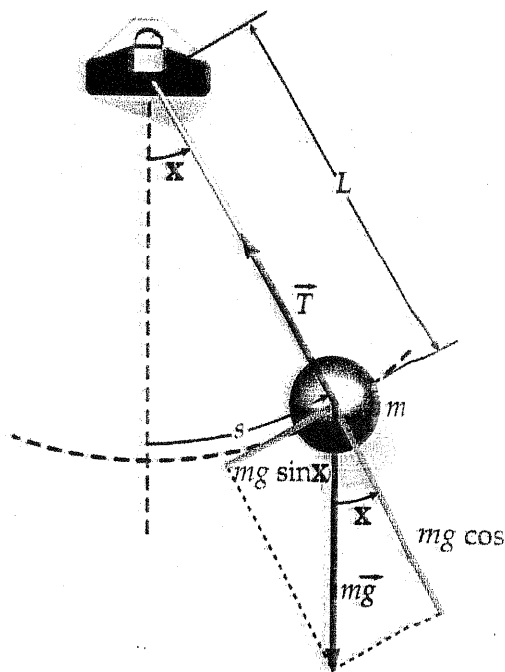


Oppgave 1: Svingninger

a)

En enkel pendel består av en punktmasse m , opphengt i en masseløs streng slik som vist i figuren. Bevegelsesretningen til en slik pendel er tangentiell, dvs det er ingen bevegelse langs strengen.

- Bruk Newton's andre lov kraft = masse*akselerasjon = $m d^2s/dt^2$, hvor $s = xL$ i figuren, til å skrive ned bevegelsesligningen for en slik pendel, dvs en differensialligning som relaterer vinkelen x til tiden t , for små utsving x , dvs når $\sin x \approx x$.
- Bruk dimensjonsanalyse til å "gjette" sammenhengen mellom perioden T og fysiske parametre som inngår i problemet.
- Argumenter for at en slik enkel svingebevegelse kan beskrives ved ligningen $x = A \cos(2\pi t/T)$, hvor A er maksimalutsvinget og T er perioden for svingebevegelsen, når vi antar at vi starter bevegelsen med maksimalt utsving ved tiden $t = 0$.
- Finn et eksakt uttrykk for T for den enkle pendelbevegelsen ved små utsving x .
- Diskuter hva som skjer dersom x ikke er liten.



b)

Totalenergi, E , kan skrives som summen av bevegelsesenergi (K) og potensiell energi (U), dvs $E = K + U$. Bevegelsesenergi for en masse m er: $K = \frac{1}{2}mv(x,t)^2$, hvor $v(x,t)$ er hastigheten i punktet x ved tiden t .

Potensiell energi relativt til et likevektspunkt ($x=0$) er: $U = (\text{kraft} \cdot \text{veg}) = \int F(s) ds$, hvor integralet går fra null til x . Kraften $F(s) = ks$ for lineære systemer, slik som en enkel pendelbevegelse, hvor k er en proporsjonalitetskonstant.

- Hva er k for en enkel pendel slik som i a)?
- Vis at $U = \frac{1}{2}kx^2$ for et lineært enkelt svingesystem, hvor x er avstanden fra likevektspunktet.
- Både K og U varierer med x og t , dvs $K = K(x(t), t)$ og $U = U(x(t), t)$. Gitt at $x(t) = A \cos(2\pi t/T)$, skisser og diskuter $E = K(x(t), t) + U(x(t), t)$ som funksjon av x , og deretter som funksjon av t .

Oppgave 2: Bølger

a)

- Vis at for bølger, y , som tilfredsstillers bølgeligningen

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

hvor v er bølgehastigheten, så gjelder superponeringsprinsippet, som betyr at enkeltbølger lineærkombinerer til resultantbølger, dvs at for to enkeltbølger y_1 og y_2 , så er resultantbølgen $y = c_1 y_1 + c_2 y_2$, hvor c_1 og c_2 er konstanter.

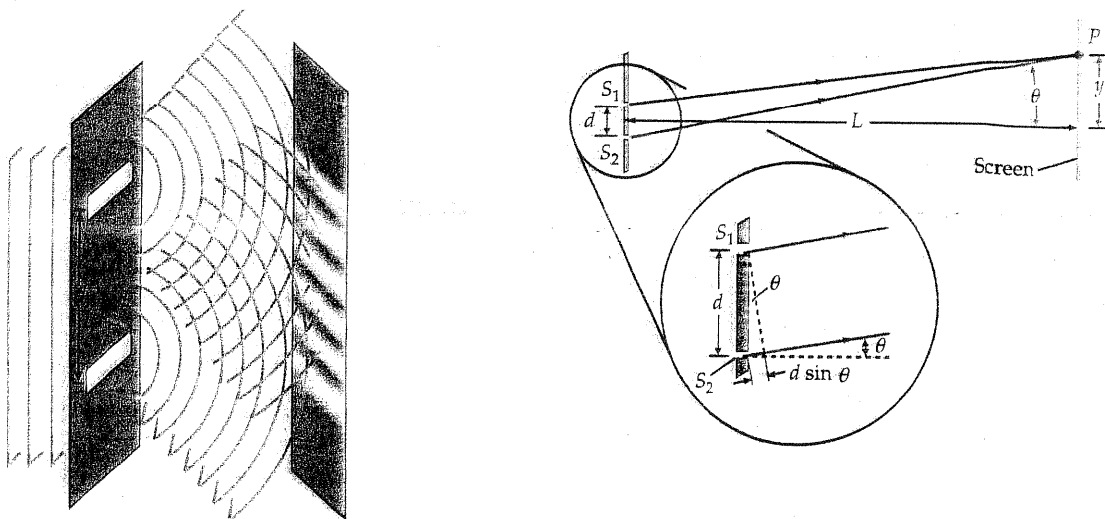
Anta nå at y_1 og y_2 er periodiske bølger med samme amplitude A , samme bølgelengde $\lambda = 2\pi/k$, samme frekvens $f = \omega/2\pi$, og samme fasekonstant $\delta = 0$, dvs $y_1 = A \sin(kx - \omega t)$ og $y_2 = A \sin(kx - \omega t)$. Anta at vi observerer resultantbølgen $y = y_1 + y_2$ i et punkt i avstand x_1 fra kilden for y_1 , og avstand x_2 fra kilden for y_2 .

- Diskuter og skisser begrepene, og utled betingelsene for, konstruktiv interferens og for destruktiv interferens for dette tilfellet.

Svevning er et eksempel på interferens mellom to periodiske (lyd-) bølger med nesten samme frekvens, dvs $y_1 = A \sin(kx - \omega_1 t)$ og $y_2 = A \sin(kx - \omega_2 t)$, hvor vi for enkelhets skyld har antatt at de to bølgene har samme amplitude A . Anta at vi observerer resultantbølgen $y = y_1 + y_2$ i punktet $x = 0$.

- Beregn, skisser og diskuter resultantbølgen uttrykt ved svevefrekvensen $\Delta\omega = (\omega_1 - \omega_2)$, og gjennomsnittsfrekvensen $\frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)$.

b)



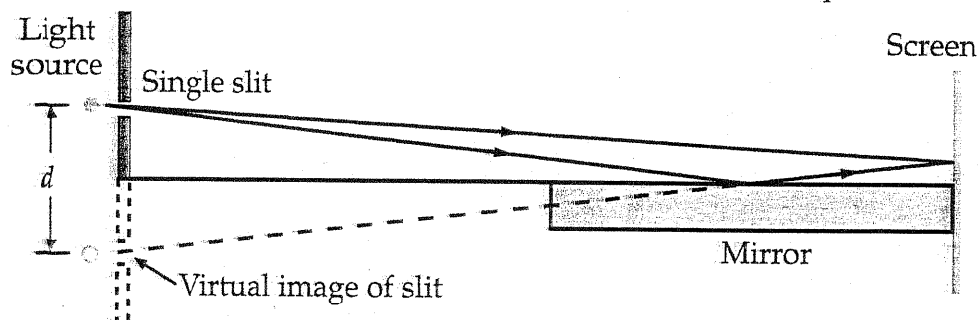
Figurene over viser tospalte-eksperimentet, som er interferens på en skjerm mellom (lys-) bølger fra to uendelig smale spalter i avstand d .

- Hva er betingelsen for konstruktiv interferens for dette eksperimentet?
 y er definert i figuren til høyre.

- Hvor stor er y ved konstruktiv interferens?

Figuren som følger nedenunder viser tilfellet for interferens mellom en lysbølge fra en lyskilde og det virtuelle speilbildet av den samme lyskilden (Lloyd's speil eksperiment).

- Hva er betingelsen for konstruktiv interferens for dette eksperimentet?



Oppgave 3: Statisk elektrisitet

a)

Gauss' lov sier at netto elektrisk fluks (ϕ_{net}) gjennom en lukket flate S er lik $4\pi k = 1/\epsilon_0$ multiplisert med total netto ladning (Q_{inside}) innenfor flaten S :

$$\phi_{\text{net}} = \int_S \mathbf{E}_n \cdot d\mathbf{A} = 4\pi k Q_{\text{inside}}$$

hvor E_n er komponenten av det elektriske feltet som er normal til flateelementet dA .

- Beregn og skisser det elektriske feltet som funksjon av avstanden r fra sentrum av et uniformt ladet kuleskall med totalladning Q , og med radius R .

b)

Elektrisk potensial forskjell dV over en avstand, $d\ell$, i et elektrisk felt, \mathbf{E} , er definert som

$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{\ell}$$

- Beregn og skisser det elektriske potensialet som funksjon av avstanden r fra sentrum av et uniformt ladet kuleskall med totalladning Q , og med radius R .

c)

To ladete sfæriske ledere med radius henholdsvis $R_1 = 6$ cm og $R_2 = 2$ cm er forbundet med hverandre med en tynn ledning, og kulene er i en avstand mye større enn 6 cm fra hverandre. En totalladning $Q = 80$ nC plasseres på den ene av kulene. Vi antar at ladningen på den tynne ledningen kan neglisjeres sammenlignet med ladningen på kulene.

- Hvor stor er ladningen på hver kule?
- Hvor stort er det elektriske feltet nær hver av kulene?
- Hvor stort er det elektriske potensialet på hver av kulene?

Oppgave 4: Magnetisme

a)

Ampere's lov er:

$$\oint_C \mathbf{B}_t \cdot d\vec{\ell} = \oint_C \mathbf{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 I_C$$

hvor I_C er totalstrømmen gjennom enhver flate avgrenset av den lukkede kurven C , og hvor B_t er tangentialkomponenten av magnetfeltet.

- Beregn magnetfeltet i avstand r fra en uendelig lang rett ledning som fører en strøm I . For gitt strømretning, skisser magnetfeltets retning.

b)

Magnetisk kraft $d\vec{F}$ på et strømførende element med lengde $d\vec{\ell}$, er:

$$d\vec{F} = I d\vec{\ell} \times \vec{B}$$

hvor \vec{B} er magnetfeltet og I er strømmen.

Betrakt tilfellet av to parallelle strømførende rette ledninger i avstand R fra hverandre, som fører strømmer henholdsvis I_1 og I_2 .

- Utled et uttrykk for magnetisk kraft per lengdeenhet mellom de to ledningene.

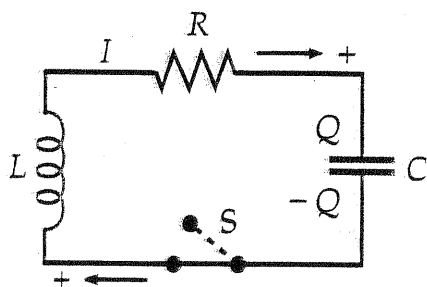
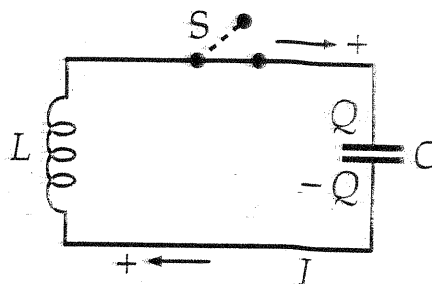
c)

Spenningsfallet over en kapasitans C er $V_C = Q/C$ hvor Q er ladningen på kapasitansen.Spenningsfallet over en induktans L er $V_L = LdI/dt = Ld^2Q/dt^2$ hvor $I = dQ/dt$ er strømmen gjennom induktansen.Spenningsfallet over en motstand R er $V_R = RI = RdQ/dt$ som er Ohm's lov.

Figuren til høyre viser en elektrisk svinge-krets bestående av en induktans L , en kapasitans C med ladning Q , samt en bryter S .

Vi lukker bryteren S ved tiden $t=0$.

- Hva er differensialligningen som beskriver $Q(t)$? Skisser $Q(t)$ for dette tilfellet.
- Hva er uttrykket for strømmen I ved tiden t ? Utrykk svingefrekvensen ved L og C .



I figuren til venstre har vi lagt til en motstand R i kretsen sammenlignet med figuren over.

- Hva er differensialligningen som beskriver $Q(t)$ nå? Skisser $Q(t)$ for dette tilfellet. Hvilken betydning har R sammenlignet med kretsen ovenfor hvor $R = 0$.

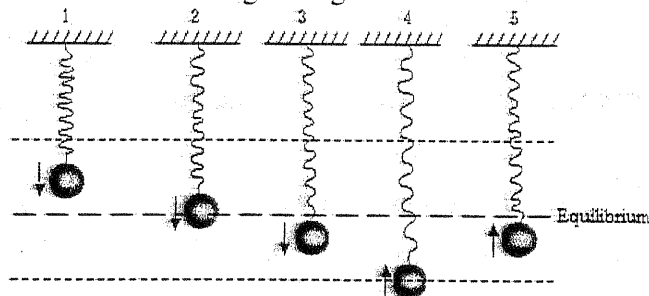
Oppgave 5: Flervalgs spørsmål.

1. Tema: Enkel svingebevegelse.

En enkel udempet svingebevegelse (masse opphengt i en fjær) har maksimalt utsving $1/2$ meter og svinge-frekvens $f = (\omega/2\pi) = (1/2\pi)$ Hz. Ved maksimalt utsving er absoluttverdien av øyeblikks-akselerasjonen lik

- A) $1/2 \text{ m/s}^2$
 B) 1 m/s^2
 C) $(2\pi)^2 \text{ m/s}^2$
 D) null
 E) Ingen av A)-D) er korrekt

2. Tema: Enkel svingebevegelse:



Et legeme opphengt i en fjær svinger omkring likevektsposisjonen markert som "Equilibrium" i figuren. Hvilken figur viser posisjonen for maksimal hastighet?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

3. Tema: Harmoniske bølger.

En bølge passerer et observasjonspunkt. Ved dette punktet er tiden mellom påfølgende bølgetopper $0,2$ s. Hvilket av de følgende utsagnene er riktig?

- A) Bølgelengden er 5 m.
 B) Frekvensen er 5 Hz.
 C) Bølgehastigheten er 5 m/s.
 D) Bølgelengden er $0,2$ m.
 E) Det er ikke nok informasjon gitt til å kunne velge noen av alternativene A)-D).

4. Tema: Bølger

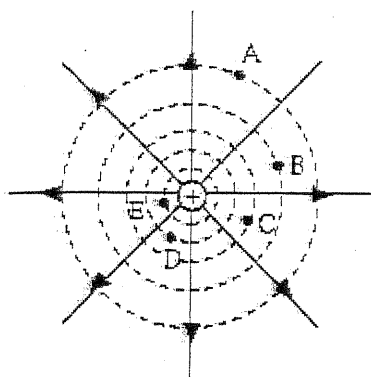
I hvilket av de følgende mediene er lydhastigheten størst?

- A) luft B) vann C) vakum D) tre E) stål

5. Tema: Elektrisk potensial

Anta en elektrisk leder formet som en diskos med diameter a , og tykkelse $b \ll a$. Anta at lederen er ladet. For avstander $x \gg a$ fra diskosens sentrum S , er ekvipotensialflatene

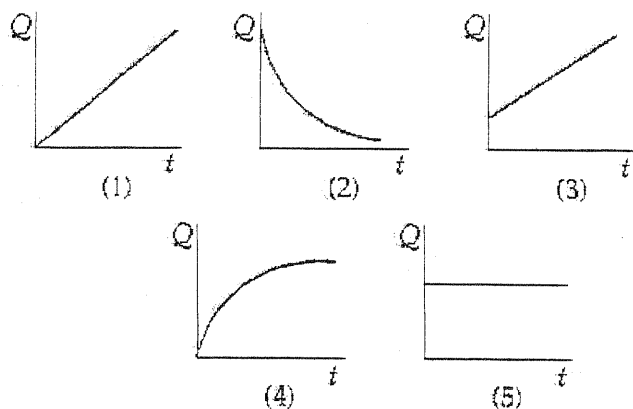
- A) Radielle ut fra S
- B) Sirkler sentert i S .
- C) Ellipser sentrert i S
- D) Diskosformede og sentert i S
- E) Ingen av svarene A)-D) er korrekte



6. Arbeidet som trengs for å bringe en positivt ladet partikkel fra langt unna til et punkt nær ladningen i figuren, er minst for punktet:

- A) A
- B) B
- C) C
- D) D
- E) E

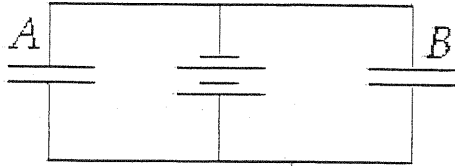
7. Tema: RC kretser



Kurven som best representerer oppladning som funksjon av tiden t , av en kondensator i en RC-krets er:

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

8. Tema: Dielektrikum



To identiske kapasitanser A og B er koblet over et batteri, slik som vist. Dersom et papir ($\kappa = 3,7$) plasseres mellom platene i B, så vil

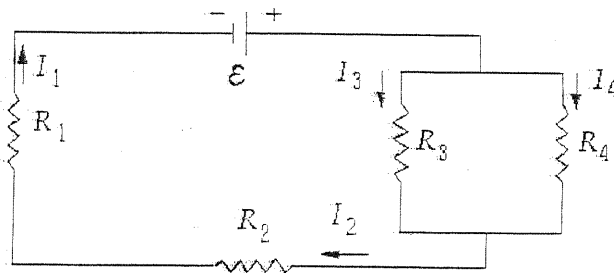
- A) Begge kapasitansene beholde samme ladning.
- B) B vil få størst ladning.
- C) A vil få størst ladning.
- D) Spenningen over B vil øke.
- E) Spenningen over A vil øke.

9. Tema: Kapasitans

Dersom platearealet til en parallell platekondensator halveres, samtidig som avstanden mellom platene økes med en faktor 3, så vil kapasitansen endre seg med hvilken faktor?

- A) Øke med en faktor 6
- B) Avta med en faktor $2/3$
- C) Avta med en faktor $1/6$
- D) Øke med en faktor $3/2$
- E) Avta med en faktor $1/2$

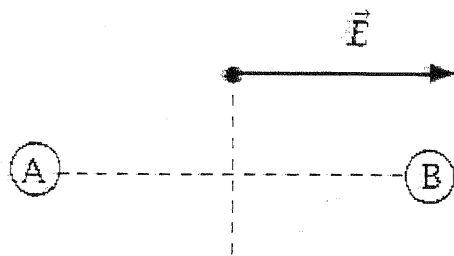
10. Tema: Motstandskoblinger



Hvilken av de følgende relasjonene mellom størrelser i figuren er generelt korrekt?

- A) $I_1 R_1 = I_2 R_2$
- B) $I_3 R_3 = I_4 R_4$
- C) $I_1 R_1 = I_4 R_4$
- D) $I_3 R_4 = I_4 R_3$
- E) $I_1 R_1 + I_2 R_2 = \varepsilon$

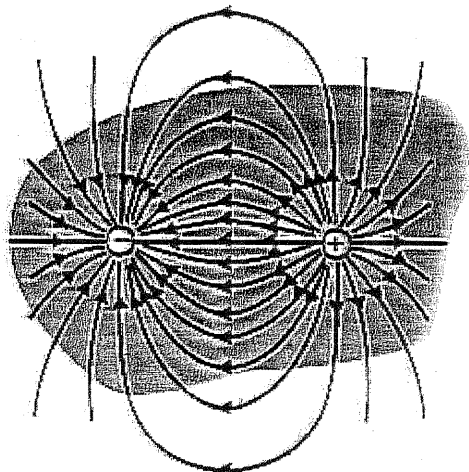
11. Tema: Elektriske feltlinjer



Figuren viser retningen for det elektriske feltet ved et punkt midt mellom to like store ladninger A og B. Vektor-retningen viser at

- A) Både A og B er positive
 B) Både A og B er negative
 C) A er positiv og B er negativ
 D) B er positiv og A er negativ
 E) B er negativ og A er nøytral

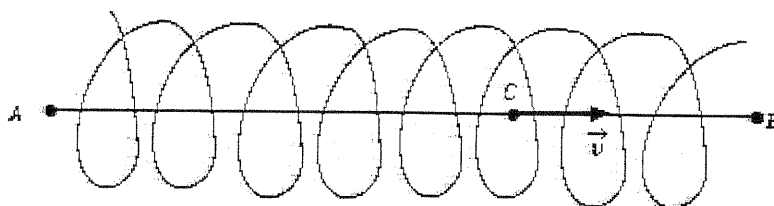
12. Tema: Elektrisk fluks



Figuren viser en flate som omslutter ladningene q og $-q$. Netto fluks gjennom den omsluttende flaten er lik

- A) q/ϵ_0
 B) $2q/\epsilon_0$
 C) $-q/\epsilon_0$
 D) null
 E) intet av dette er korrekt.

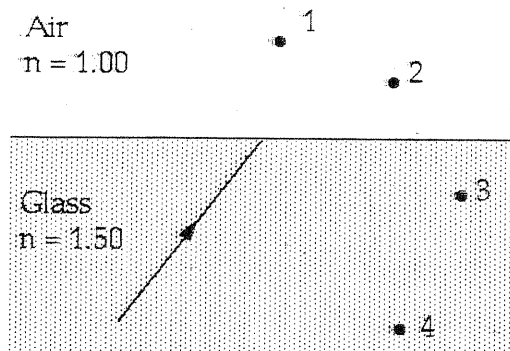
13. Tema : Biot-Savart's lov



En spole fører en strøm \$I\$. Et elektron skytes inn fra venstre med hastighet \$v\$ langs \$AB\$ akse. Når elektronet er ved posisjon \$C\$, "opplever" elektronet en kraft som er:

- A) Null.
 B) Ikke null og rettet fra \$A\$ mot \$B\$.
 C) Ikke null og rettet fra \$B\$ mot \$A\$.
 D) Ikke null og rettet fra vinkelrett på papiret.
 E) Ingen av A)-D) er korrekte.
14. Tema: RLC krets
 En \$5\text{-}\mu\text{F}\$ kapasitans lades med \$30\text{ V}\$ og kobles deretter i serie med en \$10\text{-}\mu\text{H}\$ induktans og en \$50\text{-}\Omega\$ motstand. Det asymptotiske spenningsfallet over kondensatoren etter at lang tid har gått, er:
 A) \$0\$
 B) \$7\text{ V}\$
 C) \$15\text{ V}\$
 D) \$30\text{ V}\$
 E) En verdi som ikke kan bestemmes ut fra de oppgitte størrelsene
15. Tema: Maxwell's ligninger
 Dersom eksistensen av magnetiske monopoler skulle bli bekreftet, hvilken av de følgende ligningene matte endres?
 A) $\int_S E_n dA = Q_{\text{inside}}/\epsilon_0$
 B) $\int_S B_n dA = 0$
 C) $\int \dot{E} \cdot d\dot{l} = -d/dt(\int_S B_n dA)$
 D) $\int \dot{B} \cdot d\dot{l} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 d/dt(\int_S E_n dA)$
 E) Alle ligningene ville fortsatt gjelde.
16. Tema: Kraft fra magnetfelt
 Et elektron beveger seg horisontalt østover i jordmagnetfeltet nær ekvator. Retningen til den magnetiske kraften som virker på elektronet er:
 A) null B) nordover C) sydover D) opp E) ned

17. Tema: Bølger
For bølgebevegelse, dersom hastigheten avhenger av bølgelengden, så kaller vi dette:
- A) polarisasjon
 - B) induksjon
 - C) dispersjon
 - D) diffraksjon
 - E) Ingen av alternativene A)-D) er korrekte
18. Tema: Optikk
En glasslinse har
- A) både kromatisk og sfærisk abberasjon.
 - B) hverken kromatisk eller sfærisk abberasjon.
 - C) sfærisk men ikke kromatisk abberasjon.
 - D) kromatisk men ikke sfærisk abberasjon.
 - E) typen abberasjon avhenger av fasongen på den sfæriske flaten
19. Tema: Synlig lys
Det synlige området av det elektromagnetiske spekteret er nær hvilket av de følgende lysbølgelengdeintervallene?
- A) 200 to 500 nm
 - B) 300 to 600 nm
 - C) 400 to 700 nm
 - D) 500 to 800 nm
 - E) 600 to 900 nm
20. Tema: Refleksjon og brytning



En lysstråle i glass inn mot en glass-luft grenseflate er vist. Du forventer at den brutte/reflekterte strålen vil passere gjennom

- A) Kun punkt 1.
- B) Kun punkt 3.
- C) Kun punkt 4.
- D) Punktene 2 og 4.
- E) Punktene 1 og 4.