

物理実験学2 (2017年度) レポート問題 第1回 11月10日出題

1. 希釈冷凍機

希釈冷凍機について、特に、冷却の原理やそこにある物理、さらには実際の冷凍機の構成、冷凍能力などについて、図や式を交えて 記述せよ。

2. 低温実験の意義

物理学における低温での実験の意義について、具体例を交えながら 述べよ。

3. 熱放射（黒体輻射）

(1) 温度 T [K] にある黒体からは熱放射という形で電磁波が放出されている。熱放射によって侵入する単位時間当りの熱量は、温度 T で光子が熱平衡状態にあるとし、考えている単位面積に単位時間当たり当たる光子の持つエネルギーを考えれば良い。光速を c [m/s], プランク定数を h [Js] ($\hbar = h/2\pi$), ボルツマン定数を k_B [J/K] とし、黒体から熱放射として単位時間・単位面積当たりに放射されるエネルギー $e(T)$ (Stefan-Boltzman 則) を導出せよ。

(2) 今、低温実験装置 (cryostat) を直径 15 cm, 高さ 60 cm で、上下に蓋のある中空の円筒状としよう。その中に下から 30 cm の高さまで液体ヘリウム (ここでは ^4He のみ考える) が入っているとす。液体ヘリウムは、1 気圧のヘリウムガス回収ラインに繋いであるとしよう。室温 (300 K とする) から実験装置内の液体ヘリウムへ熱放射として侵入する単位時間当りの熱量 P [W] を Stefan-Boltzman 則を用いて導出せよ。

(3) 液体ヘリウム (^4He) の蒸発潜熱は 20.416 kJ/kg であり、沸点での密度は 124.98 kg/m³ である。上記 (2) の実験装置の液体ヘリウムが全てが蒸発するのにどれぐらいの時間がかかるのかを求め、実験時間としての妥当性を考察せよ。また、周囲が液体窒素温度 (77 K) の場合についても計算し、周囲が室温の場合と比較、考察せよ。

4. 導線による熱伝導

今、電気抵抗率 $\rho = 4 \times 10^{-7} \Omega\text{m}$ で、直径が 0.1 mm, 長さ 2m の合金の導線があるとする。その線を 100 本用いて、いろいろな測定に用いたいと考えている。Lorentz 数を $L = 2.45 \times 10^{-8} \text{W}\cdot\Omega/\text{K}^2$ とする。

(1) 抵抗率が温度変化しないとして、1 本当たりの電気抵抗の値を求めよ。

(2) 今、室温 (300 K とする) から低温実験装置 (cryostat) 内の 1.0 K の場所 (円板状とし、1.0 K ステージと呼ぼう) に上記の導線を 100 本接続した。Wiedemann-Franz 則が成り立ち、導線は途中でどこにも接触しないとして、この導線の束によって室温から 1.0 K ステージに入る単位時間当りの熱量を求めよ。

(3) 上記 (2) のケースで、導線を下から (1.0 K ステージから) 50 cm の所でしっかりと 4.2 K に冷やした (熱アンカー)。この場合に 1.0 K ステージに入る単位時間当りの熱の侵入量を求めよ。

(4) 上記の (2), (3) で求めた熱の侵入量が冷凍機に、どの程度影響するかを考察せよ。

提出期限：2017年12月4日 (月)

提出先：理学部6号館・教務

担当：松原 明

(遅れても多少減点する程度なので、必ず提出してください。)