

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 Elektrostatikk 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 elektrostatisk likevekt.
- Dersom ikke annet er oppgitt, er “potensial” underforstått “elektrostatisk potensial”, og tilsvarende for “potensiell energi”.
- Dersom ikke annet er oppgitt, er nullpunkt for (elektrostatisk) 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) =  $10^{-3}$ ,  $\mu$  (mikro) =  $10^{-6}$ , n (nano) =  $10^{-9}$ , p (piko) =  $10^{-12}$ .

## Formelsamling Elektrostatikk

$\int d\mathbf{A}$  angir flateintegral og  $\int d\mathbf{l}$  angir linjeintegral.  $\oint$  angir integral over lukket flate eller rundt lukket kurve. **Fete** 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.

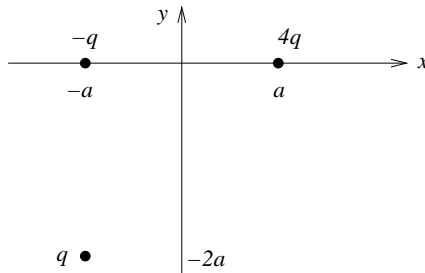


2) To små metallkuler frastøter hverandre elektrostatisk. Hvilket utsagn er da ikke korrekt?

- A Det er tilstrekkelig at den ene kulen 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!

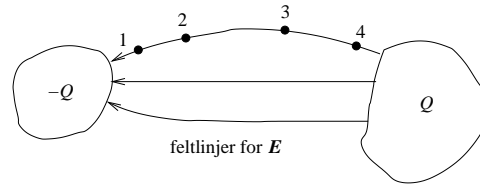
- A  $U_1 = Q^2/8\pi\epsilon_0 R, U_2 = Q^2/20\pi\epsilon_0 R$
- B  $U_1 = Q^2/8\pi\epsilon_0 R, U_2 = Q^2/10\pi\epsilon_0 R$
- C  $U_1 = Q^2/8\pi\epsilon_0 R, U_2 = 3Q^2/20\pi\epsilon_0 R$
- D  $U_1 = Q^2/8\pi\epsilon_0 R, U_2 = 3Q^2/40\pi\epsilon_0 R$

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

---

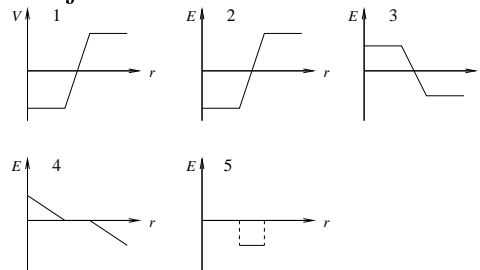
5) Figuren viser to elektriske ledere med ladning henholdsvis  $Q$  og  $-Q$ . Inntegnet er også noen av feltlinjene for det elektriske feltet. I hvilket av de nummererte punktene er det elektriske potensialet størst?

- 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

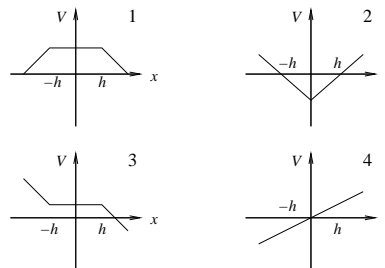
$$V(x) = 50 \text{ V} + (15 \text{ V/m}^2)x^2$$

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.)

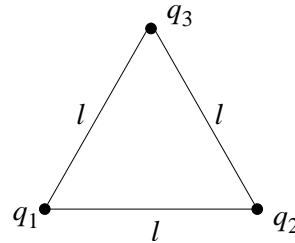
Kule 1 er større enn kule 2. Den elektriske feltstyrken  $E$  er da

- 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.



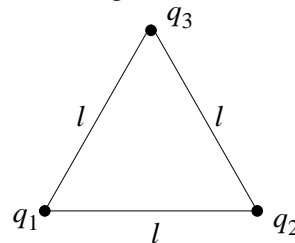
11) Tre punktladninger  $q_1 = 2\mu\text{C}$ ,  $q_2 = 4\mu\text{C}$  og  $q_3 = 6\mu\text{C}$  er plassert i hvert sitt hjørne av en likesidet trekant med sider  $l = 5\text{ cm}$ . Systemets potensielle energi er

- 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  $\Delta V$ . 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

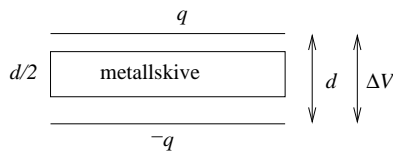
- A  $C = \epsilon_0 d/A$
- B  $C = d/\epsilon_0 A$
- C  $C = A/\epsilon_0 d$
- D  $C = \epsilon_0 A/d$

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  $\mu\text{F}$
- D 9 mF

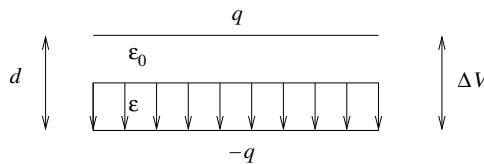
15) En parallellplatekondensator består av to tilnærmet uendelig store parallelle metallplater i innbyrdes avstand  $d$ . De to metallplatene har ladning henholdsvis  $q$  og  $-q$ . Med vakuum i hele rommet mellom platene er kapasitansen  $C_0$ . En metallskive med tykkelse  $d/2$ , og med samme areal 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 halvdel av rommet mellom platene, som vist i figuren. I den øverste halvdel 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

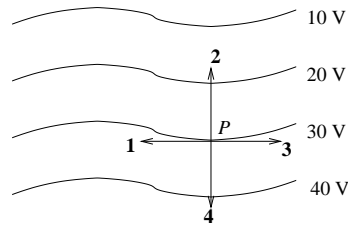
- A positiv  $z$ -akse.
- B negativ  $z$ -akse.
- C positiv  $y$ -akse.
- D negativ  $y$ -akse.

19) Potensialet på et uendelig stort positivt ladet plan er  $-20$  V. Planet har en uniform ladningstetthet  $4 \text{ nC/m}^2$ . 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.

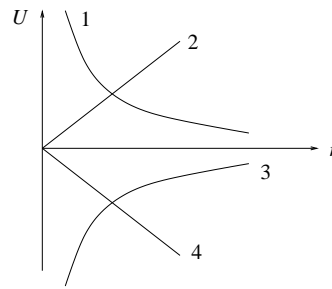
20) Hvilken vektor representerer best retningen til det elektriske feltet i punktet  $P$  på 30-volts ekvipotensialflaten?

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



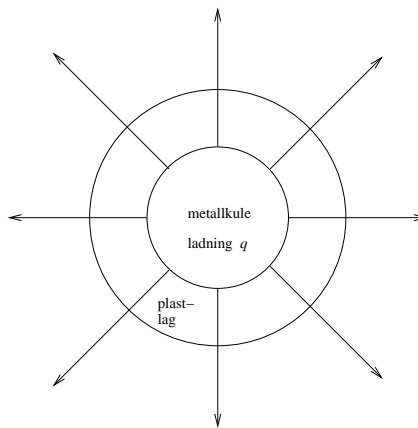
21) Hvilken kurve representerer den potensielle energien  $U$  til et elektron som funksjon av dets avstand  $r$  fra et annet elektron?

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



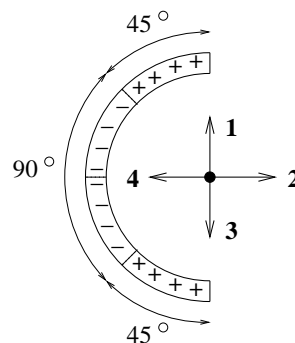
22) En metallkule med ladning  $q$  og radius  $R$  er belagt med et lag elektrisk nøytral plast med tykkelse  $R$  og permittivitet  $\epsilon = 3\epsilon_0$ . Pilene i figuren angir da feltlinjer for

- A elektrisk forskyvning  $D$
- B elektrisk felt  $E$
- C polarisering  $P$
- D både  $D$  og  $E$



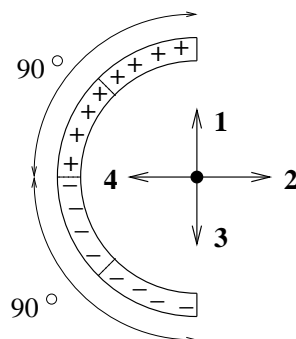
23) Figuren viser en halvsirkelformet stav med uniform ladning pr lengdeenhet, enten negativ ( $-\lambda$ , merket med "-") eller positiv ( $\lambda$ , merket med "+") på ulike deler av staven, slik at staven totalt har ladning lik null. Hvilken pil angir da riktig retning på den elektriske kraften som 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



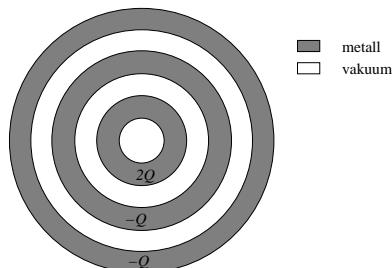
24) Figuren viser en halvsirkelformet stav med uniform ladning pr lengdeenhet, enten negativ ( $-\lambda$ , merket med "-") eller positiv ( $\lambda$ , merket med "+") på ulike deler av staven, slik at staven totalt har ladning lik null. Hvilken pil angir da riktig retning på den elektriske kraften som 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



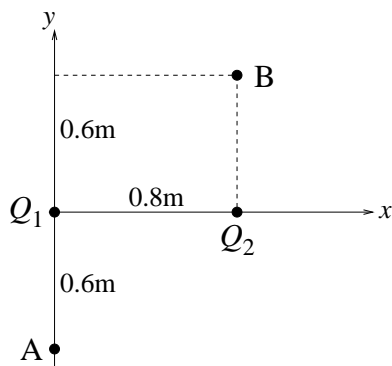
25) Figuren viser tre hule konsentriske metallkuler med netto ladning  $2Q$  (på innerste kule),  $-Q$  (på midterste kule) og  $-Q$  (på ytterste kule). Alle de tre kuleskallene har en viss tykkelse. Hvor mye ladning er samlet på *ytre* overflate av den *ytterste* kula?

- 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.)

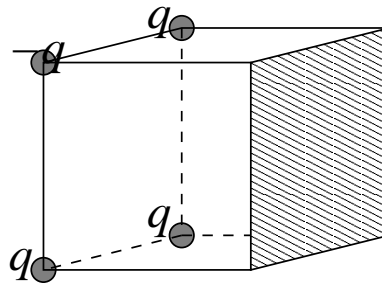
- A -18 J
- B -0.18 J
- C -18 mJ
- D -0.18 mJ





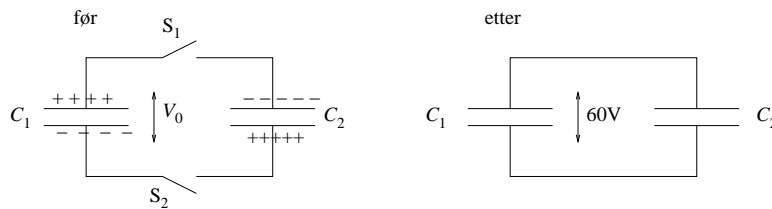
27) Fire punktladninger, en negativ og tre positive, alle fire like store i absoluttverdi, er plassert i hvert sitt hjørne av en kube, som vist i figuren. Hva blir den elektriske fluksen gjennom den skraverte sideflaten (dvs: motstående sideflate i forhold til den sideflaten som har de fire punktladningene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

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



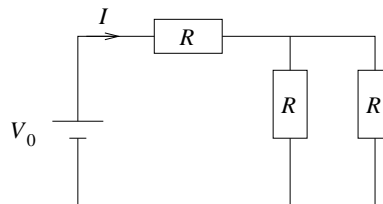
28) To kondensatorer er ladet opp med et batteri, slik at potensialforskjellen  $V_0$  er like stor over begge kondensatorene. (Se figuren til venstre.) Merk at kondensatoren til venstre, med kapasitans  $C_1 = 5 \text{ nF}$ , har den positivt ladete platen øverst, mens den til høyre, med kapasitans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

- A  $60 \text{ V}$
- B  $180 \text{ V}$
- C  $360 \text{ V}$
- D  $540 \text{ V}$



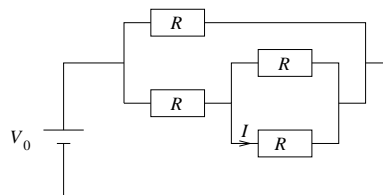
29) Hva blir strømstyrken  $I$  angitt i kretsen til høyre?

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



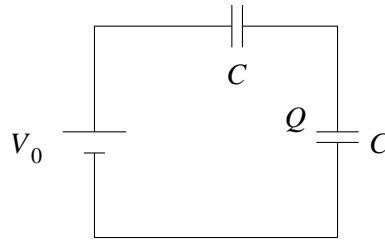
30) Hva blir strømstyrken  $I$  angitt i kretsen til høyre?

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



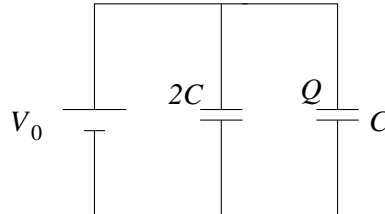
31) Hva blir ladningen  $Q$  angitt i kretsen til høyre?

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



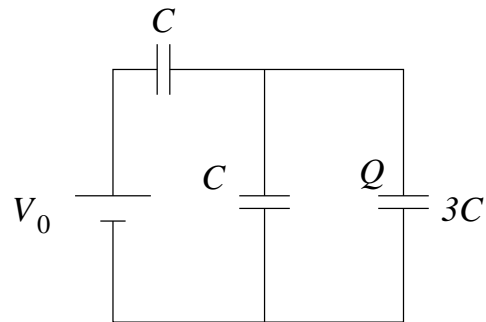
32) Hva blir ladningen  $Q$  angitt i kretsen til høyre?

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

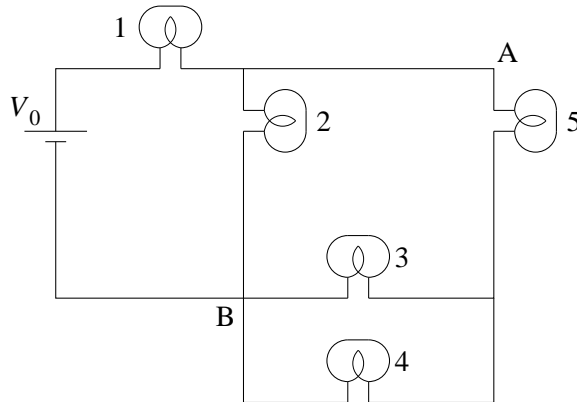


33) Hva blir ladningen  $Q$  angitt i kretsen til høyre?

- 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 skrues ut?

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

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

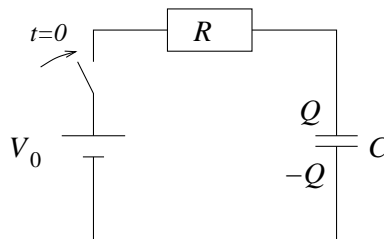
- A Uendret.  
B Lyser svakere.  
C Lyser sterkere.  
D Slokker.
- 

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  $\tau$  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				