunikation med ubåtar ger då

$$10 \cdot 10^{-6} = 21,1 e^{-5,62 d} \Rightarrow d \approx 2,6 \text{ m}$$

5

Placera dipolerna enligt följande (med avståndet $2d$) på x-axeln

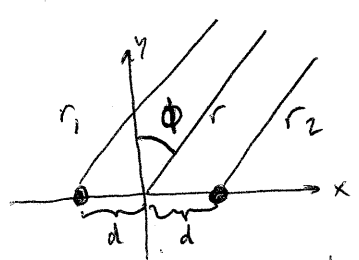


E-fältet från en dipol ges av:

$$\vec{E} = \hat{\theta} Z_0 \frac{j\omega L \bar{I}_0 \sin\theta}{4\pi r^2} e^{-j\beta r}$$

Vi begränsar analysen till x-y-planet så $\theta = 90^\circ$

Avstånden från antenn till fältpunkt:



Vi får för fasvariationerna $r_1 \approx r + d \sin\phi$
 $r_2 \approx r - d \sin\phi$

För amplitudvariationerna $r_1 \approx r_2 \approx r$

Vi låter också dipolerna drivas med strömmar vars fasskillnad är γ .

$$\bar{I}_{01} = I_0 e^{j\frac{\gamma}{2}} \quad \bar{I}_{02} = I_0 e^{-j\frac{\gamma}{2}}$$

Det totala fältet kan vi nu summera från som:

$$\begin{aligned} E &= E_1 + E_2 = Z_0 \frac{j\omega L I_0}{4\pi r^2} \left(e^{-j\beta(r+d\sin\phi)} e^{j\frac{\gamma}{2}} + e^{-j\beta(r-d\sin\phi)} e^{-j\frac{\gamma}{2}} \right) \\ &= Z_0 \frac{j\omega L I_0}{4\pi r^2} e^{-j\beta r} \left(e^{-j\beta d \sin\phi + j\frac{\gamma}{2}} + e^{j\beta d \sin\phi - j\frac{\gamma}{2}} \right) \\ &= Z_0 \frac{j\omega L I_0}{4\pi r^2} e^{-j\beta r} 2 \cos(\beta d \sin\phi - \frac{\gamma}{2}) \end{aligned}$$

För att få riktverkan krävs att $\cos(\beta d \sin\phi - \frac{\gamma}{2}) = 1$ i önskad riktning.

$$\text{dvs } \beta d \sin\phi = \frac{\gamma}{2} \Rightarrow \phi = \arcsin \frac{\gamma}{\beta d 2}$$

Här ser vi att givet avståndet, d , mellan antennerna och propageringskonstanten β så kan riktningen ϕ som ger maximal fältstyrka bestämmas med γ

Nackdelen med detta system är att om vi vill ha ett maximum i en viss riktning ϕ så får även ett i riktningen $180^\circ - \phi$ (pga arcsin)

Genom att använda fler antenner kan bättre kontroll på fältbilderna erhållas.