

**i TFY4215\_S2018\_Forside**

Institutt for fysikk

Eksamensoppgave i TFY4215 Innføring i kvantefysikk

Faglig kontakt under eksamen: Jon Andreas Støvneng

Tlf.: 45 45 55 33

Eksamensdato: 6. august 2018

Eksamenstid (fra-til): 09.00-13.00

Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler: C.

Godkjent kalkulator.

Rottmann, Matematisk formelsamling.

Angell og Lian, Fysiske størrelser og enheter.

Annen informasjon:

50 flervalgsoppgaver med lik vekt. Kun ett svar er korrekt på hver oppgave.

1 poeng for riktig svar. 0 poeng for feil svar eller intet svar.

Merkt! Studenter finner sensur i Studentweb. Har du spørsmål om din sensur må du kontakte instituttet ditt. Eksamenskontoret vil ikke kunne svare på slike spørsmål.

**1 TFY4215\_S2018\_01**

Computertomografi (CT) utføres med røntgenstråling, og en typisk bølgelengde for fotonene kan være 73 pm. Hva er da fotonenergien?

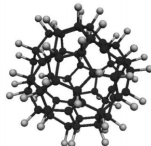
A 5.0 keV   B 11 keV   C 17 keV   D 23 keV   E 29 keV

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

**2 TFY4215\_S2018\_02**



Ekspirer viser at fluorofulleren-molekyler med kjemisk formel  $C_{60}F_{48}$  har bølgeegenskaper. (Phys Rev Lett **91** (2003)) Hva er (den termiske de Broglie-) bølgelengden til slike molekyler ved en absolutt temperatur 560 K? (Bruk atomære masser 12u og 19u for hhv C og F.)

A 1.0 pm   B 1.4 pm   C 1.8 pm   D 2.2 pm   E 2.6 pm

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

**3 TFY4215\_S2018\_03**

Hva er omtrent rms-hastigheten i en gass av  $C_{60}F_{48}$ -molekyler ved 560 K?

A ca 0.1 km/s   B ca 0.5 km/s   C ca 2.5 km/s   D ca 12 km/s   E ca 60 km/s

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

4 **TFY4215\_S2018\_04**

Hva er midlere rotasjonsenergi pr  $C_{60}F_{48}$ -molekyl ved 560 K?

- A 32 meV   B 42 meV   C 52 meV   D 62 meV   E 72 meV

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

5 **TFY4215\_S2018\_05**

Kreftsvulster kan ødelegges med ulike typer partikler. I protonterapi akselereres protoner slik at de oppnår en kinetisk energi opp mot 250 MeV. Et proton har hvileenergi 939 MeV. Hva er da impulsen til et proton med kinetisk energi 250 MeV?

- A **529 MeV/c**   B **629 MeV/c**   C **729 MeV/c**   D **829 MeV/c**   E **929 MeV/c**

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

6 **TFY4215\_S2018\_06**

På CERN finner vi *The Proton Synchrotron*, som akselererer ulike typer partikler til en kinetisk energi 25 GeV. Et eksempel er svovelkjerne, med masse 32u. Hva er hastigheten til en svovelkjerne med kinetisk energi 25 GeV?

- A  **$1.3 \cdot 10^8$  m/s**   B  **$1.7 \cdot 10^8$  m/s**   C  **$2.1 \cdot 10^8$  m/s**   D  **$2.5 \cdot 10^8$  m/s**   E  **$2.9 \cdot 10^8$  m/s**

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

7 **TFY4215\_S2018\_07**

Oppgave 7-10:

Et elektron befinner seg i en endimensjonal uendelig dyp potensialbrønn med bredde 6.5 nm og konstant potensial  $V = 0$ . Anta at elektronet foretar en overgang fra 1. eksiterte tilstand til grunntilstanden slik at det sendes ut et foton. Hva er fotonets bølgelengde?

- A **27  $\mu\text{m}$**    B **32  $\mu\text{m}$**    C **37  $\mu\text{m}$**    D **42  $\mu\text{m}$**    E **47  $\mu\text{m}$**

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

8 TFY4215\_S2018\_08

Anta nå at elektronet befinner seg i en tilstand som kan uttrykkes som en lineærkombinasjon av grunntilstanden og 2. eksiterte tilstand, nærmere bestemt

$$\Psi(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2}}\psi_1(x)e^{-iE_1t/\hbar} - \frac{1}{\sqrt{2}}\psi_3(x)e^{-iE_3t/\hbar}$$

Med hvilken frekvens vil sannsynlighetstettheten  $\rho(x, t) = |\Psi(x, t)|^2$  oscillere?

- A 12 THz   B 17 THz   C 22 THz   D 27 THz   E 32 THz

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

9 TFY4215\_S2018\_09

Anta i neste omgang at et elektron i denne potensialboksen er preparert i en antisymmetrisk og normert starttilstand  $\Psi(x, 0) = \sqrt{4/L}$  for  $3L/8 < x < 4L/8$ ,  $\Psi(x, 0) = -\sqrt{4/L}$  for  $4L/8 < x < 5L/8$  og  $\Psi(x, 0) = 0$  ellers. Hva er sannsynligheten for at en måling av elektronets energi gir resultatet  $E_1$ ?

- A 0   B 7%   C 21%   D 63%   E 1

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

10 TFY4215\_S2018\_10

Med samme starttilstand som i forrige oppgave, hva er sannsynligheten for at en måling av elektronets energi gir resultatet  $E_2$ ?

- A 0   B 7%   C 21%   D 63%   E 1

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

11 TFY4215\_S2018\_11

Oppgave 11-16:

Vibrasjonsfrihetsgraden til  ${}^7\text{Li}^{133}\text{Cs}$  kan med brukbar tilnærming beskrives med harmonisk oscillator-potensialet  $V(x) = m\omega^2 x^2/2$ . Siden atomære masser her er henholdsvis  $7u$  og  $133u$ , har oscillatoren (reduisert) masse  $m = 6.65u$ . Vibrasjonsfrekvensen er  $f = 5.54$  THz.

Hva er fjærkonstanten?

A 7.4 N/m B 10.4 N/m C 13.4 N/m D 16.4 N/m E 19.4 N/m

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

12 **TFY4215\_S2018\_12**

Hva er energien til et foton som eksiterer  ${}^7\text{Li}^{133}\text{Cs}$  fra grunntilstanden til 1. eksiterte vibrasjonstilstand?

A 23 meV B 34 meV C 45 meV D 56 meV E 67 meV

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

13 **TFY4215\_S2018\_13**

Boltzmannfaktoren  $\exp(-\hbar\omega/k_B T)$  gir forholdet mellom sannsynligheten for å finne oscillatoren henholdsvis i 1. eksiterte tilstand og i grunntilstanden. Hvor stort er dette forholdet for  ${}^7\text{Li}^{133}\text{Cs}$ -molekylet ved romtemperatur (300 K)?

A  $4 \cdot 10^{-9}$  B  $4 \cdot 10^{-7}$  C  $4 \cdot 10^{-5}$  D  $4 \cdot 10^{-3}$  E 0.4

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

14 **TFY4215\_S2018\_14**

Dissosiasjonsreaksjonen  $\text{LiCs} \rightarrow \text{Li} + \text{Cs}$  beskrives godt med Morse-potensialet

$$E(R) = E_0 [1 - e^{-\alpha(R-R_0)}]^2$$

Dissosiasjonsenergien er 1.1 eV (og praktisk talt lik  $E_0$ , siden nullpunktenergien  $\hbar\omega/2$  er mye mindre enn  $E_0$ ). Dersom dette Morse-potensialet skal gi samme vibrasjonsfrekvens som i oppgave 11 for små utsving fra likevekt, hvilken verdi for parameteren  $\alpha$  bør du da velge (i enheten 1/nm)?

A 6.2 B 9.8 C 13.4 D 17.1 E 23.5

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

15 **TFY4215\_S2018\_15**

Avstanden mellom atomkjernene (dvs bindingslengden) i  ${}^7\text{Li}^{133}\text{Cs}$  er ca 3.6 Å. Dersom vi betrakter molekylet som en stiv rotator, hva er energiforskjellen mellom laveste og nest laveste rotasjonstilstand? (Tips: Estimer eller regn

ut molekylets treghetsmoment.)

A 48 neV B 48  $\mu$ eV C 48 meV D 48 eV E 48 keV

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

Sjekk svar

16 TFY4215\_S2018\_16

Li og Cs har atomnummer henholdsvis 3 og 55. I grunntilstanden har elektronene i molekylet  ${}^7\text{Li}^{133}\text{Cs}$  totalt spinn lik null. Hvor mange molekylorbitaler er okkupert av elektroner i grunntilstanden?

A 19 B 29 C 39 D 49 E 59

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

Sjekk svar

17 TFY4215\_S2018\_17

Hva er kommutatoren  $[\mathbf{x}, \mathbf{x}]$ ?

A 0 B 1 C  $\mathbf{x}$  D  $\mathbf{x}^2$  E  $\hbar/i$

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

Sjekk svar

18 TFY4215\_S2018\_18

Hva er kommutatoren  $[\hat{p}_x, \mathbf{x}^2]$ ?

A 0 B 1 C  $2\hbar\mathbf{x}/i$  D  $-i\hbar$  E  $2\mathbf{x}\hat{p}_x$

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

Sjekk svar

19 TFY4215\_S2018\_19

Hva er kommutatoren  $[\hat{p}_x, \hat{L}_z]$ ?

A 0 B 1 C  $\hat{L}_y$  D  $\hbar y$  E  $-i\hbar\hat{p}_y$

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

20 **TFY4215\_S2018\_20**

Hva er kommutatoren  $[\hat{L}_x, \hat{L}_z]$ ?

- A 0   B 1   C  $i\hbar$    D  $-i\hbar\hat{L}_y$    E  $\hat{p}_y$

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

21 **TFY4215\_S2018\_21**

Oppgave 21 - 24:

Vi betrakter en isotrop tredimensjonal harmonisk oscillator,

$$V(\mathbf{x}, \mathbf{y}, z) = \frac{1}{2}m\omega^2(x^2 + y^2 + z^2).$$

med energieigenfunksjoner

$$\psi_{n_x, n_y, n_z}(\mathbf{x}, \mathbf{y}, z) = \psi_{n_x}(x)\psi_{n_y}(y)\psi_{n_z}(z) \equiv (n_x, n_y, n_z),$$

dvs på produktform, med funksjoner av  $\mathbf{x}$ ,  $\mathbf{y}$  og  $z$  som i formelvedlegget.

Hva er degenerasjonsgraden til energinivået  $9\hbar\omega/2$ ?

- A 4   B 6   C 8   D 10   E 12

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

22 **TFY4215\_S2018\_22**

Hva er  $L$  (dvs absoluttverdien av dreieimpulsen) i tilstanden **(000)**?

- A 0   B  $\hbar$    C  $2\hbar$    D  $3\hbar$    E  $4\hbar$

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

23 **TFY4215\_S2018\_23**

Hva er  $L_z$  i tilstanden **(001)**?

- A  $-2\hbar$    B  $-\hbar$    C 0   D  $\hbar$    E  $2\hbar$

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

24 **TFY4215\_S2018\_24**

Hvilken av følgende tilstander er egenfunksjon til  $\hat{L}_x$  med egenverdi  $2\hbar$  ?

- A  $(200) + (020) - i(001)$    B  $i(200) - (020) + 2(101)$    C  $2(011) + i(111) - i(000)$   
D  $2(002) - 2(110) + (200)$    E  $(200) - (020) + 2i(110)$

Opgitt:  $\cos 2\phi = \cos^2 \phi - \sin^2 \phi$  ;  $\sin 2\phi = 2 \sin \phi \cos \phi$

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

25 **TFY4215\_S2018\_25**

Opgave 25 og 26:

Diskretisering av den tidsuavhengige Schrödingerligningen (TUSL) gir (f eks)

$$-\frac{\hbar^2}{2ma^2}(\psi_{n+1} - 2\psi_n + \psi_{n-1}) + V_n\psi_n = E\psi_n$$

Her er  $a = x_{n+1} - x_n$  avstanden mellom "gitterpunktene" og  $m$  er partikkelens masse. La oss se på en fri partikkel med  $V_n = 0$  overalt ( $-\infty < n < \infty$ ). Prøveløsningen  $\psi_n = \exp(ikx_n) = \exp(ikna)$  viser seg å fungere bra og gir dispersjonsrelasjonen  $E(k) = E_0(1 - \cos ka)$ . Dersom  $E_0 = 1.0 \text{ eV}$  og  $a = 4.0 \text{ \AA}$ , hva er da partikkelens masse  $m$ ? (Her er  $m_e$  elektronmassen.)

- A  $m = 0.27m_e$    B  $m = 0.47m_e$    C  $m = 0.67m_e$    D  $m = 0.87m_e$    E  $m = 1.07m_e$

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

26 **TFY4215\_S2018\_26**

Båndbredden er differansen mellom største og minste verdi av funksjonen  $E(k)$ . Hva er båndbredden i forrige oppgave?

- A  $1.0 \text{ eV}$    B  $1.5 \text{ eV}$    C  $2.0 \text{ eV}$    D  $2.5 \text{ eV}$    E  $3.0 \text{ eV}$

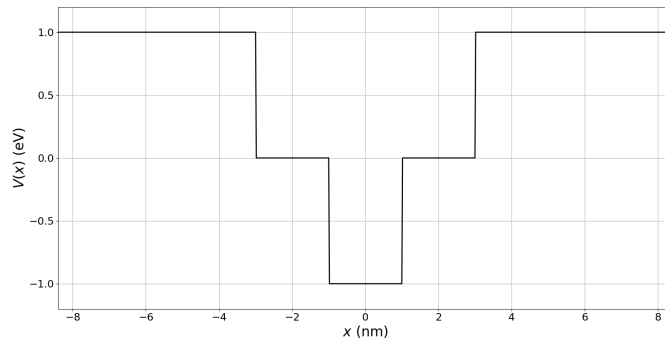
Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

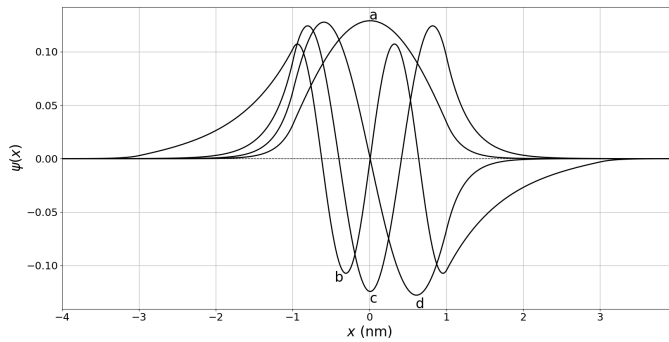
[Sjekk svar](#)

27 **TFY4215\_S2018\_27**

Oppgave 27-31:



Potensialet i figuren over er stykkevis konstant og symmetrisk om  $x = 0$ , og har verdiene  $V = -1.0 \text{ eV}$  på intervallet  $|x| < 1.0 \text{ nm}$ ,  $V = 0$  på intervallene  $1.0 \text{ nm} < |x| < 3.0 \text{ nm}$ , og  $V = 1.0 \text{ eV}$  for  $|x| > 3.0 \text{ nm}$ . I denne og de neste oppgavene ser vi på noen energiegtilstander for et elektron i dette potensialet. Figuren nedenfor viser fire energiegtilstander a, b, c og d.



Hvilken tilstand er c?

- A Grunntilstanden      B 1. eksiterte tilstand      C 2. eksiterte tilstand  
 D 3. eksiterte tilstand      E 4. eksiterte tilstand

Velg ett alternativ

- A  
 B  
 C  
 D  
 E

[Sjekk svar](#)

28 TFY4215\_S2018\_28

I figuren i forrige oppgave, hvilken tilstand er d?

- A Grunntilstanden      B 1. eksiterte tilstand      C 2. eksiterte tilstand  
 D 3. eksiterte tilstand      E 4. eksiterte tilstand

Velg ett alternativ

- A  
 B  
 C  
 D  
 E

[Sjekk svar](#)

29 TFY4215\_S2018\_29

Av de fire tilstandene a, b, c og d, hvor mange har negativ energi?

- A Alle fire      B Kun a      C Kun d      D Kun c      E Ingen



Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

30 **TFY4215\_S2018\_30**

Hva er et rimelig estimat av energien i tilstand a?

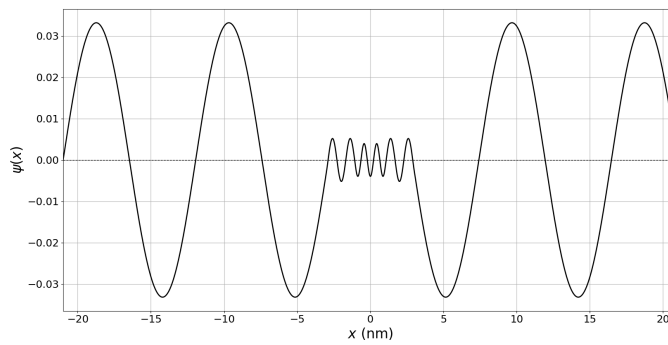
- A -0.94 eV   B -0.54 eV   C -0.14 eV   D 0.26 eV   E 0.66 eV

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

31 **TFY4215\_S2018\_31**



Figuren over illustrerer en ubunden tilstand i dette potensialet. Hva er et rimelig estimat av energien i denne tilstanden?

- A 1.048 eV   B 1.038 eV   C 1.028 eV   D 1.018 eV   E 1.008 eV

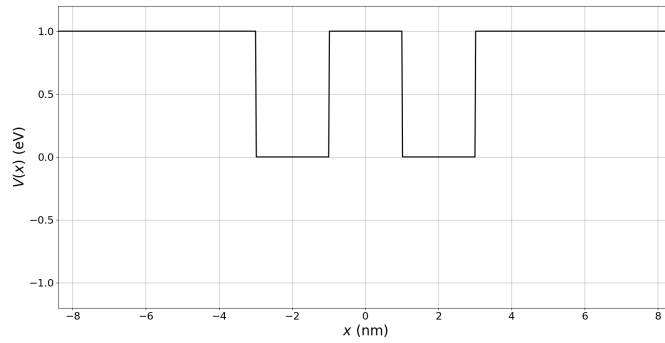
Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

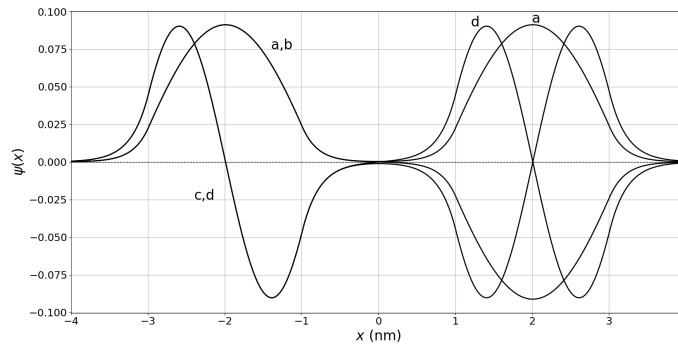
32 **TFY4215\_S2018\_32**

Oppgave 32 - 34:



Potensialet i figuren over er det samme som i oppgave 27 - 31, bortsett fra at brønnen i midten er erstattet av en barriere, slik at  $V = 1.0 \text{ eV}$  på intervallet  $|x| < 1.0 \text{ nm}$ .

Figuren nedenfor illustrerer de fire laveste energieigenstandene for et elektron i dette potensialet:



Hva er korrekt rangering av de tilhørende energieigenverdiene?

- A  $E_a > E_b > E_c > E_d$     B  $E_b < E_a < E_d < E_c$     C  $E_a < E_b < E_c < E_d$   
 D  $E_b < E_c < E_d < E_a$     E  $E_c > E_a > E_b > E_d$

Velg ett alternativ

- A  
 B  
 C  
 D  
 E

[Sjekk svar](#)

### 33 TFY4215\_S2018\_33

Grunntilstandsenergien er ca 65 meV. Hva kan du si om energien i 1. eksiterte tilstand?

- A Omtrent lik energien i grunntilstanden (bittelitt større).  
 B Omtrent 50% større enn energien i grunntilstanden.  
 C Omtrent dobbelt så stor som energien i grunntilstanden.  
 D Omtrent fire ganger så stor som energien i grunntilstanden.  
 E Omtrent åtte ganger så stor som energien i grunntilstanden.

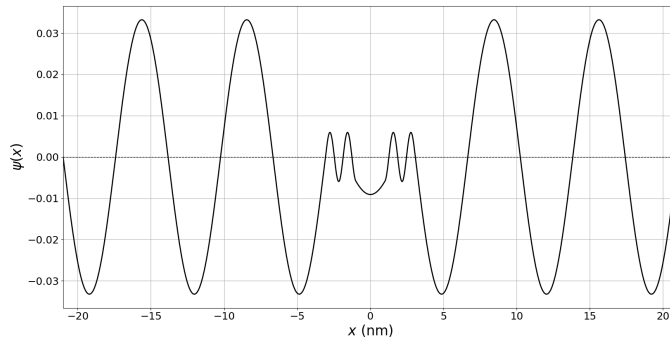
Velg ett alternativ

- A  
 B  
 C  
 D  
 E

[Sjekk svar](#)

### 34 TFY4215\_S2018\_34

16. eksiterte tilstand ser slik ut:



Hva er et rimelig estimat av energien i denne tilstanden?

- A 1.009 eV   B 1.029 eV   C 1.049 eV   D 1.069 eV   E 1.089 eV

Velg ett alternativ

- A  
 B  
 C  
 D  
 E

[Sjekk svar](#)

### 35 TFY4215\_S2018\_35

Oppgave 35 - 38:

Energiegentilstandene i hydrogenatomet med  $n = 2$  og  $l = 1$  ( $2p$ -tilstandene) er

$$\psi_{2lm}(r, \theta, \phi) = R_{2l}(r)Y_{lm}(\theta, \phi)$$

(se formelvedlegget).

Hva slags paritet har  $2p$ -tilstandene ?

- A Ingen   B Odde   C Like   D Ubestemt   E Uskarp

Velg ett alternativ

- A  
 B  
 C  
 D  
 E

[Sjekk svar](#)

### 36 TFY4215\_S2018\_36

For et elektron i tilstanden  $\psi_{210}$ , hva er vinkelen mellom  $z$ -aksen og elektronets dreieimpuls  $\mathbf{L}$ ?

- A  $0^\circ$    B  $30^\circ$    C  $45^\circ$    D  $60^\circ$    E  $90^\circ$

Velg ett alternativ

- A  
 B  
 C  
 D  
 E

[Sjekk svar](#)

### 37 TFY4215\_S2018\_37

I hvilken avstand fra kjernen er radialtettheten  $(rR_{21})^2$  størst?

- A  $a_0$    B  $2a_0$    C  $3a_0$    D  $4a_0$    E  $5a_0$

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

38 TFY4215\_S2018\_38

Et elektron i tilstanden  $\psi_{210}$  gjennomgår en overgang til en tilstand med lavere energi. Hva er bølgelengden på det emitterte fotonet?

- A 431 nm   B 231 nm   C 121 nm   D 91 nm   E 541 nm

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

39 TFY4215\_S2018\_39

Normerte tilstander med  $l = 1$  kan uttrykkes ved hjelp av kartesiske koordinater:

$$p_x = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \frac{x}{r}, \quad p_y = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \frac{y}{r}, \quad p_z = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \frac{z}{r}$$

Hvilken lineærkombinasjon av disse er identisk med  $Y_{11}$  ?

- A  $\sqrt{2}(p_x + p_y)$    B  $\frac{1}{\sqrt{2}}(p_z - p_y)$    C  $-\frac{1}{\sqrt{2}}(p_x + i p_y)$    D  $\frac{1}{\sqrt{2}}(p_x + i p_z)$    E  $-\frac{i}{\sqrt{2}}(p_x + p_z)$

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

40 TFY4215\_S2018\_40

En partikkel beskrives ved tidspunktet  $t = 0$  av en normert bølgefunksjon

$$\Psi(x, 0) = C e^{-\alpha x^2} e^{i\beta x}$$

med reelle konstante størrelser  $C, \alpha, \beta$ .

Hva er forventningsverdien av partikkelens impuls ved dette tidspunktet?

- A 0   B  $\hbar\beta$    C  $\hbar\alpha$    D  $\hbar C$    E  $\hbar\alpha/\beta C$

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

41 TFY4215\_S2018\_41

En partikkel beskrives ved tidspunktet  $t = 0$  av en normert bølgefunksjon

$$\Psi(x, 0) = C e^{-\alpha x^2}$$

med reelle konstante størrelser  $C, \alpha$ .

Hva er forventningsverdien av partikkelens impuls ved dette tidspunktet?

- A 0 B  $\hbar/\alpha$  C  $\hbar\alpha$  D  $\alpha$  E  $\sqrt{\alpha}\hbar$

Velg ett alternativ

- A  
 B  
 C  
 D  
 E

[Sjekk svar](#)

#### 42 TFY4215\_S2018\_42

Et elektron med kinetisk energi  $E$  sendes inn mot en deltafunksjonsbarriere

$$V(x) = \beta \delta(x)$$

med "styrke"  $\beta = 1.0 \text{ eV nm}$ .

Innkommende, reflektert og transmittert bølge representeres ved henholdsvis

$$\psi_i(x) = \exp(ikx), \psi_r(x) = r \exp(-ikx), \psi_t(x) = t \exp(ikx)$$

Transmisjonsamplituden er

$$t = \frac{ik}{ik + m\beta/\hbar^2}$$

Hva må elektronets energi  $E$  være for at det med 50% sannsynlighet skal bli *transmittert*?

- A 3.3 eV B 4.4 eV C 5.5 eV D 6.6 eV E 7.7 eV

Velg ett alternativ

- A  
 B  
 C  
 D  
 E

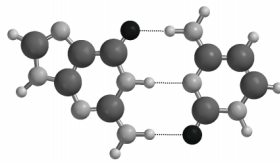
[Sjekk svar](#)

#### 43 TFY4215\_S2018\_43

Oppgave 43 - 45:

Figuren nedenfor viser et hydrogenbundet guanin - cytosin basepar (tre hydrogenbindinger). Kvantemekaniske mangepartikkelberegninger gir som resultat at guanin ( $C_5N_5OH_5$ ) har total energi -542.5488026 au, cytosin ( $C_4N_3OH_5$ ) har total energi -394.9278455 au, mens baseparet vist i figuren har total energi -937.5260565 au.

(1 au = 2 Rydberg =  $\hbar^2/m_e a_0^2 = 27.2 \text{ eV}$ )



C: stor, grå; N: medium, lys grå; O: medium, svart; H: liten, lys grå

Hva blir midlere bindingsenergi pr hydrogenbinding?

- A 48 meV B 148 meV C 248 meV D 348 meV E 448 meV

Velg ett alternativ

- A  
 B  
 C  
 D  
 E

[Sjekk svar](#)

#### 44 TFY4215\_S2018\_44

Hvor mange translasjons- og rotasjonsfrihetsgrader har guanin-molekylet?

- A 1 translasjonsfrihetsgrad og 1 rotasjonsfrihetsgrad
- B 2 translasjonsfrihetsgrader og 2 rotasjonsfrihetsgrader
- C 3 translasjonsfrihetsgrader og 3 rotasjonsfrihetsgrader
- D 4 translasjonsfrihetsgrader og 4 rotasjonsfrihetsgrader
- E 6 translasjonsfrihetsgrader og 6 rotasjonsfrihetsgrader

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

45 **TFY4215\_S2018\_45**

Hvor mange vibrasjonsfrihetsgrader ("normale vibrasjonsmoder") har guanin-cytosin baseparet?

- A 6   B 33   C 42   D 69   E 81

Velg ett alternativ

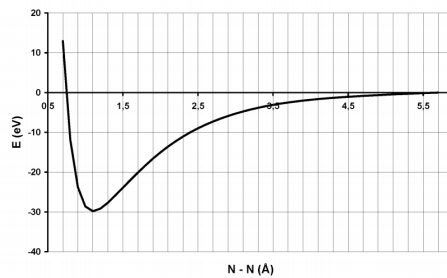
- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

46 **TFY4215\_S2018\_46**

Oppgave 46 - 50:

Figuren nedenfor viser den beregnede Hartree-Fock-energien til N<sub>2</sub> som funksjon av N-N bindingslengden, mellom 0.7 og 5.7 Å. Massen til et nitrogenatom er ca 14 ganger protonmassen m<sub>p</sub>.



En slik energikurve beskrives godt med Morse-potensialet

$$V_M(x) = V_0 (1 - e^{-\kappa(x-d)})^2 - V_0$$

Her angir  $x$  avstanden mellom de to atomene, mens  $V_0$ ,  $\kappa$  og  $d$  er tre (positive) parametre som kan tilpasses eksperimentelle målinger eller nøyaktige kvantemekaniske beregninger (som i figuren ovenfor).

Basert på figuren, hva er bindingslengden i likevekt,  $d$ ?

- A 1.1 Å   B 1.3 Å   C 1.5 Å   D 1.7 Å   E 1.9 Å

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

47 **TFY4215\_S2018\_47**

Basert på figuren, hva er potensialdybden  $V_0$ ?

- A 25 eV   B 30 eV   C 35 eV   D 40 eV   E 45 eV

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

48 **TFY4215\_S2018\_48**

For vibrasjoner med små utsving fra likevekt kan Morse-potensialet tilnærmet beskrives som en harmonisk oscillator,  $V_M(x) \simeq V_h(x) = \frac{1}{2}k(x-d)^2 - V_0$ .

Finn et uttrykk for "fjærkonstanten"  $k$  i den harmoniske tilnærmelsen av Morse-potensialet.

- A  $k = \kappa$    B  $k = \kappa V_0$    C  $k = \kappa/4V_0$    D  $k = 2\kappa^2 V_0$    E  $k = 3V_0/\kappa^2$

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

49 **TFY4215\_S2018\_49**

God overensstemmelse mellom Morse-potensialet og Hartree-Fock-beregningene oppnås med fjærkonstantverdi  $k = 1750$  N/m.

Hva blir da laveste vibrasjonsenergi ("nullpunktsenergien")  $E_0 = \frac{1}{2}\hbar\omega$  i molekylet  $N_2$ ?

- A 127 meV   B 327 meV   C 527 meV   D 727 meV   E 927 meV

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

50 **TFY4215\_S2018\_50**

Hva er verdien av Morse-potensialet når  $x \gg d$ ?

- A  $-2V_0$    B  $-V_0$    C 0   D  $V_0$    E  $2V_0$

Velg ett alternativ

- A
- B
- C
- D
- E

[Sjekk svar](#)

