

# Kvantfysikens tillämpningar II - 2023

Tent 20.12.2023 kl. 9.00-13.00

Alla fem uppgifter skall lösas, observera poängsättningen! Max poäng är 36

1. *Förklara dessa ord, begrepp eller fenomen* (11p)
  - a) Härled Braggs lag och beskriv hur kan man bestämma kristallstrukturen av ett material m.h.a. röntgendiffraktion. (2p)
  - b) Rita ut Feynmandiagrammet för elektron-positron parbildning från en gammakvant, definiera axlarna och riktningarna (1p)
  - c) Skillnaden mellan Wigner-Seitz cellen och Primitiva enhetscellen (1p)
  - d) Vad är magiska tal för atomkärnan, hur vet man att de existerar (nämna ett fenomen) (1p)
  - e) Skillnader och likheter mellan s-processen och r-processen (1p)
  - f) Generationerna (av kvarkar och leptoner), vad är de, likheter och skillnader (2p)
  - g) Gammasonderfall (1p)
  - h) Nämna två partikeldetektorer och sammanfatta deras funktionsprincip kort. (2p)

*Uppgifterna bör besvaras med ca 2-3 meningar per poäng*

2. *Sönderfall* (6p)
  - a) För 20000 år sedan fanns lika mycket av två radioaktiva isotoper ( ${}^YX$  och  ${}^ZX$ ) av materialet X, och idag 67.3% av  ${}^YX$  och 32.7% av  ${}^ZX$ . Beräkna halveringstiden för  ${}^YX$  när halveringstiden för  ${}^ZX$  är 650 år (2p)
  - b) Skriv ut och beräkna Q-värdet för sönderfallet av  ${}^{194}\text{Hg}$  (1.5p)
  - c) Skriv ut och beräkna Q-värdet för sönderfallet av  ${}^{233}\text{Pa}$  och sönderfallet av produkten (2.5p)

*Ni kan anta att alla kärnor och utstrålade partiklar är i vila och att den elektronen som är svagast bunden medverkar i sönderfallet.*

3. *Gitterstrukturer* (8p)
  - a) Rita ut den konventionella enhetscellen för FCC (Face Centered Cubic), BCC (Body Centered Cubic) och DIA (Diamond cubic). Skriv ut basvektorerna för dessa tre strukturer (3p)
  - b) Förklara skillnaden mellan HCP (Hexagonal Close Packed) och FCC, och vilken är likheten mellan dem. (1p)
  - c) Beräkna atomdensiteten (atomer/ $\text{m}^3$ ) för Ag (FCC), Fe (BCC) och Ge (DIA), med gitterkonstanten ( $a_x$ ) given nedan (2p)
  - d) Rita ut ett SC (Simple Cubic) gitter och rita ut (2p):  
I)  $[00\bar{1}]$ -riktningen II)  $[201]$ -riktningen III)  $(221)$ -planet IV)  $(201)$ -planet

*Rita en bild per riktning/plan och glöm inte att definiera axlarna*

4. *Elektronstruktur* (5p)
  - a) Förklara med ord hur elektronbandstrukturen uppkommer och rita upp en schematisk bild på hur elektronbandstrukturen ser ut m.h.a Brillouin zoner. Skriv även in den relevanta informationen för att tolka bilden. Beskriv m.h.a. elektronbandstrukturen skillnaderna mellan isolatorer, metaller, semimetaller och halvledare, samt vad man åstadkommer m.h.a. dopning av halvledare. (3p)
  - b) Förklara grundantaganden i de olika fria elektronmodellerna. Vilken effekt bör tas med för att förklara elektronbandstrukturen (som i a)-delen) (2p)

5. *Partikelfysik* (6p)
  - a) Vilka konserveringslagar följs och vilka bryts (nämna alla). Är reaktionerna möjliga, och varför?  
I)  $\Sigma^+ \rightarrow \Xi^0 + e^- + \bar{\nu}_e$  (1p)  
II)  $D^- \rightarrow K^0 + \mu^- + \nu_\tau$  (1p)  
III)  $B^+ + n \rightarrow B^0 + p$  (1p)
  - b) Redogör de två huvudtyperna av accelerators, två modeller som exempel per huvudtyp samt två operationssätt av accelerators. Beskriv även en fördel och en nackdel med de olika huvudtyperna (3p)

$$a_{\text{Cu}}^{\text{FCC}} = 0.361\text{nm} \quad a_{\text{Fe}}^{\text{BCC}} = 0.287\text{nm} \quad a_{\text{Ge}}^{\text{DIA}} = 0.543\text{nm}$$

$$\Sigma^+ = (\bar{s}\bar{s}\bar{s}) \quad \Xi^0 = (\bar{s}\bar{s}\bar{u}) \quad D^- = (\bar{c}\bar{d}) \quad K^0 = (\bar{d}\bar{s}) \quad B^+ = (u\bar{b}) \quad B^0 = (d\bar{b}) \quad n = (udd) \quad p = (uud)$$

$$1 \text{ kJ/mol} = 0.0103 \text{ eV}$$