

## Instuderingsfrågor inför tentan

Följande frågor är tänkta som hjälp under repetitionen under tentan. Det är **inte** en fullständig lista över kursmaterialet.

Jag rekommendera att arbeta med frågorna så aktivt som möjligt:

- formulera svar i skriftform eller verbalt i diskussion med en studiekamrat;
- var noga med att formulera kortfattat, noggrant och med att tillämpa fysikaliska begrepp och definitioner på ett korrekt sätt; läs varandras svar och diskutera.
- leta upp inlämningsuppgifter och uppgifter i boken som svarar mot frågorna; lös uppgifterna aktivt.
- arbeta aktivt med formelbladet så att du vet hur alla ekvationer kan användas praktiskt.

### Storleksordningar

- 1) Vad är en typisk våglängd hos: synligt ljus; hos en elektron med kinetisk energi 1 eV; hos en neutron med termisk energi ( $\approx 300$  K)?
- 2) Hur beror våglängd av kinetisk energi för en foton; en elektron.
- 3) Hur beror våglängden av massan?
- 4)  $kT$  vid  $T \approx 300$  K i eV och J?
- 5) Ungefär hur mycket kinetisk energi har en partikel vid rumstemperatur?
- 6) Uppskatta hastigheten hos en termisk (= har kinetisk energi  $kT$  motsvarande rumstemperatur,  $\approx 300$  K)) neutron; atom?
- 7) Hur stort är ett typiskt bandgap hos en halvledare; en isolator;
- 8) Hur stort är ett typiskt utträdesarbete hos en metall?

### Grundläggande kvantfysikaliska experiment

- 9) Vilket eller vilka experiment visar på vågegenskaper hos ljus? Beskriv experimentet och förklara vilka slutsatser man kan dra.
- 10) Vilket eller vilka experiment visar på partikelegenskaper hos ljus? Beskriv experimentet och förklara vilka slutsatser man kan dra.
- 11) Vilket eller vilka experiment visar på vågegenskaper hos elektroner eller neutroner? Beskriv experimentet och förklara vilka slutsatser man kan dra.
- 12) Vilket eller vilka experiment visar på partikelegenskaper hos elektroner eller neutroner? Beskriv experimentet och förklara vilka slutsatser man kan dra.
- 13) Förklara begreppet "kollaps av vågfunktion" med hjälp av ett interferensexperiment. Motivera varför man inför begreppet.
- 14) Hur kan man mäta utträdesarbetet med hjälp av fotoelektriska effekten?
- 15) Hur kan man mäta Planck's konstant med hjälp av fotoelektriska effekten?

- 16) Hur kan man kyla atomer med hjälp av fotoner? Förklara noggrant. Vad måste man veta om atomerna man vill kyla? Vilka egenskaper hos fotoner utnyttjar man?
- 17) Varför använder man elektronmikroskop inom nanotekniken? Jämför upplösningen (storleksordning) hos ett elektronmikroskop (10 kV accelerationsspänning) med ett ljusmikroskop (synligt ljus).

### **Vågfunktion, Schrödingerekvation**

- 18) Vad är en vågfunktion?
- 19) Vad är sannolikhetstäthet?
- 20) Hur normerar man en vågfunktion?
- 21) Hur beräknar man sannolikheten att hitta en partikel i ett visst område?
- 22) Motivera obestämbarhetsrelationen. Varför finns den? Vad betyder den?
- 23) Beskriv en konsekvens av obestämbarhetsrelationen.
- 24) Visa att vågfunktionen för en fri partikel löser Schrödingerekvationen.
- 25) Vad är ett vågtal?
- 26) Tolka vågfunktionen hos en fri partikel i termer av en sannolikhetsström.

### **Potentialbarriärer**

- 27) En partikel rör sig mot ett potentialsteg. Ange lösningen hos Schrödingerekvationen för olika fall. Se till att du kan redovisa alla steg i härledningen.
- 28) Hur får man fram tunneleffekten rent matematiskt?
- 29) Vad är en karakteristisk längd hos en exponentialfunktion?
- 30) Vad menar man med tunnellängden?
- 31) Uppskatta tjockleken hos en potentialbarriär i en halvledarheterostruktur som ger en tunnelsannolikhet hos en elektron på ca. 0.1%.
- 32) Barriären görs dubbelt så tjock eller dubbelt så hög. Hur ändras tunnelsannolikheten?
- 33) Hur fungerar ett tunnelmikroskop och varför är det så känsligt?

### **Kvantbrunnar och optiska övergångar**

- 34) Härled lösningarna hos Schrödingerekvationen för en oändlig kvantbrunn. Ange alla lösningar (normerade), deras vågtal och energier. Rita vågfunktioner, sannolikhetstätheter.
- 35) Vad menas med kvanttal?
- 36) Vilka skillnader finns det mellan en ändlig och en oändlig kvantbrunn?
- 37) Rita och beskriv två sätt att tillverka en kvantprick rent fysiskt. Hur tänker du kring val av material?
- 38) Rita ledningsband och valensband hos kvantprickarna i föregående fråga.
- 39) Beskriv i detalj vad som händer när man lyser på en kvantprick och observerar fotoluminescens. Vilka krav finns det på det stimulerande ljuset?
- 40) Vilken energi har det emitterade ljuset? Hur beror energin av material och storlek hos kvantpricken?

- 41) Hur fungerar en lysdiod? Visa hur den fungerar med och utan kvantbrunn.
- 42) Varför använder man ibland kvantbrunnar som en del av en lysdiod?
- 43) Vad menas med spontan och stimulerad emission?
- 44) Hur fungerar en laser och vad utmärker den?
- 45) Vad menas med optiska urvalsregler i en kvantbrunn?
- 46) Vad menas med intraband och interband (över bandgapet) emission från en kvantbrunn?
- 47) Diskutera sambandet mellan en ändlig kvantbrunn och väteatomen.
- 48) Vad vet du om bundna elektrontillstånd hos en väteatom?

### **Pauli princip, Fermi funktion, tillståndstäthet, bandstruktur**

- 49) Vad menas med Pauli princip?
- 50) Vad menas med energiband, bandgap, ledningsband, valensband?
- 51) Vad har bandbegreppet att göra med Pauli principen?
- 52) Vad beskriver Fermi funktionen?
- 53) Definiera Fermi energi (Fermi nivå).
- 54) Rita Fermi funktionen för  $T = 0$  och för ändlig  $T$ . Identifiera Fermi energin och energiskalan  $kT$ .
- 55) Vad betyder tillståndstäthet?
- 56) Förklara med ord och med hjälp av ritningar sambandet mellan tillståndstäthet, Fermi funktion, ockuperade tillstånd, och Fermi nivå i en halvledare.
- 57) Förklara skillnaden mellan en metall, en halvledare och en isolator?
- 58) Varför är rena, kristallina isolatorer i allmänhet transparenta för ljus? Varför är metaller inte transparenta?
- 59) Varför är metaller bra elektriska ledare och isolatorer dåliga?
- 60) Hur kan man påverka ledningsförmågan i en halvledare under tillverkningen?
- 61) Hur kan man beräkna Fermi nivån i en metall?

### **Datorer och kvantmekanik**

- 62) Vad är en transistor?
- 63) Spelar tunneleffekten roll för moderna transistorer?
- 64) Varför är man intresserad av kvantdatorer?
- 65) Vad betyder entanglement? Beskriv ett relevant experiment.