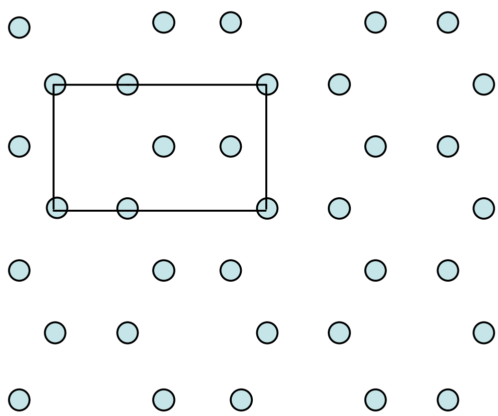
TENTAMEN I FASTA TILLSTÅNDETS FYSIK F3

Tid	**2001-03-10 fm**
Lokal	**V**
Hjälpmedel	**Matematiska tabeller, Physics Handbook, TEFYMA, bifogad formelsamling, typgodkänd räknare eller annan räknare i fickformat dock utan inprogrammerad text eller ekvationer av intresse för tentamen. Däremot är det i sin ordning att i räknarens minne ha lagrat värden på naturkonstanter som tex Plancks konstant och elektronmassan.**
Examinator	**Lars Walldén (772 33 47)**

1. Beräkna den största diffraktionsvinkeln (dvs vinkeln mellan infallande och diffrakterad stråle) då elektroner med energin 63 eV infaller vinkelrätt mot ett atomlager grafit. Atomerna i lagret är ordnade enligt nedanstående figur. Avståndet mellan närbelägna atomer är 1.42 Å. Om Du delar upp lösningen i följande steg så får Du poäng på deluppgifterna.

a) 1 p Ange basen om man väljer ett gitter med den markerade cellen.
b) 1 p Rita en figur som visar det reciproka gittret
c) 2 p Beräkna den efterfrågade vinkeln och visa att basens strukturfaktor är skild från noll för den aktuella reflexen.



2 a) 1 p Förklara vad som menas med periodiska randvillkor och visa att tillstånds-tätheten i k-rummet är $V/8\pi^3$ där V är den betraktade volymen.

b-d) Om endast närmsta grannar växelverkar erhålls dispersionsrelationen

$$\omega = \omega_{max}\left|\sin k\frac{a}{2}\right|$$

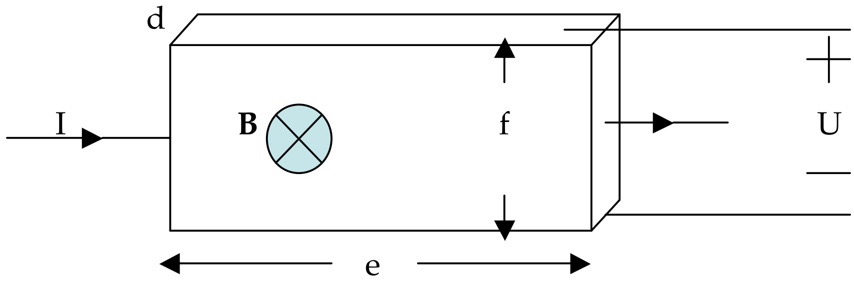
för vågor som beskriver atomernas svängningar på en linjär kedja av ekvidistanta atomer. Avståndet mellan närmsta grannar är a.

b) 1 p Visa att det räcker med ett $2\pi/a$ långt intervall av k-axeln för att beskriva alla möjliga svängningar.

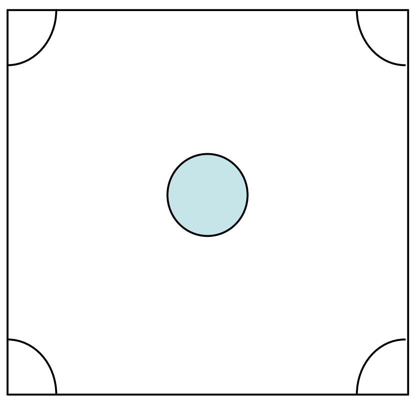
c) 1 p Derivering av dispersionsrelationen ger att $d\omega/dk = 0$ för $k = \pi/a$. Förklara varför detta är rimligt.

d) 1 p Kedjan är 1 cm lång, a = 3 Å och $w_{max} = 10^{13}$ rad/s. Hur många longitudinella vågor på kedjan har sin frekvens i intervallet mellan $2 \cdot 10^{11}$ rad/s och $3 \cdot 10^{11}$ rad/s.

3 a) 2 p En ström, I = 1A, leds genom en zinkplatta som befinner sig i ett magnetfält, B = 2 Vs/m^2, riktat vinkelrätt mot plattan (se figur). Utnyttja frielektron modellen för att beräkna spänningen U (se figur). Plattans kantlängder är d = 0,1 cm, e = 2 cm och f = 1 cm. Zink har hcp struktur med a = 2.66 Å och c/a = 1.85.



b) 2 p För bl a Zn ger frielektronmodellen fel värde, tom fel tecken, på Hall-koefficienten. Förklara detta i kvalitativa termer genom att visa att elektroner, som befinner sig i en periodisk potential, kan röra sig drastiskt olika i ett magnetfält beroende på elektronernas energi och k-vektor.
För att ge exempel kan Du utnyttja nedanstående figur som visar linjer för konstanta energier ($E_2 > E_1$) i 1:a Brillouin-zonen för en 2D kristall med kvadratiskt gitter.



4 a) 3 p
Man vill dopa ett Si prov så att Fermi-nivån hamnar 0.85 eV över valens-bandets maximala energi. Föreslå ett lämpligt dopämne och beräkna lämplig dophalt, provets ledningsförmåga samt tätheten hål i provet.
För Si är E_{gap} = 1.14 eV, $\mu_e = 0.16\ m^2/Vs$, $\mu_h = 0.05\ m^2/Vs$, $m_e = 0.26$ m, $m_h = 0.5$ m. I Physics H. (T-7.6) ges dopnivån i Si för ämnen av intresse. Temperatur: 300 K.

b) 1 p.
Vad menas med direkt respektive indirekt bandgap?

5.
Härled ett uttryck för den magnetiska susceptibiliteten för ett salt av en övergångsmetall vars joner har S = 1/2 och utnyttja uttrycket för att redogöra för Weiss modell för ferromagnetism.

Lösn tentamen 10/3 01

1. d=1.42 Å; a = (3d, 0), b = (0, d√3), Gitter: r_{mn}= m a + n b, Bas: R_1= (0, 0), R_2 = (d, 0), R_3= d/2 (3 , √3), R_4= d/2 (5, √3)
 Reciprokt gitter: Stavar med A= 2π /(3d)(1, 0), B = 2π /(d√3) (0, 1); $\mathbf{G}_{h\,k}$= h A + k B = 2π /d (h/3, k /√3)
 Strukturfaktorn $S_{h\,k} = f\,\Sigma \exp(-i\,\mathbf{G}_{h\,k}\cdot R_j) = f\,(1+ \exp(-i(2\pi h/3)) +$
$+ \exp(-i2\pi\,(h/2 + k/2)) + \exp(-i2\pi(5h/3 + k/2))$
Största diffr vinkel erhålls för minsta $|\mathbf{G}_{hk}|$ som ger $S_{h\,k} \neq 0$.
 Insättning ger $S_{10} = S_{01} = 0$ men att $S_{11} \neq 0$
 $\mathbf{G}_{11}$= 2π /d (1/3, 1/√3) och G_{11} = 4π /3d; sin(180- ϕ) = G_{11}/k, där k erhålls ur E (i eV)= 3.81 k^2 (k i $Å^{-1}$), dvs k= $(63/3.81)^{1/2}$; =>ϕ=133.5°.

2.d) $\omega = \omega_m \sin(ka/2)$; 1D: N_k= L/2π; $N(\omega)\,d\omega = N_k\, 2\, dk$ (tvåan pga att det finns ett intervall dk med frekvenser I intervallet mellan ω och ω+ dω för både negativa och positiva k-värden).
Antalet våglösningar med frekvenser mellan ω_1 och ω_2 = ∫ N(ω) dω integrerad mellan ω_1 och ω_2 = L/π ∫ dk integrerad mellan k_1 och k_2 = $L/\pi(k_2 - k_1)$ = (L/π) (2/a) (arcsin ω_1/ω_m - arcsin ω_2/ω_m) =[här arcsin α ≈ α] = [2 L (ω_2 - ω_1)]/ (π a ω_m) = 2.1 10^5

3 a) F_B = q v B och F_E = q E = q U/ f , krafterna motriktade och de är lika stora om U = v B f = [I = j d f = n q v d f] = I B/ (n q d)
Enhetscellen V = √ 3 a^2 c/ 2. Det finns 2 atomer med vardera 2 valenselektroner => n =
= 8/ (√ 3 a^2 c) och U = 9.4 10^{-8} V

4, a) RT : n p = 2.1 10^{31} m^{-6} enl formelsamlingen
$n = n_0 \exp[(\mu - E_G) / kT]$ där μ = 0.85 eV, E_G= 1.14 eV, $n_0 = 2\,[(2\pi\, m_e k\, T)/ h^2]^{3/2}$

Enligt formelsamlingen: $m_e = 1 \Rightarrow n_0 = 2.5\ 10^{25}\ m^{-3}$: För $m_e = 0.26$ är då
$n_0 = 0.26^{3/2}\ 2.5\ 10^{25}\ m^{-3} = 0.33\ 10^{25}\ m^{-3}$

$\Rightarrow$ $n = 4.4\ 10^{19}\ m^{-3}$ och $p = 4.8\ 10^{11}\ m^{-3}$

$\sigma = n\ e\ \mu_e + p\ e\ \mu_h = 1.1\ \Omega^{-1} m^{-1}$

Laddningsbalans: $n = p + N_D^{+} = p + N_D\ (1 - 1 / (1 + \exp[(E_G - E_\Delta - \mu)/kT])$
Möjligt dopämne : P. För P är dopnivåns bindningsenergi 0.045 eV enl Physics Handbook, som med $\mu = 0.85$ eV ger att $N_D^{+} \approx N_D$. Eftersom $p \ll n$ behövs en dophalt på $4.4\ 10^{19}\ m^{-3}$.