

Tentamen i Elektromagnetisk fältteori för F2 och TM2.

EEF031 2018-08-23, 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:	Måns Larsson, tel. 073-3769784
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:

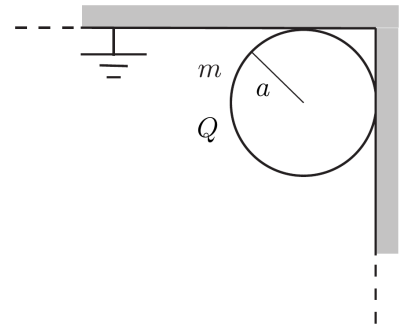
(Var vänlig ange den **email-adress** som används för inlämningsuppgifterna bland den dolda personinformationen på omslaget)

1 (Elektrostatik)

Problemlösningsdel (8 poäng)

En sfärisk ballong med radien a och massa m har blivit uppladdad genom att den gnidits mot en tröja. Den har fastnat mot taket vid kanten av en vägg enligt figur. Hur stor laddning, Q , på ballongen krävs för att den ska hållas uppe och inte falla mot marken?

Taket och väggen kan antas ha potentialen noll och ballongens laddning antas vara jämnt fördelad över dess yta. Eventuella friktionskrafter kan försummas.



Förståelsedel (4 poäng)

c) 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 rotationsfritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger bland annat på att E-fältet är rotationsfritt.	<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"/>

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

	ja	?	nej
Det elektrostatiska fältet är källfritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Det elektrostatiska fältet är rotationsfritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Det elektrostatiska fältet är konservativt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Det elektrostatiska fältet i en perfekt ledare är alltid konstant lika med noll.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Det elektrostatiska fältet är noll inuti ett laddat, sfäriskt metallskal, med jämt fördelad laddning över skalet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Det elektrostatiska fältet är noll inuti en laddad, kubisk metallbox, där boxen tillförts laddningen Q på skalet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

	ja	?	nej
Kraften på en laddad partikel som orsakas av ett E-fält är riktad längs med E-fältslinjerna.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laddningar i vila som utsätts för ett nollskilt E-fält påverkas alltid av en kraft orsakad av E-fältet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laddningar som rör sig <i>parallellt</i> med E-fältslinjerna utsätts alltid för en kraft orsakad av E-fältet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laddningar som rör sig <i>vinkelrätt</i> mot E-fältslinjerna utsätts alltid för en kraft orsakad av E-fältet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Två laddningar som befinner sig i närheten av varandra känner alltid av en attraktiv kraft, oberoende av de två laddningarnas polaritet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E-fältslinjer kan korsa varandra.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

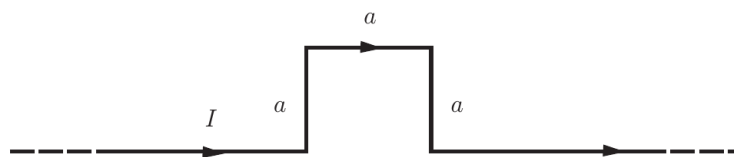
f) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

	ja	?	nej
Enheten för det elektriska fältet är V/m .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Det elektriska förskjutningsfältet, D , är en storhet som kan mätas direkt med en probe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
På stort avstånd från en elektrisk monopolkälla avtar E-fältet som $1/R$.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
På stort avstånd från en homogen laddningsfördelning som har formen av en cirkulär platta avtar fältet som $1/R^2$.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Antagande om approximativ strömfördelning ger en för hög resistans vid resistansberäkning.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Antagande om approximativ potentialfördelning ger en för låg resistans vid resistansberäkning.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2 (Magnetostatik)

Problemlösningsdel (8 poäng)

På en oändligt lång ledare placerad i vakuum har det uppkommit en kvadratisk deformation enligt figur. Genom tråden flyter en likström med strömstyrka I . Bestäm den magnetiska flödestätheten B i kvadratens centrum.



Förståelsedel (4 poäng)

c) 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 rotationsfritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i problemlösningsdelen ovan bygger bland annat på att E-fältet är rotationsfritt.	<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"/>

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

	ja	?	nej
B-fältets tangentialkomponent är alltid kontinuerlig i gränsen mellan två material.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H-fältets tangentialkomponent är alltid kontinuerlig i gränsen mellan två material.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B-fältets normalkomponent är alltid kontinuerlig i gränsen mellan två material.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H-fältets normalkomponent är alltid kontinuerlig i gränsen mellan två material.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B-fältet kan mätas direkt med en probe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H-fältet kan mätas direkt med en probe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

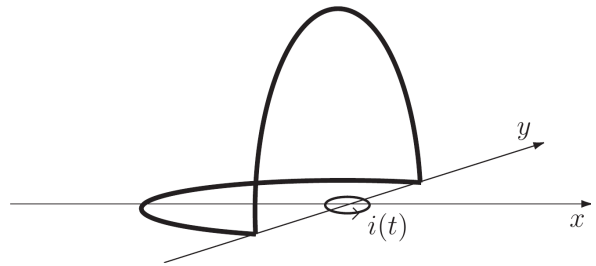
	ja	?	nej
På litet avstånd från en cirkulär strömförande slinga (med "stor" diameter) har magnetfältet samma matematiska form som fältet från en magnetisk dipol.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
På stort avstånd från en cirkulär strömförande slinga (med "stor" diameter) har magnetfältet samma matematiska form som fältet från en magnetisk dipol.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Paramagnetiska material har positiva relativa permeabilitetstal.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reluktans för en magnetfältskrets motsvarar ungefär resistans för en elektrisk krets.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B-fältets roll i magnetostatiken påminner om E-fältets roll i elektrostatiken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ferromagnetiska material, till exempel järn, är exempel på ett linjärt material, som har ett perfekt linjärt samband mellan B och H-fälten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

	ja	?	nej
Kontinuitetsekvationen för stationär ström kan härledas genom att man tar divergensen av Faradays lag.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$\nabla \cdot \mathbf{J} = 0$ gäller alltid, även för tidsvarierande laddningsfördelningar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kirchoffs strömlag kan härledas från $\nabla \cdot \mathbf{J} = 0$.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kirchoffs spänningslag kan härledas från $\nabla \cdot \mathbf{J} = 0$.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I den elektromagnetiska teorin kan laddning förstöras, dvs försvinna i tomma intet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strömtäthetsfältet har enheten A/m.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Problemlösningsdel (8 poäng)

En liten cirkulär slinga med radien a ligger i x - y -planet med centrum i origo. I slingan flyter en ström $i(t) = I_0 \sin \omega t$. En stor yttre slinga består av två halvcirkelformade trådar med radien $b \gg a$ och är placerad enligt figuren. Den yttre slingans resistans är R . Bestäm först magnetiska flödestätheten från den lilla slingan (på stort avstånd) och därefter den inducerade spänningen i den yttre slingan (du behöver inte ange strömmens riktning).



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 strömstätheten 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 B-fältet är rotationsfritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i uppgiften ovan bygger bland annat på att E-fältet är rotationsfritt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

c) 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"/>
Två spolars ömsesidiga induktans beror bland annat på hur stor strömmen är i spolarna.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Två spolars ömsesidiga induktans beror bland annat på hur många lindningsvarv som finns i de två spolarna.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Två spolars ömsesidiga induktans beror bland annat på deras avstånd till varandra.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En transformator bygger på ömsesidig induktans för sin funktion.	<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"/>

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 tidsvarierande laddningsfördelning breder ut sig i rummet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Retarderade potentialer uttrycker att ett elektromagnetiskt fält breder ut sig med ljusets hastighet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ett statiskt V-fält från en punktladdning är ett exempel på en retarderad potential.	<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"/>
Den retarderade potentialen kan endast uttryckas med hjälp av den magnetiska vektorpotentialen, A .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den magnetiska vektorpotentialen, A , har enheten A_m .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

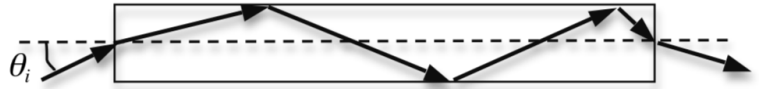
e) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?

	ja	?	nej
I elektromagnetismen är E-fältets tangentialkomponent kontinuerlig i gränsen mellan två material med olika permittivitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I elektromagnetismen är E-fältets normalkomponent kontinuerlig i gränsen mellan två material med olika permittivitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I elektromagnetismen är B-fältets tangentialkomponent kontinuerlig i gränsen mellan två material med olika permeabilitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I elektromagnetismen är B-fältets normalkomponent kontinuerlig i gränsen mellan två material med olika permeabilitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Randvillkoret för B-fältets tangentialkomponent förändras då man går från statik till tidsvarierande fält.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Randvillkoret för E-fältets tangentialkomponent förändras då man går från statik till tidsvarierande fält.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Problemlösningsdel (8 poäng)

a) En optisk fiber har relativ permittivitet $\epsilon_r = 1,25$. Beräkna vilka infallsvinklar θ_i som leder till att strålen genom totalreflektion transporteras hela vägen till den andra änden. (6 poäng)

b) Om vi istället haft att samtliga infallsvinklar ($0 < \theta_i < 90$) hade fungerat, vilken permittivitet hade vi då behövt? (2 poäng)



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 B-fältet är konservativt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i uppgiften ovan bygger endast på att B-fältet är rotationsfritt.	<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"/>

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

	ja	?	nej
Mha Fresnels ekvationer kan vinkeln mellan ytnormal och propagationsriktning beräknas för en plan våg som transmitteras genom en plan gränsyta med olika dielektriska material på respektive sida.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Brewstervinkeln anger den vinkel där ingen effekt transmitteras genom en gränsyta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vid totalreflektion transmitteras ingen effekt genom gränssytan.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vid totalreflektion reflekteras ingen effekt vid gränssytan.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Totalreflektion är möjlig då en elektromagnetisk våg går från ett optiskt tunnare till ett optiskt tätare medium.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Snells lag används för att definiera Brewstervinkeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Snells lag säger att för en plan våg som reflekteras/transmitteras i en plan gränsyta är reflektionsvinkeln samma som transmissionsvinkeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

	ja	?	nej
Fashastigheten i ett medium beror av permeabiliteten i materialet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fashastigheten i ett medium beror av konduktiviteten i materialet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fashastigheten i ett medium beror av permittiviteten i materialet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En plan våg har ingen E-fältskomponent i utbredningsriktningen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En plan våg kännetecknas av att B-fälten är riktade vinkelrätt mot utbredningsriktningen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
För plana vågor har fälten i varje ögonblick konstant belopp i hela planet 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 energikonservering.	<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)

En halv vågsantenn som leder strömmen $I = I_0 \sin \omega t \hat{z}$ är placerad med sin mittpunkt i punkten $(0, 0, a)$ över ett mycket stort perfekt ledande. Planets yta ges av $z = 0$.

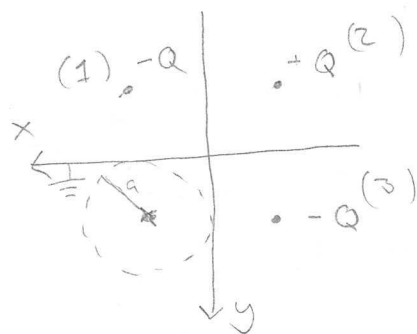
- a) Bestäm ytladdningstätheten i det ledande planet på komplex form. (7 poäng)
 b) Bestäm det tidsberoende uttrycket för samma laddningsfördelning. (1 poäng)

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"/>
Den grundläggande fysiken i uppgiften ovan bygger bland annat på att rotationen av H-fältet är lika med minus tidsderivatan av E-fältet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den grundläggande fysiken i uppgiften ovan bygger bland annat på att B-fältet är källfritt.	<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
$j\omega$ -metoden för fältberäkningar fungerar bara för harmoniskt varierande fält.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En plan våg kan uttryckas i komplex notation.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ett komplext uttryck på E-fältet innehåller ett explicit tidsberoende.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En plan våg kännetecknas bland annat av att E-fältet alltid är polariserat vinkelrätt mot utbredningsriktningen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En plan våg kännetecknas bland annat av att H-fältet kan vara polariserat i samma riktning som utbredningsriktningen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En plan våg kännetecknas bland annat av att E-fältet alltid är polariserat vinkelrätt mot utbredningsriktningen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?	ja	?	nej
Poyntingvektorn på ytan av en lång rak ledare som för en ström är riktad i strömmens riktning.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poyntingvektorn på ytan av en lång rak ledare som för en ström är riktad radiellt in mot ledarens centrum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ljushastigheten i ett medium bestäms av permeabiliteten och permittiviteten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Enheten för Poyntingvektorn är W/m ² .	<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 i ett förlustfritt medium är positiv finns inga källor innanför ytan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Vilket eller vilka (om något) av följande påståenden är riktiga?	ja	?	nej
En bra sändarantenn bör ha låg strålningsresistans.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En parabolantenn är ett exempel på en antenn där man eftersträvar hög direktivitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En antenn som sänder ut TV-sändningarna är ett exempel man eftersträvar hög direktivitet hos antennen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Det är en fördel om en antenn för som används för att ta emot GPS signaler har låg direktivitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Genom att placera ett antal halv vågsantennerna bredvid varandra på lämpligt sätt kan man styra antennenordningens antennförstärkning så den blir maximal i önskad riktning.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En Hertzdipol är en halv våglängd lång.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1)

Kraften på sfären är densamma som på en punktladdning Q i sfärens centrum.



P.g a. gatt tak och vägg är jordat behövs vi inför spegelladdningar som ger potentialen noll, se figur

Kraften på ballongen från spegelladdningarna beräknas med Coulombs lag.

$$F_{12} = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 R_{12}^2} \hat{R}_{12} \quad R_{12} = R_2 - R_1$$

R_{12} för (1), (2) och (3) är

$$(1): R_{12}^{(1)} = a\hat{x} - a\hat{y} - (a\hat{x} + a\hat{y}) = -2a\hat{y}$$

$$(2): R_{12}^{(2)} = -a\hat{x} - a\hat{y} - (a\hat{x} + a\hat{y}) = -2a\hat{x} - 2a\hat{y}$$

$$(3): R_{12}^{(3)} = -a\hat{x} + a\hat{y} - (a\hat{x} + a\hat{y}) = -2a\hat{x}$$

Totala kraften från laddningarna ges av

$$F_Q = - \frac{Q^2 2a}{4\pi \epsilon_0 (2a)^3} \hat{y} - \frac{Q^2 2a}{4\pi \epsilon_0 (2a)^3} \hat{x} + \frac{Q^2 2a}{4\pi \epsilon_0 (2\sqrt{2}a)^3} (\hat{x} + \hat{y})$$

$$= - \frac{Q^2}{16\pi \epsilon_0 a^2} \left(1 - \frac{1}{2\sqrt{2}}\right) (\hat{x} + \hat{y})$$

\hat{y} -komponenten är uppåt riktad oavsett
laddning på Q . För att ballongen
ska hållas uppe krävs att den är
större eller lika stor som tyngdkraften

$$F_{\text{mg}} = mg \hat{y}$$

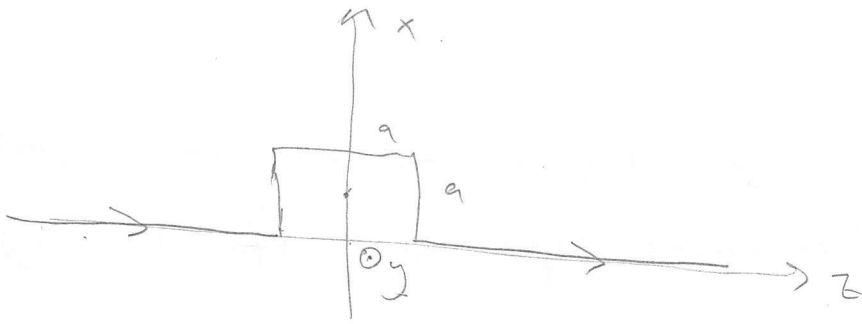
alltså

$$mg \leq \frac{Q^2}{16\pi\epsilon_0 a^2} \left(1 - \frac{1}{2\sqrt{2}}\right) = \frac{Q^2}{16\pi\epsilon_0 a^2} \frac{4-\sqrt{2}}{4}$$

eller

$$|Q| \geq \frac{3a\sqrt{mg\epsilon_0}}{\sqrt{4-\sqrt{2}}}$$

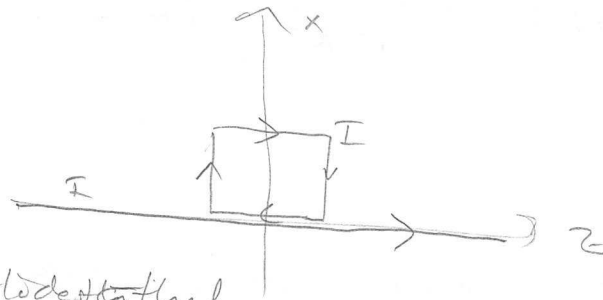
2



Magnetiska flödestätheten ska beräknas i

$$\mathbf{r} = \frac{a}{2} \hat{x}$$

komplettera strömtråden enligt figur t.h.



Detta ger samma flödestäthet

$$\mathbf{r} = \frac{a}{2} \hat{x}$$

och förklarar beräkningarna

till att beräkna bidraget från en kvadrat och en oändligt lång, rak ledare.

Bidraget från den räta ledaren fås av Ampères lag eller formelsamling

$$\mathbf{B}_1(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi \cdot \frac{a}{2}} \hat{y} = \frac{\mu_0 I}{\pi a} \hat{y}$$

Bidraget från kvadraten ges av fyra gånger bidraget från en sida. Beräkna med formel eller Biot-Savart

$$\begin{aligned} \mathbf{B}_2(r) &= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\mathbf{r}' \times (\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \frac{\hat{z} \times (\hat{x} \frac{a}{2} - (\hat{x} a + \hat{z} t))}{|\hat{x} \frac{a}{2} - (\hat{x} a + \hat{z} t)|^3} dt \\ &= -\frac{\mu_0 I \hat{y}}{4\pi} \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \frac{a/2}{(a^2/4 + t^2)^{3/2}} dt = -\frac{\mu_0 I \hat{y}}{\pi \sqrt{2} a} \left[\text{totalt: } \mathbf{B}(r) = \mathbf{B}_1(r) + 4\mathbf{B}_2(r) \right] \\ &= \frac{\mu_0 I \hat{y}}{\pi a} (1 - 2\sqrt{2}) \end{aligned}$$

3

Den lilla slingan kan beskrivas som en magnetisk dipol, dipolmomentet ges av (formelsamling)

$$M = iS = \pi a^2 i \hat{z}$$

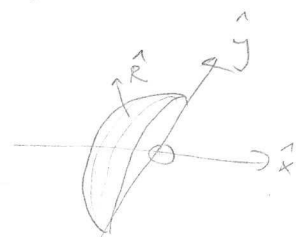
Magnetiska flödestätheten ges då av (formelsamling)

$$B(R, \theta) = \frac{\mu_0 \pi a^2 i}{4\pi R^3} (\hat{R} 2 \cos \theta + \hat{\theta} \sin \theta)$$

Flödet genom den stora slingan ges av

$$\Phi(t) = \int_S B \cdot ds$$

där S är en yta som spärras upp av den stora slingan. Välj denna yta som en kvartaster med ytnormal \hat{R} . Vi får då



$$\Phi(t) = \frac{\mu_0 a^2 i}{4b^3} \int_{\theta=0}^{\pi/2} \int_{\phi=0}^{3\pi/2} (\hat{R} 2 \cos \theta + \hat{\theta} \sin \theta) \underbrace{\hat{R} b^2 \sin \theta d\theta d\phi}_{ds}$$

$$= \frac{\mu_0 a^2 i}{4b} \int_{\theta=0}^{\pi/2} 2 \sin \theta \cos \theta d\theta = \frac{\mu_0 \pi a^2 i}{4b} \left[-\frac{1}{2} \cos 2\theta \right]_0^{\pi/2}$$

$$= \frac{\mu_0 \pi a^2 i}{4b}$$

$$= \frac{\mu_0 \pi a^2 i}{4b}$$

Den inducerede strømme ges ud af

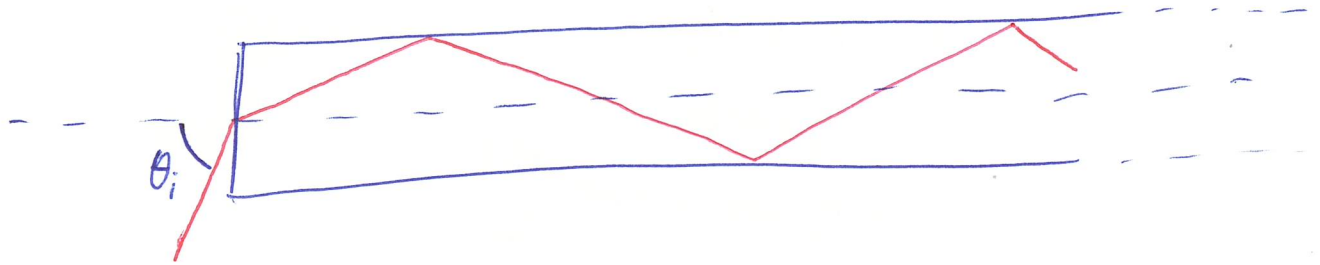
$$E_{\text{ind}}(t) = \frac{V_{\text{ind}}}{R} = \frac{1}{R} \cdot - \frac{d\Phi}{dt} =$$

$$= - \frac{1}{R} \frac{d}{dt} \left(\frac{\mu_0 \pi a^2}{4b} \underbrace{I_0 \sin \omega t}_{i(t)} \right)$$

$$= - \frac{1}{R} \frac{\mu_0 \pi a^2}{4b} \cdot \omega I_0 \cos \omega t$$

$$= - \frac{\mu_0 \pi a^2}{4bR} \cdot \omega I_0 \cos \omega t$$

4.



Vi definierar här den omgivande luftens brytningsindex som n_1 , och fiberns som n_2 .

Vidare har vi

$$n = \sqrt{\epsilon_r}$$

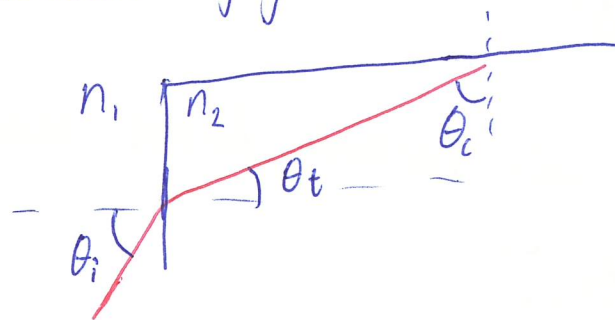
så att

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = \sqrt{1,25} = \sqrt{\frac{5}{4}}$$

a)

Den största möjliga vinkeln θ_i ges av



där θ_c är den kritiska vinkeln för totalreflektion.

Enligt Snells lag gäller

$$n_1 \cdot \sin \theta_i = n_2 \cdot \sin \theta_t$$

och följaktligen gäller

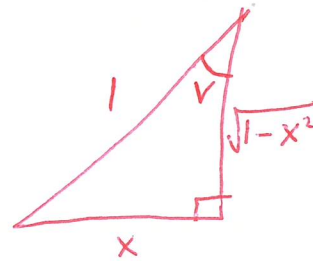
$$\sin \theta_c = \frac{n_1}{n_2} (< 1)$$

Geometriska argument ger

$$\sin \theta_t = \cos \theta_c$$

Vår på vi får

$$\begin{aligned}n_1 \sin \theta_i &= n_2 \sin \theta_t \\&= n_2 \cos \theta_c \\&= n_2 \cos \left(\arcsin \frac{n_1}{n_2} \right) \\&= \left\{ \begin{array}{l} \text{Från figur} \\ \text{till höger} \end{array} \right\}\end{aligned}$$



$$= n_2 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2}$$

$$\Rightarrow \sin \theta_i = \frac{n_2}{n_1} \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 - 1}$$

$$\begin{aligned}\theta_i &= \arcsin \sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 - 1} = \arcsin \sqrt{\epsilon_2 - 1} \\&= \arcsin \sqrt{0,25} = \arcsin 0,5 \\&= 30^\circ\end{aligned}$$

Svar: $0 \leq \theta_i \leq 30^\circ$

b) Vi utgår från vår härledda formel ovan

$$\begin{aligned}\sin \theta_i &= \sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 - 1} \\&= \sqrt{\epsilon_2 - 1}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow \epsilon_2 &= \sin^2 \theta_i + 1 \\&= \sin^2 90^\circ + 1 \\&= 2\end{aligned}$$

Svar: $\epsilon_2 = 2$

5.
a)

Vi skriver först strömmen på komplex form

$$I = I_0 \sin \omega t = I_0 \cos(\omega t - 90^\circ)$$

$$\bar{I} = I_0 e^{-j\frac{\pi}{2}} = \frac{I_0}{j}$$

E-fältet från en halv vågs antenn ges på komplex form av

$$\bar{E} = \hat{\theta} Z_0 \frac{j \bar{I} \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos \theta\right) \cdot e^{-j\omega R/c}}{2\pi R \sin \theta}$$

Enligt figur till höger har vi

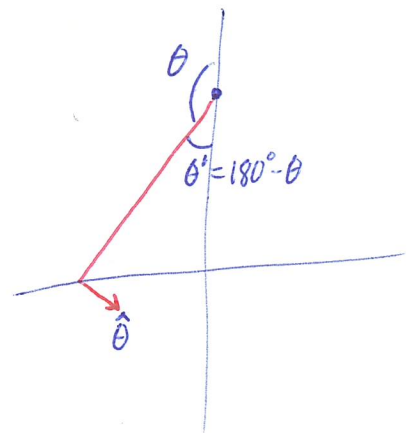
$$\begin{aligned} \cos \theta &= -\cos(180^\circ - \theta) \\ &= -\cos \theta' \end{aligned}$$

och tillsammans med
 $\cos v = \cos(-v)$

fås

$$\bar{E} = \hat{\theta} Z_0 \frac{I_0 \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos \theta'\right) e^{-j\omega R/c}}{2\pi R \sin \theta'}$$

$$= \hat{\theta} Z_0 \frac{I_0 \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{a}{\sqrt{r^2+a^2}}\right) e^{-j\omega \sqrt{r^2+a^2}/c}}{2\pi r}$$

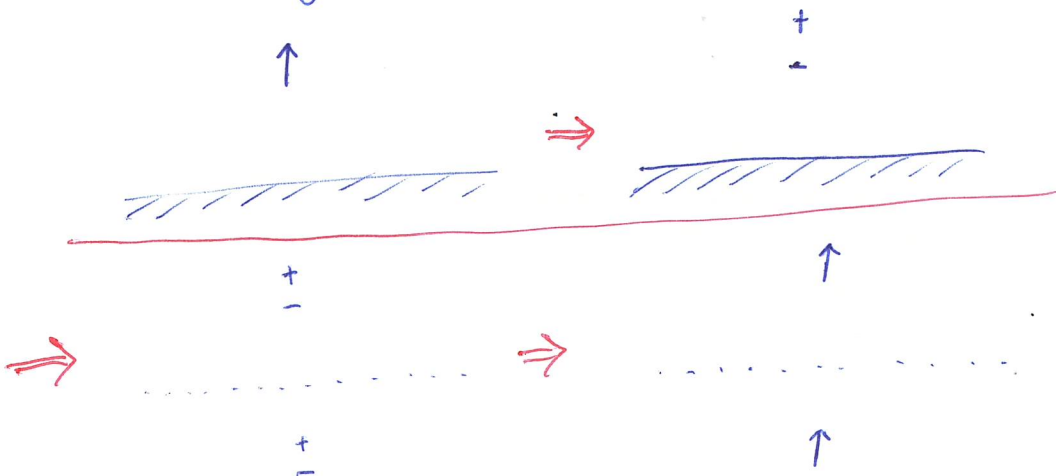


$$R = \sqrt{r^2 + a^2}$$

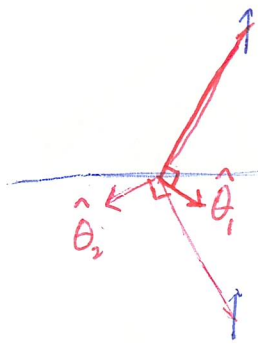
$$\cos \theta' = \frac{a}{\sqrt{r^2 + a^2}}$$

$$\sin \theta' = \frac{r}{\sqrt{r^2 + a^2}}$$

Vi har dock även ett jordat metallplan som vi måste spegla dipolen i



Av symmetriskäl är de två bidragen lika till magnitud men har olika riktning.



$$\begin{cases} \hat{\theta}_1 = -\hat{r} \cdot \cos\theta' - \hat{z} \cdot \sin\theta' \\ \hat{\theta}_2 = \hat{r} \cdot \cos\theta' - \hat{z} \cdot \sin\theta' \end{cases}$$

Då vi adderar bidragen fås således

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{E}}_{\text{Tot}} &= E\hat{\theta}_1 + E\hat{\theta}_2 \\ &= E \cdot (-2\hat{z} \cdot \sin\theta') \\ &= -\hat{z} \cdot \frac{2r}{\sqrt{r^2+a^2}} \cdot Z_0 \cdot \frac{I_0 \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{a}{\sqrt{r^2+a^2}}\right)}{2\pi r} \cdot e^{-j\omega\sqrt{r^2+a^2}/c} \\ &= -\hat{z} \cdot \frac{Z_0 I_0 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{a}{\sqrt{r^2+a^2}}\right)}{\pi\sqrt{r^2+a^2}} \cdot e^{-j\omega\sqrt{r^2+a^2}/c} \end{aligned}$$

Den fria laddningstätheten fås av randvillkoret

$$\begin{aligned} \hat{z} \cdot (\epsilon_0 \bar{\mathbf{E}}_{\text{Tot}} - 0) &= \bar{\rho}_{\text{fri},s} \\ \Rightarrow \bar{\rho}_{\text{fri},s} &= -(\underbrace{\hat{z} \cdot \hat{z}}_{=1}) \cdot \frac{\epsilon_0 Z_0 I_0 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{a}{\sqrt{r^2+a^2}}\right)}{\pi\sqrt{r^2+a^2}} \cdot e^{-j\omega\sqrt{r^2+a^2}/c} \\ &= \frac{-\epsilon_0 Z_0 I_0 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{a}{\sqrt{r^2+a^2}}\right)}{\pi\sqrt{r^2+a^2}} \cdot e^{-j\omega\sqrt{r^2+a^2}/c} \end{aligned}$$

$\epsilon_0 Z_0$ kan om man vill förenklas

$$\epsilon_0 Z_0 = \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = 1/c$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{fri},s} &= \text{Re} \left\{ \bar{\rho}_{\text{fri},s} e^{j\omega t} \right\} \\ &= - \frac{\epsilon_0 Z_0 I_0 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{a}{\sqrt{r^2+a^2}}\right)}{\pi\sqrt{r^2+a^2}} \cdot \cos\left(\omega t - \frac{\omega}{c} \sqrt{r^2+a^2}\right) \end{aligned}$$