

Midtsemesterprøve fredag 10. oktober kl 0900 – 1200.

Svartabell på baksiden av eget ark. Sett tydelig kryss.

Nr 3 av 5 versjoner med ulik rekkefølge på de 40 oppgavene.

Studentnummer:

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 0 eller 1 alternativ på hver oppgave. Riktig svar gir 3 poeng, feil svar gir –1 poeng og ubesvart oppgave gir 0 poeng.
- 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.
- Noe av dette kan du få bruk for: $1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
- Symboler angis i kursiv (f.eks V for potensial) mens enheter angis uten kursiv (f.eks V for volt).

Formelsamling Elektrostatis

$\oint d\mathbf{A}$ angir flateintegral og $\int d\mathbf{l}$ angir linjeintegral. $\oint$ angir integral over lukket flate eller rundt lukket kurve. Formlenes gyldighetsområde og de ulike symbolenes betydning antas forøvrig å være kjent.

- Coulombs lov:

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

- 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:

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

- Gauss lov for elektrisk felt:

$$\epsilon_0 \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q$$
$$\oint \mathbf{D} \cdot d\mathbf{A} = q_{\text{fri}}$$
$$\epsilon_0 \nabla \cdot \mathbf{E} = \rho$$
$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_{\text{fri}}$$

- Elektrostatisk kraft er konservativ:

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

- Elektrisk forskyvning:

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

- Elektrisk dipolmoment:

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

- Elektrisk polarisering:

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

- Kapasitans:

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

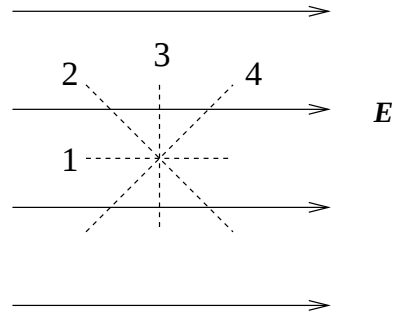
- Energitetthet i elektrisk felt:

$$u_E = \frac{1}{2} \mathbf{D} \cdot \mathbf{E} \stackrel{\text{vakuum}}{=} \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

Oppgaver

1) Figuren viser et uniformt elektrisk felt $\mathbf{E}$ (heltrukne linjer). Langs hvilken stiplet linje endrer potensialet seg ikke?

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



2) Potensialet i et område er

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

Det elektriske feltet i dette området er da

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

3) Potensialet i et område er

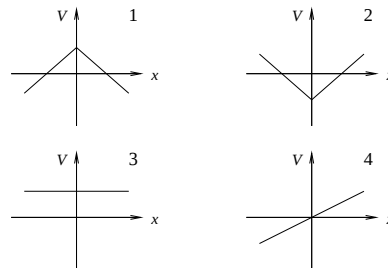
$$V(x, y, z) = (2 \text{ V/m})x + (3 \text{ V/m})y + (4 \text{ V/m})z$$

Da er x -komponenten av det elektriske feltet i dette området

- A -2 V/m
- B -3 V/m
- C -4 V/m
- D -9 V/m

4) Hvilken av grafene i figuren representerer potensialet V i nærheten av et uendelig stort uniformt og positivt ladet plan, lokalisert i yz -planet?

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



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

- A 18 km
- B 18 m
- C 18 cm
- D 18 mm

6) Hvilket av følgende utsagn er riktig?

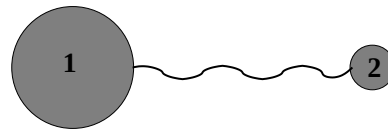
- A Ekvipotensialflater for en punktladning er terninger konsentriske med ladningen.
- B Elektrisk potensial er en vektorstørrelse.
- C Elektrisk potensial måles i enheten N/C.
- D Ekvipotensialflater står vinkelrett på elektriske feltlinjer.

7) En metallkule har radius 30 cm. Hvor mye ladning kan akkumuleres på en slik kule før vi får overslag ("coronautladning") i lufta omkring? Overslag i luft inntreffer hvis det elektriske feltet blir større enn 3 MV/m .

- A $30 \mu\text{C}$
- B $20 \mu\text{C}$
- C $10 \mu\text{C}$
- D $3 \mu\text{C}$

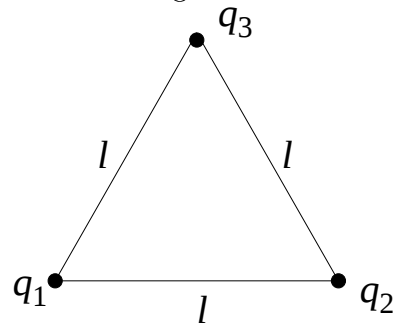
8) To ladete metallkuler er forbundet med en metalltråd. Kule 1 er større enn kule 2. Potensialet på kule 1

- A er mindre enn potensialet på kule 2.
- B er like stort som potensialet på kule 2.
- C er større enn potensialet på kule 2.
- D kan være større eller mindre enn på kule 2, avhengig av forholdet mellom kulenes radier.



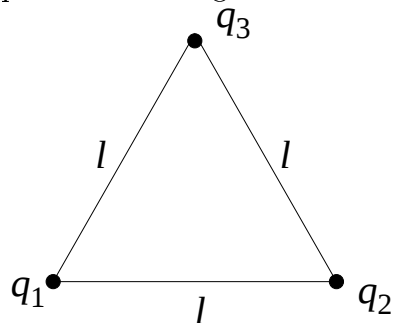
9) Tre punktladninger $q_1 = 5\mu\text{C}$, $q_2 = 10\mu\text{C}$ og $q_3 = 15\mu\text{C}$ er plassert i hvert sitt hjørne av en likesidet trekant med sider $l = 50 \text{ cm}$. Systemets potensielle energi er

- A 4.95 J
- B 5.95 J
- C 6.95 J
- D 7.95 J



10) Tre punktladninger $q_1 = 5\mu\text{C}$, $q_2 = -10\mu\text{C}$ og $q_3 = 15\mu\text{C}$ er plassert i hvert sitt hjørne av en likesidet trekant med sider $l = 50\text{ cm}$. Systemets potensielle energi er

- A 2.25 J
- B 0.25 J
- C - 2.25 J
- D - 4.25 J

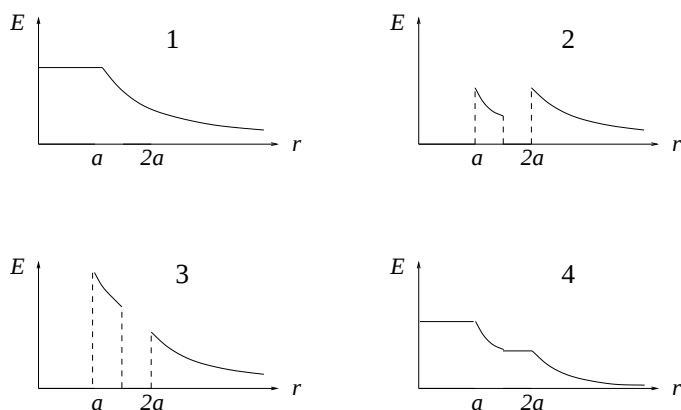
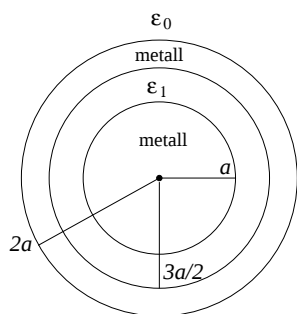


11) Den potensielle energien til to elektroner i innbyrdes avstand $1\text{ \AA}$ ($= 10^{-10}\text{ m}$) er [$1\text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{ J}$]

- A 14.4 meV
- B 14.4 eV
- C 14.4 keV
- D 14.4 MeV

12) Ei metallkule med radius a har nettoladning $q > 0$ (figuren nedenfor til venstre). Den er belagt med et lag elektrisk nøytral plast med tykkelse $a/2$. Deretter følger et elektrisk nøytralt metallisk kuleskall med tykkelse $a/2$. Utenfor dette har vi vakuum. Plasten er et dielektrikum med permittivitet $\epsilon_1 = 4\epsilon_0$. Hvilken av de fire grafene i figuren nedenfor til høyre illustrerer det elektriske feltet E som funksjon av avstanden r fra metallkulas sentrum?

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



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

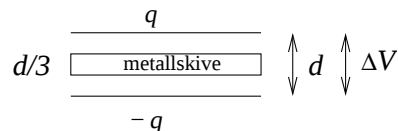
- A $C = \varepsilon_0 d/A$
- B $C = \varepsilon_0 A/d$
- C $C = d/\varepsilon_0 A$
- D $C = A/\varepsilon_0 d$

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

- A 0.9 pF
- B 0.9 nF
- C 0.9 μ F
- D 0.9 mF

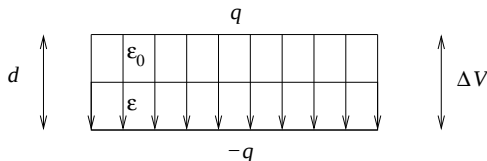
15) En parallellplatekondensator består av to tilnærmet uendelig store parallelle metallplater i innbyrdes avstand d . De to metallplatene har ladning henholdsvis q og $-q$. Med vakuum i hele rommet mellom platene er kapasitansen C_0 . En metallskive med tykkelse $d/3$, og med samme areal som de to opprinnelige metallplatene, settes inn mellom platene som vist i figuren. Da blir kondensatorens kapasitans C_1 lik

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



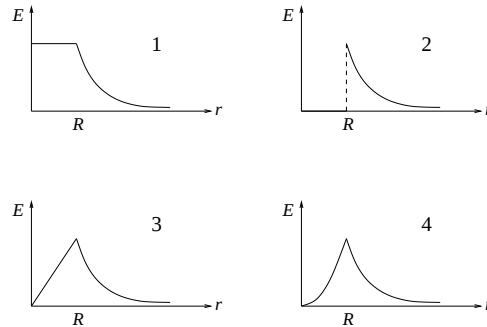
16) To tilnærmet uendelig store parallelle metallplater ligger i innbyrdes avstand d . De to metallplatene har ladning henholdsvis q og $-q$. Et dielektrikum med permittivitet $\varepsilon > \varepsilon_0$ fyller den nederste halvdelen av rommet mellom platene, som vist i figuren. I den øverste halvdelen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



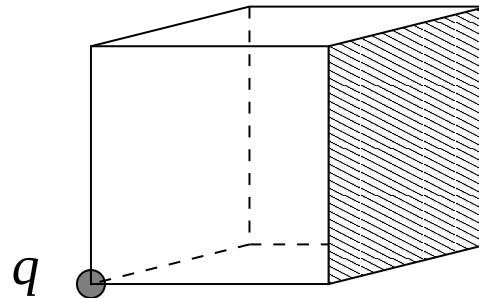
17) Ei kule med radius R har en ladningstetthet, dvs ladning pr volumenhet, som er proporsjonal med avstanden r fra kulas sentrum: $\rho(r) = kr$ ($k = \text{konstant}$). Fastslå, ved hjelp av Gauss' lov, hvilken graf i figuren til høyre som representerer den resulterende elektriske feltstyrken E som funksjon av r .

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



18) En punktladning q er plassert i det ene hjørnet av en kube. Hva blir den elektriske fluksen gjennom den skraverte sideflaten i figuren til høyre?

- A q/ε_0
- B $q/4\varepsilon_0$
- C $q/8\varepsilon_0$
- D $q/24\varepsilon_0$



19) En berylliumkjerne med ladning $4e$ og masse $9m_p$ og en α -partikkel (dvs en heliumkjerne) med ladning $2e$ og masse $4m_p$ er i ro. De to partiklene kan gis like stor hastighet ved å

- A akselerere dem gjennom en like stor potensialforskjell.
- B akselerere α -partikkelen gjennom V volt og berylliumkjernen gjennom $V/2$ volt.
- C akselerere α -partikkelen gjennom V volt og berylliumkjernen gjennom $8V/9$ volt.
- D akselerere α -partikkelen gjennom V volt og berylliumkjernen gjennom $9V/8$ volt.

20) Et vannmolekyl har dipolmoment $p = 6.2 \cdot 10^{-30}$ Cm. En liter vann inneholder ca 55.6 mol, der $1 \text{ mol} = 6.02 \cdot 10^{23}$ molekyler. Hva blir da øvre teoretiske grense for elektrisk polarisering P i en liter vann?

- A $P = 6.2 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$
- B $P = 9.7 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^2$
- C $P = 1.4 \cdot 10^{-3} \text{ C/m}^2$
- D $P = 0.21 \text{ C/m}^2$

21) Elektrisk felt

- A er elektrisk kraft pr ladningsenhet.
- B er det samme som elektrisk potensial.
- C er en skalar størrelse.
- D pr flateenhet er det samme som elektrisk fluks.

22) Finn feil påstand: Gauss' lov for elektrostatisk felt E

- A er en konsekvens av Coulombs lov.
- B følger av at E faller av som $1/r^2$.
- C har som konsekvens at $E = 0$ inne i en elektrisk leder.
- D uttrykker at netto elektrisk fluks gjennom en lukket flate er større jo større (netto) ladning som omslutes av flaten.

23) Finn feil påstand:

- A Overflaten av et metallstykke er et ekvipotensial.
- B Enhver lukket flate som i sin helhet ligger inne i et metallstykke er et ekvipotensial.
- C Enhver åpen (dvs: ikke lukket) flate som i sin helhet ligger inne i et metallstykke er et ekvipotensial.
- D Enhver lukket flate som i sin helhet ligger inne i et metallstykke har alltid elektrisk potensial $V = 0$.

24) Hva er ikke en enhet for elektrisk fluks ϕ_E ?

- A Vm
- B Cm/F
- C Jm/C
- D NV/J

25) I et område er det elektriske feltet

$$\mathbf{E} = \left(24\pi \frac{\text{V}}{\text{m}^2}\right) \cdot (x \hat{x} + y \hat{y} + z \hat{z})$$

Hva er da romladningstettheten ρ i dette området?

- A 2 C/m^3
- B 2 mC/m^3
- C $2 \mu\text{C/m}^3$
- D 2 nC/m^3

26) Dersom potensialforskjellen mellom de to metallplatene i en parallelplatekondensator halveres, blir energien som er lagret i kondensatoren

- A firedoblet.
- B doblet.
- C redusert til det halve.
- D redusert til fjerdeparten.

27) Finn riktig påstand:

- A En ladet metallkule har positivt elektrisk potensial, enten den har positiv eller negativ ladning.
- B En ladet metallkule har negativt elektrisk potensial, enten den har positiv eller negativ ladning.
- C En ladet metallkule har positiv potensiell energi, enten den har positiv eller negativ ladning.
- D Påstandene A, B og C er alle feil.

28) Elektrisk felt på symmetriaksen og i avstand x fra sentrum av en tynn, jevnt ladet ring med ladning Q og radius R er

- A $Qx/4\pi\epsilon_0(R^2 + x^2)^{3/2}$
- B $QR/4\pi\epsilon_0(R^2 + x^2)^{3/2}$
- C $QRx/4\pi\epsilon_0(R^2 + x^2)^2$
- D $Q/4\pi\epsilon_0R(R^2 + x^2)^{1/2}$

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

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



30) Elektrostatisk felt er konservativt. Hva kan da ikke representere et elektrostatisk felt? (k = konstant)

- A $\mathbf{E} = k \hat{x}$
- B $\mathbf{E} = kx^2 \hat{x}$
- C $\mathbf{E} = kx^2 \hat{y}$
- D $\mathbf{E} = k(z \hat{y} + y \hat{z})$

31) En blyant har et underskudd på $3 \cdot 10^{11}$ elektroner. Da er blyantens ladning

- A 48 nC
- B -48 nC
- C 0.48 nC
- D $5.3 \cdot 10^{-31}$ C

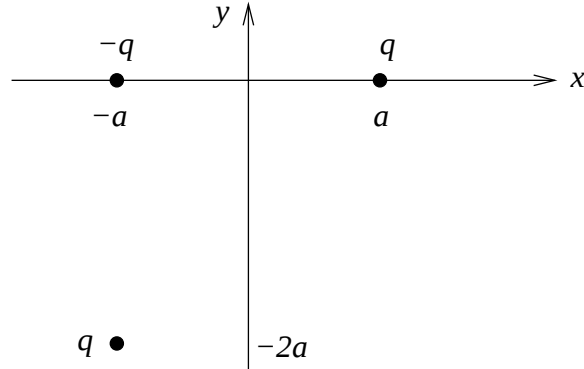
32) To små metallkuler frastøter hverandre elektrostatisk. Hvilket utsagn er da ikke korrekt?

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

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

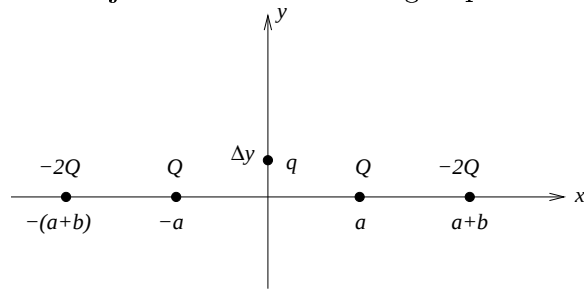
- A $\left[-\hat{x} + (2\sqrt{2} - 1)\hat{y} \right] F_0/8\sqrt{2}$
- B $\left[-\hat{x} - (2\sqrt{2} - 1)\hat{y} \right] F_0/8\sqrt{2}$
- C $\left[\hat{x} - (2\sqrt{2} - 1)\hat{y} \right] F_0/8\sqrt{2}$
- D $\left[\hat{x} + (2\sqrt{2} - 1)\hat{y} \right] F_0/8\sqrt{2}$

der $F_0 = q^2/4\pi\epsilon_0 a^2$.



34) Fire punktladninger er plassert på x -aksen, som vist i figuren: Positive ladninger Q i $x = a$ og $x = -a$, negative ladninger $-2Q$ i $x = a + b$ og $x = -(a + b)$. En positiv testladning q kan bevege seg friksjonsfritt og kun langs y -aksen. Denne slippes, med null hastighet, fra sin startposisjon $y = \Delta y$ på den positive y -aksen. Hva skjer da med testladningen q ?

- A Den vil forsvinne mot $y = \infty$.
- B Den vil oscillere fram og tilbake omkring origo.
- C Den vil oscillere omkring en likevektsposisjon $y_0 > 0$.
- D Både A, B og C er mulig; utfallet avhenger av forholdet b/a .



35) To punktladninger tiltrekker hverandre med en kraft F . Hvor stor blir den tiltrekkende kraften dersom vi øker ladningenes innbyrdes avstand med 20 %?

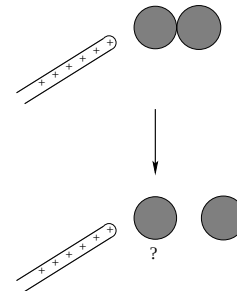
- A $0.64 F$
- B $0.69 F$
- C $0.83 F$
- D $1.44 F$

36) 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 $U_1 = Q^2/8\pi\epsilon_0 R$, $U_2 = 3Q^2/20\pi\epsilon_0 R$
- C $U_1 = 3Q^2/20\pi\epsilon_0 R$, $U_2 = Q^2/8\pi\epsilon_0 R$
- D $U_1 = Q^2/4\pi\epsilon_0 R$, $U_2 = 3Q^2/20\pi\epsilon_0 R$

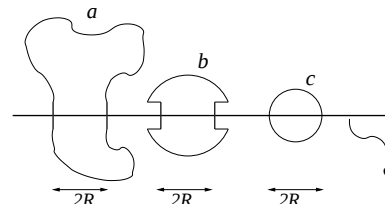
37) Du bringer en positivt ladet glass-stav nesten inntil den ene (den til venstre) av to nøytrale metallkuler som er i innbyrdes kontakt. Deretter fjerner du de to metallkulene fra hverandre. Da har metallkula til venstre fått

- A negativ ladning.
- B positiv ladning.
- C null netto ladning.
- D samme ladning som kula til høyre.



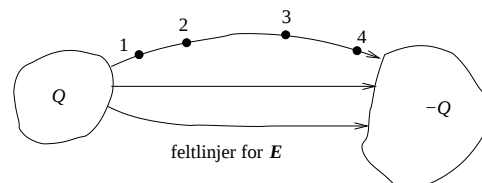
38) En uniformt ladet uendelig stor flate har ladning σ pr flateenhet. Tre gaussflater (lukkede flater) a , b og c er vist i figuren. Alle de tre flatene omslutter en sirkelformet skive med radius R når de krysser den ladete flaten. Ranger de tre lukkede flatene a , b og c i henhold til hvor stor netto elektrisk fluks som passerer ut gjennom dem.

- A $a > b > c$
- B $a > b = c$
- C $a = b = c$
- D $a < b < c$



39) 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



40) 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

