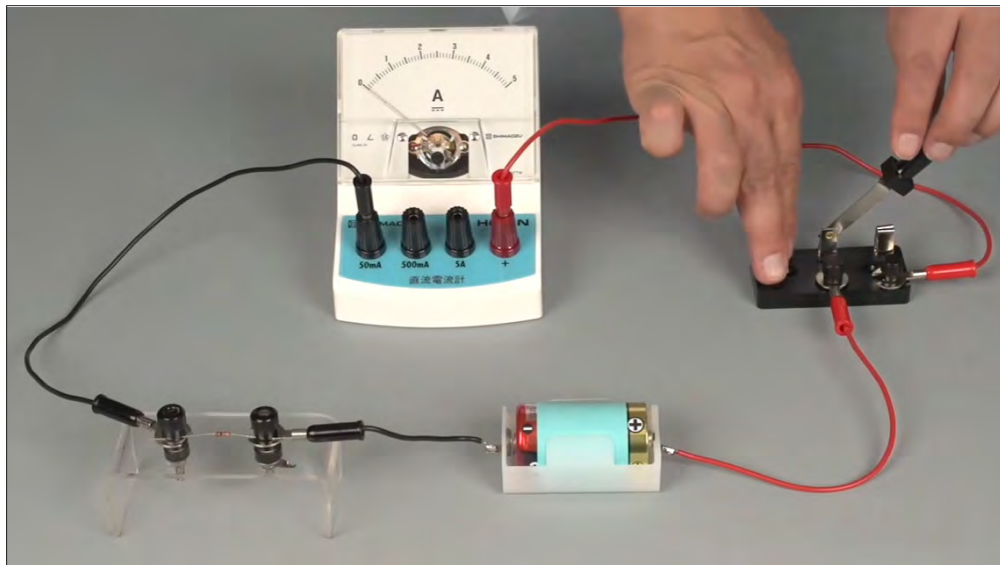


別紙 7-9



別紙 7-10



別紙 7-11

$R [\Omega]$ の抵抗に電圧 $V [V]$ を加えて、電流 $I [A]$ を $t [s]$ 間流すときのジュール熱 $Q [J]$ は

$$Q = IVt = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t$$

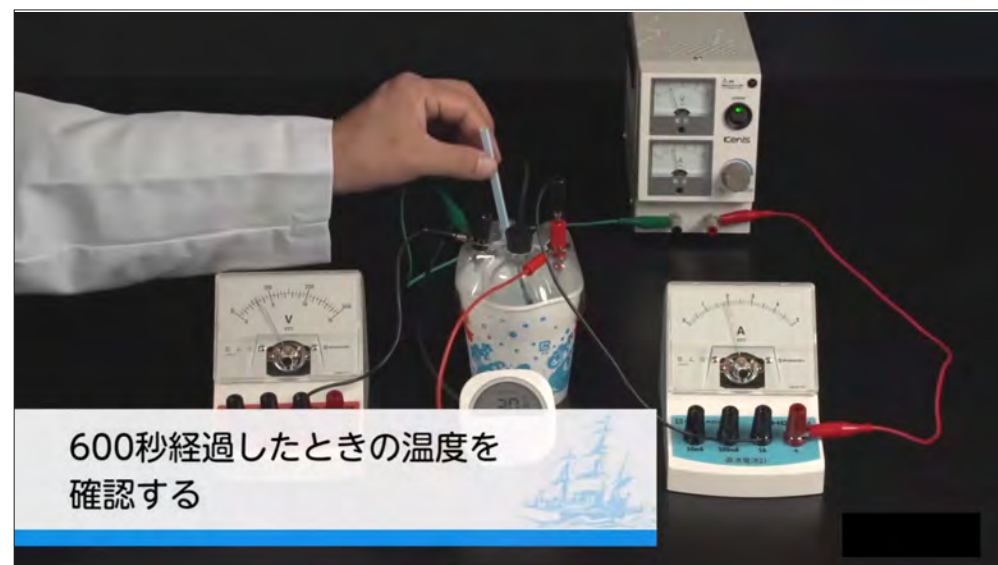
$V = IR$ を代入
 $I = \frac{V}{R}$ を代入

時間 t で熱量 Q が発生

ポイント

オームの法則 $V = RI$ を用いて式を変形することができる

別紙 7-12

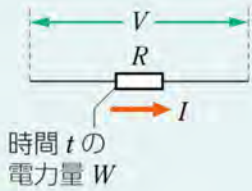


$R [\Omega]$ の抵抗に電圧 $V [V]$ を加えて、電流 $I [A]$ を $t [s]$ 間流すときに電流がする仕事 (電力量) $W [J]$ は

$$W = IVt = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t$$

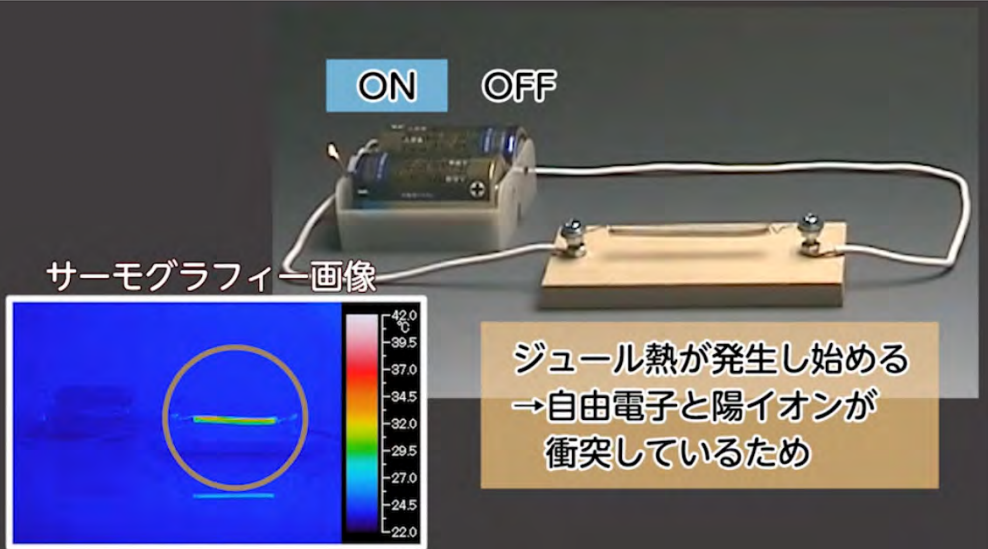
← ポイント

抵抗で発生するジュール熱に等しい



ON OFF

サーモグラフィ画像



ジュール熱が発生し始める
→自由電子と陽イオンが衝突しているため

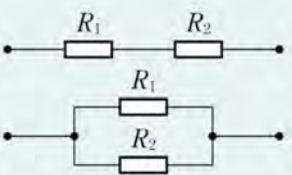
$R_1 [\Omega]$ の抵抗と $R_2 [\Omega]$ の抵抗を接続するときの合成抵抗 $R [\Omega]$ は

①直列接続 $R = R_1 + R_2$

②並列接続 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

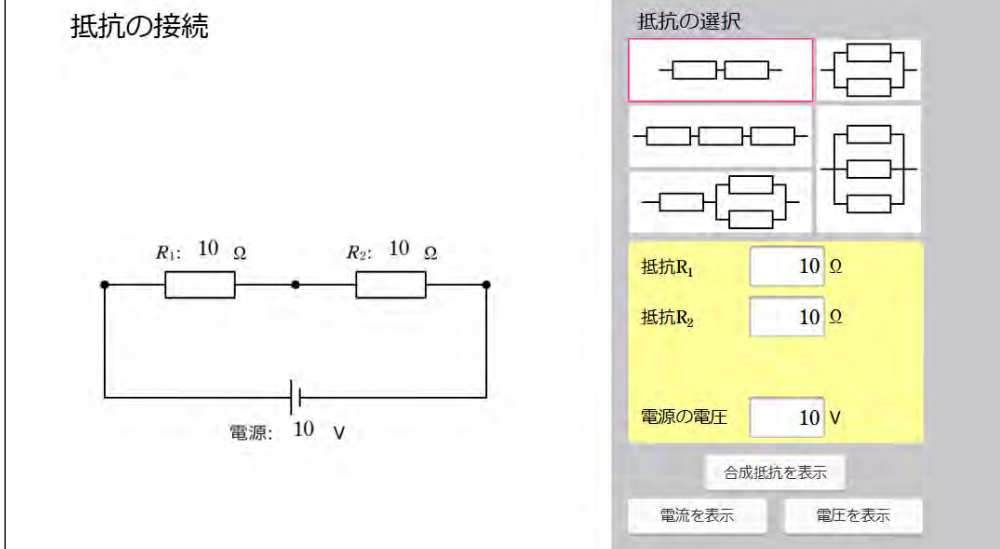
← ポイント

合成抵抗は、直列接続では大きくなり、並列接続では小さくなる



抵抗の接続

抵抗の選択



電源: 10 v

抵抗 R_1 10 Ω

抵抗 R_2 10 Ω

電源の電圧 10 v

合成抵抗を表示

電流を表示 電圧を表示

1/10 2 抵抗・電流・電圧

①と同じ回路を示すものはどれ？

① bとc
② bとd
③ cとd
④ bとcとd

解答

キルヒホッフの法則

キルヒホッフの法則Ⅰ
回路中の交点について
流れこむ電流の和 = 流れ出る電流の和

キルヒホッフの法則Ⅱ
回路中の一回りの閉じた経路について
起電力の和 = 電圧降下の和

キルヒホッフの法則

キルヒホッフの法則Ⅱ
回路中の一回りの閉じた経路について
起電力の和 = 電圧降下の和

＜例＞ 上図の回路について

経路①に適用すると $E_1 + E_2 = R_1 I_1 + R_3 I_3$

経路②に適用すると $E_3 = R_2 I_2 + R_3 I_3$

経路③に適用すると $E_1 + E_2 - E_3 = R_1 I_1 - R_2 I_2$

もどる キルヒホッフの法則Ⅰ

起電力 2.0V の電池 A, 起電力 7.0V の電池 B と抵抗値が 1.0Ω, 2.0Ω, 3.0Ω の抵抗がある。これらを図のように接続する。1.0Ω の抵抗に流れる電流の大きさ と向きを求めよ。

指針 キルヒホッフの法則Ⅰ, Ⅱを適用する。

別紙 7-21

もどる キルヒホッフの法則 数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

起電力 2.0V の電池 A, 起電力 7.0V の電池 B と抵抗値が $1.0\Omega, 2.0\Omega, 3.0\Omega$ の抵抗がある。これらを図のように接続する。 1.0Ω の抵抗に流れる電流の大きさと向きを求めよ。

別紙 7-22

すべり抵抗器の抵抗値を少しずつ小さくし、電圧 V と電流 I を読み取っていく

別紙 7-23

別紙 7-24

図のグラフは、ある豆電球の電流-電圧特性を示したものである。この豆電球を(1), (2)のように接続するとき、豆電球に流れる電流はそれぞれ何 A か。

(1)

(2)

指針 豆電球に加わる電圧と流れる電流の関係がどのような式で表されるかを考える。

別紙 7-25

図のように、電池、電荷のないコンデンサー、抵抗、スイッチSを接続する。次の場合、 4.0Ω の抵抗を流れる電流の大きさは何Aか。

- (1) スイッチSをa側に入れた直後
- (2) (1)の後、十分に時間が経過したとき
- (3) (2)の後、スイッチSをb側に切りかえた直後

指針 コンデンサーの充電・放電をするときの電流の変化をふまえて考える。

別紙 7-26

図のように、電池、電荷のないコンデンサー、抵抗、スイッチSを接続する。次の場合、 4.0Ω の抵抗を流れる電流の大きさは何Aか。

- (1) スイッチSをa側に入れた直後
- (2) (1)の後、十分に時間が経過したとき
- (3) (2)の後、スイッチSをb側に切りかえた直後

別紙 7-27

半導体ダイオードの性質

別紙 7-28

オームの法則
 導体に流れる電流の大きさ I [A],
 導体に加わる電圧 V [V], 導体の抵抗
 R [Ω] の関係は
 $V =$

付せんをはずす 付せんをつける

できた
 できなかった

1/10
 電流 (4編2章)

別紙 8-1

電流がつくる磁場

電流 5.0 A

電流 I

磁場 H

r

最初に戻る

別紙 8-2

電流がつくる磁場

電流 5.0 A

電流 I

磁場 H

r

電流 I

最初に戻る

別紙 8-3

電流がつくる磁場

電流 5.0 A

電流 I

磁場 H

最初に戻る

別紙 8-4

電流がつくる磁場

① 直線電流の周囲の磁場: $H = \frac{I}{2\pi r}$

H [A/m] 磁場の強さ I [A] 電流 r [m] 電流からの距離

② 円形電流の中心の磁場: $H = \frac{I}{2r}$

H [A/m] 磁場の強さ I [A] 電流 r [m] 円形電流の半径

③ ソレノイドの内部の磁場: $H = nI$

H [A/m] 磁場の強さ I [A] 電流
 n [1/m] 単位長さ当たりの巻数

別紙 8-5

3 電流のつくる磁場の向き 1/10

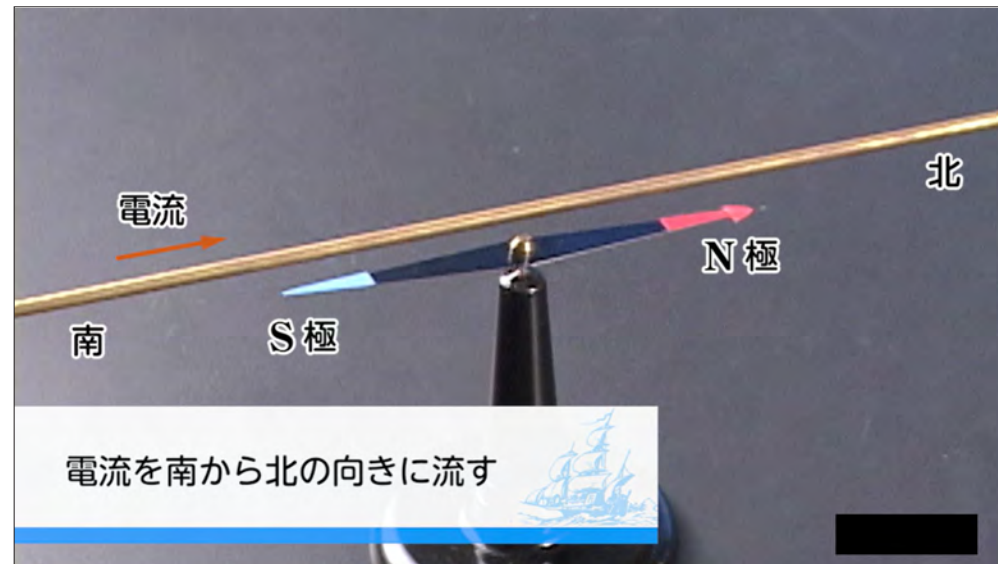
直線電流が鉛直方向
下から上に流れてい
る。上から見た方位
磁針はどの向きを
さしている？

黒: N極
白: S極

① ② ③ ④

解答

別紙 8-6

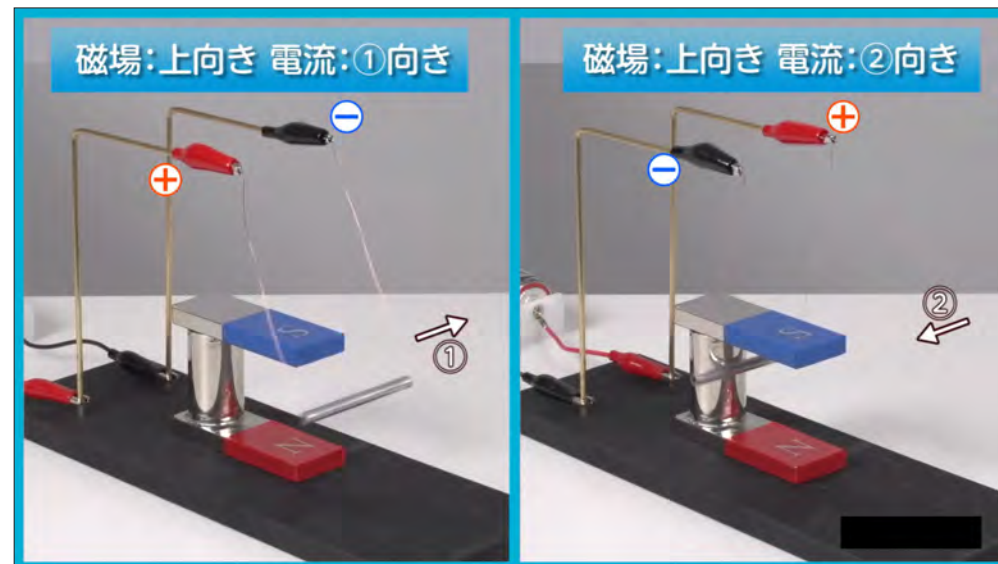


別紙 8-7

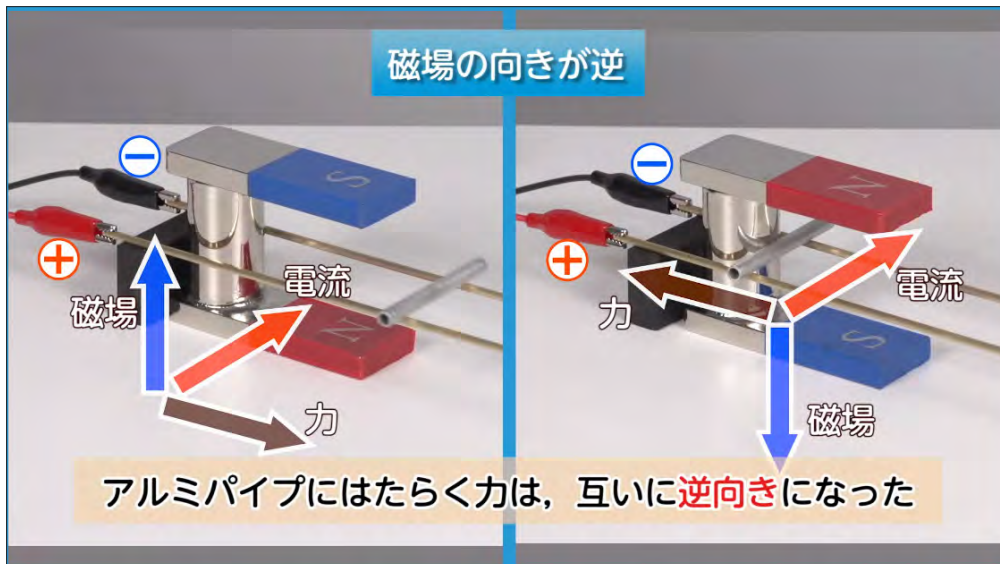
十分に長い2本の導線 A, B を $2d$ [m] だけ離して平行に張る。図のように, A, B ともに紙面の裏から表の向きに I [A] の電流を流した。点 P での磁場の強さ H [A/m] を求めよ。円周率を π とする。

指針 A, B を流れる電流が点 P につくる磁場のベクトルをそれぞれ考えて, それらを合成する。

別紙 8-8



別紙 8-9



別紙 8-10

電流が磁場から受ける力

$$F = IBl \sin \theta$$

$$F = IBl \quad (\theta = 90^\circ \text{ のとき})$$

F [N]	力 (force) の大きさ	B [T]	磁束密度の大きさ
I [A]	電流	l [m]	導線の長さ (length)
θ	磁場と電流がなす角		

別紙 8-11

図のように、磁束密度が右向きに $2.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ の一様な磁場内に、磁場と 30° の角をなす向きに長さ 0.10 m の導体棒 PQ を置く。P → Q の向きに 3.0 A の電流を流すとき、導体棒 PQ が受ける力の向きと大きさ F [N] を求めよ。

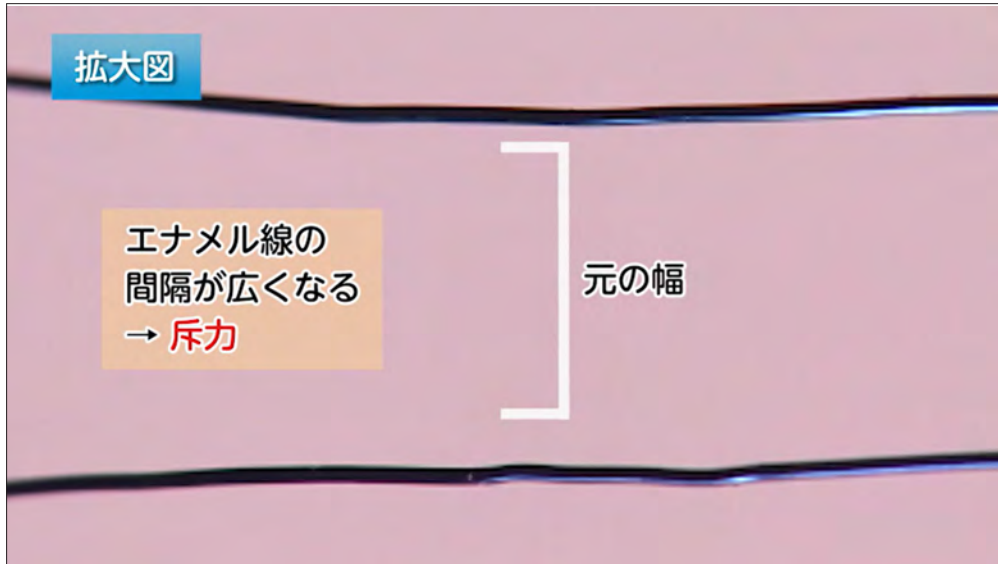
指針 力の大きさは $[F = IBl \sin \theta]$ より求める。 θ は電流と磁場がなす角である。

別紙 8-12

もどる 電流が磁場から受ける力 数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

図のように、磁束密度が右向きに $2.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ の一様な磁場内に、磁場と 30° の角をなす向きに長さ 0.10 m の導体棒 PQ を置く。P → Q の向きに 3.0 A の電流を流すとき、導体棒 PQ が受ける力の向きと大きさ F [N] を求めよ。

別紙 8-13



別紙 8-14

ローレンツ力

$f = qvB$

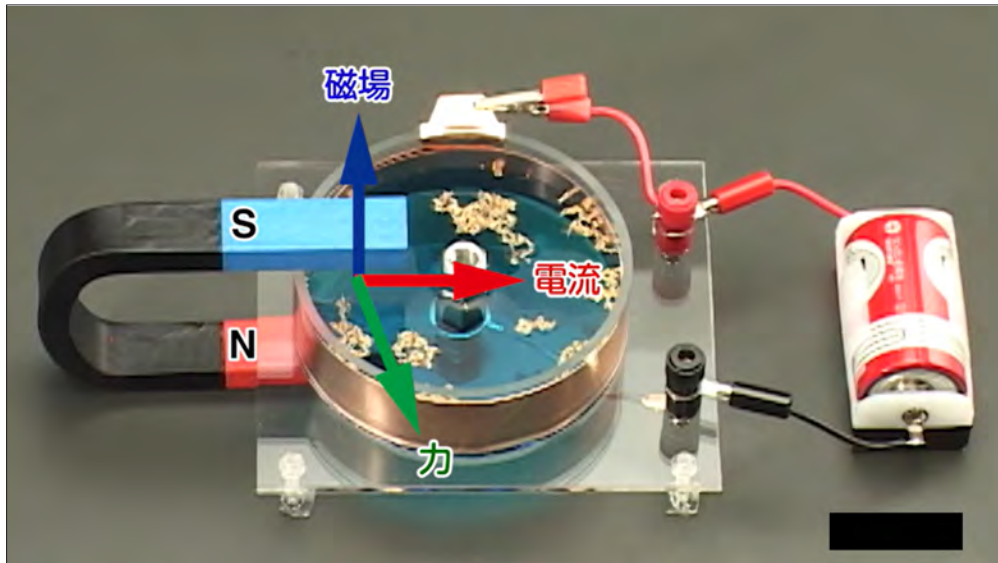
f [N] 力 (force) の大きさ

q [C] 電気量の大きさ

v [m/s] 速さ

B [T] 磁束密度の大きさ

別紙 8-15



別紙 8-16

一様な磁場中の荷電粒子の運動

磁場に垂直な面内の等速円運動

向心力 (ローレンツ力)

$$f = qvB \sin\theta$$
 [N]

半径 $r = \frac{mv \sin\theta}{qB}$ [m]

周期 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ [s]

磁場に平行な方向の等速直線運動

速度 $v \cos\theta$ [m/s]

周期 T [s] の間に進む距離 L

$$L = \frac{2\pi m v \cos\theta}{qB}$$
 [m]

戻る 最初に戻る

別紙 8-17



別紙 8-18

一様な磁場中の荷電粒子の運動

磁場に垂直な面内の
等速円運動

向心力(ローレンツ力)
 $f = qvB \sin\theta$ [N]

半径 $r = \frac{mv \sin\theta}{qB}$ [m]

周期 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ [s]

磁束密度の大きさ
 B [T]
の一様な磁場

戻る
最初に戻る

別紙 8-19

電極間の電圧 V [V] で加速された電子が、真空の容器内の磁束密度 B [T] の一様な磁場の中に磁場と垂直に入射し、半径 r [m] の半円を描いた。電子の初速度を 0 とし、その比電荷を求めよ。

$\otimes B$
表から裏の向き

指針 磁場内で、電子はローレンツ力を向心力とした等速円運動を行う。

別紙 8-20

1/10

電流と磁場 (4編3章)

磁気力に関するクーロンの法則

磁気量の大きさ m_1, m_2 (Wb) の2つの磁極が距離 r (m) だけ離れているとき、これらの磁極の間にはたらく力の大きさ F (N) は

$F = \frac{k_m}{r^2}$ (k_m : 比例定数)

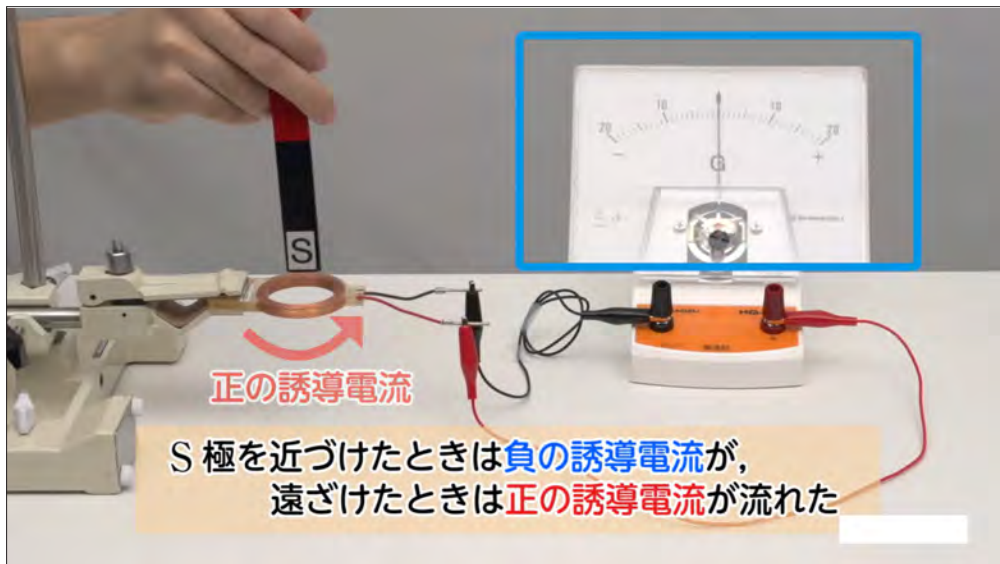
付せんをはずす

付せんをつける

できた

できなかった

別紙 9-1



別紙 9-2

ファラデーの電磁誘導の法則

$$V = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

V [V]	誘導起電力	$\Delta\Phi$ [Wb]	磁束の変化
N	コイルの巻数	Δt [s]	時間

別紙 9-3

図 a のような、巻数 100、断面積 $3.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ のコイル内の磁束密度 B [T] が、図 b のグラフのように変化する。磁束密度はコイル内では一様であるとし、図 a の矢印の向きを正とする。

① コイルの AB 間に生じる誘導起電力の大きさは何 V か。
② AB 間に抵抗をつなぐと、流れる電流の向きは①か②のどちらか。
① A → コイル → B ② B → コイル → A

指針 誘導起電力の大きさは、 $V = \left| -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$ から求める。誘導起電力の向きは、レンツの法則 (→ p.319) で判断する。

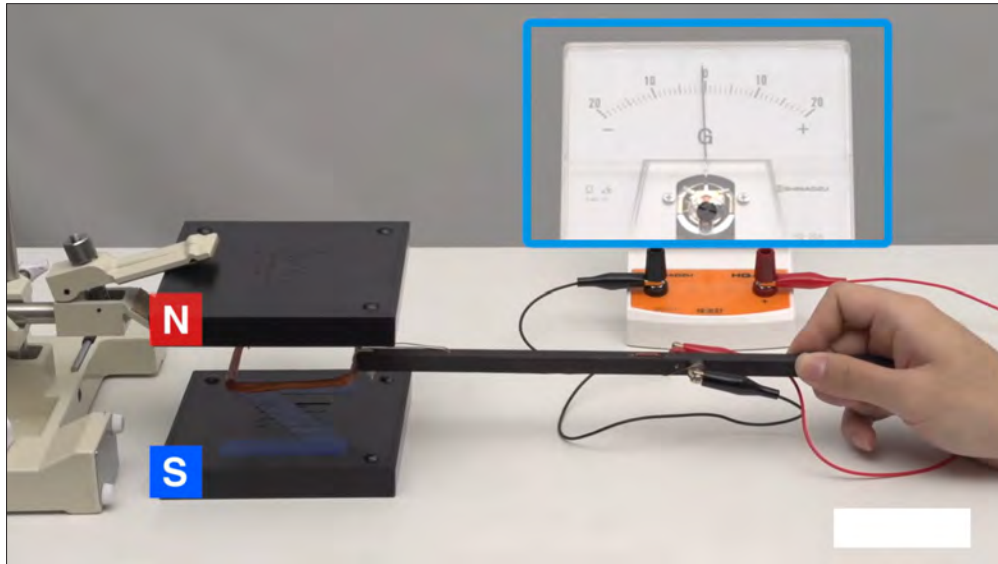
別紙 9-4

もどる
電磁誘導
数値替え
問題
解説
問題+解説
?

図 a のような、巻数 100、断面積 $3.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ のコイル内の磁束密度 B [T] が、図 b のグラフのように変化する。磁束密度はコイル内では一様であるとし、図 a の矢印の向きを正とする。

① コイルの AB 間に生じる誘導起電力の大きさは何 V か。
② AB 間に抵抗をつなぐと、流れる電流の向きは①か②のどちらか。
① A → コイル → B ② B → コイル → A

別紙 9-5



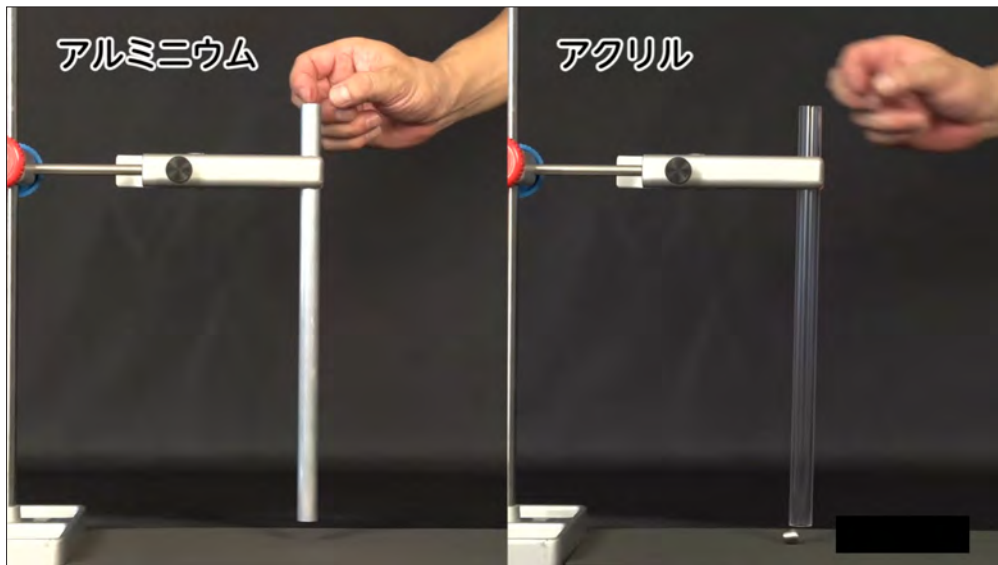
別紙 9-6

図のように、鉛直上向きの一様な磁束密度 B [T] の磁場内に、 l [m] の間隔で水平に置かれた 2 本の導線レール ab , cd がある。 bd 間を R [Ω] の抵抗でつなぎ、レール上に軽くて抵抗の無視できる導体棒 PQ を置く。これにひもをつけて引き、右向きに一定の速さ v [m/s] で動かす。導体棒はレールと垂直を保ちながら、なめらかに動くものとする。

- (1) 導体棒 PQ 間に流れる電流の大きさ I [A] と向きを求めよ。
- (2) 時間 t [s] の間に抵抗で発生するジュール熱 Q [J] を求めよ。
- (3) 導体棒 PQ をひもで t [s] 間引くときの、ひもを引く力のする仕事 W [J] を求めよ。

指針 (3) ひもを引く力は、導体棒が磁場から受ける力と同じ大きさで、逆向きである。

別紙 9-7



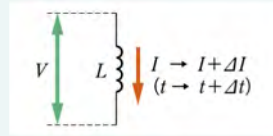
別紙 9-8



別紙 9-9

自己誘導

$$V = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

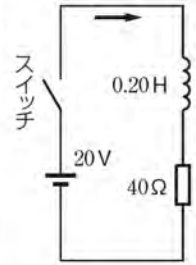


V [V] 誘導起電力 ΔI [A] 電流の変化
 L [H] 自己インダクタンス Δt [s] 時間

別紙 9-10

図のような、自己インダクタンス 0.20H のコイル，抵抗値 40Ω の抵抗，起電力 20V の電源，スイッチが接続された回路がある。

- (1) スwitchを閉じた直後に，回路に流れる電流 I_0 は何 A か。
- (2) スwitchを閉じてから十分に時間が経過したとき，回路に流れる電流 I_1 は何 A か。



指針 スwitchを閉じた直後は，コイルの自己誘導によって，コイルに流れる電流が増加するのを妨げる向きの誘導起電力が生じる。

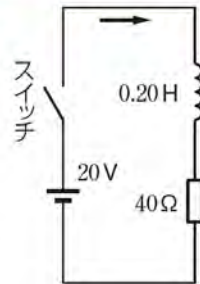
別紙 9-11

もどる コイルを含む直流回路

数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

図のような，自己インダクタンス 0.20H のコイル，抵抗値 40Ω の抵抗，起電力 20V の電源，スイッチが接続された回路がある。

- (1) スwitchを閉じた直後に，回路に流れる電流 I_0 は何 A か。
- (2) スwitchを閉じてから十分に時間が経過したとき，回路に流れる電流 I_1 は何 A か。



別紙 9-12

コイルに蓄えられるエネルギー

$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

U [J] コイルに蓄えられるエネルギー
 L [H] 自己インダクタンス I [A] 電流

別紙 9-13



別紙 9-14

相互誘導

$$V_2 = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

V_2 [V] コイル1の電流の変化によって
コイル2に生じる誘導起電力
 M [H] 相互インダクタンス (mutual inductance)
 ΔI_1 [A] コイル1の電流の変化
 Δt [s] 時間

別紙 9-15

コイルのリアクタンス

$$X_L = \omega L \quad (\omega = 2\pi f)$$

角周波数 ω , 周波数 f

X_L [Ω] コイルのリアクタンス L [H] 自己インダクタンス
 ω [rad/s] 角周波数 f [Hz] 周波数

別紙 9-16

コンデンサーのリアクタンス

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (\omega = 2\pi f)$$

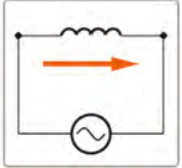
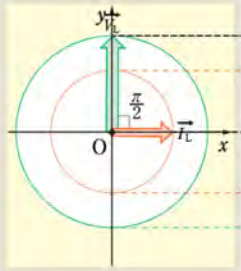
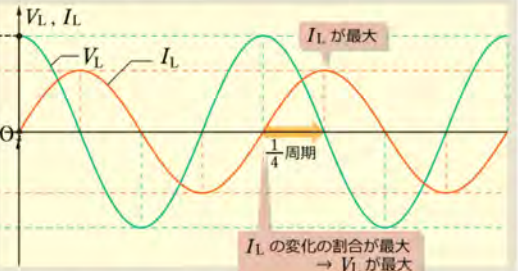
角周波数 ω , 周波数 f

X_C [Ω] コンデンサーのリアクタンス C [F] 電気容量
 ω [rad/s] 角周波数 f [Hz] 周波数

交流電圧と交流電流

② コイルの電圧と電流

$$V_L = V_{L0} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$I_L = I_{L0} \sin\omega t$$




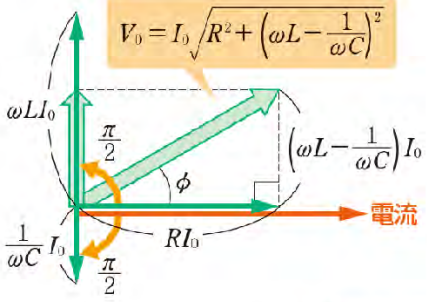
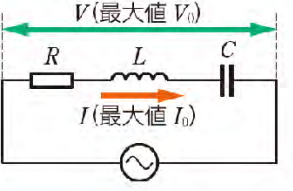
選択画面に戻る

再生

RLC直列回路のインピーダンス

回路の選択へ

電圧の最大値の関係 (電流が基準)

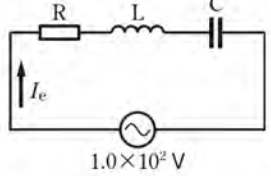
$$V_0 = I_0 \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$



$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

再生

初めから

図のように、 40Ω の抵抗R、自己インダクタンス 0.20H のコイルL、電気容量 $5.0 \times 10^{-2}\mu\text{F}$ のコンデンサーCを直列接続し、交流電圧を加える。交流電圧の実効値を $1.0 \times 10^2\text{V}$ 、周波数を $f = \frac{2.0 \times 10^2}{2\pi}\text{Hz}$ ($\approx 32\text{Hz}$) とする。

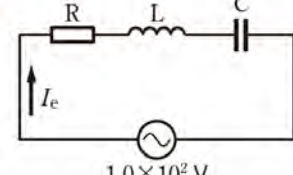


- コイルLのリアクタンス $X_L[\Omega]$ を求めよ。
- コンデンサーCのリアクタンス $X_C[\Omega]$ を求めよ。
- 回路全体のインピーダンス $Z[\Omega]$ を求めよ。
- 回路を流れる交流電流の実効値 $I_e[\text{A}]$ を求めよ。

指針 交流電圧の周波数 f から、 $[\omega = 2\pi f]$ の関係を用いて、交流電圧の角周波数 ω を求める。

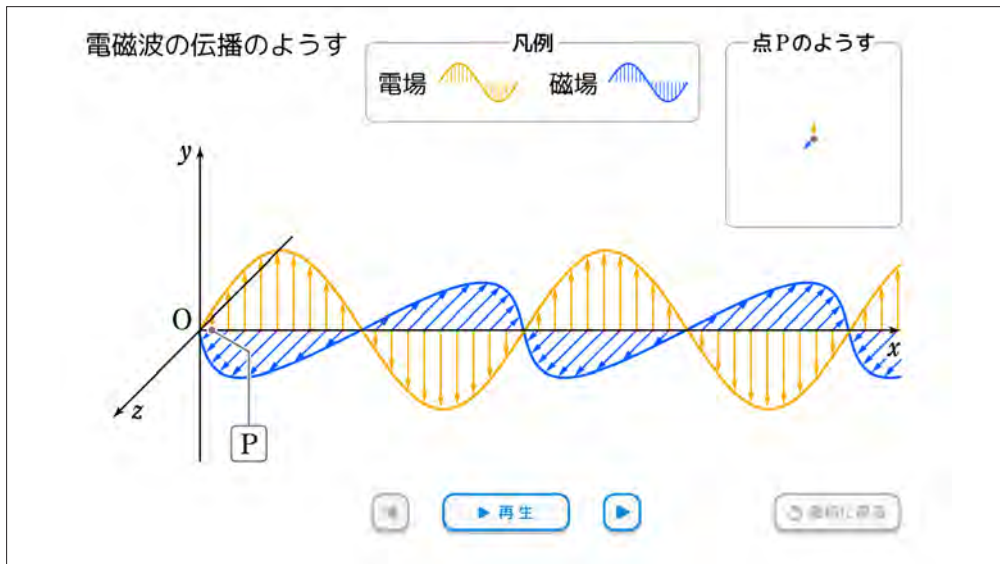
もどる 交流回路 数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

図のように、 40Ω の抵抗R、自己インダクタンス 0.20H のコイルL、電気容量 $5.0 \times 10^{-2}\mu\text{F}$ のコンデンサーCを直列接続し、交流電圧を加える。交流電圧の実効値を $1.0 \times 10^2\text{V}$ 、周波数を $f = \frac{2.0 \times 10^2}{2\pi}\text{Hz}$ ($\approx 32\text{Hz}$) とする。

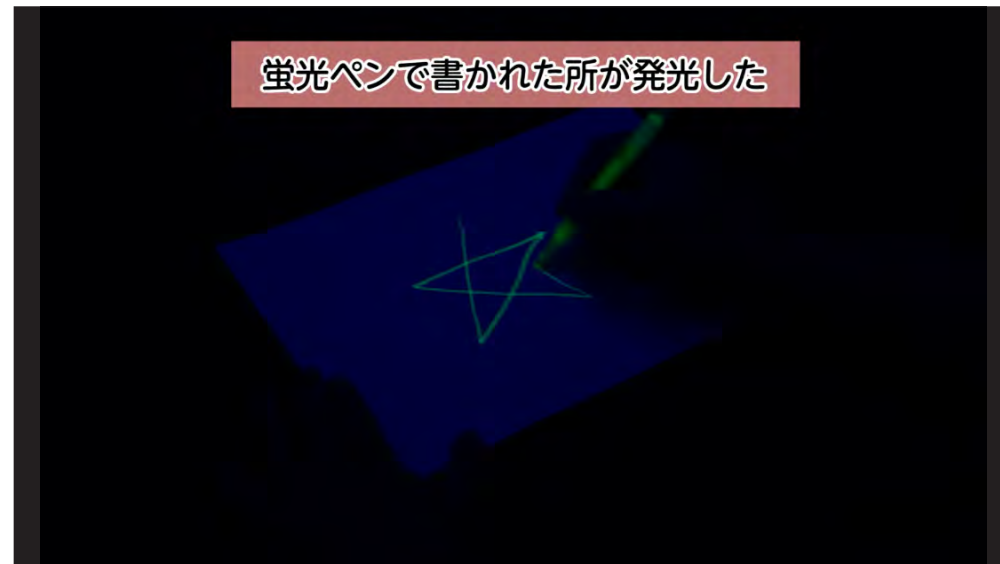


- コイルLのリアクタンス $X_L[\Omega]$ を求めよ。
- コンデンサーCのリアクタンス $X_C[\Omega]$ を求めよ。
- 回路全体のインピーダンス $Z[\Omega]$ を求めよ。
- 回路を流れる交流電流の実効値 $I_e[\text{A}]$ を求めよ。

別紙 9-21



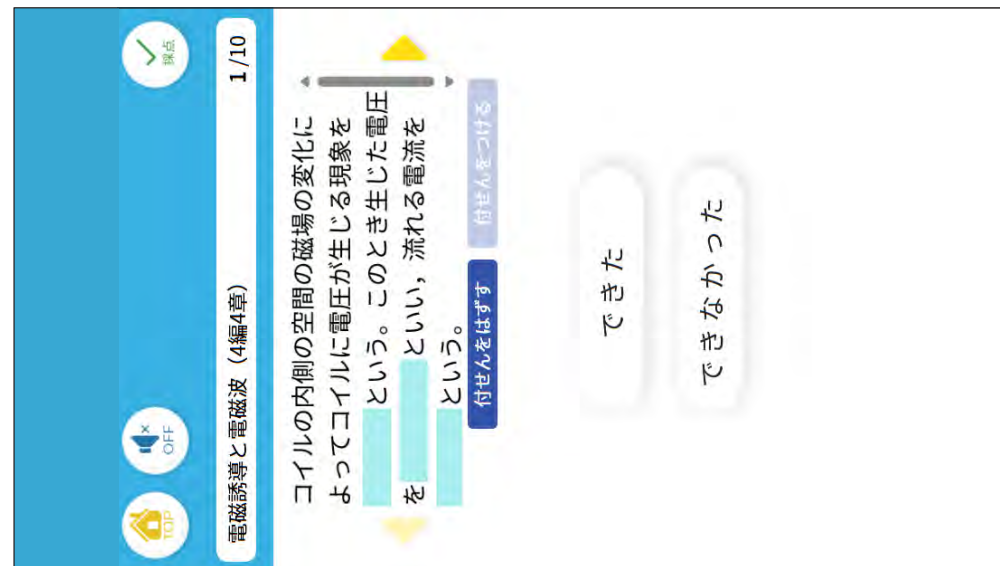
別紙 9-22



別紙 9-23



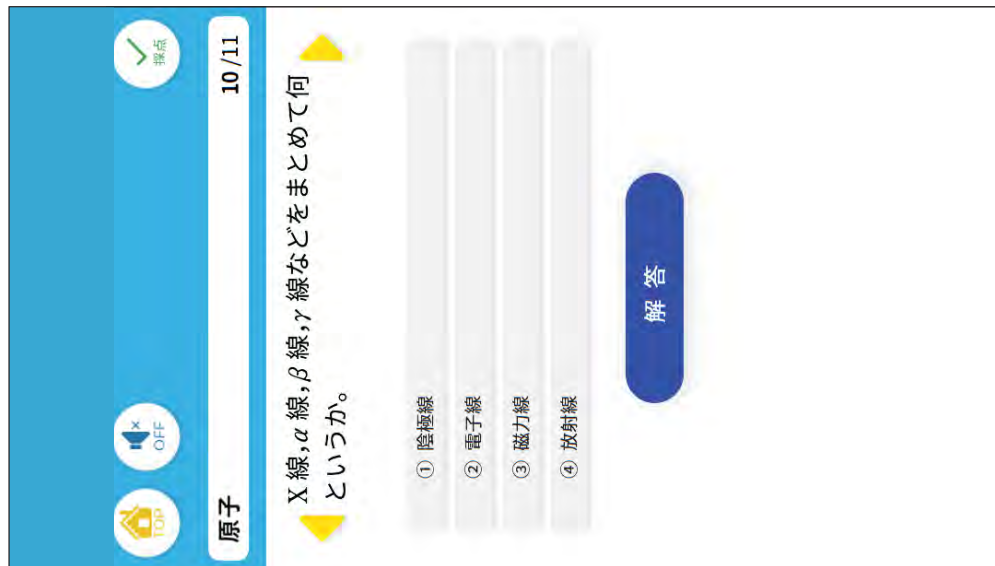
別紙 9-24



別紙 10-1



別紙 10-2



別紙 10-3

中学校の復習 (p.267)

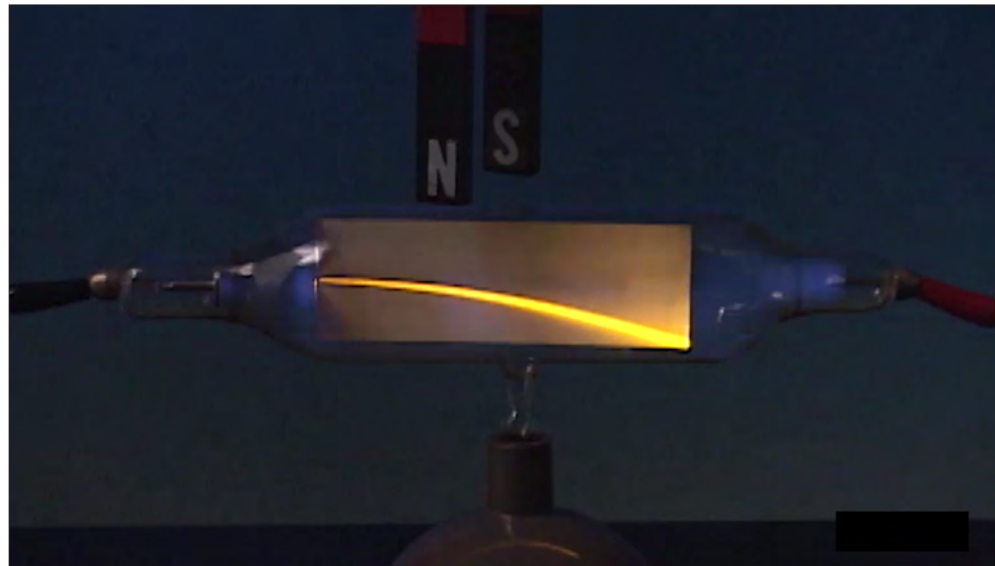
D 放射線 放射線は、地球が誕生する前から宇宙に存在していた。放射線を出す物質を**放射性物質**といい、放射性物質が放射線を出す性質(能力)を**放射能**という。放射線は、生物や環境に影響を与えるため、放射性物質を利用するときには、十分な注意が必要である。

①放射線の種類
 X線、α線、β線、γ線、中性子線など。
 α線 (Heの原子核の流れ)
 β線 (電子の流れ)
 γ線 (電磁波)

②放射線の性質 目に見えない性質、物質を通り抜ける性質(透過性)、原子から電子を奪ってイオンにする性質(電離作用)などがある。

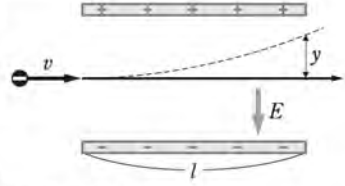
③放射線の単位 ベクレル(記号 Bq)、シーベルト(記号 Sv)、グレイ(記号 Gy)がよく使われる。

別紙 10-4



別紙 10-5

図のような、一様な電場 E [V/m] を加えた長さ l [m] の極板間の領域に、電子を速さ v [m/s] で電場に垂直に入射させたところ、電子の軌道は曲げられた。電子の電気量を $-e$ [C]、質量を m [kg] とする。



- (1) 電場内での電子の加速度の大きさ a [m/s²] を求めよ。
- (2) 電子が電場を通過する時間 t [s] を求めよ。電子は極板に当たることなく電場を通過するものとする。
- (3) 電子が電場を通過する間に、電場と平行な方向に距離 y [m] だけずれたとする。電子の比電荷 $\frac{e}{m}$ を、 E 、 v 、 l 、 y を用いて表せ。
- (4) $l = 2.5 \times 10^{-2}$ m, $E = 2.0 \times 10^3$ V/m, $v = 1.0 \times 10^7$ m/s の条件で実験を行い、 $y = 1.1 \times 10^{-3}$ m の結果が得られた。比電荷の値を求めよ。

別紙 10-6

ミリカンの実験で、いろいろな油滴の電気量の大きさ q [C] を測定し、13.1, 9.7, 8.1, 6.4, 3.2 (単位は 10^{-19} C) の値を得た。 q [C] は電気素量 e [C] の整数倍であると仮定し、 e [C] を有効数字 2 桁で求めよ。

指針 大きさの順で隣りあう 2 つの測定値の差は、 e の整数倍に相当する。

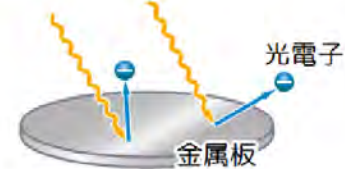
別紙 10-7



各封筒に質量のそろった同種のナットを、
数個ずつ入れて封をする

別紙 10-8

光電効果

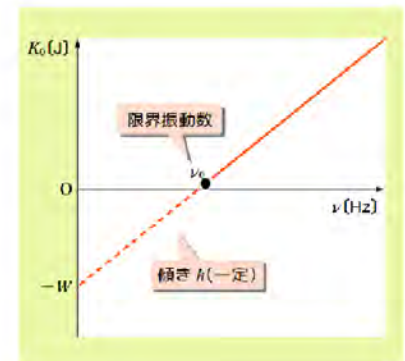


光の振動数 ν

小 大

仕事関数 W (金属の種類)

小 大



光の強さ

弱い 強い

別紙 10-9

光子のエネルギー

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

光子のエネルギー
 E

$E = h\nu$
 $E = \frac{hc}{\lambda}$

$\nu = \frac{c}{\lambda}$

E [J]	光子のエネルギー (energy)	c [m/s]	真空中の光の速さ
h [J·s]	プランク定数	λ [m]	光の波長
ν [Hz]	光の振動数		



別紙 10-10

別紙 10-11

光電効果

$$K_0 = h\nu - W$$

K_0 [J]	電子の運動エネルギー (kinetic energy) の最大値		
h [J·s]	プランク定数		
ν [Hz]	光の振動数		
W [J]	仕事関数 (work function)		

電子のエネルギー

光子のエネルギー $h\nu$

電子の運動エネルギーの最大値 K_0

仕事関数 W

自由電子

金属

別紙 10-12

1 / 10

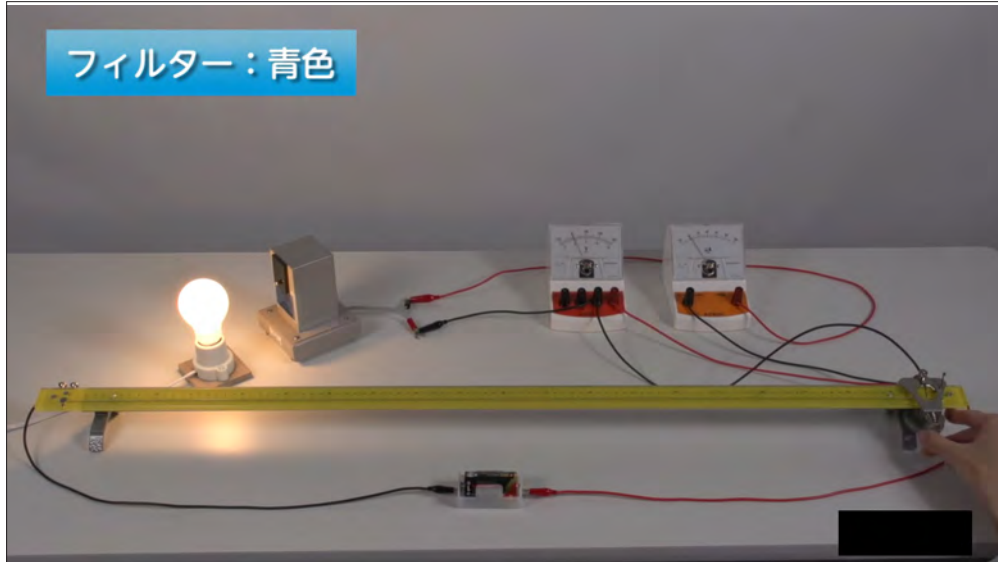
光電効果のグラフ

仕事関数が高いのは①と②のどちらか。

① ②

解答

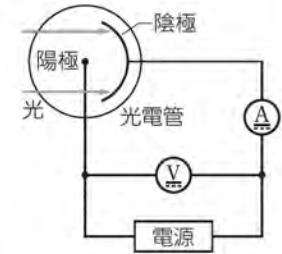
別紙 10-13



フィルター：青色

別紙 10-14

光電管に振動数 $8.0 \times 10^{14} \text{ Hz}$ の光を当てながら、陰極に対する陽極の電位 $V[\text{V}]$ を変化させる。 V を 0 から下げていき、 $V = -1.2 \text{ V}$ となったとき、光電流は 0 になった。プランク定数を $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 、電気素量を $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とし、陽極と陰極は同じ金属であるとする。



- (1) 光電管に当てた光の光子 1 個がもつエネルギー $E[\text{eV}]$ を求めよ。
- (2) 陰極から飛び出す光電子の運動エネルギーの最大値 $K_0[\text{eV}]$ を求めよ。
- (3) 電極に用いた金属の仕事関数 $W[\text{eV}]$ を求めよ。
- (4) この光電管を用いて光電効果を生じさせるためには、当てる光の振動数は $\nu_0[\text{Hz}]$ より大きくなければならない。 ν_0 を求めよ。

別紙 10-15

もどる
数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

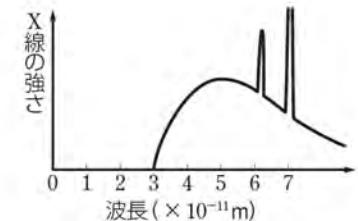
光電効果

光電管に振動数 $8.0 \times 10^{14} \text{ Hz}$ の光を当てながら、陰極に対する陽極の電位 $V[\text{V}]$ を変化させる。 V を 0 から下げていき、 $V = -1.2 \text{ V}$ となったとき、光電流は 0 になった。プランク定数を $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 、電気素量を $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とし、陽極と陰極は同じ金属であるとする。

- (1) 光電管に当てた光の光子 1 個がもつエネルギー $E[\text{eV}]$ を求めよ。
- (2) 陰極から飛び出す光電子の運動エネルギーの最大値 $K_0[\text{eV}]$ を求めよ。
- (3) 電極に用いた金属の仕事関数 $W[\text{eV}]$ を求めよ。
- (4) この光電管を用いて光電効果を生じさせるためには、当てる光の振動数は $\nu_0[\text{Hz}]$ より大きくなければならない。 ν_0 を求めよ。

別紙 10-16


図は、X 線管で発生させた X 線の強さと波長の関係を表すグラフである。X 線管の加速電圧 $V[\text{V}]$ を求めよ。プランク定数を $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 、真空中の光の速さを $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、電気素量を $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。



指針 加速電圧 V によって電子が得たエネルギー eV が、すべて X 線光子のエネルギー $E = \frac{hc}{\lambda}$ になるとき、その X 線の波長は最短となる。

別紙 10-17

光子の運動量

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$


光子のエネルギー $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$
 光子の運動量 $p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$

p [kg·m/s]	光子の運動量
h [J·s]	プランク定数
ν [Hz]	光の振動数
c [m/s]	真空中の光の速さ
λ [m]	光の波長

別紙 10-18

ド・ブROI波長

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

λ [m]	ド・ブROI波長	m [kg]	粒子の質量
h [J·s]	プランク定数	v [m/s]	粒子の速さ
p [kg·m/s]	粒子の運動量		

別紙 10-19

真空中において、電子(質量 m [kg], 電気量 $-e$ [C])を電圧 V [V]で加速した。このときの電子波の波長 λ [m]を求めよ。プランク定数を h [J·s]とする。

指針 電子波の波長 λ は「 $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ 」((19)式)から求められる。

別紙 10-20

1/19

4 電子と光

陰極線は、何とよばれる粒子の流れか。

① 光子
 ② 陽子
 ③ 電子
 ④ 中性子

①
 ②
 ③
 ④

解答

別紙 10-21

The screenshot shows a mobile application interface with a blue header bar. On the left, there are three circular icons: a house icon labeled 'TOP', a speaker icon labeled 'OFF', and a checkmark icon labeled '終了' (End). On the right, there is a green checkmark icon labeled '終了' and a progress indicator '1 / 10'. Below the header, the text reads: '電子と光 (5編1章)'. The main content area contains the text: '真空放電の実験で、陰極から出て陽極側に向かう粒子の流れを [] とい [] う。この実体は [] の電荷をもつ [] である。' Below this text is a blue button labeled '付せんをははずす' and a grey button labeled '付せんをつける'. At the bottom, there are two speech bubble-like boxes: the left one contains the text 'できた' (Done) and the right one contains 'できなかった' (Did not do).

別紙 11-1



別紙 11-2

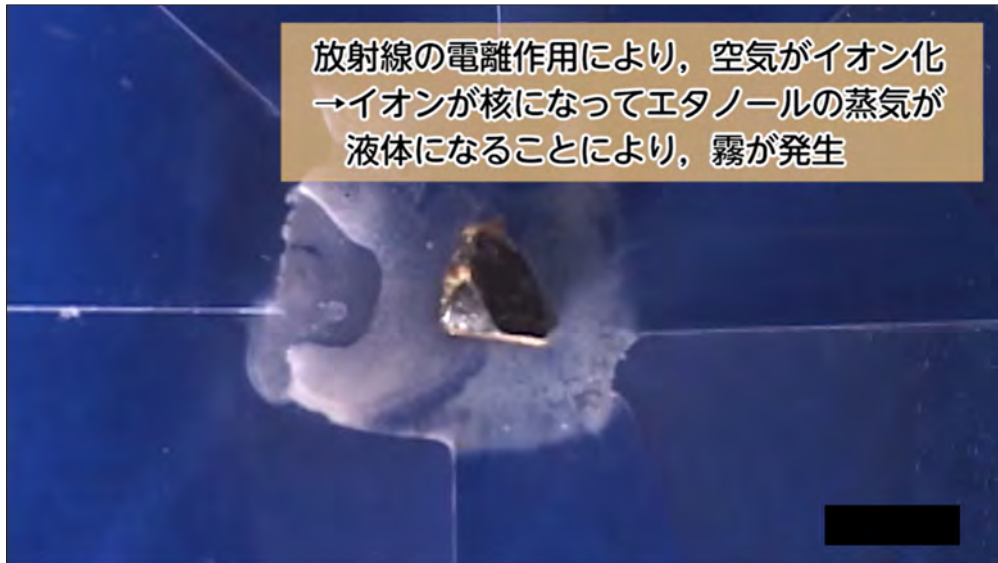
ボーアの理論

軌道半径 $r = \frac{h^2}{4\pi^2 k_0 m e^2} \cdot n^2$

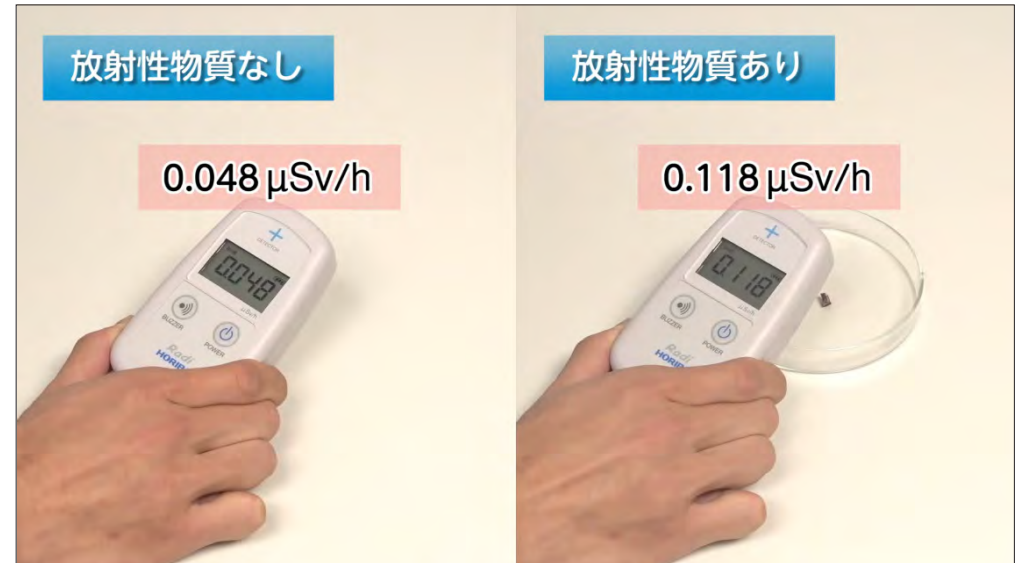
エネルギー準位 $E_n = -\frac{2\pi^2 k_0^2 m e^4}{h^2} \cdot \frac{1}{n^2} = -\frac{Rch}{n^2}$
 ($n = 1, 2, 3, \dots$)

r [m]	電子の軌道半径	e [C]	電気素量
E_n [J]	電子のエネルギー (energy)	R [1/m]	リュードベリ定数 (Rydberg constant)
h [J·s]	プランク定数	c [m/s]	真空中の光の速さ
k_0 [N·m ² /C ²]	真空中のクーロンの法則の比例定数		
m [kg]	電子の質量 (mass)		

別紙 11-3



別紙 11-4



別紙 11-5

$^{232}_{92}\text{U}$ は、 α 崩壊を 7 回、 β 崩壊を 4 回行って、安定な原子核になる。この原子核の原子番号 Z と質量数 A を求めよ。

指針 α 崩壊では原子番号が 2、質量数が 4 減少し、 β 崩壊では原子番号が 1 増加する。

別紙 11-6

もどる 放射性崩壊

数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

$^{232}_{92}\text{U}$ は、 α 崩壊を 7 回、 β 崩壊を 4 回行って、安定な原子核になる。この原子核の原子番号 Z と質量数 A を求めよ。

別紙 11-7

半減期

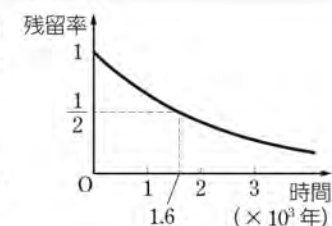
$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

N_0 初めの原子核の数 t 経過時間
 N 時間 t 後に壊れないで残っている原子核の数 T 半減期

別紙 11-8

図は、放射性崩壊をする原子核 $^{226}_{88}\text{Ra}$ の残留率(崩壊をせずに残っている原子核の割合)と時間の関係を表すグラフである。

- $^{226}_{88}\text{Ra}$ の半減期は何年か。
- 6.0g の $^{226}_{88}\text{Ra}$ のうち、 3.2×10^3 年後に崩壊せずに残っているのは何 g か。
- $^{226}_{88}\text{Ra}$ の数が初めの $\frac{1}{8}$ になるのは何年後か。



指針 半減期の時間が経過するたび、残留率(または崩壊していない原子核の数)が $\frac{1}{2}$ 倍になる。

別紙 11-9

もどる 半減期 数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

図は、放射性崩壊をする原子核 ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ の残留率(崩壊をせずに残っている原子核の割合)と時間の関係を表すグラフである。

(1) ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ の半減期は何年か。

(2) 6.0g の ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ のうち、 3.2×10^3 年後に崩壊せずに残っているのは何 g か。

(3) ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ の数が初めの $\frac{1}{8}$ になるのは何年後か。

別紙 11-10

1回目

別紙 11-11

質量とエネルギーの等価性

$$E = mc^2$$

E [J] エネルギー (energy)
 m [kg] 質量 (mass)
 c [m/s] 真空中の光の速さ

別紙 11-12

次の核反応で放出されるエネルギー E [MeV] を求めよ。

$${}^1_1\text{H} + {}^7_3\text{Li} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$$

${}^1_1\text{H}$, ${}^7_3\text{Li}$, ${}^4_2\text{He}$ 原子核の質量をそれぞれ 1.0073u, 7.0144u, 4.0015u, 真空中の光の速さを 3.00×10^8 m/s, 電気素量を 1.60×10^{-19} C, $1\text{u} = 1.66 \times 10^{-27}$ kg とする。

指針 反応前後の質量の減少がエネルギーとして放出される。質量とエネルギーの単位に注意する ($1\text{u} = 1.66 \times 10^{-27}$ kg, $1\text{eV} = 1.60 \times 10^{-19}$ J)。

5 原子と原子核 1/25

原子の中の電子が、エネルギー準位 E_2 から、それよりも低いエネルギー準位 E_1 に移るとき、放出される光子のエネルギーはいくらか。

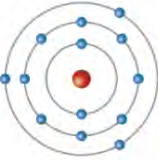
① $E_1 - E_2$
 ② $E_2 - E_1$
 ③ $E_1 + E_2$
 ④ $E_1 E_2$

①
②
③
④

解答

原子と原子核 (5編2章) 1/10

ラザフォードの原子模型
 正電荷をもつ と、その周囲を
 回る とからなる原子の模型。



付せんをはずす 付せんをつけろ

できた
 できなかった

10P OFF 選択

小数のかけ算とわり算

1/10

次の計算をせよ。
ただし、有効数字については考えないものとする。

3×1.5

選択肢 ① 0.045 ② 0.45 ③ 4.5 ④ 45

基礎チェック問題

※有効数字の取り扱いについては考慮しないものとする。

A 小数のかけ算とわり算
別の計算をせよ。
① 4.1×0.02 ② $\frac{32}{0.4}$
③ $\frac{32}{0.4} \times 10 = \frac{320}{4} = 80$
④ $0.4 \times 10 = 4$ ⑤ 80

① $4.1 \times 0.02 = 0.082$ ② $\frac{32}{0.4} = 80$
小数以下の位数は、あるまで3桁。 数値部分を計算し、(11×2=22) 小数点を合わせる。 分子と分母に同じ数をかける。 約分する。

① 4×0.07 ② 0.003×200 ③ $\frac{25}{0.5}$ ④ $\frac{0.81}{0.03}$

B 分数の計算
別の計算をせよ(答えは分数のままでもよい)。
① $\frac{1}{2} + \frac{1}{3}$ ② $\frac{3}{4} \times \frac{2}{9}$ ③ $\frac{6}{25} \div \frac{4}{5}$
④ $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{1 \times 3 + 1 \times 2}{2 \times 3} = \frac{5}{6}$ ⑤ $\frac{3}{4} \times \frac{2}{9} = \frac{3 \times 2}{4 \times 9} = \frac{1 \times 1}{2 \times 3} = \frac{1}{6}$ ⑥ $\frac{6}{25} \div \frac{4}{5} = \frac{6}{25} \times \frac{5}{4} = \frac{3}{10}$
分子と分母を約分する。 分子と分母を約分する。

C 平方根
別の計算をせよ。
① $\sqrt{400} = \sqrt{70^2} = 70$ ② $\sqrt{0.01}$
③ $\sqrt{\frac{81}{25}}$ ④ $\sqrt{\frac{0.81}{0.09}}$

D 式の变形①
別の計算をせよ。
① $x + 2 = 20$ ② $54 = x - 22$
③ $x + 5 = x + 5$ ④ $12 = x + 5$
⑤ $12 - 5 = x$ ⑥ $7 = x$

E 式の变形②
別の計算をせよ。
① $14 = 7x$ ② $3 = \frac{x}{6}$
③ $14 \div 7 = 7x \div 7$ ④ $3 \times 6 = x$
⑤ $2 = x$ ⑥ $3 \times 6 = \frac{x}{6} \times 6$
⑦ $2 = x$ ⑧ $18 = x$

本文資料

平方・立方・平方根・立方根の表

n	n ²	n ³	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$
1	1	1	1.0000	1.0000
2	4	8	1.4142	1.1220
3	9	27	1.7321	1.4328
4	16	64	2.0000	1.5874
5	25	125	2.2361	1.7100
6	36	216	2.4495	1.8171
7	49	343	2.6458	1.9129
8	64	512	2.8284	2.0000
9	81	729	3.0000	2.0801
10	100	1000	3.1623	2.1544
11	121	1331	3.3166	2.2240
12	144	1728	3.4641	2.2894
13	169	2197	3.6056	2.3513
14	196	2744	3.7417	2.4101
15	225	3375	3.8730	2.4662
16	256	4096	4.0000	2.5198
17	289	4913	4.1231	2.5713
18	324	5832	4.2426	2.6207
19	361	6859	4.3589	2.6684
20	400	8000	4.4721	2.7144
21	441	9261	4.5826	2.7589
22	484	10648	4.6904	2.8020
23	529	12167	4.7958	2.8430
24	576	13824	4.8990	2.8819
25	625	15625	5.0000	2.9194
26	676	17668	5.0990	2.9555
27	729	19983	5.1962	2.9902
28	784	21652	5.2915	3.0236
29	841	24689	5.3852	3.0558
30	900	27000	5.4772	3.0723
31	961	29791	5.5678	3.0834
32	1024	32968	5.6569	3.0891
33	1089	36537	5.7446	3.0905
34	1156	39504	5.8310	3.0916
35	1225	42875	5.9161	3.0924
36	1296	46656	6.0000	3.0929
37	1369	50853	6.0828	3.0932
38	1444	55472	6.1644	3.0934
39	1521	59519	6.2450	3.0935
40	1600	64000	6.3246	3.0936
41	1681	68821	6.4031	3.0936
42	1764	74088	6.4803	3.0936
43	1849	79757	6.5574	3.0936
44	1936	85836	6.6342	3.0936
45	2025	92325	6.7108	3.0936
46	2116	99236	6.7872	3.0936
47	2209	106569	6.8633	3.0936
48	2304	114336	6.9392	3.0936
49	2401	122549	7.0149	3.0936
50	2500	126000	7.0711	3.0936

第3編 波

第1章 波の性質

p.11 問1 「 $f = \frac{1}{T}$ 」より $f = \frac{1}{0.10} = 10\text{Hz}$

p.11 問2 波が時間 $\frac{12}{8}T$ の間に進む距離は、時間 T の間に進んだ距離 P_0P_8 の長さの $\frac{12}{8} (= 1.5)$ 倍となる。したがって、時刻 $\frac{12}{8}T$ での波形は下図のようになる。

p.12 問3 「 $v = f\lambda$ 」より $v = 3.0 \times 1.5 = 4.5\text{m/s}$

第4編 電気と磁気

第1章 電場

p.123

問1

電子数を N 、電気量の大きさを Q [C] とすると $Q = Ne$ と表される。よって

$$N = \frac{Q}{e} = \frac{|-3.2 \times 10^{-6}|}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.0 \times 10^{11} \text{個}$$

p.124

問2

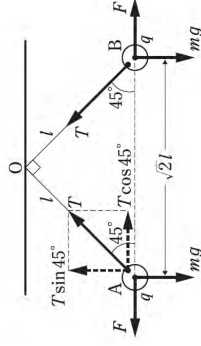
正の電荷と負の電荷が打ち消しあい、残りの正の電気量を等しく分けあう。よって、それぞれの金属球がもつ電気量は

$$\frac{(6.0 - 2.0) \times 10^{-6}}{2} = 2.0 \times 10^{-6} \text{C}$$

p.125

類題1

小球 A、B には、それぞれ重力 mg 、糸が引く力 T 、静電気力 F がはたらいてつりあっている。



別紙 12-5

第3編 波

第2章 音

p.49

問16

音波を伝える媒質である空気がなくなっていくため、音はしだいに小さくなっていく。

p.51

問17

[$V = 331.5 + 0.6t$]より求める。

- (1) $V = 331.5 + 0.6 \times (-10) = 325.5 \approx 326 \text{ m/s}$
 (2) $V = 331.5 + 0.6 \times 15 = 340.5 \approx 341 \text{ m/s}$
 (3) $V = 331.5 + 0.6 \times 30 = 349.5 \approx 350 \text{ m/s}$

p.51

問18

音が壁に当たって反射してもどってくるまでの時間は 0.40 秒であるから、音が壁に届くまでの時間は 0.20 秒である。壁までの距離 l [m] は

$$l = (3.4 \times 10^2) \times 0.20 = 68 \text{ m}$$

別紙 12-6

第3編 波

第3章 光

p.85

類題14

図のように、P を出て水面で屈折して観測者に届く光は、点 P' の方向からくるように見える。空気中から水中に進む光の入射角を i 、屈折角を r とすると、屈折の法則より

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1.3}{1.0}$$

よって $1.0 \times \sin i = 1.3 \times \sin r$

観測者は P のほぼ真下から見ているので、角 i 、 r はきわめて小さい。

図より $\tan i = \frac{a}{h}$ 、 $\tan r = \frac{a}{h'}$ であるから

$$1.0 \times \frac{a}{h} \approx 1.3 \times \frac{a}{h'}$$

よって $h' \approx 1.3 \times h = 1.3 \times 0.20 = 0.26 \text{ m}$

第4編 電気と磁気

第2章 電流

p.165

問20

$$I = \frac{Q}{t} \text{より}$$

$$I = \frac{9.6}{30} = 0.32 \text{ A}$$

p.165

問21

$$V = RI \text{より } R = \frac{V}{I} = \frac{10}{0.40} = 25 \Omega$$

p.166

問22

$$I = envS \text{より}$$

$$1.7 = (1.6 \times 10^{-19}) \times (8.5 \times 10^{26}) \times (8.5 \times 10^{26}) \times v \times (1.0 \times 10^{-6})$$

よって

$$v = \frac{1.7}{(1.6 \times 10^{-19}) \times (8.5 \times 10^{26}) \times (1.0 \times 10^{-6})} \approx 1.3 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

別紙 12-7

別紙 12-8

第5編 原子

第1章 電子と光

p.272

問1

円運動の向心力はローレンツ力 evB だから

$$m \frac{v^2}{r} = evB$$

$$\text{よって } \frac{e}{m} = \frac{v}{Br} \text{ [C/kg]}$$

p.273

類題1

- (1) 電子が電場から受ける力は上向きである。したがって、これとつりあう下向きの力が加われれば、電子は直進する。右向きに進む電子が、下向きに力を受けるためには、磁場は紙面に垂直で裏から裏の向きでなければならぬ。



- (2) (1)の向きに磁場を加えると、電場による力 eE [N] とローレンツ力 evB [N] がつりあうとき、電子は直進する。よって

$$eE - evB = 0$$

$$\text{ゆえに } v = \frac{E}{B} \text{ [m/s]}$$

第5編 原子

第2章 原子と原子核

p.302

問10

定常状態 $E_3 = -1.5\text{eV}$ から $E_1 = -13.6\text{eV}$ へ移るとき、これらの差のエネルギーをもつ光子を放出する。よって、光子のエネルギーは

$$E_3 - E_1 = -1.5 - (-13.6) = 12.1\text{eV}$$

波長を λ [m] とする。

$$12.1\text{eV} = 12.1 \times (1.6 \times 10^{-19}) \text{ J なので}$$

$$\left[E = \frac{hc}{\lambda} \right] \text{より}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{(6.6 \times 10^{-34}) \times (3.0 \times 10^8)}{12.1 \times (1.6 \times 10^{-19})} \approx 1.0 \times 10^{-7} \text{ m}$$

p.305

問11

陽子の数 = 原子番号

中性子の数 = 質量数 - 原子番号

(1) 陽子の数：1個

中性子の数：3 - 1 = 2個

(2) 陽子の数：2個

中性子の数：4 - 2 = 2個

(3) 陽子の数：17個

中性子の数：35 - 17 = 18個

(4) 陽子の数：17個

中性子の数：37 - 17 = 20個

第4編 電気と磁気

第3章 電流と磁場

p.199

問37

S極が右向きに力を受ける場所では、N極は左向きに力を受けるから、磁場の向きは左向きである。

磁場の強さ H [N/Wb] は「 $F = mH$ 」より

$$H = \frac{1.2 \times 10^{-2}}{1.0 \times 10^{-3}} = 12 \text{ N/Wb}$$

p.203

問38

$$\left[H = \frac{I}{2\pi r} \right] \text{より}$$

$$H = \frac{4.0}{2 \times 3.14 \times 0.50} \approx 1.3 \text{ A/m}$$

p.203

問39

$$\left[H = N \frac{I}{2r} \right] \text{より}$$

$$H = 10 \times \frac{0.50}{2 \times 0.10} = 25 \text{ A/m}$$

別紙 12-9

別紙 12-11

別紙 12-10

別紙 12-12

第4編 電気と磁気

第4章 電磁誘導と電磁波

p.223

問45

コイルに磁石のS極を近づけると、コイルを貫く磁束が右向きに増加する。この磁束を打ち消す向きに誘導電流が流れるから、誘導電流は②の向きに流れる。

p.223

問46

$$\left[V = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right] \text{より}$$

$$|V| = 100 \times \frac{2.5 \times 10^{-4}}{0.10} = 0.25 \text{ V}$$

p.223

類題14

生じる誘導起電力の大きさを V [V] とすると、ファラデーの電磁誘導の法則より

$$V = \left| -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| = \left| -N \frac{\Delta B \cdot S}{\Delta t} \right|$$

と表される。

$$\textcircled{1} V = \left| -N \frac{B_0 S}{T} \right| = \frac{NB_0 S}{T} \text{ [V]}$$

② 0V

$$\textcircled{3} V = \left| -N \frac{(-B_0) S}{2T} \right| = \frac{NB_0 S}{2T} \text{ [V]}$$

別紙 12-13

資料編

本文資料

p. 359 **問 1**

$v = N \cdot g^y$ の両辺の単位を比較すると

$$\frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{m}^x \cdot (\frac{\text{m}}{\text{s}^2})^y = \text{m}^x \cdot \text{m}^y / \text{s}^{2y}$$

$$= \text{m}^{x+y} / \text{s}^{2y}$$

よって $x+y=1$
 $2y=1$

これを解いて $x = \frac{1}{2}, y = \frac{1}{2}$

別紙 12-14

思考学習

p. 66

ボタンの音の振動数

考察 1 (解答例) 弦を上から 2 : 1 に内分する位置を押さえて弾けばよい。

考察 2 (解答例) 弦が太いほど、弦を伝わる波の速さが小さく、基本振動数が小さい。第 6 弦のほうが基本振動数が小さいため、太い弦であると考えられる。

考察 3 (解答例) 弦を張る力が大きくなると、弦を伝わる波の速さが大きくなるので、音の振動数も大きくなり、音は高くなる。

別紙 12-15

