

固体物理第一

為ヶ井強教員

2007/07/27

1. 以下の間に答えよ.

- (a) 点群対象操作 C_n のうち, 並進対象操作と矛盾しないのは, どのような n の場合か全て挙げよ.
- (b) パウリ常磁性とは何か.
- (c) セン亜鉛鉱構造とはどのような構造か. また, この構造を持つ物質の例を挙げよ.
- (d) ドーハース・アルフェン効果とは何か簡単に説明せよ.
- (e) 格子振動の非調和性により起こる現象を 2 つ挙げよ.

2. 結晶格子と逆格子に関する以下の間に答えよ.

- (a) 体心立方格子 (1 辺 a) の逆格子を求めよ.
- (b) ブラッグの法則とは何か. また, なぜそれが成り立つのかを説明せよ.
- (c) 1 辺 3.08 \AA の単純立方格子をもつ物質に波長 1.54 \AA の X 線を入射した. (1 0 0) 面がブラッグ条件を満たすとき, どのような方向に X 線が回折されるか説明せよ. なお, 必要ならば, 下の三角関数表を用いて, 角度を有効数字 2 桁で求めよ.
- (d) (c) で回折が起きている状況を逆格子とエバルト球 (エバルトの作図) を用いて図示せよ.

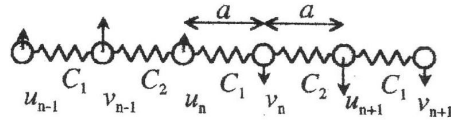
x(deg)	sin(x)	x(deg)	sin(x)	x(deg)	sin(x)	x(deg)	sin(x)	x(deg)	sin(x)	x(deg)	sin(x)	x(deg)	sin(x)	x(deg)	sin(x)
1	0.0175	11	0.1908	21	0.3584	31	0.5150	41	0.6561	51	0.7771	61	0.8746	71	0.9455
2	0.0349	12	0.2079	22	0.3746	32	0.5299	42	0.6691	52	0.7880	62	0.8829	72	0.9511
3	0.0523	13	0.2250	23	0.3907	33	0.5446	43	0.6820	53	0.7986	63	0.8910	73	0.9563
4	0.0698	14	0.2419	24	0.4067	34	0.5592	44	0.6947	54	0.8090	64	0.8988	74	0.9613
5	0.0872	15	0.2588	25	0.4226	35	0.5736	45	0.7071	55	0.8192	65	0.9063	75	0.9659
6	0.1045	16	0.2756	26	0.4384	36	0.5878	46	0.7193	56	0.8290	66	0.9135	76	0.9703
7	0.1219	17	0.2924	27	0.4540	37	0.6018	47	0.7314	57	0.8387	67	0.9205	77	0.9744
8	0.1392	18	0.3090	28	0.4695	38	0.6157	48	0.7431	58	0.8480	68	0.9272	78	0.9781
9	0.1564	19	0.3256	29	0.4848	39	0.6293	49	0.7547	59	0.8572	69	0.9336	79	0.9816
10	0.1736	20	0.3420	30	0.5000	40	0.6428	50	0.7660	60	0.8660	70	0.9397	80	0.9848
															1.0000

3. 自由電子ガスに関する次の間に答えよ. 必要ならば, いくつかの物理量を適宜定義して用いよ.

- (a) 電子密度 n の 3 次元自由電子ガスのフェルミ波数 k_F を求めよ.
- (b) $n = 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ の 3 次元自由電子ガスにおけるフェルミエネルギーを eV を単位として有効数字 2 桁で求めよ. 必要ならば, 以下の値を用いてよい. 電子の質量 $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, プランク定数 $h = 6.3 \times 10^{-34} \text{ Js}$, 素電荷 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$, 光速 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, ボルツマン定数 $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$.
- (c) 2 次元自由電子ガスの状態密度をエネルギー E の関数として求めよ.
- (d) 電子密度 n の 3 次元自由電子ガスの絶対零度における単位体積当たりのエネルギーを n とフェルミエネルギー E_F を用いて表せ.

4. 電子の輸送現象に関する以下の間に答えよ. ただし, 電子の質量を m , 電荷を $-e (e > 0)$, 密度を n , (フェルミ) 速度を v , 比熱を C , 運動量緩和時間を τ とする.

- (a) 熱伝導度 κ の表式を求めよ. なお, 導出過程も示すこと.
- (b) ホール係数 R_H の表式を求めよ. なお, 導出過程も示すこと.
- (c) 熱電能 S の表式を求めよ. なお, 導出過程も示すこと.
- (d) ポルツマン方程式によると立方対称の結晶における電気伝導度 σ は $\sigma = \frac{1}{4\pi^3} \frac{e^2 \tau}{\hbar} \frac{1}{3} \int v dS_F$ で与えられる. ここで, dS_F はフェルミ面における面積要素である. σ を計算せよ.
5. 金属における電子比熱 C_e は低温で温度に比例し, 電子比熱係数 γ を用いて $C_e = \gamma T$ と表せる. このときの電子比熱係数 γ を求めよ. ただし必要ならば, $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$, $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^4} = \frac{\pi^4}{90}$ を用いよ.
6. 図に示されるように, 質量 M の原子がバネ定数 C_1 および $C_2 (C_1 > C_2)$ で交互に結ばれた一次元格子を考える. 各格子点の平均間隔を a , 各原子の変位を図の様に u_n, v_n で表す. このとき, 以下の問に答えよ.



- (a) u_n, v_n に対する運動方程式を求めよ.
- (b) (a) より, この格子振動の分散関係を求めるための式を書け.
- (c) (b) の方程式を解き, 分散関係を求めよ.