

Midtsemesterprøve fredag 7. mai kl 1230 – 1530.

Svartabell bakerst. Sett tydelig kryss. Husk å skrive på studentnummer.
Lever inn hele oppgaveteksten inklusive svartabell.

Studentnummer:

Tillatte hjelpemidler: C

- K. Rottmann: Matematisk formelsamling. (Eller tilsvarende.)
- O. Øgrim og B. E. Lian: Størrelser og enheter i fysikk og teknikk.
- Typegodkjent kalkulator, med tomt minne, i henhold til liste utarbeidet av NTNU. (HP30S eller enklere.)
- Formelsamling Elektrostatiske er inkludert på baksiden av dette arket.

Opplysninger:

- Kryss av for *ett* alternativ på *hver* oppgave.
- Dersom ikke annet er oppgitt, antas det at systemet er i elektrostatiske likevekt.
- Dersom ikke annet er oppgitt, er “potensial” underforstått “elektrostatiske potensial”, og tilsvarende for “potensiell energi”.
- Dersom ikke annet er oppgitt, er nullpunkt for (elektrostatiske) potensial og potensiell energi valgt uendelig langt borte.
- Når det sies at metallkuler o.l. er ”små”, betyr det essensielt at de påvirker hverandre med krefter som om de var punktladninger.
- Metall er synonymt med elektrisk leder. Isolator er synonymt med dielektrikum.
- Noen naturkonstanter: $1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
- Symboler angis i kursiv (f.eks V for potensial) mens enheter angis uten kursiv (f.eks V for volt).
- SI-prefikser: M (mega) = 10^6 , k (kilo) = 10^3 , c (centi) = 10^{-2} , m (milli) = 10^{-3} , μ (mikro) = 10^{-6} , n (nano) = 10^{-9} , p (piko) = 10^{-12} .

Formelsamling Elektrostatiske

$\int d\mathbf{A}$ angir flateintegral og $\int d\mathbf{l}$ angir linjeintegral. $\oint$ angir integral over lukket flate eller rundt lukket kurve. **F**ete symboler angir vektorer. Symboler med hatt over angir enhetsvektorer. Formlenes gyldighetsområde og de ulike symbolenes betydning antas forøvrig å være kjent.

- Coulombs lov:

$$\mathbf{F} = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}$$

- Elektrisk felt og potensial:

$$\mathbf{E} = -\nabla V$$

$$\Delta V = V_B - V_A = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

- Elektrisk potensial fra punktladning:

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

- Elektrisk fluks:

$$\phi_E = \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A}$$

- Elektrostatisk kraft er konservativ:

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0$$

- Gauss' lov for elektrisk felt og elektrisk forskyvning:

$$\epsilon_0 \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q$$

$$\oint \mathbf{D} \cdot d\mathbf{A} = q_{\text{fri}}$$

- Elektrisk forskyvning:

$$\mathbf{D} \equiv \epsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P} = \epsilon_r \epsilon_0 \mathbf{E} = \epsilon \mathbf{E}$$

- Elektrisk dipolmoment:

$$\mathbf{p} = q\mathbf{d}$$

- Elektrisk polarisering = elektrisk dipolmoment pr volumenhet:

$$\mathbf{P} = \frac{\Delta \mathbf{p}}{\Delta V}$$

- Kapasitans:

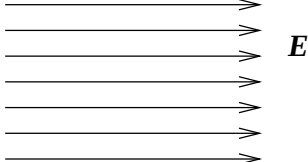
$$C = \frac{q}{V}$$

- Energitetthet i elektrisk felt:

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

Oppgaver

1) Figuren viser feltlinjer for et uniformt elektrisk felt. Et proton som plasseres i dette feltet vil

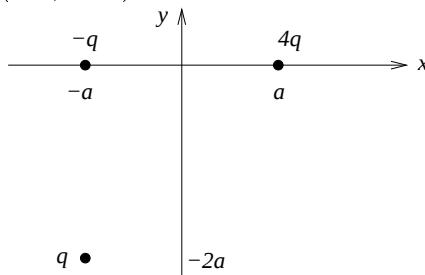
- A akselereres mot høyre.
 - B akselereres mot venstre.
 - C bevege seg med konstant hastighet mot høyre.
 - D bevege seg med konstant hastighet mot venstre.
- 

2) To små metallkuler frastøter hverandre elektrostatiske. Hvilket utsagn er da ikke korrekt?

- A Det er tilstrekkelig at den ene kule er ladet.
 - B Kulenes nettoladning ligger på overflaten.
 - C Kulene kan ikke ha ladning med motsatt fortegn.
 - D Kulene påvirker hverandre med krefter som er like store i absoluttverdi.
-

3) To punktladninger $4q$ og $-q$ er plassert på x -aksen, med $4q$ i $(x, y) = (a, 0)$ og $-q$ i $(-a, 0)$. Da blir kraften fra disse på en tredje punktladning q i $(-a, -2a)$

- A $\left[-\hat{x} + \left(1 - 1/\sqrt{2}\right)\hat{y}\right] F_0/8\sqrt{2}$
- B $\left[-\hat{x} - \left(1 - 1/\sqrt{2}\right)\hat{y}\right] F_0/8\sqrt{2}$
- C $\left[\hat{x} - \left(1 - 1/\sqrt{2}\right)\hat{y}\right] F_0/8\sqrt{2}$
- D $\left[\hat{x} + \left(1 - 1/\sqrt{2}\right)\hat{y}\right] F_0/8\sqrt{2}$



der $F_0 = q^2/\pi\epsilon_0 a^2$.

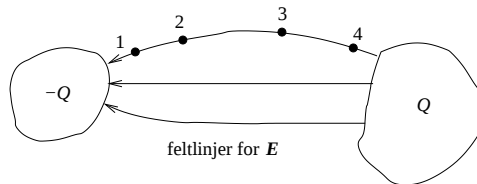
4) To kuler, 1 og 2, har like stor radius R og like stor ladning Q . Kulene vekselvirker ikke med hverandre. Kule 1 har ladningen jevnt fordelt utover overflaten mens kule 2 har ladningen jevnt fordelt utover hele volumet. Kule 1 har potensiell energi U_1 , kule 2 har potensiell energi U_2 . Finn det riktige svaret!

- A $U_1 = Q^2/8\pi\epsilon_0 R$, $U_2 = Q^2/20\pi\epsilon_0 R$
- B $U_1 = Q^2/8\pi\epsilon_0 R$, $U_2 = Q^2/10\pi\epsilon_0 R$
- C $U_1 = Q^2/8\pi\epsilon_0 R$, $U_2 = 3Q^2/20\pi\epsilon_0 R$
- D $U_1 = Q^2/8\pi\epsilon_0 R$, $U_2 = 3Q^2/40\pi\epsilon_0 R$

[Tips: Hva vet du om elektriske ledere...?]

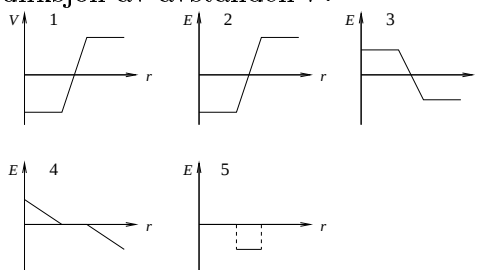
5) Figuren viser to elektriske ledere med ladning henholdsvis Q og $-Q$. Inntegnet er også noen av feltlinjene for det elektriske feltet. I hvilket av de nummererte punktene er det elektriske potensialet størst?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4



6) Hvis potensialet V som funksjon av avstanden r fra en ladningsfordeling er som vist i graf nr 1, hvilken graf viser da det elektriske feltet E som funksjon av avstanden r ?

- A 2
- B 3
- C 4
- D 5



7) Potensialet i et område er

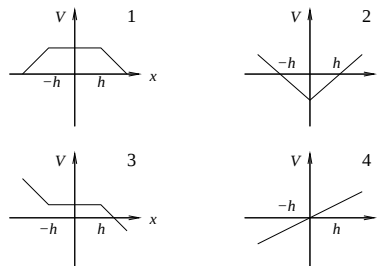
$$V(x) = 50 \text{ V} + (15 \text{ V/m}^2)x^2$$

Det elektriske feltet i dette området er da

- A $-(50 \text{ V/m}) \hat{x}$
- B $-(15 \text{ V/m}) \hat{x}$
- C $-(30 \text{ V/m}^2) x \hat{x}$
- D $-(80 \text{ V/m}) \hat{x}$

8) Hvilken av grafene i figuren representerer potensialet V i nærheten av en uendelig stor metallskive (i y - og z -retning) som er uniformt og positivt ladet (på begge sider), og som har tykkelse $2h$ (i x -retning)?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4



9) Hvilket av følgende utsagn er riktig?

- A Ekvipotensialflater for en punktladning er terninger konsentriske med ladningen.
- B Elektrisk potensial er en vektorstørrelse.
- C Elektrisk potensial kan måles i enheten Nm/C.
- D Utsagnene A, B og C er alle uriktige.

10) To ladete metallkuler er forbundet med en lang metalltråd. (Dvs mye lengre enn kulenes radier.)

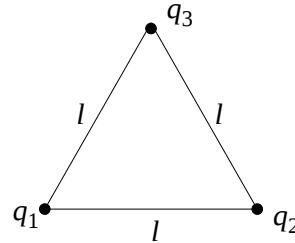
Kule 1 er større enn kule 2. Den elektriske feltstyrken E er da

- A større på overflaten av kule 1 enn på overflaten av kule 2.
- B større på overflaten av kule 2 enn på overflaten av kule 1.
- C like stor på overflaten av de to kulene.
- D enten størst på overflaten av kule 1 eller størst på overflaten av kule 2, avhengig av *hvor* stor kule 1 er i forhold til kule 2.



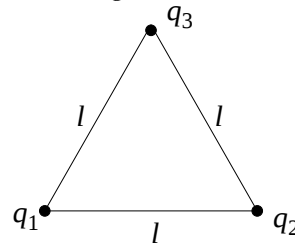
11) Tre punktladninger $q_1 = 2\mu\text{C}$, $q_2 = 4\mu\text{C}$ og $q_3 = 6\mu\text{C}$ er plassert i hvert sitt hjørne av en likesidet trekant med sider $l = 5\text{ cm}$. Systemets potensielle energi er

- A 4.92 J
- B 5.92 J
- C 6.92 J
- D 7.92 J



12) Tre punktladninger $q_1 = 2\mu\text{C}$, $q_2 = -4\mu\text{C}$ og $q_3 = 6\mu\text{C}$ er plassert i hvert sitt hjørne av en likesidet trekant med sider $l = 5\text{ cm}$. Systemets potensielle energi er

- A 7.60 J
- B 3.60 J
- C -3.60 J
- D -7.60 J



13) En parallellplatekondensator består av to like store metallplater, hver med areal A , med innbyrdes avstand d . Med ladning Q og $-Q$ på de to platene er potensialforskjellen mellom dem ΔV . Kondensatorens kapasitans C er definert som $C = Q/\Delta V$. Anta at platenes lineære utstrekning ($\sqrt{A}$) er mye større enn avstanden mellom dem, og at rommet mellom platene er fylt med luft ($\simeq$ vakuum). Da blir kondensatorens kapasitans

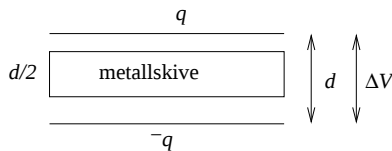
- A $C = \varepsilon_0 d/A$
- B $C = d/\varepsilon_0 A$
- C $C = A/\varepsilon_0 d$
- D $C = \varepsilon_0 A/d$

14) En parallellplatekondensator har kvadratiske plater med sidekanter 1 m og avstand 1 mm mellom platene. Hvor stor er kondensatorens kapasitans dersom den er fylt med luft (vakuum)?

- A 9 pF
- B 9 nF
- C 9 μF
- D 9 mF

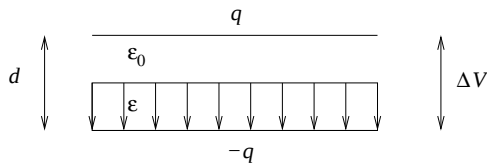
15) En parallellplatekondensator består av to tilnærmet uendelig store parallelle metallplater i innbyrdes avstand d . De to metallplatene har ladning henholdsvis q og $-q$. Med vakuum i hele rommet mellom platene er kapasitansen C_0 . En metallskive med tykkelse $d/2$, og med samme areal som de to opprinnelige metallplatene, settes inn mellom platene som vist i figuren. Da blir kondensatorens kapasitans C_1 lik

- A $C_1 = C_0/2$
- B $C_1 = C_0$
- C $C_1 = 3C_0/2$
- D $C_1 = 2C_0$



16) To tilnærmet uendelig store parallelle metallplater ligger i innbyrdes avstand d . De to metallplatene har ladning henholdsvis q og $-q$. Et dielektrikum med permittivitet $\varepsilon > \varepsilon_0$ fyller den nederste halvdelen av rommet mellom platene, som vist i figuren. I den øverste halvdelen har vi vakuum. Pilene i figuren angir da feltlinjer for

- A elektrisk forskyvning $\mathbf{D}$
- B elektrisk felt $\mathbf{E}$
- C polarisering $\mathbf{P}$
- D både $\mathbf{D}$ og $\mathbf{E}$



17) En partikkel med negativ ladning plasseres med null starthastighet i et elektrostatisk felt $\mathbf{E}$. Partikkelens bevegelse blir *ikke*

- A i retning høyere potensial.
- B i retning lavere potensiell energi.
- C i motsatt retning av $\mathbf{E}$.
- D i samme retning som $\mathbf{E}$.

18) Et proton med hastighet $\mathbf{v} = -v \hat{y}$ kommer inn i et uniformt elektrisk felt rettet langs negativ z -akse. Den elektriske kraften på protonet er da rettet langs

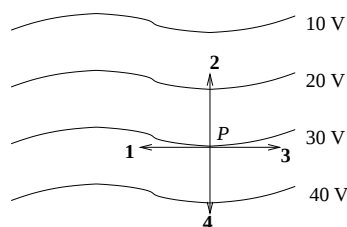
- A positiv z -akse.
- B negativ z -akse.
- C positiv y -akse.
- D negativ y -akse.

19) Potensialet på et uendelig stort positivt ladet plan er -20 V. Planet har en uniform ladningstetthet 4 nC/m^2 . I hvilken avstand fra planet er da $V = 0$?

- A 9 m
- B 9 cm
- C 9 mm
- D Potensialet V er her negativt overalt.

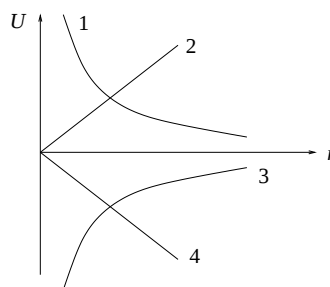
20) Hvilken vektor representerer best retningen til det elektriske feltet i punktet P på 30-volts ekvipotensialflaten?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4



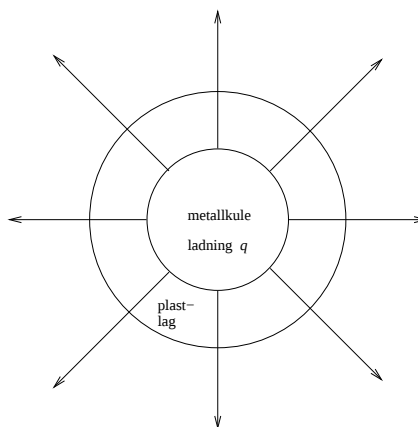
21) Hvilken kurve representerer den potensielle energien U til et elektron som funksjon av dets avstand r fra et annet elektron?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4



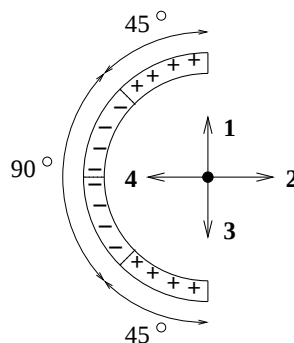
22) En metallkule med ladning q og radius R er belagt med et lag elektrisk nøytral plast med tykkelse R og permittivitet $\varepsilon = 3\varepsilon_0$. Pilene i figuren angir da feltlinjer for

- A elektrisk forskyvning $\mathbf{D}$
- B elektrisk felt $\mathbf{E}$
- C polarisering $\mathbf{P}$
- D både $\mathbf{D}$ og $\mathbf{E}$



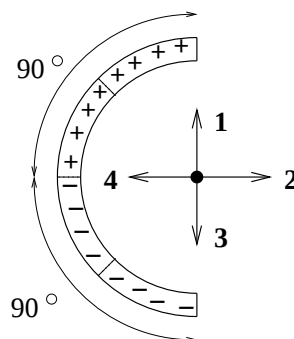
23) Figuren viser en halvsirkelformet stav med uniform ladning pr lengdeenhet, enten negativ ($-\lambda$, merket med "-") eller positiv ($+\lambda$, merket med "+") på ulike deler av staven, slik at staven totalt har ladning lik null. Hvilken pil angir da riktig retning på den elektriske kraften som virker på et elektron som er plassert i "sentrumspunktet" (dvs det som ville ha vært sentrum av en hel sirkel)?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4



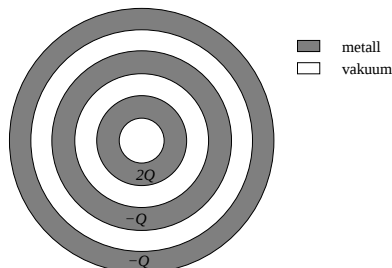
24) Figuren viser en halvsirkelformet stav med uniform ladning pr lengdeenhet, enten negativ ($-\lambda$, merket med "-") eller positiv (λ , merket med "+") på ulike deler av staven, slik at staven totalt har ladning lik null. Hvilken pil angir da riktig retning på den elektriske kraften som virker på et elektron som er plassert i "sentrumspunktet" (dvs det som ville ha vært sentrum av en hel sirkel)?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4



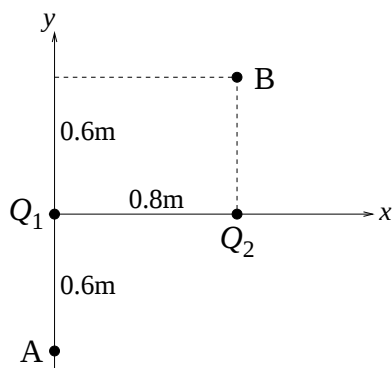
25) Figuren viser tre hule konsentriske metallkuler med netto ladning $2Q$ (på innerste kule), $-Q$ (på midterste kule) og $-Q$ (på ytterste kule). Alle de tre kuleskallene har en viss tykkelse. Hvor mye ladning er samlet på *ytre* overflate av den *ytterste* kula?

- A $-Q$
- B $-2Q$
- C Q
- D 0



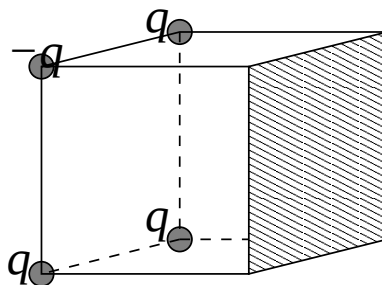
26) To punktladninger $Q_1 = 2 \mu\text{C}$ og $Q_2 = 5 \mu\text{C}$ er plassert i xy -planet, som vist i figuren. En tredje punktladning $q = 1 \mu\text{C}$ flyttes fra punkt B til punkt A. Hvor stor endring gir denne forflytningen i systemets potensielle energi? ("Systemet" = de tre punktladningene.)

- A -18 J
- B -0.18 J
- C -18 mJ
- D -0.18 mJ



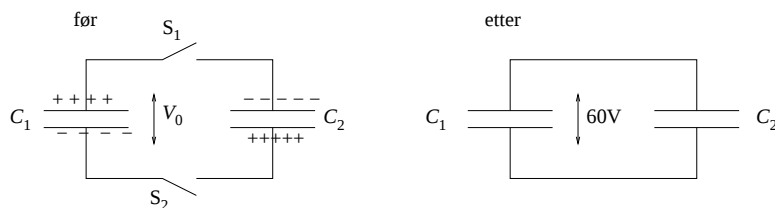
27) Fire punktladninger, en negativ og tre positive, alle fire like store i absoluttverdi, er plassert i hvert sitt hjørne av en kube, som vist i figuren. Hva blir den elektriske fluksen gjennom den skraverte sideflaten (dvs: motstående sideflate i forhold til den sideflaten som har de fire punktladningene i sine fire hjørner)?

- A null
- B $q/6\epsilon_0$
- C $q/12\epsilon_0$
- D $q/24\epsilon_0$



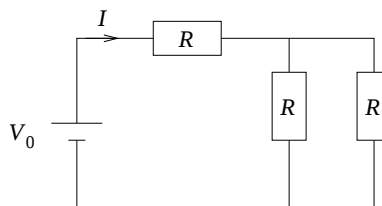
28) To kondensatorer er ladet opp med et batteri, slik at potensialforskjellen V_0 er like stor over begge kondensatorene. (Se figuren til venstre.) Merk at kondensatoren til venstre, med kapasitans $C_1 = 5 \text{ nF}$, har den positivt ladete platen øverst, mens den til høyre, med kapasitans $C_2 = 7 \text{ nF}$, har den negativt ladete platen øverst (før de to bryterne lukkes). Potensialforskjellen ΔV over de to kondensatorene etter at vi forbinder dem ved å lukke bryterne S_1 og S_2 måles til 60 V (se figuren til høyre). Hvor stor var potensialforskjellen V_0 i utgangspunktet?

- A 60 V
- B 180 V
- C 360 V
- D 540 V



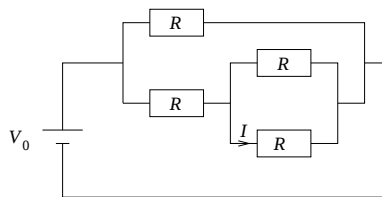
29) Hva blir strømstyrken I angitt i kretsen til høyre?

- A V_0/R
- B $V_0/3R$
- C $2V_0/3R$
- D $3V_0/2R$



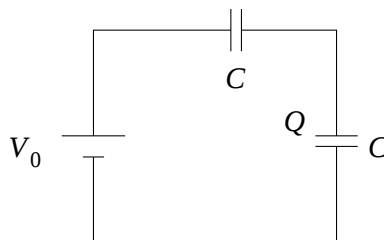
30) Hva blir strømstyrken I angitt i kretsen til høyre?

- A V_0/R
- B $V_0/3R$
- C $2V_0/3R$
- D $3V_0/2R$



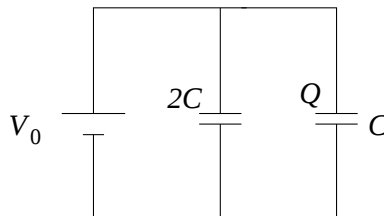
31) Hva blir ladningen Q angitt i kretsen til høyre?

- A $V_0 C$
- B $2V_0 C$
- C $V_0 C/2$
- D $V_0 C/4$



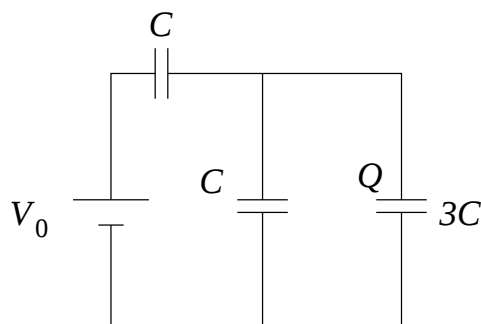
32) Hva blir ladningen Q angitt i kretsen til høyre?

- A $V_0 C$
- B $2V_0 C$
- C $3V_0 C$
- D $4V_0 C$

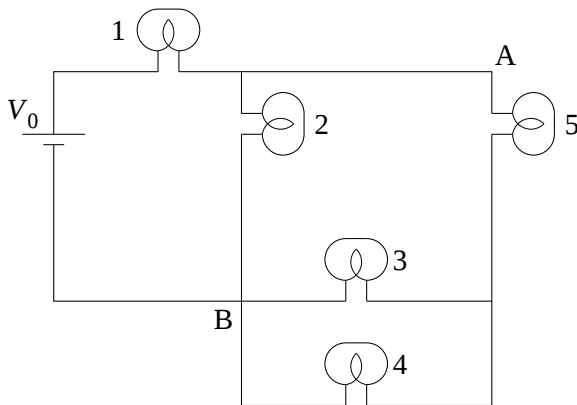


33) Hva blir ladningen Q angitt i kretsen til høyre?

- A $3V_0 C/2$
- B $V_0 C$
- C $3V_0 C/5$
- D $V_0 C/3$



(Felles tekst og figur til oppgavene 34-38)



Hver av de fem lyspærene kan betraktes som en ideell ohmsk motstand R . Økt spenning over en lyspære (og dermed økt strømstyrke) gir økt lysstyrke i lyspæra. I hver av oppgavene 35 – 37 spørres det etter en eventuell endring når vi starter med kretsen slik den er vist i figuren.

34) I kretsen vist i figuren, hvilke(n) lyspære(r) lyser sterkest?

- A 1 B 2 C 3 og 4 D 5
-

35) Hva skjer med lysstyrken i pære 3 dersom punktene A og B forbindes med en (motstandsløs) ledertråd?

- A Uendret.
B Lyser svakere.
C Lyser sterkere.
D Slokker.
-

36) Hva skjer med lysstyrken i pære 5 dersom pære 2 skrus ut?

- A Uendret.
B Lyser svakere.
C Lyser sterkere.
D Slokker.
-

37) Hva skjer med lysstyrken i pære 1 dersom pære 4 skrus ut?

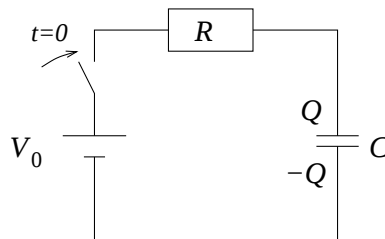
- A Uendret.
B Lyser svakere.
C Lyser sterkere.
D Slokker.
-

38) Med pærene 1, 3 og 5 på plass, og med $V_0 = 9 \text{ V}$ og $R = 2 \Omega$, hva blir totalt effekttap i kretsen?

- A 13.5 W B 67.0 W C 3.5 W D 46.0 W
-

39) En spenningskilde $V_0 = 3 \text{ V}$ kobles ved tidspunktet $t = 0$ til en seriekobling av en motstand $R = 10 \Omega$ og en kondensator med kapasitans $C = 1 \text{ mF}$. (Før $t = 0$ har kondensatorplatene null ladning.) Ved hvilket tidspunkt har kondensatorladningen Q nådd 95% av sin maksimale verdi $Q_{\max} = V_0 C$?

- A $t = 2.7 \mu\text{s}$
B $t = 30 \text{ ms}$
C $t = 1.5 \text{ s}$
D $t = 49 \text{ s}$



40) Hvor stor strøm I går i kretsen i oppgave 39 umiddelbart etter at spenningskilden er koblet til? (Dvs ved et tidspunkt $t \ll \tau$, der τ er kretsens tidskonstant.)

- A $I = 0$
B $I = 0.30 \text{ A}$
C $I = 3.33 \text{ A}$
D $I \rightarrow \infty$
-

Studentnummer:

Svartabell:

Oppgave	A	B	C	D
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				