

固体物理第一

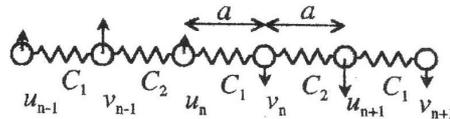
為ヶ井強教員

2006/07/27

1. 以下の語句を簡単に説明せよ.

- (a) ヴィーデマン・フランツ則
- (b) シュブニコフ・ド・ハース効果
- (c) 点群
- (d) 映進面
- (e) 光学モード

2. 下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.
3. 3次元自由電子ガスに関する次の問に答えよ.
- (a) 電子密度を n としたとき, フェルミ波数 k_F を求めよ.
 - (b) (a) の結果を用いて典型的な金属における k_F のおおよその値を求めよ.
 - (c) (a) の結果を用いて典型的な金属におけるフェルミ・エネルギー ϵ_F のおおよその値を eV を単位として求めよ. ただし, 電子の質量を $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ とする.
 - (d) 状態密度をエネルギー E の関数として求めよ.
4. 金属に関する以下の問に答えよ.
- (a) フェルミ面における状態密度 $D(E_F)$ を求めるための2つの実験を挙げよ.
 - (b) (a) で挙げた実験の物理量がどのように $D(E_F)$ に関係しているのかを式で示せ. (正確な計算でなくても良いので, 簡単な導出の過程も示すこと.)
 - (c) アルカリ金属のフェルミ面はほぼ球形である. このことをアルカリ金属が体心立方構造をもつことから定量的に説明せよ.
5. 電子の輸送現象に関する以下の問に答えよ. 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) 交流電気伝導度が $\sigma(\omega) = \sigma_0/(1 - i\omega\tau)$ で与えられることを示せ。ここで、 σ_0 は直流電気伝導度。
6. 結晶格子中での電子状態を近似する手法である強束縛近似に関する以下の問に答えよ。
- (a) 電子の分散関係は $E(k) \sim E_i - A_i - B_i \sum e^{i\mathbf{k} \cdot (\mathbf{r}_n - \mathbf{r}_m)}$ で表せる。 $(E_i, A_i: \text{定数}, B_i: \text{移動積分})$ なお、ここで和は最近接原子についてとる。1 辺 a の面心立方格子について、分散関係を求めよ。
- (b) (a) において、バンド幅を求めよ。
7. 結晶格子と逆格子に関する以下の問に答えよ。
- (a) 体心立方格子 (1 辺 a) の逆格子を求めよ。
- (b) 1 辺 3.5 \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、下の三角関数表をもちいてよい。
- (c) (b) 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)																
1	0.0175	11	0.1908	21	0.3584	31	0.5150	41	0.6581	51	0.7771	61	0.8746	71	0.9455	81	0.9877
2	0.0349	12	0.2079	22	0.3746	32	0.5299	42	0.6691	52	0.7880	62	0.8829	72	0.9511	82	0.9903
3	0.0523	13	0.2250	23	0.3907	33	0.5446	43	0.6820	53	0.7986	63	0.8910	73	0.9563	83	0.9925
4	0.0698	14	0.2419	24	0.4067	34	0.5592	44	0.6947	54	0.8090	64	0.8988	74	0.9613	84	0.9945
5	0.0872	15	0.2588	25	0.4226	35	0.5736	45	0.7071	55	0.8192	65	0.9063	75	0.9659	85	0.9962
6	0.1045	16	0.2756	26	0.4384	36	0.5878	46	0.7193	56	0.8290	66	0.9135	76	0.9703	86	0.9976
7	0.1219	17	0.2924	27	0.4540	37	0.6018	47	0.7314	57	0.8387	67	0.9205	77	0.9744	87	0.9986
8	0.1392	18	0.3090	28	0.4695	38	0.6157	48	0.7431	58	0.8480	68	0.9272	78	0.9781	88	0.9994
9	0.1564	19	0.3256	29	0.4848	39	0.6293	49	0.7547	59	0.8572	69	0.9336	79	0.9816	89	0.9998
10	0.1738	20	0.3420	30	0.5000	40	0.6428	50	0.7660	60	0.8660	70	0.9397	80	0.9848	90	1.0000