

小テスト：各自のノートに、座席番号、学籍番号、氏名に続けて解答を書け。終了時刻に座席番号票と解答を1枚の写真に撮り、講義終了後当日中に授業Q&Aのいつものタイトルに写真を添付せよ。画像ファイルは撮影後加工せず、ファイル名を「学籍番号氏名.拡張子」とせよ。

問題1：直径 0.2 mm の銅線に 5 A の電流を流した。銅線中の電子の平均の速さ v_m を有効数字2桁で求めよ。また、銅線中の電子の熱運動の速さ v_{th} を、エネルギー等分配則 $\left(\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}k_B T\right)$ により評価せよ。ただし、電流密度 $\mathbf{i} = -nev$ 、電気素量(素電荷) $e = 1.60 \times 10^{-19}$ C, アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ mol $^{-1}$, 銅の原子量 $M = 63.5$, 銅の密度 $n_g = 8.93 \times 10^3$ kg \cdot m $^{-3}$, 銅原子1個あたり伝導電子は1個, ボルツマン定数 $k_B = 1.38 \times 10^{-23}$ J \cdot K $^{-1}$, 温度 $T = 300$ K, 電子の質量 $m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg とせよ。

問題2：ビオ - サバールの式を使い、直線電流から距離 r の点における磁場を求めよ。観測点の位置ベクトル \mathbf{r} , 素電流 $\mathbf{I}(\mathbf{r}')$ とその位置ベクトル \mathbf{r}' を図に描きながら解答せよ。

$$\text{ビオ - サバールの式： } \mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_C \frac{\mathbf{I}(\mathbf{r}') \times (\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} ds$$

問題3：渦なしの法則 ($\text{rot} \mathbf{E} = 0$) はエネルギー保存則を表していた。一方、電磁誘導の法則 ($\text{rot} \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$) はエネルギー保存則を満たしていないように見える。エネルギー保存の観点から電磁誘導の法則を論ぜよ。

問題4：オイラーの公式 $e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta$ で $\theta = A + B$ とおいて、三角関数の加法定理を導け。