

問題用紙

2026	科目名	物理情報：現代物理学	1 / 1	通し番号
------	-----	------------	-------	------

問 1. 物質のモル比熱についての以下の問題について解答せよ。

1. 金属中の自由電子は通常、ボーズ粒子とフェルミ粒子のどちらとして考えるか。
2. 自由電子を量子理想気体として扱うと、温度 T 、化学ポテンシャル μ のもとでのエネルギー固有値 ϵ を持つエネルギー固有状態の占有数は、次の(A)式と(B)式のどちらであるか。

$$f(\epsilon) = \frac{1}{e^{\beta(\epsilon-\mu)} - 1} \quad (\text{A})$$

$$f(\epsilon) = \frac{1}{e^{\beta(\epsilon-\mu)} + 1} \quad (\text{B})$$

ここで、 $\beta = 1 / kT$ は逆温度であり、 k はボルツマン定数である。

3. 以下の (ア) と (イ) に入る語句を解答せよ。
 常温での固体金属の比熱において通常、自由電子の影響を考慮する必要はない。その理由は、(ア) 温度が常温と比べ非常に (イ) からである。
4. エネルギー等分配則とは、量子力学的な効果を考慮しなくとも良いとき、系の内部エネルギーは1つの自由度あたり $kT/2$ だけエネルギーが分配されるという法則である。これを参考に表 1 に示したモル比熱に関する以下の 2 つの小問に解答せよ。
 - a. 常温常圧において、単原子分子の気体、He、Ne、Ar の等積モル比熱に比べ、固体金属の Au、Ag、Cu の等圧モル比熱（等積モル比熱と等しいと見なせる）が 2 倍程度大きい理由を説明せよ。
 - b. 常温常圧において、単原子分子の気体、He、Ne、Ar の等積モル比熱に比べ、二原子分子の気体、H₂、N₂、O₂ の等積モル比熱が 5/3 倍程度大きい理由を説明せよ。

表 1. 常温常圧における単体のモル比熱（CRC Handbook of Chemistry and Physics, 97th ed. より）。気体は等積モル比熱に変換するためにマイヤーの関係式を仮定している。

単原子分子	等積モル比熱	二原子分子	等積モル比熱	固体金属	等圧モル比熱
ヘリウム He	12.5 J/(K·mol)	水素 H ₂	20.5 J/(K·mol)	金 Au	25.4 J/(K·mol)
ネオン Ne	12.5 J/(K·mol)	窒素 N ₂	20.8 J/(K·mol)	銀 Ag	25.4 J/(K·mol)
アルゴン Ar	12.5 J/(K·mol)	酸素 O ₂	21.1 J/(K·mol)	銅 Cu	24.4 J/(K·mol)