



LUND UNIVERSITY

Brister och förslag på förbättringar i den nuvarande examinationsformen i elektromagnetisk fältteori

Sohl, Christian

2011

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Sohl, C. (2011). Brister och förslag på förbättringar i den nuvarande examinationsformen i elektromagnetisk fältteori. Project in the pedagogic course "Examination: utveckling av examinationspraxis genom aktionsforskning".

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Brister och förslag på förbättringar i den nuvarande examinationsformen i elektromagnetisk fältteori

Christian Sohl*

8 maj 2011

Sammanfattning

Föreliggande studie är en utvärdering av den nuvarande examinationsformen i elektromagnetisk fältteori för tredje årskursens studenter på civilingenjörsprogrammen i teknisk fysik och teknisk matematik. Brister i examinationsformen poängteras och förslag på förbättringar diskuteras, däribland möjligheten att införa kvalitativa flervalfrågor och ledstänger i form av *abc*-uppgifter. Även förebyggande arbete i form av införandet av en extra föreläsning om kvalitativa lösningsstrategier nämns. Syftet med studien är att anpassa examinationsformen i elektromagnetisk fältteori till de formella kursmålen.

1 Bakgrund

Förståelseinriktad examination som bygger på allmänna färdigheter och djupinläring är av central betydelse för lärande inom högre utbildning [1, 5, 8]. Tyvärr likställer studenter ofta examinationen med de formella kursmålen och de tenderar att förbereda sig för att klara examinationen istället för att uppfylla kursmålen. Detta framgår tydligt av följande problematisering av förståelseinriktad examination [11]:

Tentamina är emellertid normalt mycket begränsade till innehåll och omfattning. Det innebär att mycket lite av det som en studerande har förstått kommer fram vid en tentamen och det är därför nödvändigt att göra ett urval. Detta skapar problem särskilt inom den högre utbildningen där omfattningen av det material som de studerande förväntas lära sig är betydande. Eftersom studieframgång snarare än förståelse är det som gäller, och eftersom framgången är knuten till tentamina, tycks det onödigt att förstå mer än det som krävs i examinationen. Det ligger således i de studerandes intresse att vara selektiva och inrikta sina studier i överensstämmelse med examinationen. I praktiken kan prestationerna på tentamen mycket väl vara ett uttryck för de studerandes "utantillinläring" av innehållet även då lärarna är medvetna om denna risk och skulle önska att prestationerna var uttryck för en vidare och djupare förståelse.

*Teoretisk elektroteknik, Institutionen för elektro- och informationsteknik, Lunds tekniska högskola. Telefon: 046-222 34 13. E-post: christian.sohl@eit.lth.se.

Med andra ord är det viktigt att examinationen avspeglar de formella kursmålen, och att den främjar ett kritiskt förhållningssätt och en förståelse som baseras på djupinläring [1, 8]. Förståelseinriktad examination är viktig inom högre utbildning bland annat för att ge återkoppling till studenterna i deras lärandeprocess, sätta betyg på deras prestationer, motivera dem till fortsatta högre studier samt uppskatta deras utvecklingspotential [2]. En läsvärd litteraturoversikt av förståelseinriktad examination från ett studerandeperspektiv återfinns i [13].

Föreliggande studie är en utvärdering av den nuvarande examinationsformen i elektromagnetisk fältteori för tredje årskursens studenter på civilingenjörsprogrammen i teknisk fysik och teknisk matematik.¹ Kursen, som är obligatorisk, samläses av båda programmen och omfattar sex högskolepoäng. Undervisningen är av teoretisk karaktär och består uteslutande av föreläsningar och räkneövningar; inga laborativa moment förekommer i kursen. Kursen utgörs av 28 timmar föreläsningar och 28 timmar räkneövningar för teknisk fysik, och 34 timmar föreläsningar och 32 timmar räkneövningar för teknisk matematik. Anledningen till att teknisk matematik har något fler undervisningstimmar än teknisk fysik beror på att studenterna på de båda programmen är olika väl rustade i kursens förkunskapskrav. Extrainsatta föreläsningar och räkneövningar i vektoranalysens grunder erbjuds till studenter på teknisk matematik för att utjämna skillnader mellan de båda programmen.

Den nuvarande examinationsformen i EF för F och II består av en traditionell tentamensskrivning i slutet av kursen. Tentamensskrivningen består av sex räkneuppgifter som studenterna löser på fem klocktimmar med formelsamling och räknedosa som enda tillåtna hjälpmedel. Slutbetyget grundas på resultatet på tentamensskrivningen, och betygsskalan som används är tre till fem, där fyra och fem anses vara överbetyg. Förutom förstagångstentamen ges två tillfällen per år för omtentamina. I föreliggande studie väljer jag att reflektera kring min syn på den nuvarande examinationsformen i EF för F och II samt ge förslag på förbättringar av denna. Målet med studien är att säkerställa att examinationen håller en jämn och hög kvalitet samt att den avspeglar de formella kursmålen. Föreliggande studie är genomfört inom ramen för den behörighetsgivande högskolepedagogiska kursen *Examination — utveckling av examinationspraxis genom aktionsforskning* som omfattar tre veckors heltidsstudier.

För att bättre förstå de utmaningar som EF för F och II innebär återges i Kapitel 2 en beskrivning av tillämpningsämnet och dess relation till andra tillämpningsämnen vid tekniska högskolan. I det efterföljande avsnittet, Kapitel 3, beskrivs den nuvarande examinationsformen och dess brister poängteras. Förslag till förbättringar diskuteras i Kapitel 4, och studien avslutas med slutsatser i Kapitel 5.

2 Utmaningar i elektromagnetisk fältteori

Att studera elektromagnetisk fältteori är utmanande på många sätt [10]. Materialet som behandlas på föreläsningarna och räkneövningarna kräver en omfattande matematisk begreppsapparat som företrädesvis har sin utgångspunkt i vektoranalysen och flervariabelanalysen. Förutom matematisk träning och analytisk färdighet krävs dessutom en förmåga att kvalitativt tolka resultaten av teorin. Till skillnad från andra tillämpningsämnen vid tekniska högskolan, såsom optik, klassisk mekanik och värmeledningsteori, kan elektromagnetiska fenomen, med undantag för optiska frekvenser, inte direkt iakttas med blotta ögat. Utfallet av ett experiment kan med andra ord klassas som »elektromagnetiskt» först efter att det har tolkats genom en teori. I detta avseende har andra tillämpningsämnen vid tekniska högskolan ett pedagogiskt

¹Genomgående i denna projektrapport används förkortningen »EF för F och II» för att referera till kursen.

övertag. Exempelvis kan temperaturfälten i värmeledningsteorin och ljusfenomen i optiken direkt uppfattas med två av våra mänskliga sinnen. Detta bidrar till konceptuell förståelse och gör det lättare för studenterna att göra rimlighetsbedömningar av uträknade resultat [3].

Koncept som är centrala för elektromagnetisk fältteori är av ovanstående anledning svåra att illustrera. En konsekvens av detta är att studenterna har svårt att sätta ämnet i relation till tidigare vardagserfarenheter. Utbildningsämnet riskerar därmed att isoleras genom att studenterna anser att det har få beröringspunkter med andra tillämpningsämnen på tekniska högskolan. För att upprätthålla en hög status på civilingenjörsutbildningen är det viktigt att samtliga tillämpningsämnen upplevs centrala och knyter an till varandra på ett naturligt sätt.

Förutom svårigheten att illustrera elektromagnetiska fenomen finns det ytterligare utmaningar med att studera elektromagnetisk fältteori. I den vetenskapliga litteraturen nämns bland annat studenternas problem att förstå och redogöra för superpositionsprincipen [9]. Ytterligare en svårighet består i att storheterna som förmedlar växelverkan är abstrakta vektorfält som till varje punkt i rummet och i varje tidsögonblick har både riktning och storlek [12]. Detta utgör en mer komplicerad situation än vad som är fallet inom exempelvis den klassiska mekaniken. Den klassiska mekaniken är förvisso också av vektorkaraktär men den saknar detta intrikata rums- och tidsberoende. En konsekvens av detta är att studenterna har svårare att föreställa sig koncept inom elektromagnetisk fältteori än dito inom klassisk mekanik.

Även enhetssystemen som förekommer i elektromagnetisk fältteori är en källa till förvirring. Till skillnad från den klassiska mekaniken får ekvationerna i elektromagnetisk fältteori olika utseenden i olika enhetssystem. Exempelvis kan Coulombs lag, som är central för elektrostatiken, skrivas på tre olika sätt i de tre dominerande enhetssystemen: Gaussiska enheter, SI-enheter och Heaviside-Lorentz enheter. Olika vetenskapliga källor använder olika enhetssystem, vilket lätt skapar förvirring om studenterna väljer att söka information utanför den ordinarie kurslitteraturen. För att passa in med andra tillämpningsämnen på tekniska högskolan sker undervisningen i elektromagnetisk fältteori idag uteslutande med SI-enheter. En uppenbar nackdel med SI-systemet är att naturkonstanterna ϵ_0 , μ_0 och c_0 , som den elektromagnetiska fältteorin är uppbyggd kring, spänner över flera tiopotenser:

$$\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm} \quad \mu_0 = 1.257 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/Am} \quad c_0 = 2.998 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

Notera att det skiljer hela 20 tiopotenser mellan ϵ_0 och c_0 . Denna enorma dynamik gör det svårt för studenterna att bedöma om ett uträknat resultat är rimligt eller inte.

3 Nuvarande examinationsform

Nedan utvärderas den nuvarande examinationsformen i EF för F och II och dess brister poängteras. Utvärderingen baseras på fritextkommentarerna i Course Experience Questionnaire (CEQ) samt slutbetygen på de åtta senaste tentamina i kursen.

3.1 Beskrivning av nuvarande examinationsform

Den nuvarande examinationsformen i EF för F och II består av en traditionell tentamensskrivning i slutet av kursen. Tentamensskrivningen består av sex omfattande räkneuppgifter som studenterna löser på fem klocktimmar med formelsamling och räknedosa som enda tillåtna hjälpmedel. Examinationsformen är med andra ord av summativt slag varför mycket begränsad återkoppling på studenternas lärande ges under kursens gång. Den nuvarande examinationsformen i EF för F och II är nästan identisk med den examinationsform som användes på

Tentamen	<i>N</i>		Underkända		Betyg 3		Betyg 4		Betyg 5	
	F	II	F	II	F	II	F	II	F	II
December 08 ^a	55	32	22%	47%	27%	25%	16%	13%	35%	16%
April 09 ^b	15	10	60%	30%	20%	60%	13%	10%	7%	—
Augusti 09 ^c	11	6	18%	33%	64%	50%	9%	17%	9%	—
Oktober 09 ^a	72	33	54%	61%	22%	21%	18%	6%	5%	12%
Januari 10 ^b	25	14	48%	57%	36%	43%	16%	—	—	—
Augusti 10 ^c	20	6	30%	33%	30%	50%	35%	17%	5%	—
Oktober 10 ^a	76	32	30%	25%	24%	41%	30%	25%	16%	9%
Januari 11 ^b	17	10	82%	80%	18%	20%	—	—	—	—

^aFörstagångstentamen ^bFörsta omtentamen ^cAndra omtentamen

Tabell 1: Andelen underkända studenter och andelen godkända studenter med betyg tre till fem i elektromagnetisk fältteori för teknisk fysik (F) och teknisk matematik (II). *N* är antalet studenter på respektive civilingenjörsprogram.

1960-talet när tillämpningsämnet inrättades vid tekniska högskolan. Få moderniseringar av examinationen har genomförts sedan dess. De enda examinationsmoment som tillåtits variera genom åren är inslag av skriftliga duggor som, när utfallet har varit tillräckligt bra, givit bonuspoäng på tentamensskrivningen. Med bakgrund av ökade förväntningar på en rättssäker examination, och 2000-talets snabba utveckling av tekniska hjälpmedel, känns den nuvarande examinationsformen i EF för F och II statisk och ålderdomlig. Tiden är mogen att utvärdera och eventuellt förändra examinationsformen i EF för F och II till det bättre.

3.2 Utvärdering av nuvarande examinationsform

Andelen underkända studenter och andelen godkända studenter med betyg tre till fem på de senaste åtta tentamina i EF för F och II återges i Tabell 1. I tabellen redovisas förstagångstentamina och omtentamina separat. Från tabellen ser man att andelen underkända studenter varierar kraftigt mellan olika förstagångstentamina. Exempelvis underkändes 47% av studenterna på teknisk matematik i december 2008 medan motsvarande andel för oktober 2009 och oktober 2010 var 61% respektive 25%. En sådan betydande variation mellan olika förstagångstentamina betyder att slumpen i stor utsträckning avgör om en svag student blir godkänd eller underkänd på kursen. Samma slutsats gäller för omtentamina. Notera speciellt den höga andelen underkända studenter i januari 2011 då endast 20% av studenterna blev godkända och inga överbetyg delades ut överhuvudtaget. En sådan stor spridning i svårighetsgrad mellan olika tentamina rimmar mycket illa med ökade förväntningar på en rättssäker examination.

Från Tabell 1 kan man också utläsa att teknisk fysik är överrepresenterade när det gäller slutbetyg fyra och fem. Anledningen till detta tros vara att studenterna på teknisk fysik är mer vana av tillämpningsämnen som bygger på matematisk modellering. Detta talar för att de båda civilingenjörsprogrammen inte bör samläsa trots att tre extrainsatta föreläsningar erbjuds till studenterna på teknisk matematik under de tre första läsveckorna.

Bland fritextsvaren i CEQ kan man utläsa att tentamensuppgifterna överlag upplevs som intressanta och välformulerade men att tentamensskrivningarna är alltför ojämna i svårighetsgrad. Detta är i linje med statistiken i Tabell 1. Eftersom slutbetyget i kursen grundas på resultatet på tentamensskrivningen är det viktigt att tentamensuppgifterna är representativa för kursinnehållet och att svårighetsgraden inte varierar alltför mycket mellan olika tentamensskrivningar. I CEQ kan man även utläsa att tentamensuppgifterna generellt upplevs svårare

än räkneuppgifterna i exempelsamlingen trots att exempelsamlingen nästan uteslutande består av gamla tentamensuppgifter. Vidare uppger flera studenter att de blivit överraskade på tentamensskrivningen i slutet av kursen trots att de anser sig ha bemästrat samtliga räkneuppgifter i exempelsamlingen. Ett par studenter anser också att tentamensskrivningen inte alls har motsvarat kursinnehållet. En tentamensskrivning är förstås begränsad till såväl innehåll som omfattning. Av denna anledning är man som examinator tvungen att göra ett urval och det är osannolikt att samtliga studenter tycker att ett visst urval är representativt för kursinnehållet.

3.3 Brister med nuvarande examinationsform

Ett utdrag ur kursplanen för EF för F och II återges i Bilaga A. Kursens syfte kan sammanfattas som att ge en sammanhängande beskrivning av grundläggande teori och tillämpningar av elektromagnetisk fältteori. Enligt kursmålen förväntas studenterna efter avslutad kurs ha förmåga att på ingenjörsmässiga grunder bedöma elektromagnetiska problem, göra relevanta approximationer och välja lämplig lösningsmetod. Det är svårt att tyda vad som menas med ingenjörsmässiga grunder i detta sammanhang samt på vilket sätt ett sådant arbetssätt skiljer sig från införandet av relevanta approximationer och val av lämplig lösningsmetod. Det finns en uppenbar risk att kursmålen i EF för F och II blott ses som en samling vackra ord istället för vara vägledande i utformningen av examinationsformen. Författarens intryck är att det är en onödigt komplicerad byråkrati som måste sättas i rörelse vid tekniska högskolan för att införa ändringar i av utbildningsnämnden fastställda kursmål.

En traditionell tentamensskrivning med sex tämligen omfattande räkneuppgifter prövar på ett utomordentligt sätt studenternas förmåga att lösa tillämpade elektromagnetiska problem. Dock prövas andra färdighetsmål endast delvis eller inte alls. Exempelvis saknas tentamensuppgifter av teoretisk karaktär för att avgöra om studenterna förstår den underliggande teorin, eller om de blott har lärt sig lösa räkneuppgifter av liknande slag som återfinns i exempelsamlingen. Dessutom prövar inte den nuvarande examinationsformen i tillräckligt stor utsträckning förmågan att självständigt ställa upp matematiska modeller. Bland annat är det oklart om studenterna är medvetna om vilka approximationer de använder sig av när de löser tillämpade elektromagnetiska problem. Med andra ord är det alltså osäkert huruvida den nuvarande examinationen står i relation till kursens färdighetsmål eller inte.

Ytterligare ett problem med den nuvarande examinationsformen i EF för F och II är att alltför många studenter inte får något poäng alls på vissa tentamensuppgifter. En konsekvens av detta är att alltför många studenter hamnar under de 30 poäng som krävs för godkänt (maximalt ger tentamensskrivningen 60 poäng). Detta beror troligtvis på att många studenter inte vet hur de ska påbörja lösningen av vissa tentamensuppgifter. Denna kritik framgår också av fritextkommentarerna i CEQ och är i linje med statistiken i Tabell 1.

Med bakgrund av ovanstående brister borde examinationen i EF för F och II i större utsträckning fokusera på förståelse och sammansatta färdigheter. Trots detta är det viktigt att även i fortsättningen hålla fast vid den traditionella tentamensskrivningen (finns det några andra realistiska alternativ för 140 studenter?) men med något förändrad innebörd. Den stora utmaningen ligger i att kvalitetssäkra förändringarna.

4 Förslag på förbättringar

Nedan diskuteras två huvudsakliga förslag på förbättringar i examinationsformen i EF för F och II: inslag av kvalitativa flervalsfrågor och ledstänger i form av *abc*-uppgifter. Även

införandet av en extra föreläsning som fokuserar på kvalitativa lösningsstrategier omnämns. Problemet att säkerställa att olika tentamensskrivningar håller en jämn svårighetsgrad diskuteras också. Ett viktigt bivillkor i detta sammanhang är institutionens ekonomi som kräver kostnadseffektiva förändringar som tar lite tid att implementera, genomföra och utvärdera.

4.1 Inslag av kvalitativa flervalsfrågor

Kvalitativa flervalsfrågor fyller det primära syftet att kontrollera huruvida studenterna förstår den underliggande teorin eller inte. Flervalsfrågorna främjar förståelse och ger återkoppling på studenternas förmåga att resonera kring koncept som är centrala för elektromagnetisk fältteori [6]. Ytterligare en fördel är att flervalsfrågor bedöms ta mindre tid i anspråk att konstruera och rätta jämfört med räkneuppgifter. Att komplettera räkneuppgifterna på den tentamensskrivningen med en teoretisk del som fokuserar på förståelse och sammansatta färdigheter skulle förhoppningsvis medföra att studenterna fokuserar på djupinläring i större utsträckning än tidigare. Sådana flervalsfrågor bör inte innehålla några beräkningar, och om de implementeras som en del av den avslutande tentamensskrivningen, bör inte formelsamling och räknedosa tillåtas som hjälpmedel. Exempel på flervalsfrågor återges i Bilaga B.

Totalt bör flervalsfrågorna motsvara cirka 10 poäng av 60 möjliga på tentamensskrivningen. På en och samma flervalsfråga kan man tänka sig flera korrekta svarsalternativ. Fördelen med att tillåta flera korrekta svarsalternativ är att man främjar djupinläring och kritiskt tänkande. Dessutom minimerar man antalet poäng som kan erhållas genom att slumpmässigt välja ut svarsalternativ. På vissa frågor är det dock uppenbart att endast ett svarsalternativ kan vara korrekt. Detta gäller exempelvis när två eller flera svarsalternativ är motsägelsefulla.

Om de kvalitativa flervalsfrågorna istället skulle implementeras i form av en skriftlig dugga som ger bonuspoäng på den avslutande tentamensskrivningen skulle man förhoppningsvis också undvika stressinläring. Med fördel skulle ett sådant fristående examinationsmoment vara av modernare snitt exempelvis i form av ett nätbaserat frågeformulär [7]. Det är dock svårt att kontrollera om studenterna samarbetar på ett otillåtet sätt i samband med nätbaserade frågeformulär varför man bör vara restriktiv med antalet bonuspoäng [4].

4.2 Ledstänger i form av *abc*-uppgifter

Ytterligare en förbättring av den nuvarande examinationsformen i EF för F och II är att komplettera räkneuppgifterna på tentamensskrivningen med ledstänger i form av *abc*-uppgifter. Syftet med sådana ledstänger är att minska antalet studenter som inte får något poäng på vissa tentamensuppgifter. Ledstängerna medför också en viss kunskapsinhämtning i form av att studenterna ser hur lösningen på ett tillämpat elektromagnetiskt problem kan struktureras och brytas ner i ett mindre antal beståndsdelar. Idén är att varje sådan beståndsdel är lättare att analysera än det ursprungliga problemet. Nackdelen med ledstänger på tentamensskrivningen är dock att man i ännu mindre utsträckning än tidigare prövar studenternas förmåga att självständigt ställa upp matematiska modeller.

4.3 Extra föreläsning med kvalitativa lösningsstrategier

Ett och samma tillämpade elektromagnetiska problem kan ofta lösas på flera olika sätt vilket kan vara förvirrande för en nybörjare. För att träna studenterna i hur de skall resonera kring val av lösningsmetod på tentamensskrivningen bör man i slutet av kursen införa en extra

föreläsning om kvalitativa lösningsstrategier. En sådan föreläsning bör lämpligen ta upp olika lösningsmetoder i elektromagnetisk fältteori samt deras fördelar och nackdelar. Ofta är vissa lösningsmetoder mer effektiva än andra beroende på slag av räkneuppgift.

4.4 Kontrollförfarande för att säkerställa jämn svårighetsgrad

För att säkerställa en jämn svårighetsgrad på tentamensskrivningarna föreslås att ett kontrollförfarande införs där kollegorna på avdelningen hjälps åt att översiktligt granska räkneuppgifterna på en viss tentamensskrivning och jämföra dessa med motsvarande uppgifter på tidigare tentamensskrivningar. Detta gör troligtvis att man minskar den stora variationen av andelen godkända studenter och andelen underkända studenter mellan olika kursomgångar. Ett sådant kvalitetssäkringssystem bör vara enkelt att implementera och inte ta mycket av institutionens resurser i anspråk.

5 Slutsatser

Ett flertal brister med den nuvarande examinationsformen i EF för F och II har identifierats, däribland avsaknaden av teoretiska uppgifter på tentamensskrivningen, ojämn svårighetsgrad mellan olika tentamensskrivningar och problemet att alltför många studenter inte får något poäng alls på vissa tentamensuppgifter. Förslag på förbättringar omfattar införandet av flervalsfrågor av teoretisk karaktär och ledstänger i form av *abc*-uppgifter för att minska andelen studenter som inte får något poäng alls på vissa räkneuppgifter. Dessutom föreslås ett kontrollförfarande som innebär att kollegorna på avdelningen hjälps åt att säkerställa att tentamensuppgifterna håller en jämn svårighetsgrad mellan olika kursomgångar. De föreslagna förändringarna planeras att implementeras till kursstarten. Utvärdering av förändringarna kan först ske under senare delen av höstterminen. Man ska dock ha klart för sig att det inte är lätt att utvärdera sådana förändringar och man bör tänka till med vilka metoder det skall ske.

Bilaga A Utdrag ur kursplanen

Nedan återges ett utdrag ur kursplanen för elektromagnetisk fältteori för teknisk fysik och teknisk matematik.

Syfte

Kursens syfte är att ge en sammanhängande beskrivning av såväl grundläggande teori som tillämpningar inom elektromagnetisk fältteori. Stor vikt kommer att läggas på fysikalisk insikt kopplat med användandet av matematiska modeller. Kursen avser också att belysa de vitt spridda tillämpningarna av den elektromagnetiska fältteorin såsom optik, elektronik, kommunikationsteknik, kemi och biologi.

Kunskap och förståelse

För godkänd kurs skall studenten:

- kunna förklara hur elektrisk laddning och ström alstrar och påverkas av elektriska och magnetiska fält;

- kunna beskriva de elektromagnetiska egenskaperna hos olika material;
- kunna tillämpa Maxwells ekvationer på enkla elektrostatiska, magnetostatiska och elektrodynamiska problem;
- kunna förstå grundläggande utbredning och generering av elektromagnetiska vågor.

Färdighet och förmåga

För godkänd kurs skall studenten:

- kunna visa förmåga att på ingenjörsmässiga grunder bedöma elektromagnetiska problem, göra relevanta approximationer och välja lämplig lösningsmetod;
- visa förmåga att analysera och modellera elektromagnetiska problemställningar, samt tolka och presentera resultaten.

Värderingsförmåga och förhållningssätt

För godkänd kurs skall studenten:

- kunna förklara styrkan och generaliteten i en fältteoretisk beskrivning av fysikaliska fenomen;
- ha insikt om att elektromagnetismen är grunden till elektronik, optik och radiokommunikation.

Bilaga B Exempel på kvalitativa flervalfrågor

1. För ett elektrostatiskt fält i vakuum ($\rho \neq 0$ och $\mathbf{P} = \mathbf{0}$) gäller alltid att:

$$(a) \quad \nabla \cdot \mathbf{E} = 0 \quad (b) \quad \nabla \cdot \mathbf{D} = \rho \quad (c) \quad \nabla \times \mathbf{E} = \mathbf{0} \quad (d) \quad \nabla^2 V = \rho/\epsilon_0$$

2. En gränssyta mellan två dielektriska media bär en sann ytladningstäthet. Vid passage genom gränssytan gäller då alltid:

- (a) elektriska fältstyrkan är kontinuerlig
- (b) potentialen är kontinuerlig
- (c) tangentialprojektion av elektriska fältstyrkan är kontinuerlig
- (d) normalkomponenten av elektriska fältstyrkan är kontinuerlig

3. En lång, tunn, rak tråd med konstant laddning per längdenhet $q > 0$ är parallel med ett ledande plan. Om avståndet från tråden till planet är a blir invid planet största värdet på elektriska fältstyrkans absolutbelopp:

$$(a) \quad 0 \quad (b) \quad \frac{q}{\pi\epsilon_0 a} \quad (c) \quad \frac{q}{2\pi\epsilon_0 a} \quad (d) \quad \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a}$$

4. Två likadana sfäriska elektroder med radien a är nedsänkta i en vidsträckt elektrolyt med konduktiviteten σ . Om avståndet mellan elektroderna är stort i förhållande till deras radie blir resistansen mellan elektroderna:

$$(a) \frac{1}{\pi\sigma a} \quad (b) \frac{1}{2\pi\sigma a} \quad (c) \frac{1}{4\pi\sigma a} \quad (d) \frac{1}{8\pi\sigma a}$$

5. Vid en gränsyta (utan ytström) mellan två media med olika ledningsförmåga gäller vid likström alltid att:

- (a) normalkomponenten av volymströmtätheten är kontinuerlig
- (b) tangentialkomponenten av elektriska fältstyrkan är kontinuerlig
- (c) tangentialkomponenten av volymströmtätheten är kontinuerlig
- (d) normalkomponenten av elektriska förskjutningsfältet är kontinuerlig

6. Inom ett strömfritt område av vakuum beskrivs den magnetostatiska fältstyrkan och den magnetostatiska flödestätheten på vanligt sätt av en vektorpotential \mathbf{A} och en skalär potential φ . Då gäller med nödvändighet inom detta område:

$$(a) \nabla \times \mathbf{A} = \mathbf{0} \quad (b) \nabla\varphi = \mathbf{0} \quad (c) \nabla \times (\nabla \times \mathbf{A}) = \mathbf{0} \quad (d) \nabla^2\varphi = 0$$

7. En ledande tråd är böjd så att dess ändpunkter åtskiljes av ett litet luftgap (inga yttre anslutningar). Tråden befinner sig i vila i ett tidsvariabelt magnetiskt fält. Den elektriska fältstyrkan uppdelas på vanligt sätt i $\mathbf{E} = -\nabla V - \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}$. Det gäller:

- (a) $\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} = \mathbf{0}$ i tråden
- (b) $\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} = \mathbf{0}$ i luftgapet
- (c) $\nabla V + \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} = \mathbf{0}$ i tråden
- (d) $\nabla V + \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} = \mathbf{0}$ i luftgapet

Rätt svar på flervalsfrågorna ovan är: 1bc, 2bc, 3b, 4b, 5ab, 6cd och 7c.

Referenser

- [1] J. Biggs. *Teaching for Quality Learning at University*. The Society for Research into Higher Education & Open University Press, second edition, 2003.
- [2] S. Brown. Institutional strategies for assessment. In S. Brown and A. Glasner, editors, *Assessment Matters in Higher Education*. Open University, 1999.
- [3] S. Burke, E. Eriksson, G. Modig, C. Sohl, and C. Tufvesson. Är resultatet rimligt? Pedagogiska reflektioner kring LTH-studenters förmåga till kritiskt tänkande och rimlighetsbedömningar. Kursprojekt i *Högskolepedagogisk introduktionskurs*, Lunds tekniska högskola, 2005.

- [4] J. Carroll. *A Handbook for Deterring Plagiarism in Higher Education*. Oxford Centre for Staff and Learning Development, second edition, 2007.
- [5] M. Elmgren and A.-S. Henriksson. *Universitetspedagogik*. Norstedts, 2010.
- [6] P. S. Excell. Experiments in the use of multiple-choice examinations for electromagnetics related topics. *IEEE Transactions on Education*, **43**(3), 250–256, 2000.
- [7] M. Gustafsson and D. Sjöberg. Nätbaserade frågeformulär som del av examination. In *Den 2:a utvecklingskonferensen för Sveriges ingenjörsutbildningar*, 2009.
- [8] J. Heywood. *Assessment in Higher Education*. Jessica Kingsley Publishers, 2000.
- [9] S. Rainson, G. Tranströmer, and L. Viennot. Students' understanding of superposition of electric fields. *American Journal of Physics*, **62**(11), 1026–1032, 1994.
- [10] C. Sohl. Reflektion kring möjligheten att införa analogier i undervisningen i elektromagnetisk fältteori. Skrivuppgift i *Den goda föreläsningen*, Lunds tekniska högskola, 2011.
- [11] L. Svensson. Färdighet i att lära. In F. Marton, D. Hounsell, and N. J. Entwistle, editors, *Hur vi lär*. Rabén & Sjögren, 1986.
- [12] S. Törnkvist, K.-A. Pettersson, and G. Tranströmer. Confusion by representation: On student's comprehension of the electric field concept. *American Journal of Physics*, **61**(4), 335–338, 1993.
- [13] T. Wiiand. Examination i fokus. Högskolestudenters lärande och examination — en litteraturöversikt. Technical Report 14, Enheten för utveckling och utvärdering, Uppsala universitet, 1998.