

i **FRONT PAGE / INFORMATION**

FORSIDE

Eksamen FY1003 Elektrisitet og magnetisme våren 2019
15. mai 2019 kl. 09.00-13.00

Kontakt under eksamen: Jacob Linder, 73591868

Multiple choice oppgavene gir maksimalt 1 poeng hver.
Regneoppgavene gir maksimalt 3 poeng hver .

Et formelark med nyttige formler er inkludert til slutt.

Tillatte hjelpemidler:

- Enkel kalkulator
- Karl Rottmann matematisk formelsamling
- Angell og Lian: Fysiske størrelser og enheter

1 **Problem 1**

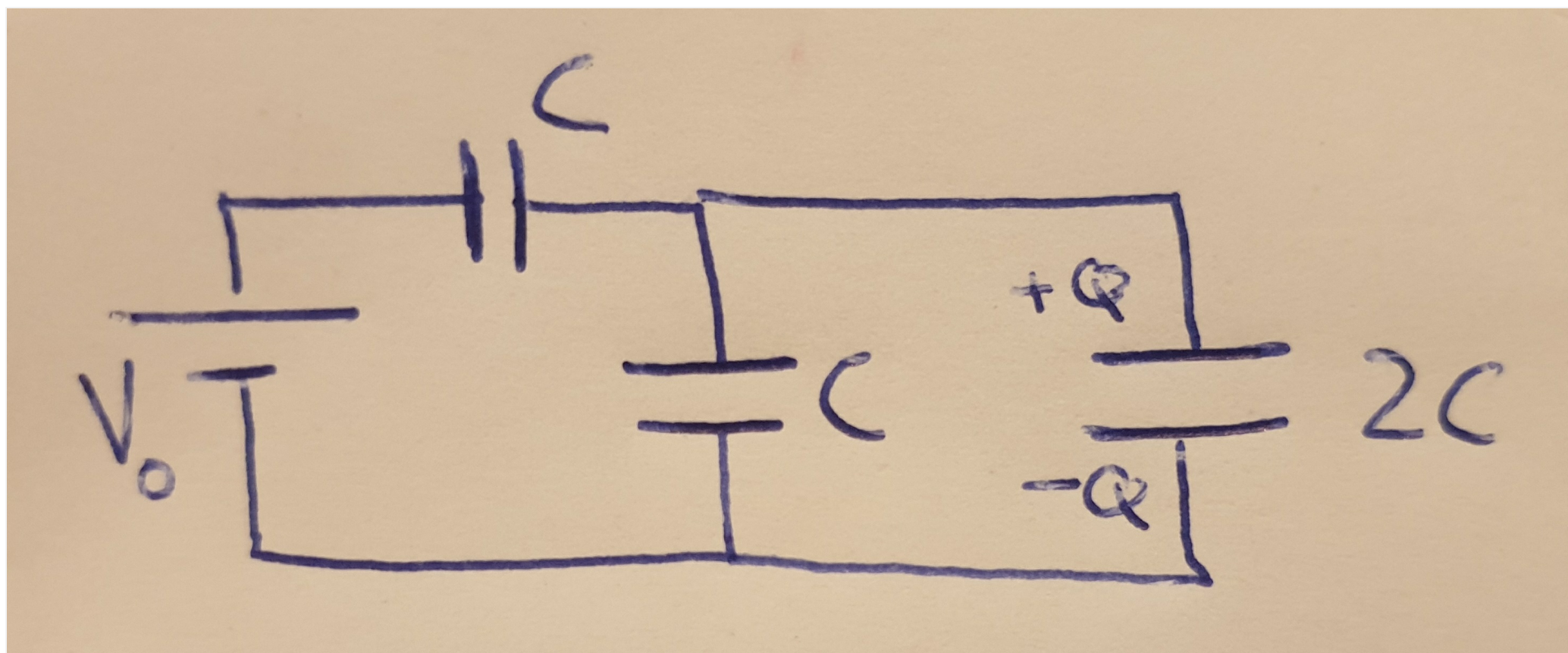
Velg riktig svar for den potensielle energien til to elektroner som befinner seg 1 mikrometer fra hverandre i vakuum ($1\text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19}\text{ J}$)

Velg ett alternativ

- ☐ 1.44 meV
- ☐ 3.21 TeV
- ☐ 9.78 neV
- ☐ 5.60 MeV
- ☐ 1.39 eV

Maks poeng: 1

2 Problem 2



Hva blir ladningen Q vist i kretsen?

Velg ett alternativ

- ☐ $Q = 4V_0C/5$
- ☐ $Q = 2V_0C/5$
- ☐ $Q = 3V_0C/2$
- ☐ $Q = V_0C$
- ☐ $Q = V_0C/2$

Maks poeng: 1

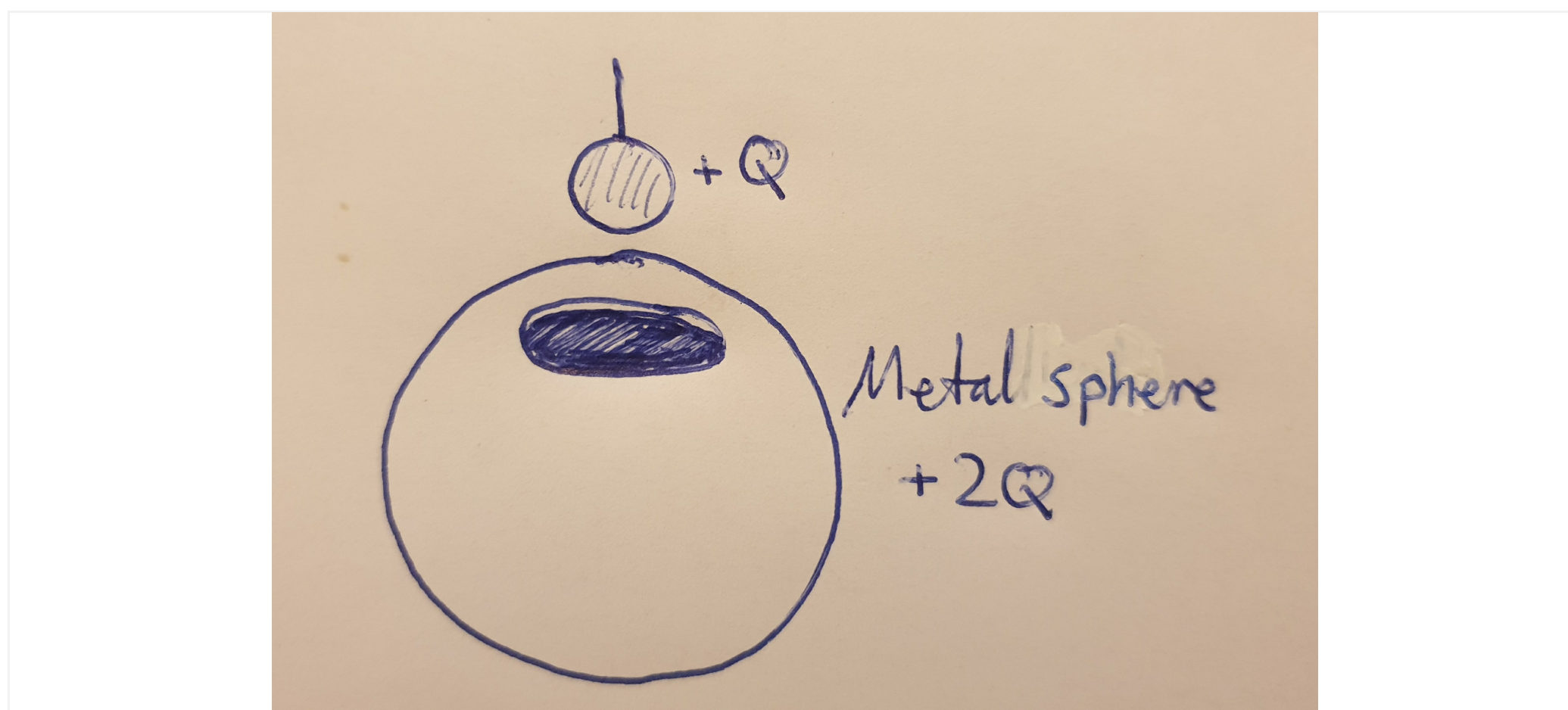
3 Problem 3

Hva er absoluttverdien av impedansen til en kondensator med kapasitans $100\ \mu\text{F}$ når den er koblet til en vekselspenningskilde med vinkelfrekvens $10^6\ \text{s}^{-1}$?

Velg ett alternativ

- ☐ For lite informasjon til å avgjøre
- ☐ $0.1\ \Omega$
- ☐ $100\ \Omega$
- ☐ $0.01\ \Omega$
- ☐ $100 \times 10^{-12}\ \Omega$

Maks poeng: 1

4 **Problem 4**

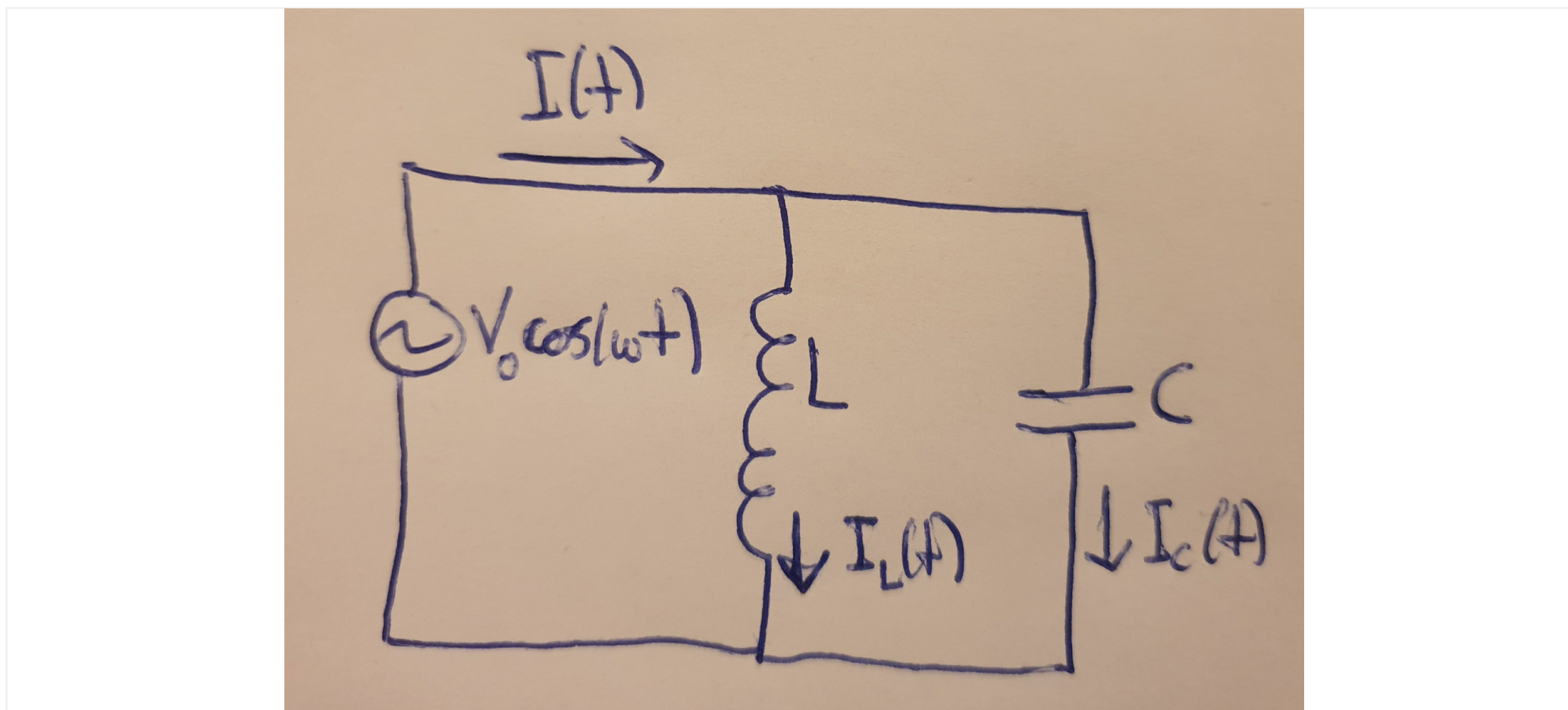
En liten metallkule med positiv ladning $+Q$ føres gjennom et lite hull og inn i et metallskall som er ladd med positiv ladning $+2Q$. Når den lille kulen kommer i kontakt med det indre av metallskallet vil kulens ladning bli lik

Velg ett alternativ

- ☐ $-Q$
- ☐ $+3Q$
- ☐ $-3Q$
- ☐ 0
- ☐ $+Q$

Maks poeng: 1

5 Problem 5



Kretsen i figuren består av en vekselspenningskilde $V_0 \cos(\omega t)$ og en parallellkopling av en induktans L og en kondensator C . Strøm i de tre ulike greinene er angitt. Hvilken av følgende påstander er sann?

Velg ett alternativ

- ☐ $I_C(t)$ har minimal amplitude ved $\omega = \sqrt{1/(LC)}$
- ☐ $I_L(t)$ har minimal amplitude ved $\omega = \sqrt{1/(LC)}$
- ☐ $I(t)$ har minimal amplitude ved $\omega = \sqrt{1/(LC)}$
- ☐ $I(t)$ har maksimal amplitude ved $\omega = \sqrt{1/(LC)}$
- ☐ $I_L(t)$ har maksimal amplitude ved $\omega = \sqrt{1/(LC)}$

Maks poeng: 1

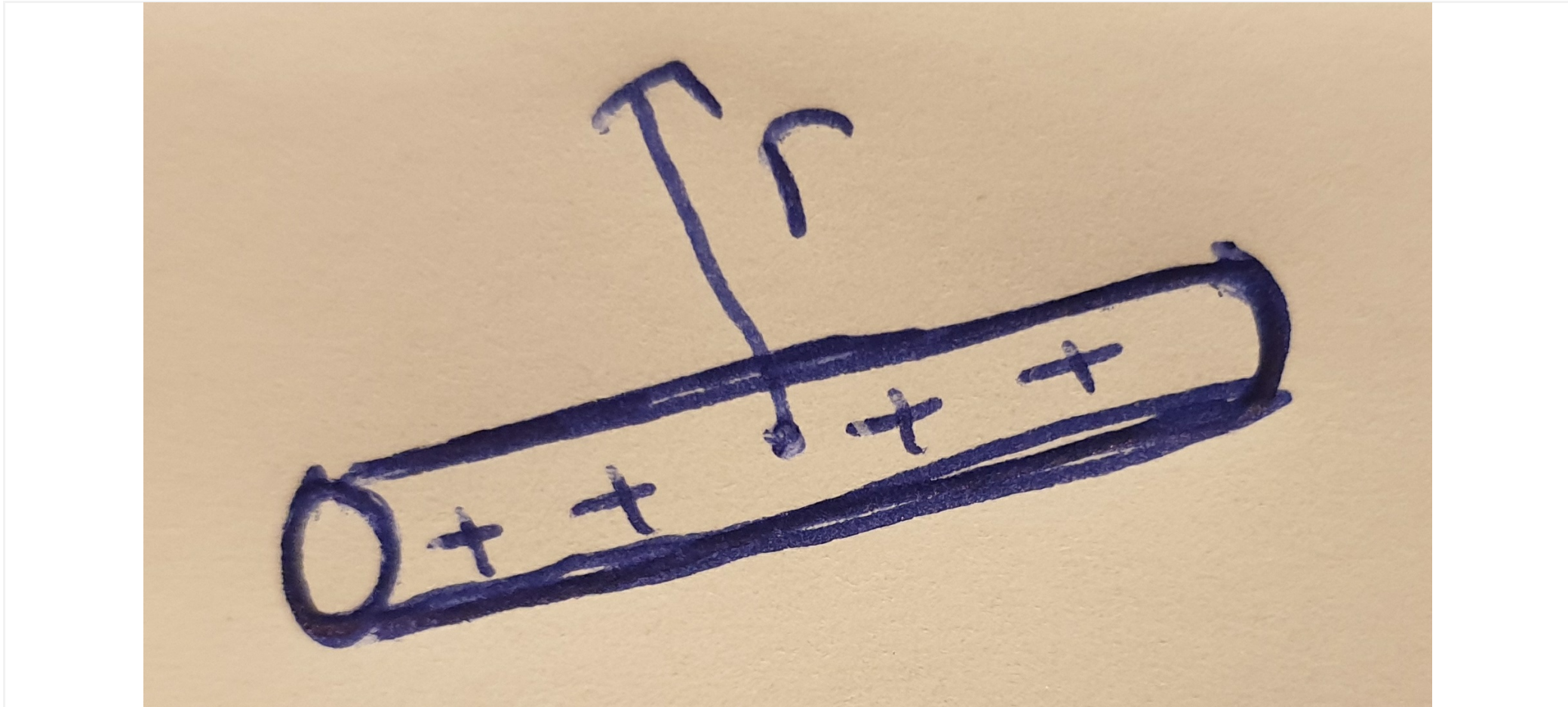
6 Problem 6

Hvilken av følgende påstander strider mot en eller flere av Maxwells likninger?

Velg ett alternativ

- ☐ Et tidsvarierende magnetisk felt produserer et elektrisk felt
- ☐ Ingen av disse påstandene strider mot noen av Maxwells likninger
- ☐ Netto magnetisk fluks gjennom en lukket overflate er alltid null
- ☐ Et tidsvarierende elektrisk felt produserer et magnetisk felt
- ☐ Netto elektrisk fluks gjennom en lukket overflate er avhengig av ladningen innenfor

Maks poeng: 1

7 **Problem 7**

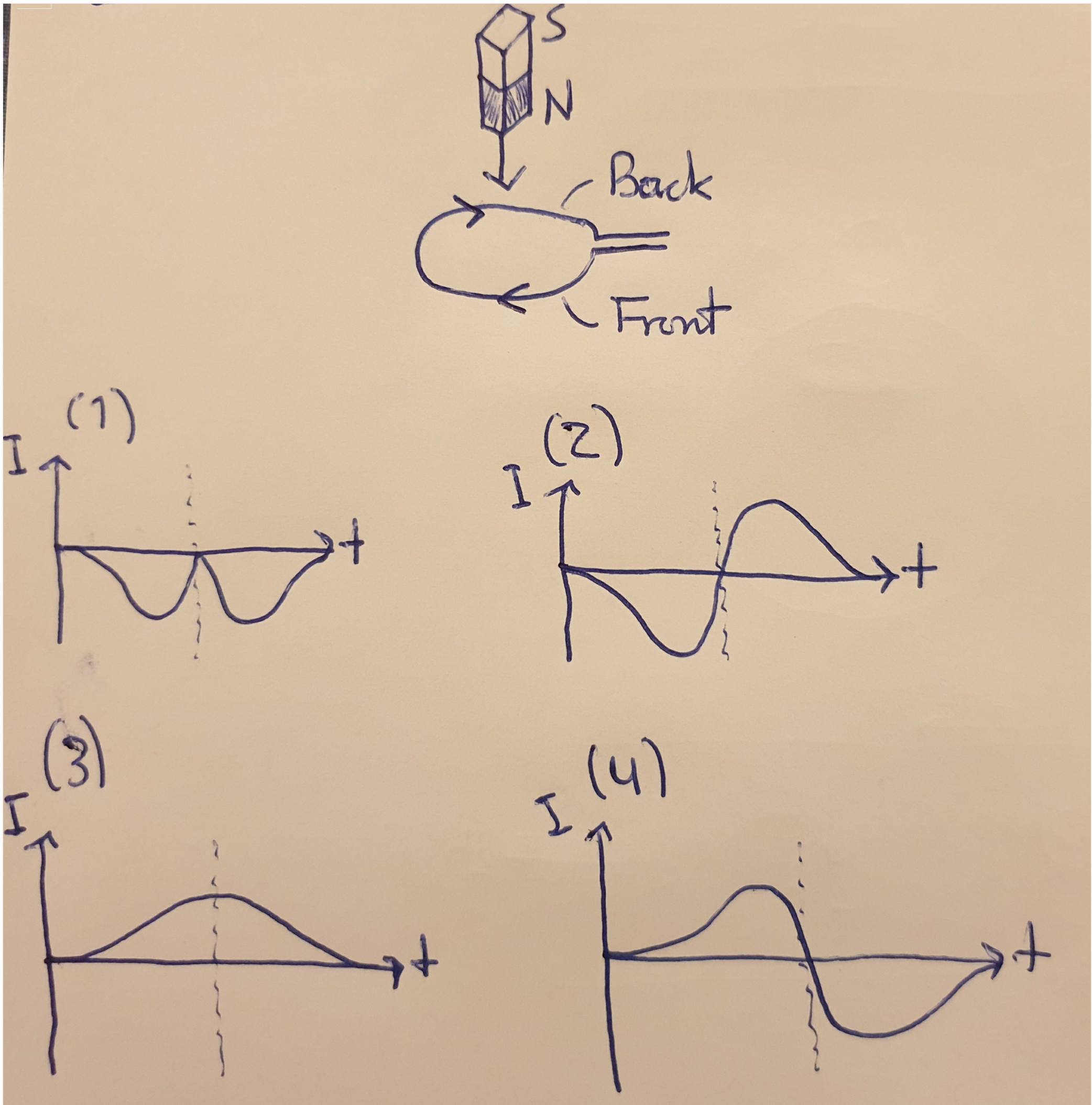
En uendelig lang stav plassert i vakuum har ladning λ per lengdeenhet. La $k = 1/(4\pi\epsilon_0)$. Det elektriske feltet i en avstand r fra staven er

Velg ett alternativ

- ☐ $2\pi k\lambda/r^2$
- ☐ $k\lambda/r^2$
- ☐ $4\pi k\lambda/r$
- ☐ $2k\lambda/r$
- ☐ $k\lambda/r$

Maks poeng: 1

8 Problem 8



En stavmagnet slippes gjennom en strømsløyfe som vist i figuren. Pilene i sløyfen viser valgt positiv strømretning. Strømmen I som funksjon av tiden t når magneten faller gjennom sløyfen er illustrert kvalitativt med hvilken graf? Tidspunktet hvor midtpunktet av magneten passerer sløyfen er vist med den stiplede linjen.

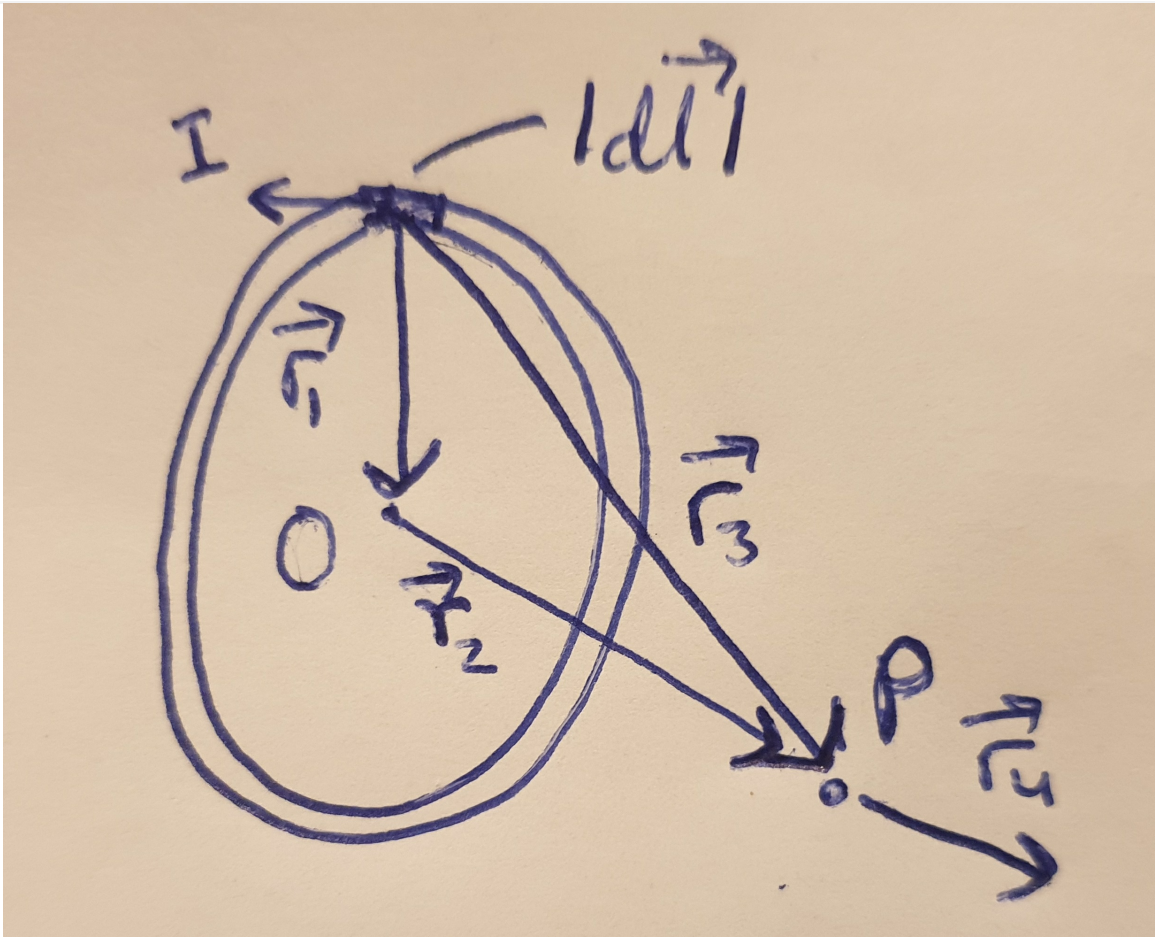
Husk at magnetiske feltlinjer går ut av nordpolen N til magneten.

Velg ett alternativ

- ☐ Ingen av disse gir en kvalitativ illustrasjon av strømmen som funksjon av tid
- ☐ (1)
- ☐ (2)
- ☐ (3)
- ☐ (4)

Maks poeng: 1

9 **Problem 9**



Biot-Savarts lov $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$ blir brukt til å bestemme magnetfeltet i punktet P på aksen til en sirkulær strømsløyfe som vist i figuren. I denne likningen er vektoren $\vec{r}$ representert ved

Velg ett alternativ

- ☐ $\vec{r}_4$
- ☐ Ingen av disse
- ☐ $\vec{r}_3$
- ☐ $\vec{r}_2$
- ☐ $\vec{r}_1$

Maks poeng: 1

10 Problem 10

En parallellplate-kondensator består av to parallelle metallplater i en avstand d fra hverandre. Anta at det er luft mellom platene. Øverste plate har positiv ladning mens nederste har negativ ladning. Ingen spenningskilde er koblet til platene.

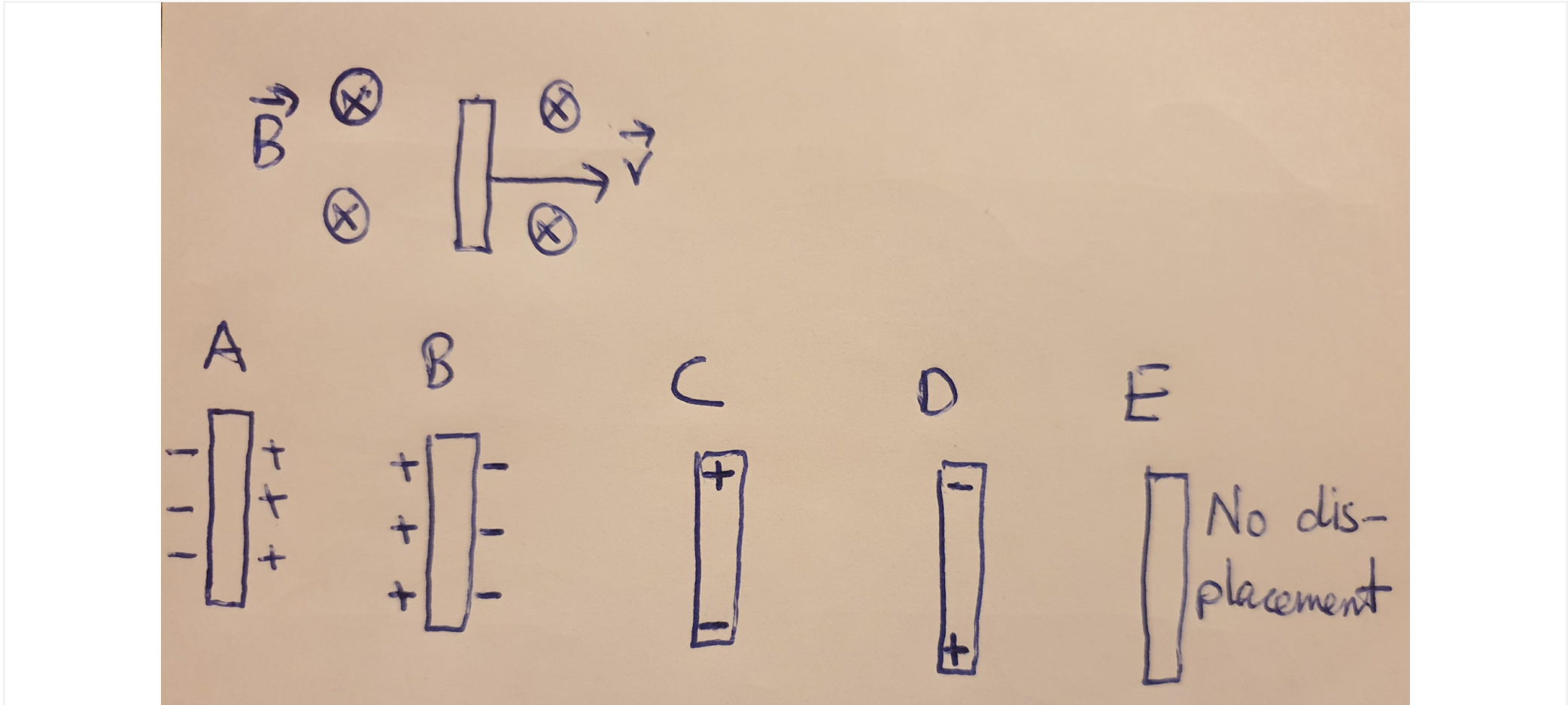
Hvilken fysisk størrelse forblir *uendret* dersom vi øker avstanden d mellom platene?

Velg ett alternativ

- ☐ Potensialforskjellen mellom platene
- ☐ Den potensielle energien lagret i kondensatoren
- ☐ Det elektriske feltet mellom platene
- ☐ Kapasitansen til kondensatoren
- ☐ Alle de ovennevnte størrelsene

Maks poeng: 1

11 **Problem 11**



En metallstav som har null nettoladning beveger seg med konstant hastighet mot høyre i et område hvor det eksisterer et magnetisk felt $\vec{B}$ som peker inn i papiplanet. Hvilken av figurene beskriver best ladningsfordelingen i metallstaven under bevegelsen?

Velg ett alternativ

- ☐ B
- ☐ D
- ☐ E (ingen forskyvning)
- ☐ C
- ☐ A

Maks poeng: 1

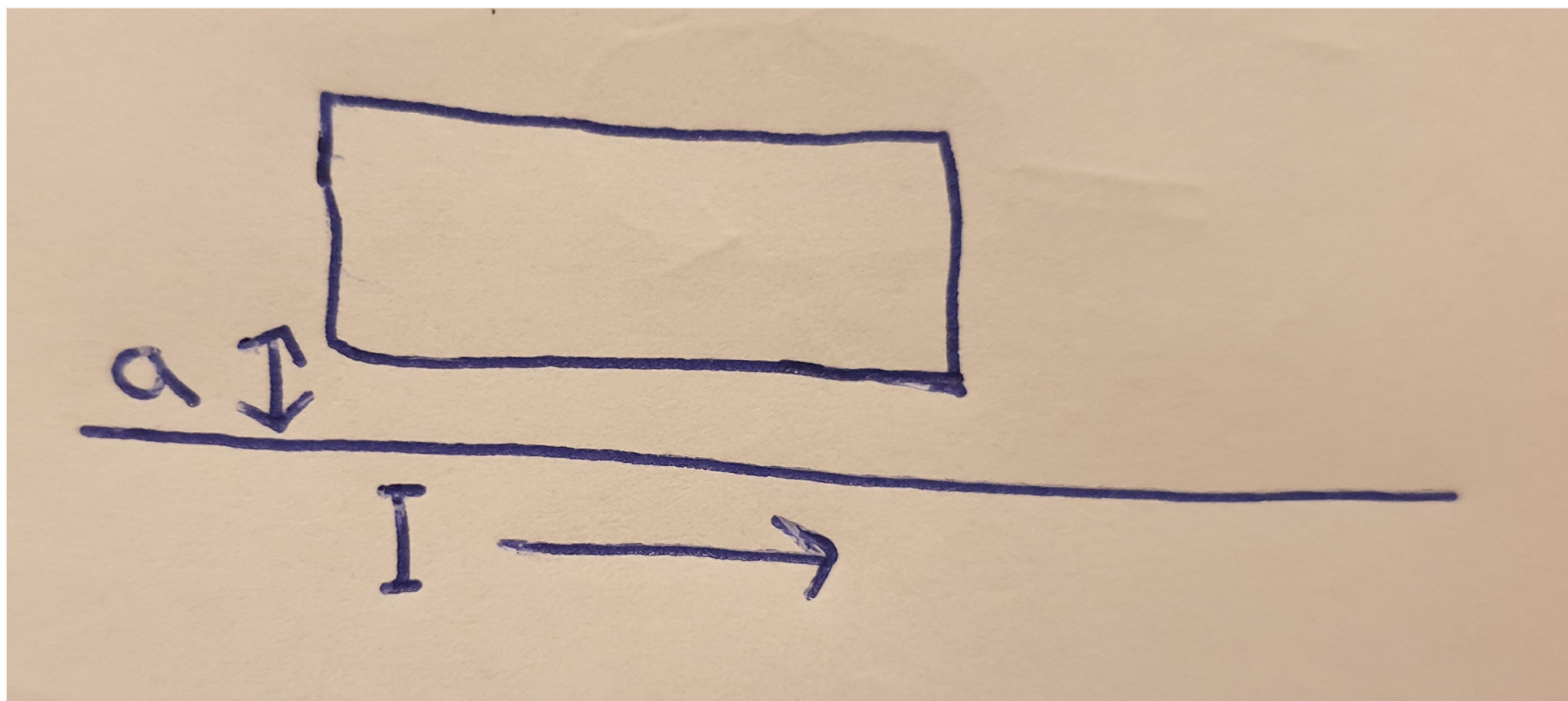
12 **Problem 12**

En harmonisk elektromagnetisk bølge i et medium har et elektrisk felt med kun én komponent, nemlig $E_x = E_0 \cos(\omega t - ky)$. På et bestemt tidspunkt og bestemt sted er det elektriske feltet $\vec{E} = 6.2 \times 10^3 \hat{x} \text{ V/m}$ mens det magnetiske feltet er $\vec{B} = 3.6 \times 10^{-5} \hat{z} \text{ T}$. Velg det riktige alternativet nedenfor.

Velg ett alternativ

- ☐ Ingen av disse alternativene er riktige
- ☐ Bølgen forplanter seg i negativ y-retning med en hastighet tilsvarende 78% av lyshastigheten i vakuum
- ☐ Bølgen forplanter seg i negativ y-retning med en hastighet tilsvarende 57% av lyshastigheten i vakuum
- ☐ Bølgen forplanter seg i positiv y-retning med en hastighet tilsvarende 78% av lyshastigheten i vakuum
- ☐ Bølgen forplanter seg i positiv y-retning med en hastighet tilsvarende 57% av lyshastigheten i vakuum

Maks poeng: 1

13 **Problem 13**

En rektangulær sløyfe er plassert parallelt med en lang, rett strømførende leder som vist i figuren. Den rette lederen fører en strøm I mot høyre og avstanden er a mellom lederen og den nærmeste sidekanten av sløyfen.

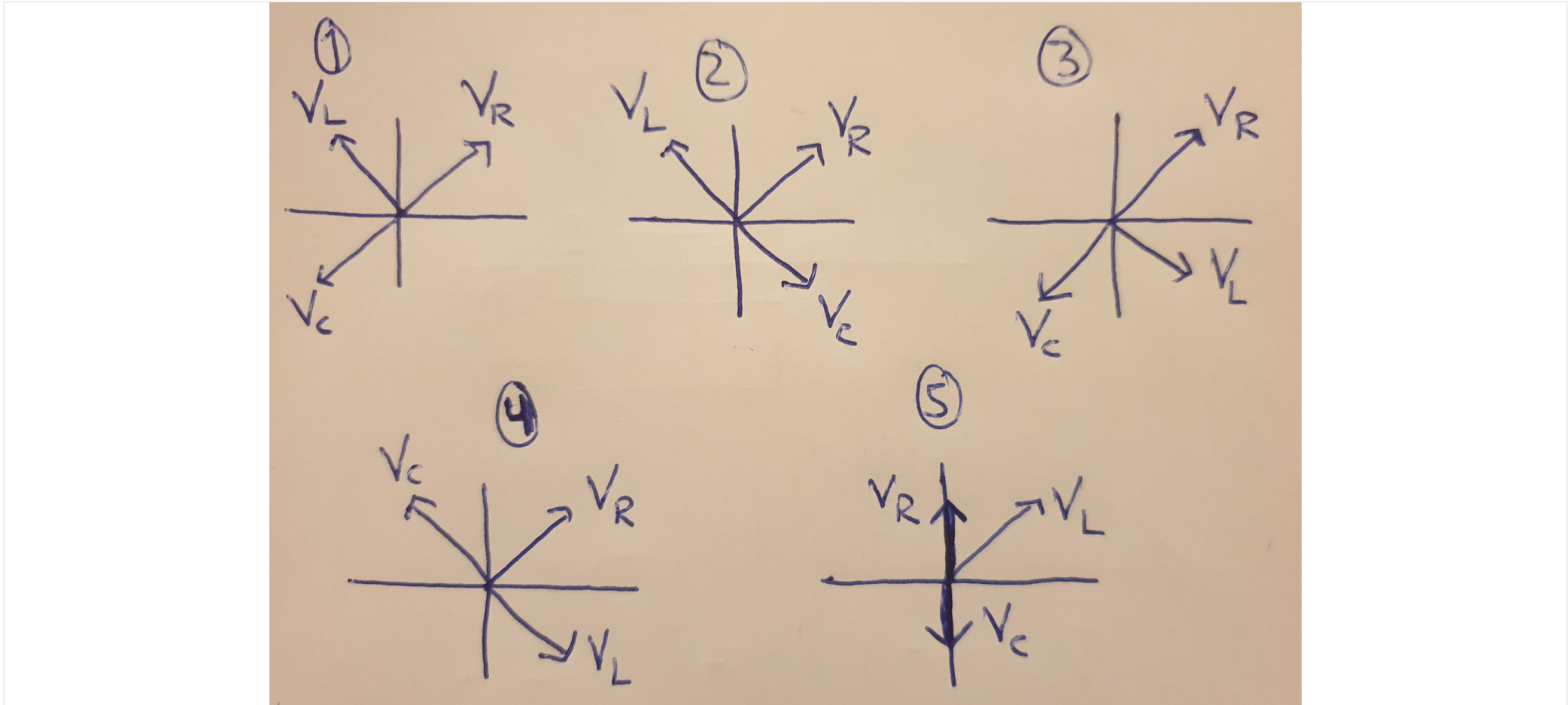
Strømmen i den rette lederen varierer med tiden på følgende vis: $I(t) = I_0 + kt$. Her er $I_0 < 0$ mens $k > 0$. Strømmen indusert i den rektangulære sløyfen:

Velg ett alternativ

- ☐ Går med klokken og er proporsjonal med k^2
- ☐ Går med klokken og er proporsjonal med k
- ☐ Er lik null
- ☐ Går mot klokken og er proporsjonal med k
- ☐ Går mot klokken og er proporsjonal med k^2

Maks poeng: 1

14 **Problem 14**



Hvilket av viserdiagrammene representerer best en serie-koblet *RLC*-krets som drives av en vekselspenningskilde som har en frekvens lik kretsens resonansfrekvens?

Velg ett alternativ

- ☐ (5)
- ☐ (3)
- ☐ (4)
- ☐ (1)
- ☐ (2)

Maks poeng: 1

15 **Problem 15**

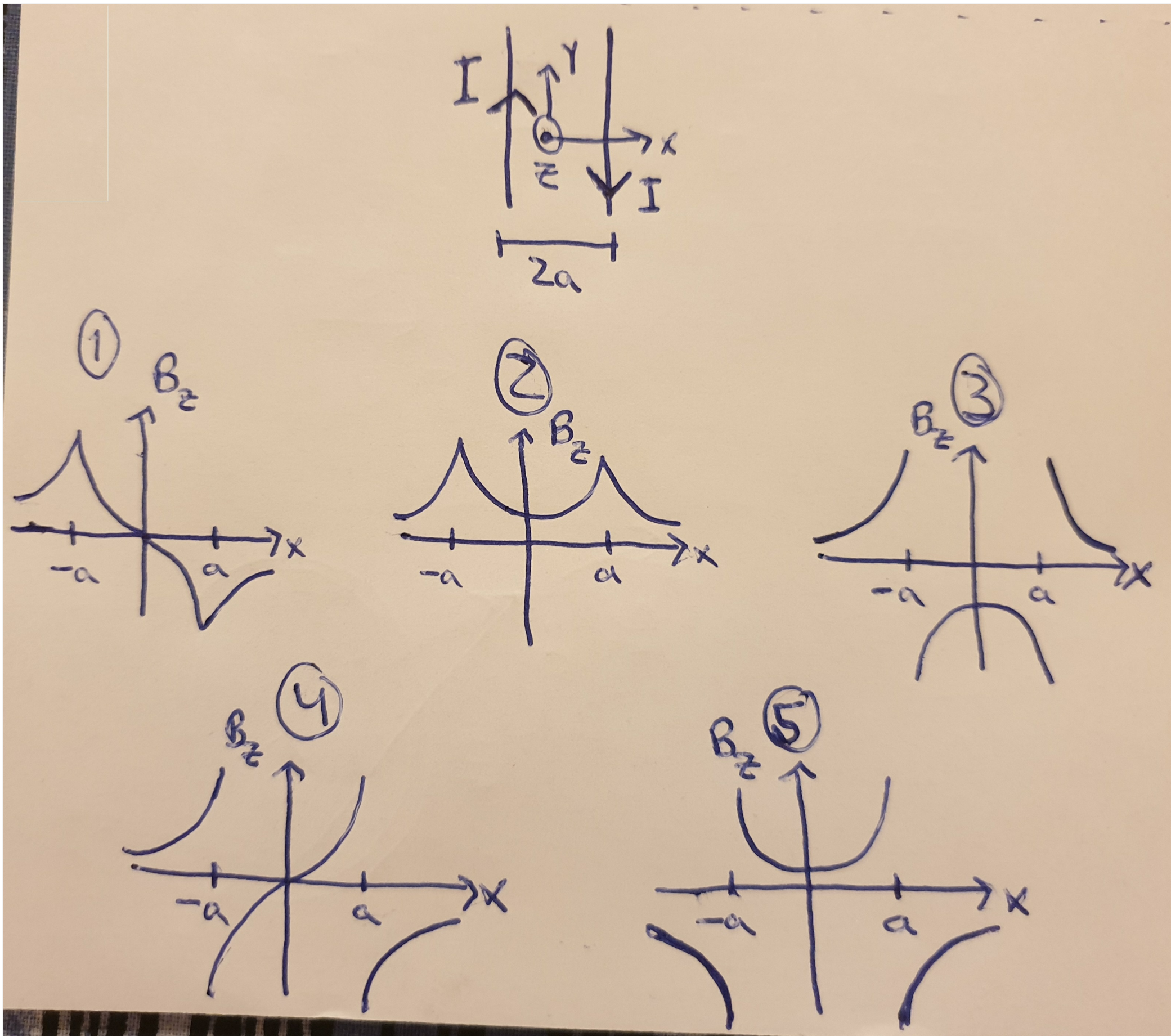
Hvilken av disse påstandene er ikke generelt gyldig?

Velg ett alternativ

- ☐ Farten til en elektromagnetisk bølge er gitt av $(\epsilon_0 \mu_0)^{-1/2}$.
- ☐ Både det elektriske og magnetiske feltet til en elektromagnetisk bølge må tilfredsstille bølgelikningen
- ☐ I en planbølge befinner det magnetiske og elektriske feltet seg i et plan perpendikulært på propageringsretningen til bølgen
- ☐ Alle disse påstandene er generelt gyldige
- ☐ Fasefaktoren til en bølge som propagerer i positiv *z*-retning er $(-kz + \omega t)$

Maks poeng: 1

16 Problem 16



To svært lange parallelle ledninger i xy -planet ligger i en avstand $2a$ fra hverandre. Ledningene er parallelle med y -aksen og fører en strøm I i motsatte retninger, som vist i figuren. Origo for koordinatsystemet er satt midt i mellom ledningene.

Hvilken graf representerer best z -komponenten til det magnetiske feltet i xy -planet som funksjon av koordinat x ?

Velg ett alternativ

- ☐ (3)
- ☐ (4)
- ☐ (5)
- ☐ (2)
- ☐ (1)

Maks poeng: 1

17 **Problem 17**

Betrakt en ideell induktor L som er en del av en elektrisk krets. Når strømmen som går i kretsen er konstant, er effekten av induktoren følgende:

Velg ett alternativ

- ☐ Induktoren lagrer en gradvis økende magnetisk energi
- ☐ Induktoren har ingen effekt
- ☐ Induktoren utgjør en effektiv motstand i kretsen
- ☐ Induktoren gir en tidsvarierende spenning
- ☐ Induktoren induserer et ikke-konservativt elektrisk felt i kretsen

Maks poeng: 1

18 **Problem 18**

Hvilket av følgende utsagn er falskt angående Fermi-hastighet og driftshastighet til elektronene som utgjør en strøm i en ledning:

Velg ett alternativ

- ☐ Fermi-hastigheten er typisk mye større enn driftshastigheten
- ☐ Drifthastigheten er hastigheten som bestemmer hvor raskt den elektriske strømmen transporteres
- ☐ Når det ikke går noen strøm i kretsen, beveger elektronene seg med Fermi-hastigheten
- ☐ Driftshastigheten er ulik null selv når det ikke går noen strøm i kretsen
- ☐ Fermi-hastigheten for metaller er typisk rundt 10^5 - 10^6 m/s

Maks poeng: 1

19 **Problem 19**

Når et materiale som utsettes for et ytre, statisk magnetisk felt $\mathbf{B}$ skaper et internt magnetisk felt som er motsatt rettet $\mathbf{B}$, kalles dette fenomenet:

Velg ett alternativ

- ☐ Permeabilitet
- ☐ Paramagnetisme
- ☐ Diamagnetisme
- ☐ Ferromagnetisme
- ☐ Faraday's lov

Maks poeng: 1

20 **Problem 20**

Betrakt en krets bestående av en variabel strømkilde $I = I_0 \cos(\omega t)$ koblet til en induktor L . Reaktansen til denne kretsen er da:

Velg ett alternativ

- ☐ ωL
- ☐ t/L
- ☐ I_0/ω
- ☐ $1/(\omega L)$
- ☐ ωI_0

Maks poeng: 1

21 **Problem 21**

En 75 W lyspære er formet som en kule med diameter på 6 cm. Kun 5% av energien går til synlig lys, resten stråles ut hovedsaklig som infrarød stråling.

(a) Hva er intensiteten (i W/m²) av synlig lys ved overflaten til lyspæren?

(b) Hva er amplitudene for det elektriske og magnetiske feltet ved denne overflaten, dersom vi antar en sinusoidal bølge med intensitet som beregnet i (a)?

Maks poeng: 3

22 **Problem 22**

En induktor med induktans $L = 2.5$ H og en resistor med $R = 8 \Omega$ kobles i serie ved $t = 0$ i til et batteri som leverer en EMS på 6 V. Batteriet har en neglisjerbar indre motstand.

Beregn følgende størrelser:

- a) Hvor raskt strømmen øker i kretsen ved $t = 0$.
- b) Hvor raskt strømmen øker på tidspunktet hvor strømmen er $I = 0.5$ A.
- c) Hva strømmen er ved $t = 0.25$ s.
- d) Den endelige strømmen når stasjonære forhold har etablert seg i kretsen.

Maks poeng: 3

23

Problem 23

En lang, tynn, luftfylt solenoide har 400 viklinger per meter og en radius på 1.1 cm. Strømmen i viklingene øker med konstant rate di/dt . Det induserte elektriske feltet på et punkt nær midten av solenoiden (dvs. like langt unna endepunktene til solenoiden) og i en avstand av 3.5 cm fra senteraksen til solenoiden er $8\text{ }\mu\text{V/m}$. Anta null magnetfelt utenfor solenoiden.

Beregn di/dt .

Maks poeng: 3

24

Problem 24

En flat strømførende ring med diameter 5 cm fører en strøm gjennom seg. Strømmen produserer et magnetisk felt på $75.4\text{ }\mu\text{T}$ i midten av ringen. Ringen plasseres nå i et uniformt magnetisk felt med styrke 0.375 T.

Beregn det maksimale dreiemomentet som det ytre feltet kan utøve på ringen. Hvordan må ringen være orientert i forhold til feltet for at dreiemomentet skal ha sin maksimale verdi?

Maks poeng: 3

25

Problem 25

Tre kondensatorer med kapasitans på henholdsvis 10 pF, 20 pF og 15 pF er ladet opp slik at de har en ladning med størrelse 3.5 nC på hver plate. Kondensatorene kobles ved $t = 0$ til en resistor $R = 25\text{ }\Omega$ slik at kondensatorene og resistoren utgjør en seriekoblet lukket krets.

Hva er strømmen i kretsen på det tidspunktet hvor kondensatorene har mistet 80% av den totale opprinnelig lagrede energien?

Maks poeng: 3

26

Problem 26

Et isolerende kuleskall har indre radius a og ytre radius b . Kuleskallet har en ladningstetthet gitt ved $\rho(r) = \alpha/r$ hvor α er en positiv konstant. Kuleskallet har dessuten en permittivitet ϵ_0 .

(a) Beregn størrelsen på det elektriske feltet i en avstand r fra midtpunktet som kuleskallet omslutter hvor $a < r < b$.

(b) En punktladning q plasseres i midtpunktet som kuleskallet omslutter, dvs. $r = 0$. Hvilken verdi må q ha (både fortegn og størrelse) for at det elektriske feltet skal være konstant i området $a < r < b$? Beregn hva denne konstante verdien isåfall blir for det elektriske feltet.

Maks poeng: 3

i

Formula sheet.

Formelark.