

電磁気 問題集

電磁気は力学に次ぐ重量級。落とす原因はほぼ1つ、**見えないものを頭の中だけで処理しよう**とすること。48問すべて、まず**図に矢印を描いてから式**に入る。3周目で「**読んだ瞬間に何が一定かが見える**」状態になれば完成。

The diagram consists of eight identical vertical rectangular boxes arranged horizontally. Each box is labeled with a chapter number at the top: 1章, 2章, 3章, 4章, 5章, 6章, 7章, and 8章. Below each chapter label, there are three stacked rectangular boxes, each containing a week number: 1周, 2周, and 3周. This structure represents a total of 24 weeks of content across 8 chapters.

問題編

解説は後半にまとめてある。先に見ないこと。

$k = 9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ 、電子の質量 $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 、電気素量 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、光速 $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$

静電気力と電場

記号の約束

q, Q 電荷 [C] r 距離 [m] k クーロンの法則の比例定数 F 静電気力 [N] E 電場 [N/C = V/m]

この章で使う武器

- $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ (距離の**2乗**に反比例)、 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 、 $F = qE$
- 電場は**ベクトル**。合成は向きを考えて足す (同じ向きなら和、逆向きなら差)
- 電場の向きは**+1 C が受ける力の向き**。負電荷は電場と**逆向き**に力を受ける
- 電気力線：正から出て負に入る／交わらない／**密なところが強い**。導体内部の電場は 0

1-1 クーロン力 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

$2.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ と $3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ の点電荷が 0.30 m 離れて置かれている。

1. はたらく力の大きさを求めよ。
2. この力は引力か斥力か。

1-2 電場と力 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

$4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ の点電荷から 0.20 m 離れた点について答えよ。

1. その点の電場の強さを求めよ。
2. その点に $2.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ の電荷を置いたとき受ける力を求めよ。

1-3 電場の合成 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

$4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ の点電荷2つを 0.40 m 離して置く。その中点の電場について答えよ。

1. 2つとも正のとき、中点の電場の強さはいくらか。
2. 一方を $-4.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ に変えたとき、中点の電場の強さはいくらか。

1-4 電場が0の点 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

$+q$ と $+4q$ の点電荷が距離 d 離れて置かれている。

1. 2つを結ぶ線上で電場が 0 になる点は、 $+q$ からどれだけ離れた位置か。

1-5 3電荷 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

一辺 a の正三角形の各頂点に、等しい正電荷 q を置いた。

1. 1つの電荷が他の2つから受ける力の大きさを求めよ。
2. その向きを答えよ。

1-6 導体・力線 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

静電気の性質について答えよ。

1. 帯電した導体の内部の電場はどうなっているか。理由も述べよ。
2. 電気力線が途中で交わらないのはなぜか。
3. 電気力線の密度は何を表すか。

電位

記号の約束

V 電位 [V] (無限遠が0) U 静電気力の位置エネルギー [J] W 仕事 [J] q 電荷 [C] d 一様電場中の距離 [m]
 E 電場 [V/m] e 電気素量 [C]

この章で使う武器

- $V = k \frac{Q}{r}$ (1乗に反比例)。電位は**スカラー**なので符号つきで足すだけ
- $U = qV$ 、 $W = q(V_A - V_B)$ 、エネルギー保存 $\frac{1}{2}mv^2 + qV = \text{一定}$
- 一様な電場では $V = Ed$ 、 $E = \frac{V}{d}$
- 等電位面と電気力線は**垂直**。導体は全体が等電位

2-1 点電荷の電位 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

$3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ の点電荷から 0.30 m 離れた点について、無限遠を基準として答えよ。

1. この点の電位を求めよ。
2. 電場の強さも求め、電位との違いを確認せよ。

2-2 電位の合成 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

$+Q$ と $-Q$ の点電荷が距離 $2a$ 離れている。

1. 中点の電位はいくらか。
2. 中点の電場は 0 か。

2-3 仕事 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

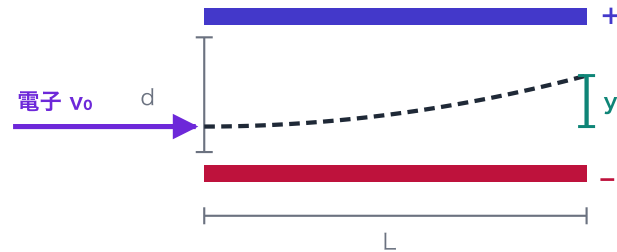
電位が 200 V の点 A から 50 V の点 B まで、 $2.0 \times 10^{-6}\text{ C}$ の正電荷をゆっくり移動させた。

1. 静電気力がした仕事を求めよ。
2. 外力がした仕事を求めよ。

静止していた電子を 500 V の電位差で加速した。電子の質量を $9.1 \times 10^{-31}\text{ kg}$ 、電気素量を $1.6 \times 10^{-19}\text{ C}$ とする。

1. 電子が得る運動エネルギーを求めよ。
2. 加速後の速さを求めよ。

間隔 0.020 m の平行板電極に 100 V を加える。極板に平行に、速さ $2.0 \times 10^7\text{ m/s}$ で電子を打ち込んだ。極板の長さは 0.050 m である。



電子は負電荷なので

水平投射と同じ形。水平方向は等速、垂直方向は等加速度

1. 極板間の電場の強さを求めよ。
2. 電子の加速度の大きさを求めよ。
3. 極板を通り抜けるまでに、電子が横にずれる距離を求めよ。

等電位面について答えよ。

1. 等電位面と電気力線はどのように交わるか。
2. 等電位面に沿って電荷を動かすとき、静電気力がする仕事はいくらか。
3. 導体の表面が等電位面になるのはなぜか。

コンデンサー

記号の約束

C 電気容量 [F] Q 電荷 [C] V 極板間の電圧 [V] S 極板の面積 [m²] d 極板の間隔 [m] ϵ 誘電率
 U 静電エネルギー [J]

この章で使う武器

- $Q = CV$ 、 $C = \epsilon \frac{S}{d}$ 、 $U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{Q^2}{2C}$
- 合成容量は抵抗と逆：並列 $C_1 + C_2$ 、直列 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
- スイッチ閉（電池つながっぱなし）→ V 一定 / スイッチ開（切り離れた）→ Q 一定
- 直列につないだコンデンサーは電荷が等しい

3-1 基本 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

4.0 μF のコンデンサーに 50 V の電圧を加えた。

1. たくわえられる電荷を求めよ。
2. たくわえられる静電エネルギーを求めよ。

3-2 合成 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

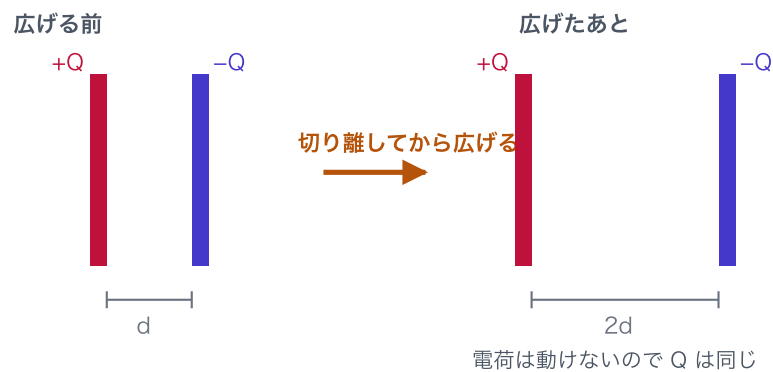
2.0 μF と 3.0 μF のコンデンサーがある。

1. 並列につないだときの合成容量を求めよ。
2. 直列につないだときの合成容量を求めよ。

$2.0\ \mu\text{F}$ と $3.0\ \mu\text{F}$ のコンデンサーを直列につなぎ、全体に $100\ \text{V}$ を加えた。

1. それぞれにたくわえられる電荷を求めよ。
2. それぞれにかかる電圧を求めよ。

平行板コンデンサーを電池につないで充電したあと、スイッチを開いて電池から切り離し、極板の間隔を2倍に広げた。広げる前の電気容量を C 、電圧を V とする。



1. 広げたあとの電気容量を求めよ。
2. 広げたあとの極板間の電圧を求めよ。
3. 広げたあとの極板間の電場は、広げる前の何倍か。
4. 静電エネルギーは何倍になるか。またその理由を述べよ。

3-5 誘電体 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

平行板コンデンサーを電池につないだまま、極板間に比誘電率 3.0 の誘電体を隙間なく差し込んだ。

1. 電気容量は何倍になるか。
2. 極板間の電場は何倍になるか。
3. たくわえられる電荷は何倍になるか。

3-6 エネルギー ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

$C = 2.0 \mu\text{F}$ のコンデンサーを 100 V で充電したあと、電池から切り離れた。

1. たくわえられている電荷とエネルギーを求めよ。
2. この状態で、同じ容量の充電されていないコンデンサーを並列につないだ。全体の電圧はいくらになるか。

直流回路

記号の約束

I 電流 [A] V 電圧 [V] R 抵抗 [Ω] ρ 抵抗率 [$\Omega \cdot \text{m}$] L 導線の長さ [m] S 導線の断面積 [m^2]
 P 電力 [W] r 電池の内部抵抗 [Ω] E 起電力 [V]

この章で使う武器

- $V = RI$ 、直列 $R_1 + R_2$ 、並列 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ 、 $R = \rho \frac{L}{S}$
- 直列は電流が同じ・並列は電圧が同じ
- $P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R}$
- 内部抵抗のある電池：端子電圧 $V = E - rI$

4-1 合成抵抗 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

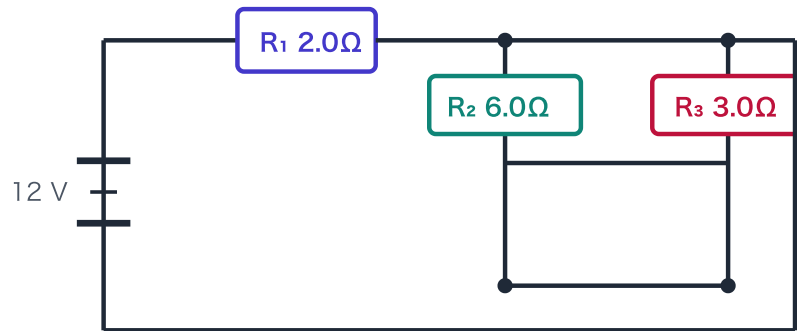
$6.0 \, \Omega$ と $3.0 \, \Omega$ の抵抗がある。

1. 直列につないだときの合成抵抗を求めよ。
2. 並列につないだときの合成抵抗を求めよ。

12 V の電池に $2.0\ \Omega$ と $4.0\ \Omega$ の抵抗を直列につないだ。

1. 回路を流れる電流を求めよ。
2. それぞれの抵抗にかかる電圧を求めよ。
3. それぞれの抵抗の消費電力を求めよ。

12 V の電池に $2.0\ \Omega$ の抵抗 R_1 を直列につなぎ、その先に $6.0\ \Omega$ の R_2 と $3.0\ \Omega$ の R_3 を並列につないだ。



R_2 と R_3 は並列

1. 回路全体の合成抵抗を求めよ。
2. 電池から流れ出る電流を求めよ。
3. R_2 と R_3 を流れる電流をそれぞれ求めよ。

4-4 電力 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

「100 V — 40 W」と表示された電球について答えよ。

1. この電球を 100 V で使うときの抵抗を求めよ。
2. 流れる電流を求めよ。

4-5 内部抵抗 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

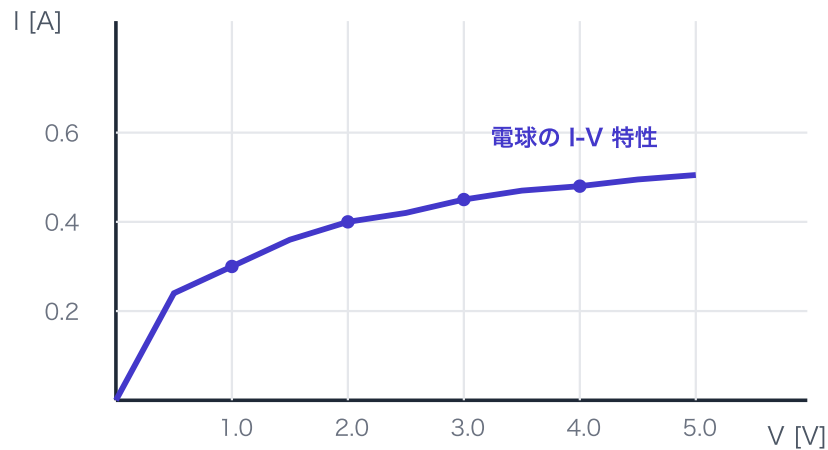
起電力 1.5 V、内部抵抗 $0.50\ \Omega$ の電池に、 $2.5\ \Omega$ の抵抗をつないだ。

1. 流れる電流を求めよ。
2. 電池の端子電圧を求めよ。
3. 内部抵抗で消費される電力を求めよ。

ある電球の電流-電圧特性は次のグラフのとおりである。この電球と $10\ \Omega$ の抵抗を直列につなぎ、 $6.0\ \text{V}$ の電池につないだ。

電球にかかる電圧 $V\ [\text{V}]$: 1.0 / 2.0 / 3.0 / 4.0

流れる電流 $I\ [\text{A}]$: 0.30 / 0.40 / 0.45 / 0.48



電球はオームの法則に従わない（直線にならない）

1. 電球にかかる電圧を V として、回路の式から I を V で表せ。
2. 電球にかかる電圧と流れる電流を求めよ。

電流と磁場

記号の約束

I 電流 [A] H 磁場の強さ [A/m] B 磁束密度 [T] μ 透磁率 r 導線からの距離 [m] n 1 mあたりの巻き数 [1/m]
 L 磁場中の導線の長さ [m] F 力 [N]

この章で使う武器

- 直線電流 $H = \frac{I}{2\pi r}$ 、円形電流の中心 $H = \frac{I}{2r}$ 、ソレノイド内部 $H = nI$
- 磁束密度 $B = \mu H$ 、磁束 $\Phi = BS$
- 電流が受ける力 $F = IBL \sin \theta$ （垂直なら IBL 、平行なら 0）
- 向き：磁場は**右ねじ**、力は**フレミング左手**（中指＝電流・人差し指＝磁場・親指＝力）

5-1 直線電流 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

まっすぐな長い導線に 4.0 A の電流が流れている。

- 導線から 0.20 m 離れた点の磁場の強さを求めよ。
- 距離を 2 倍にすると磁場は何倍になるか。

5-2 円形・ソレノイド ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

次の磁場の強さを求めよ。

1. 半径 0.10 m の円形コイル（1巻き）に 2.0 A を流したときの、中心の磁場。
2. 長さ 0.50 m に 500 回巻いたソレノイドに 2.0 A を流したときの、内部の磁場。

5-3 電流が受ける力 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

磁束密度 0.50 T の一様な磁場に垂直に置いた長さ 0.20 m の導線に、 3.0 A の電流を流した。

1. 導線が受ける力の大きさを求めよ。
2. 導線を磁場と平行に置き直すと、力はどうなるか。

5-4 2本の電流 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

平行な2本の長い導線が 0.40 m 離れており、どちらにも 5.0 A の電流が流れている。

1. 2本の電流が**同じ向き**のとき、中点の磁場の強さを求めよ。
2. **逆向き**のときはどうか。
3. 同じ向きのとき、2本の導線は引き合うか反発するか。

5-5 磁束 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

磁束密度 0.20 T の一様な磁場の中に、面積 0.050 m^2 のコイルを磁場に垂直に置いた。

1. このコイルを貫く磁束を求めよ。
2. コイルを 90° 回して磁場と平行にすると磁束はいくらか。

向きについて答えよ。

1. 紙面の裏から表へ向かう電流のまわりの磁場は、時計回りか反時計回りか。
2. 右向きの電流が、紙面の裏向きの磁場の中に置かれている。電流が受ける力の向きは。
3. フレミングの左手と右手は、それぞれ何に使うか。

ローレンツ力

記号の約束

q 電荷の大きさ [C] v 速さ [m/s] B 磁束密度 [T] f ローレンツ力 [N] r 円運動の半径 [m] T 周期 [s]
 m 質量 [kg] E 電場 [V/m]

この章で使う武器

- $f = qvB$ (速度と磁場の両方に垂直)。仕事をしないので速さは変わらない
- $m\frac{v^2}{r} = qvB$ より $r = \frac{mv}{qB}$ 、 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ (速さによらない)
- 速度選択器: $qE = qvB$ より $v = \frac{E}{B}$
- 磁場に平行に入射すれば力は 0 (直進)、斜めならせん

6-1 基本 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

電荷 1.6×10^{-19} C の粒子が、 2.0×10^6 m/s で磁束密度 0.50 T の磁場に垂直に入射した。

1. 粒子が受ける力の大きさを求めよ。
2. この力は粒子にどんな仕事をするか。

6-2 半径 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

電子 ($m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C) が 2.0×10^6 m/s で、磁束密度 0.020 T の磁場に垂直に入った。

1. 円運動の半径を求めよ。
2. 速さを 2 倍にすると半径は何倍になるか。

6-3 周期 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

磁束密度 0.010 T の磁場中で円運動する電子について答えよ。

1. 周期を求めよ。
2. 速さを 2 倍にすると周期は何倍になるか。理由も述べよ。

6-4 速度選択器 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

電場と磁場を直交させた領域に荷電粒子を通す。電場の強さは 2.0×10^3 V/m、磁束密度は 0.010 T である。

1. まっすぐ進む粒子の速さを求めよ。
2. この速さは粒子の電荷や質量によるか。

6-5 質量分析 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

電荷 q 、質量 m のイオンを、静止状態から電位差 V で加速し、磁束密度 B の磁場に垂直に入射させたところ、半径 r の円を描いた。

1. 加速後の速さ v を q 、 V 、 m で表せ。
2. m を q 、 B 、 r 、 V で表せ。

一様な磁場の中に荷電粒子を打ち込む。

1. 磁場に平行に打ち込んだとき、粒子はどう動くか。
2. 磁場に垂直に打ち込んだときはどうか。
3. 斜めに打ち込んだときはどうか。

電磁誘導

記号の約束

Φ 磁束 [Wb] ($\Phi = BS$) B 磁束密度 [T] S 面積 [m²] N 巻き数 V 誘導起電力 [V] v 导体棒の速さ [m/s]
 L 导体棒の長さ [m] または自己インダクタンス [H] R 抵抗 [Ω]

この章で使う武器

- $V = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ (大きさは $N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 、向きはレンツで別に判断)
- 导体棒: $V = vBL$ 、 $I = \frac{vBL}{R}$ 、棒が受ける力 $F = IBL$ (運動を妨げる向き)
- エネルギー: 外力の仕事 $Fv =$ ジュール熱 I^2R
- 自己誘導 $V = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ 、コイルのエネルギー $\frac{1}{2}LI^2$

7-1 导体棒 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

磁束密度 0.50 T の磁場に垂直なレール上を、長さ 0.40 m の导体棒が 5.0 m/s で動いている。

1. 生じる誘導起電力の大きさを求めよ。

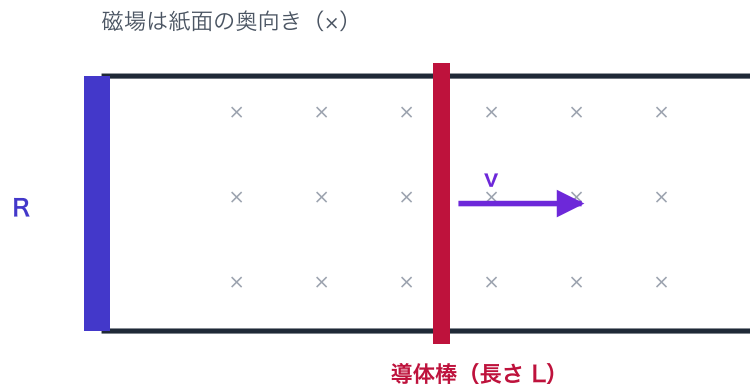
7-2 コイル ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

100 回巻きのコイルを貫く磁束が、0.20 秒の間に 0.030 Wb 変化した。

1. 誘導起電力の大きさを求めよ。

磁束密度 0.50 T 、長さ 0.40 m の導体棒が 5.0 m/s で動き、回路全体の抵抗は $2.0\ \Omega$ である。



1. 流れる電流を求めよ。
2. 導体棒が磁場から受ける力の大きさと向きを答えよ。
3. この電流によって発生するジュール熱の仕事率を求めよ。

7-4 エネルギー ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

前問の装置で、導体棒を 5.0 m/s の**等速**で動かし続けるとする。

1. 外力がしなければならない仕事率を求めよ。
2. それがジュール熱と一致することを確認めよ。
3. 棒の速さを 2 倍にすると、ジュール熱は何倍になるか。

7-5 レンツ ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

コイルに棒磁石のN極を近づけたり遠ざけたりする。

1. N極を近づけると、コイルの磁石側の面は何極になるか。
2. N極を遠ざけるときはどうか。
3. このとき磁石とコイルの間にはたらく力は引力か斥力か。

抵抗 R とコイル L を直列に電池につないだ回路について答えよ。

1. スイッチを入れた直後、回路を流れる電流はいくらか。
2. 十分に時間がたったあとの電流はいくらか。
3. 自己インダクタンス 0.50 H のコイルに 2.0 A が流れているとき、たくわえられているエネルギーを求めよ。

交流と電磁波

記号の約束

V_0, I_0 最大値 V_e, I_e 実効値 ω 角周波数 [rad/s] f 周波数 [Hz] L 自己インダクタンス [H] C 電気容量 [F]
 X リアクタンス [Ω] N_1, N_2 変圧器の巻き数

この章で使う武器

- 実効値 $= \frac{\text{最大値}}{\sqrt{2}}$ 。家庭用100 Vは実効値
- コイル $X_L = \omega L$ (電流が $\pi/2$ 遅れる)、コンデンサー $X_C = \frac{1}{\omega C}$ ($\pi/2$ 進む)
- 共振 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 、変圧器 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$ 、 $V_1 I_1 = V_2 I_2$
- 電磁波 $c = f\lambda$ 。波長の長い順に 電波・赤外線・可視光・紫外線・X線・ γ 線

8-1 実効値 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

最大値 141 V の交流電圧について答えよ ($\sqrt{2} = 1.41$)。

1. 実効値を求めよ。
2. この電圧を 10 Ω の抵抗にかけたときの消費電力を求めよ。

8-2 リアクタンス ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

50 Hz の交流について答えよ。

1. 0.20 H のコイルのリアクタンスを求めよ。
2. 100 μ F のコンデンサーのリアクタンスを求めよ。
3. 周波数を上げると、それぞれのリアクタンスはどうなるか。

8-3 共振 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

$L = 1.0 \times 10^{-3}$ H のコイルと $C = 1.0 \times 10^{-8}$ F のコンデンサーで共振回路をつくる。

1. 共振周波数を求めよ。
2. 共振とはどういう状態か、リアクタンスの言葉で説明せよ。

8-4 変圧器 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

1次側 1000 回、2次側 50 回の変圧器の1次側に、実効値 100 V の交流を加えた。

1. 2次側の電圧を求めよ。
2. 2次側に 2.0 A が流れているとき、1次側の電流を求めよ（損失は無視）。

8-5 送電 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

同じ電力を送電線で送るとき、電圧を 10 倍にして送ることを考える。送電線の抵抗は変わらないとする。

1. 送電線を流れる電流は何倍になるか。
2. 送電線で失われる電力は何倍になるか。
3. なぜ送電に交流が使われるのか。

電磁波について答えよ ($c = 3.0 \times 10^8$ m/s)。

1. 周波数 80 MHz のFM電波の波長を求めよ。
2. 電波・X線・可視光・赤外線を、波長の長い順に並べよ。
3. 電磁波は縦波か横波か。

解説編

式は書き写せる順に並べてある。

自分の答案と1行ずつ突き合わせて、どこで分かれたかを特定する。

第1章 静電気力と電場

1-1 式に入れるだけ

$$\begin{aligned}\blacksquare(1) \quad F &= k \frac{q_1 q_2}{r^2} \\ F &= 9.0 \times 10^9 \times \frac{2.0 \times 10^{-6} \times 3.0 \times 10^{-6}}{0.30^2} \\ &= 9.0 \times 10^9 \times \frac{6.0 \times 10^{-12}}{0.090} = 0.60 \text{ N}\end{aligned}$$

■(2) どちらも正なので斥力（反発する）。

答 (1) 0.60 N (2) 斥力

1-2 Eを出してから F = qE

$$\blacksquare(1) \quad E = k \frac{Q}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{4.0 \times 10^{-6}}{0.20^2} = 9.0 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$\blacksquare(2) \quad F = qE = 2.0 \times 10^{-8} \times 9.0 \times 10^5 = 1.8 \times 10^{-2} \text{ N}$$

向きは、置いた電荷が正なので電場と同じ向き（もとの電荷から遠ざかる向き）。

答 (1) $9.0 \times 10^5 \text{ N/C}$ (2) $1.8 \times 10^{-2} \text{ N}$

1-3 中点は同符号で0・異符号で2倍

中点までの距離はどちらからでも 0.20 m。片方がつくる電場は

$$E_1 = 9.0 \times 10^9 \times \frac{4.0 \times 10^{-6}}{0.20^2} = 9.0 \times 10^5 \text{ N/C}$$

■(1) 両方正だと、中点では互いに逆向き（それぞれ相手のほうを向く）

打ち消し合って 0

■(2) 正と負だと、どちらも正→負の向きで同じ向きになる

$$9.0 \times 10^5 \times 2 = 1.8 \times 10^6 \text{ N/C}$$

答 (1) 0 (2) $1.8 \times 10^6 \text{ N/C}$

1-4 比の式にして解く

■2つの間でなければ打ち消せない（外側では向きが同じになる）。 $+q$ から x の点とする

$$k \frac{q}{x^2} = k \frac{4q}{(d-x)^2}$$

$$(d-x)^2 = 4x^2 \rightarrow d-x = 2x \text{ (長さは正)}$$

$$x = \frac{d}{3}$$

小さいほうの電荷に近い側にできる、と覚えておくと検算になる。

答 $+q$ から $\frac{d}{3}$ の点

1-5 ベクトルを図で合成する

■他の2つからの力はそれぞれ大きさ $F_0 = k \frac{q^2}{a^2}$ で、 60° の角をなす（どちらも外向き）

■同じ大きさの2つのベクトルが 60° をなすときの合成

$$F = 2F_0 \cos 30^\circ = 2F_0 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}F_0$$

$$F = \sqrt{3} k \frac{q^2}{a^2}$$

■向きは対称性から、三角形の中心から外へ向かう向き（重心と頂点を結んだ延長）。

答 大きさ $\sqrt{3} k \frac{q^2}{a^2}$ 、向きは中心から外向き

1-6 性質を言葉で確認

■(1) 0。もし内部に電場があれば自由電子が動き続けてしまう。動かなくなった（静電気の）状態＝内部の電場が0。だから電荷はすべて表面に分布する。

■(2) 交わると、その点で電場の向きが2つあることになってしまうから。電場は各点で1つの向きしか持たない。

■(3) 電場の強さ。密なところほど強い。

答 (1) 0 (内部に電場があると電子が動き続けるから) (2) 電場の向きが1点で2つになってしまうから (3) 電場の強さ

第2章 電位

2-1 1乗に注意

■(1) $V = k \frac{Q}{r} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{3.0 \times 10^{-6}}{0.30} = 9.0 \times 10^4 \text{ V}$

■(2) $E = k \frac{Q}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{3.0 \times 10^{-6}}{0.090} = 3.0 \times 10^5 \text{ N/C}$

電位は r の1乗、電場は2乗で割る。 $V = Er$ の関係になっていることも確認できる。

答 (1) $9.0 \times 10^4 \text{ V}$ (2) $3.0 \times 10^5 \text{ N/C}$

2-2 符号つきで足すだけ

■(1) 電位はスカラーなので符号つきで足す

$$V = k \frac{Q}{a} + k \frac{-Q}{a} = 0$$

■(2) 0 ではない。電場はベクトルで、どちらも正→負の向きなので強め合う

$$E = 2k \frac{Q}{a^2} \text{ (この配置では最大になる)}$$

「電位が0」と「電場が0」はまったく別のこと。定番の引っ掛け。

答 (1) 0 (2) 0ではない ($2kQ/a^2$)

2-3 $W = q\Delta V$

■(1) $W = q(V_A - V_B) = 2.0 \times 10^{-6} \times (200 - 50) = 3.0 \times 10^{-4} \text{ J}$

正の値なので、静電気力が手助けした（電荷は自然に落ちる向きに動いた）。

■(2) ゆっくり（運動エネルギーの変化なし）なので、外力の仕事は静電気力の仕事の符号を変えたもの

$$-3.0 \times 10^{-4} \text{ J}$$

答 (1) $3.0 \times 10^{-4} \text{ J}$ (2) $-3.0 \times 10^{-4} \text{ J}$

2-4 $\frac{1}{2}mv^2 = qV$

■(1) $K = eV = 1.6 \times 10^{-19} \times 500 = 8.0 \times 10^{-17} \text{ J}$

■(2) $\frac{1}{2}mv^2 = K$ より

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 8.0 \times 10^{-17}}{9.1 \times 10^{-31}}} = \sqrt{1.76 \times 10^{14}} = 1.3 \times 10^7 \text{ m/s}$$

光速の約 4 % ほど。

答 (1) $8.0 \times 10^{-17} \text{ J}$ (2) 約 $1.3 \times 10^7 \text{ m/s}$

2-5 水平投射と同じ形にする

■(1) $E = \frac{V}{d} = \frac{100}{0.020} = 5.0 \times 10^3 \text{ V/m}$

■(2) $ma = eE$ より

$$a = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 5.0 \times 10^3}{9.1 \times 10^{-31}} = 8.8 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$$

■(3) 水平投射とまったく同じ構造。極板方向は等速、垂直方向は等加速度

$$\text{通過時間 } t = \frac{0.050}{2.0 \times 10^7} = 2.5 \times 10^{-9} \text{ s}$$

$$y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 8.8 \times 10^{14} \times (2.5 \times 10^{-9})^2 = 2.8 \times 10^{-3} \text{ m}$$

答 (1) $5.0 \times 10^3 \text{ V/m}$ (2) 約 $8.8 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$ (3) 約 $2.8 \times 10^{-3} \text{ m}$ (2.8 mm)

2-6 性質の確認

■(1) 垂直に交わる。

■(2) 0。 $W = q(V_A - V_B)$ で $V_A = V_B$ だから。

■(3) 導体内部の電場が0で、内部のどの2点間にも電位差がないから。表面に電位差があると電流が流れてしまう。

答 (1) 垂直 (2) 0 (3) 導体内部に電場がなく、電位差が生じないから

第3章 コンデンサー**3-1** $Q = CV$ と U

■(1) $Q = CV = 4.0 \times 10^{-6} \times 50 = 2.0 \times 10^{-4} \text{ C}$ (200 μC)

■(2) $U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 4.0 \times 10^{-6} \times 50^2 = 5.0 \times 10^{-3} \text{ J}$

答 (1) $2.0 \times 10^{-4} \text{ C}$ (2) $5.0 \times 10^{-3} \text{ J}$

3-2 抵抗と逆であることの確認

■(1) 並列は単純な和

$$C = 2.0 + 3.0 = 5.0 \text{ } \mu\text{F}$$

■(2) 直列は逆数の和

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{2.0} + \frac{1}{3.0} = \frac{5}{6} \rightarrow C = 1.2 \text{ } \mu\text{F}$$

直列にするとどちらよりも小さくなる（検算に使える）。

答 (1) $5.0 \text{ } \mu\text{F}$ (2) $1.2 \text{ } \mu\text{F}$

3-3 電荷が共通・電圧は逆比

■(1) 合成容量は $1.2 \text{ } \mu\text{F}$ 。直列ではどちらの電荷も等しく、全体の電荷に等しい

$$Q = 1.2 \times 10^{-6} \times 100 = 1.2 \times 10^{-4} \text{ C (120 } \mu\text{C、両方とも)}$$

■(2) $V = \frac{Q}{C}$ をそれぞれに使う

$$V_1 = \frac{1.2 \times 10^{-4}}{2.0 \times 10^{-6}} = 60 \text{ V} \quad V_2 = \frac{1.2 \times 10^{-4}}{3.0 \times 10^{-6}} = 40 \text{ V}$$

和が 100 V になることを確認。容量の小さいほうに大きい電圧がかかる。

答 (1) どちらも $1.2 \times 10^{-4} \text{ C}$ (2) 60 V と 40 V

3-4 Q 一定で追いかける

切り離してあるので電荷 $Q = CV$ は変わらない。

$$\text{■(1) } C' = \epsilon \frac{S}{2d} = \frac{C}{2}$$

$$\text{■(2) } V' = \frac{Q}{C'} = \frac{CV}{C/2} = 2V$$

$$\text{■(3) } E' = \frac{V'}{2d} = \frac{2V}{2d} = \frac{V}{d} = E \rightarrow \text{1倍 (変わらない)}$$

($E = \frac{Q}{\epsilon S}$ と書けば、 d を含まないことがすぐわかる)

$$\text{■(4) } U = \frac{Q^2}{2C} \text{ で } C \text{ が半分になるので 2倍。}$$

増えたぶんは、引き合う極板を引き離すために外力がした仕事。エネルギーは無から生まれていない。

答 (1) $C/2$ (2) $2V$ (3) 1倍 (変わらない) (4) 2倍 (極板を引き離す仕事のぶん)

3-5 スイッチ閉なら V 一定

電池につないだままなので電圧 V は変わらない。

■(1) $C = \varepsilon \frac{S}{d}$ の ε が 3.0 倍 $\rightarrow$ 3.0 倍

■(2) $E = \frac{V}{d}$ 。 V も d も変わらないので 1 倍 (変わらない)

■(3) $Q = CV$ で C が 3.0 倍 $\rightarrow$ 3.0 倍 (電池から電荷が流れ込む)

答 (1) 3.0 倍 (2) 1 倍 (変わらない) (3) 3.0 倍

3-6 3つの式を使い分ける

■(1) $Q = 2.0 \times 10^{-6} \times 100 = 2.0 \times 10^{-4} \text{ C}$

$$U = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} \times 2.0 \times 10^{-4} \times 100 = 1.0 \times 10^{-2} \text{ J}$$

■(2) 電荷は保存し、容量は 2 倍になる

$$V' = \frac{Q}{C'} = \frac{2.0 \times 10^{-4}}{4.0 \times 10^{-6}} = 50 \text{ V}$$

(このときエネルギーは $\frac{1}{2} \times 2.0 \times 10^{-4} \times 50 = 5.0 \times 10^{-3} \text{ J}$ に半減する。差は導線の発熱などで失われる —— 有名な結果。)

答 (1) $2.0 \times 10^{-4} \text{ C}$ 、 $1.0 \times 10^{-2} \text{ J}$ (2) 50 V

第4章 直流回路

4-1 直列と並列

■(1) $R = 6.0 + 3.0 = 9.0 \text{ } \Omega$

■(2) $\frac{1}{R} = \frac{1}{6.0} + \frac{1}{3.0} = \frac{3}{6.0} \rightarrow R = 2.0 \text{ } \Omega$

並列はどちらよりも小さい。3.0 Ω より小さくなっているか毎回確認する。

答 (1) 9.0 Ω (2) 2.0 Ω

4-2 全体の電流 $\rightarrow$ 各部の電圧

■(1) $I = \frac{12}{2.0 + 4.0} = 2.0 \text{ A}$

■(2) $V_1 = 2.0 \times 2.0 = 4.0 \text{ V}$ 、 $V_2 = 4.0 \times 2.0 = 8.0 \text{ V}$ (和が 12 V)

■(3) $P = I^2 R$

$$P_1 = 2.0^2 \times 2.0 = 8.0 \text{ W}, P_2 = 2.0^2 \times 4.0 = 16 \text{ W}$$

直列では大きい抵抗ほど発熱する。

答 (1) 2.0 A (2) 4.0 V と 8.0 V (3) 8.0 W と 16 W

4-3 並列部をまとめてから戻る

■(1) まず並列部分

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{6.0} + \frac{1}{3.0} = \frac{1}{2.0} \rightarrow R_{23} = 2.0 \, \Omega$$

全体は直列なので $R = 2.0 + 2.0 = 4.0 \, \Omega$

■(2) $I = \frac{12}{4.0} = 3.0 \, \text{A}$

■(3) 並列部分にかかる電圧は $3.0 \times 2.0 = 6.0 \, \text{V}$

$$I_2 = \frac{6.0}{6.0} = 1.0 \, \text{A}, \quad I_3 = \frac{6.0}{3.0} = 2.0 \, \text{A}$$

和が $3.0 \, \text{A}$ になることを確認（キルヒホッフ第1法則）。

答 (1) $4.0 \, \Omega$ (2) $3.0 \, \text{A}$ (3) $R_2 : 1.0 \, \text{A}$ 、 $R_3 : 2.0 \, \text{A}$

4-4 $P = V^2/R$

■(1) $P = \frac{V^2}{R}$ より $R = \frac{V^2}{P} = \frac{100^2}{40} = 250 \, \Omega$

■(2) $I = \frac{P}{V} = \frac{40}{100} = 0.40 \, \text{A}$

（実際の電球は温度で抵抗が変わるので、これは点灯時の値。）

答 (1) $250 \, \Omega$ (2) $0.40 \, \text{A}$

4-5 端子電圧 = $E - rI$

■(1) $I = \frac{E}{r + R} = \frac{1.5}{0.50 + 2.5} = 0.50 \, \text{A}$

■(2) $V = E - rI = 1.5 - 0.50 \times 0.50 = 1.25 \, \text{V}$

（外部抵抗の電圧 $2.5 \times 0.50 = 1.25 \, \text{V}$ と一致する）

■(3) $P = I^2 r = 0.50^2 \times 0.50 = 0.125 \, \text{W}$

答 (1) $0.50 \, \text{A}$ (2) $1.25 \, \text{V}$ (3) $0.13 \, \text{W}$

4-6 表と直線の交点を探す

■(1) 電球と抵抗は直列なので、同じ電流が流れる。抵抗にかかる電圧は $6.0 - V$

$$I = \frac{6.0 - V}{10}$$

■(2) この式に表の V を入れて、表の I と一致するものを探す

$V = 1.0 : I = 0.50$ (表は 0.30) … 合わない

$V = 2.0 : I = 0.40$ (表は 0.40) … 一致

$V = 3.0 : I = 0.30$ (表は 0.45) … 合わない

よって $V = 2.0 \text{ V}$ 、 $I = 0.40 \text{ A}$

電球はオームの法則に従わないので、グラフ(表)と直線の交点を読むしかない。

答 (1) $I = \frac{6.0 - V}{10}$ (2) 2.0 V、0.40 A

第5章 電流と磁場

5-1 $2\pi r$

■(1) $H = \frac{I}{2\pi r} = \frac{4.0}{2\pi \times 0.20} = 3.2 \text{ A/m}$

■(2) $H \propto \frac{1}{r}$ なので $\frac{1}{2}$ 倍 (クーロンの法則の $1/r^2$ と混同しない)。

答 (1) 約 3.2 A/m (2) 1/2 倍

5-2 式を選び分ける

■(1) $H = \frac{I}{2r} = \frac{2.0}{2 \times 0.10} = 10 \text{ A/m}$ (π は付かない)

■(2) 1 m あたりの巻き数は $n = \frac{500}{0.50} = 1000 \text{ /m}$

$$H = nI = 1000 \times 2.0 = 2.0 \times 10^3 \text{ A/m}$$

全巻数 500 をそのまま入れないのが要点。

答 (1) 10 A/m (2) $2.0 \times 10^3 \text{ A/m}$

5-3 $F = IBL$

■(1) $F = IBL = 3.0 \times 0.50 \times 0.20 = 0.30 \text{ N}$

■(2) $F = IBL \sin \theta$ で $\theta = 0$ なので 0。

答 (1) 0.30 N (2) 0 になる

5-4 中点で足すか消えるか

中点までの距離は 0.20 m。片方がつくる磁場は

$$H_1 = \frac{5.0}{2\pi \times 0.20} = 4.0 \text{ A/m}$$

■(1) 同じ向きの電流では、中点で磁場が逆向きになり打ち消し合う → 0

■(2) 逆向きの電流では中点で同じ向きになり強め合う → $4.0 \times 2 = 8.0 \text{ A/m}$

■(3) 引き合う（電流は同じ向きどうして引き合う。磁石と逆なので注意）。

答 (1) 0 (2) 約 8.0 A/m (3) 引き合う

5-5 $\Phi = BS$

■(1) $\Phi = BS = 0.20 \times 0.050 = 1.0 \times 10^{-2} \text{ Wb}$

■(2) 面を磁力線が貫かなくなるので 0。

（一般には $\Phi = BS \cos \theta$ 。 θ は面の法線と磁場のなす角。）

答 (1) $1.0 \times 10^{-2} \text{ Wb}$ (2) 0

5-6 右ねじと左手

■(1) 右ねじの法則。親指を手前（表）に向けると指は反時計回りに巻く。

■(2) 左手：中指＝電流（右）、人差し指＝磁場（裏向き）→ 親指は上向き。

■(3) 左手＝電流が磁場から受ける力、右手＝誘導起電力（発電）。「電流を流して力を得る（モーター）＝左」「動かして電氣を得る（発電機）＝右」と覚える。

答 (1) 反時計回り (2) 上向き (3) 左手＝力、右手＝誘導起電力

第6章 ローレンツ力

6-1 $f = qvB$

■(1) $f = qvB = 1.6 \times 10^{-19} \times 2.0 \times 10^6 \times 0.50 = 1.6 \times 10^{-13} \text{ N}$

■(2) 力は速度とつねに垂直なので仕事は 0。

だから運動エネルギーも速さも変わらず、等速円運動になる。

答 (1) $1.6 \times 10^{-13} \text{ N}$ (2) 仕事は0（速さは変わらない）

6-2 $r = mv/(qB)$

$$\begin{aligned} \blacksquare(1) \quad r &= \frac{mv}{qB} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 2.0 \times 10^6}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.020} \\ &= \frac{1.82 \times 10^{-24}}{3.2 \times 10^{-21}} = 5.7 \times 10^{-4} \text{ m} \end{aligned}$$

■(2) $r \propto v$ なので 2倍。

答 (1) 約 $5.7 \times 10^{-4} \text{ m}$ (2) 2倍

6-3 速さによらない

$$\blacksquare(1) \quad T = \frac{2\pi m}{qB} = \frac{2\pi \times 9.1 \times 10^{-31}}{1.6 \times 10^{-19} \times 0.010} = 3.6 \times 10^{-9} \text{ s}$$

■(2) 1倍 (変わらない)。式に v が入っていない。

速くなると半径も比例して大きくなるので、1周の道のりも同じだけ伸びて、時間は変わらない。サイクロトロンはこの性質を使って、一定の周波数で加速し続けられる。

答 (1) 約 $3.6 \times 10^{-9} \text{ s}$ (2) 変わらない (半径も比例して大きくなるから)

6-4 力のつり合い

■(1) 電場から受ける力 qE と、磁場から受ける力 qvB がつり合う

$$qE = qvB \rightarrow v = \frac{E}{B} = \frac{2.0 \times 10^3}{0.010} = 2.0 \times 10^5 \text{ m/s}$$

■(2) 両辺の q が消えるので、電荷にも質量にもよらない。だから「特定の速さの粒子だけを選び出す装置」として使える。

答 (1) $2.0 \times 10^5 \text{ m/s}$ (2) よらない

6-5 加速 → 円運動をつなぐ

■(1) エネルギー保存

$$\frac{1}{2}mv^2 = qV \rightarrow v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

■(2) 円運動の半径の式 $r = \frac{mv}{qB}$ に代入する

$$r = \frac{m}{qB} \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mV}{q}}$$

両辺を2乗して m について解く

$$m = \frac{qB^2r^2}{2V}$$

半径を測れば質量がわかる —— これが質量分析器のしくみ。

答 (1) $v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$ (2) $m = \frac{qB^2r^2}{2V}$

6-6 平行なら力は0

■(1) $f = qvB \sin \theta$ で $\theta = 0$ なので力は 0。等速直線運動のまま進む。

■(2) つねに垂直な力を受けるので等速円運動。

■(3) 速度を「磁場に平行な成分」と「垂直な成分」に分けると、平行成分は等速のまま、垂直成分は円運動 → 合わさってらせん運動になる。

答 (1) 等速直線運動 (2) 等速円運動 (3) らせん運動

第7章 電磁誘導

7-1 $V = vBL$

■ $V = vBL = 5.0 \times 0.50 \times 0.40 = 1.0 \text{ V}$

($\Delta\Phi/\Delta t$ から出してもよい： Δt の間に面積が $Lv\Delta t$ 増えるので $\Delta\Phi = BLv\Delta t$ 、割れば BLv 。)

答 1.0 V

7-2 N を忘れない

■ $V = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 100 \times \frac{0.030}{0.20} = 15 \text{ V}$

巻き数を掛け忘れるのが最頻出のミス。

答 15 V

7-3 起電力 → 電流 → 力

■(1) 起電力は 1.0 V なので

$$I = \frac{1.0}{2.0} = 0.50 \text{ A}$$

■(2) $F = IBL = 0.50 \times 0.50 \times 0.40 = 0.10 \text{ N}$

向きは棒の運動を妨げる向き（進行方向と逆）。レンツの法則の力学版。

■(3) $P = I^2 R = 0.50^2 \times 2.0 = 0.50 \text{ W}$

答 (1) 0.50 A (2) 0.10 N、運動を妨げる向き (3) 0.50 W

7-4 仕事＝熱を確かめる

■(1) 等速なので、外力は磁場から受ける力とつり合う ($F = 0.10 \text{ N}$)

$$P_{\text{外}} = Fv = 0.10 \times 5.0 = 0.50 \text{ W}$$

■(2) ジュール熱も 0.50 W 。完全に一致する。

外力がした仕事は、そのまま電気を經由して熱になっている —— 発電のしくみそのもの。

■(3) v が2倍 → 起電力2倍 → 電流2倍 → $P = I^2 R$ は 4倍。

答 (1) 0.50 W (2) ジュール熱 0.50 W と一致 (3) 4倍

7-5 向きは天邪鬼

■(1) 近づくとも磁束が増える → 増加を妨げるように、磁石を押し返す向きの磁場をつくる

磁石側の面は N極 (N極どうしで反発)。

■(2) 遠ざかると磁束が減る → 減少を妨げるように引き止める

磁石側の面は S極 (N極と引き合う)。

■(3) (1)は斥力、(2)は引力。どちらも相手の運動を邪魔する向き。

逆だとエネルギーが無限に生まれてしまう (動かすほど加速する) ので、必ずこうなる。

答 (1) N極 (2) S極 (3) 近づけると斥力、遠ざけると引力

7-6 コイルは変化を嫌う

■(1) コイルは電流の変化を妨げるので、直後は電流が流れられない → 0

■(2) 電流が一定になれば $\Delta I / \Delta t = 0$ で誘導起電力も0。コイルはただの導線

$$I = \frac{E}{R}$$

■(3) $U = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \times 0.50 \times 2.0^2 = 1.0 \text{ J}$

(コンデンサーとちょうど逆：コンデンサーは直後に大きな電流が流れ、最後は0になる。)

答 (1) 0 (2) $I = E/R$ (3) 1.0 J

第8章 交流と電磁波

8-1 $\sqrt{2}$ で割る

$$\blacksquare(1) V_e = \frac{141}{1.41} = 100 \text{ V}$$

■(2) 電力は実効値で直流と同じように計算できる

$$P = \frac{V_e^2}{R} = \frac{100^2}{10} = 1.0 \times 10^3 \text{ W}$$

(そう決めたからこそ実効値が便利。最大値で計算すると2倍になってしまう。)

答 (1) 100 V (2) $1.0 \times 10^3 \text{ W}$

8-2 周波数依存が逆

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 314 \text{ rad/s}$$

$$\blacksquare(1) X_L = \omega L = 314 \times 0.20 = 63 \text{ } \Omega$$

$$\blacksquare(2) X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \times 100 \times 10^{-6}} = 32 \text{ } \Omega$$

■(3) コイルは大きくなる (高周波を通しにくい)、コンデンサーは小さくなる (高周波を通しやすい)。

答 (1) 約 63 Ω (2) 約 32 Ω (3) コイルは増加、コンデンサーは減少

8-3 $X_L = X_C$

$$\blacksquare(1) f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\sqrt{LC} = \sqrt{1.0 \times 10^{-3} \times 1.0 \times 10^{-8}} = \sqrt{1.0 \times 10^{-11}} = 3.16 \times 10^{-6}$$

$$f = \frac{1}{2\pi \times 3.16 \times 10^{-6}} = 5.0 \times 10^4 \text{ Hz}$$

■(2) $X_L = X_C$ となり、互いに打ち消し合って回路全体のインピーダンスが最小になる状態。そのため、その周波数の電流だけが大きく流れる (ラジオの選局)。

答 (1) 約 $5.0 \times 10^4 \text{ Hz}$ (2) $X_L = X_C$ となり電流が最大になる状態

8-4 巻き数の比

$$\blacksquare(1) \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \text{ より}$$

$$V_2 = 100 \times \frac{50}{1000} = 5.0 \text{ V}$$

■(2) 電力は保存する ($V_1 I_1 = V_2 I_2$)

$$I_1 = \frac{5.0 \times 2.0}{100} = 0.10 \text{ A}$$

電圧を下げれば電流は増える。エネルギーが増えるわけではない。

答 (1) 5.0 V (2) 0.10 A

8-5 損失は I^2R

■(1) 同じ電力 $P = VI$ を送るので、 V が10倍なら I は $\frac{1}{10}$ 倍

■(2) 損失は I^2R なので $\frac{1}{100}$ 倍

■(3) 変圧器で簡単に電圧を上げ下げできるから。変圧器は磁束の変化を利用するので、直流では使えない。

答 (1) 1/10 倍 (2) 1/100 倍 (3) 変圧器で電圧を変えられるから (直流では変圧できない)

8-6 $c = f\lambda$

■(1) $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.0 \times 10^8}{80 \times 10^6} = 3.75 \text{ m}$

■(2) 電波 → 赤外線 → 可視光 → X線 (波長が短いほど振動数が大きく、エネルギーも大きい)

■(3) 横波。電場と磁場が互いに垂直で、どちらも進行方向に垂直に振動する。

答 (1) 約 3.8 m (2) 電波 → 赤外線 → 可視光 → X線 (3) 横波