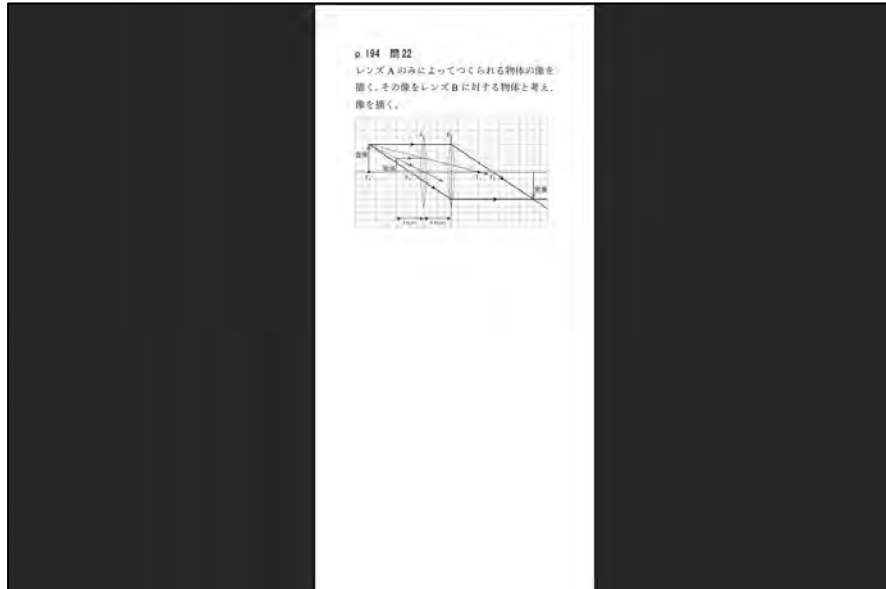


別紙 28-18



別紙 28-19



別紙 28-20

107-62 (匿名入る)

球面鏡による光の進み方

凹面鏡による光の進み方

光軸に平行に入射した光線は、鏡面で反射した後、1点に集まる。

凸面鏡による光の進み方

別紙 28-21

107-62 (匿名入る)

凸面鏡による光の進み方

光軸に平行に入射した光線は、鏡面で反射した後、鏡面の後方の1点から出たように進む。

107-62 (匿名入る) / 第2章 波動 / 第3節 光波 / 2 レンズと鏡 / 球面鏡による光の進み方

別紙 28-22

p.197 問23
像の位置を b (cm) とする。
球面鏡の式 $(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f})$ から、
 $\frac{1}{30} + \frac{1}{b} = \frac{1}{10}$ $\frac{1}{b} = \frac{1}{15}$ $b = 15\text{cm}$
鏡の前方 15cm の位置に倒立の実像ができる。
倍率 m は、
 $m = \frac{b}{a} = \frac{15}{30} = 0.50$ 倍

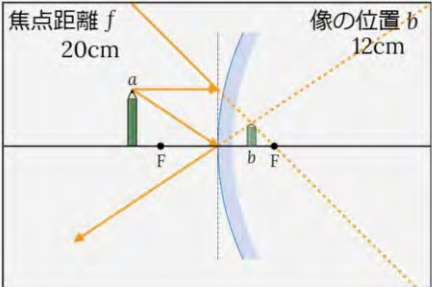
別紙 28-23

p.198 問24
像の位置を b (cm) とする。
球面鏡の式 $(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f})$ から、
 $\frac{1}{10} + \frac{1}{b} = \frac{1}{20}$ $\frac{1}{b} = \frac{1}{20}$ $b = 20\text{cm}$
鏡の後方 20cm の位置に正立の虚像ができる。
倍率 m は、
 $m = \frac{b}{a} = \frac{20}{10} = 2.0$ 倍

別紙 28-24

物理シミュレーター

球面鏡による像の作図
【挑戦しよう】 [CLEAR]
凹面鏡で最も大きい虚像が観察されときの物体の位置を求めよう。



焦点距離 f
20cm

像の位置 b
12cm

初期条件

レンズの種類

凹面鏡

凸面鏡

物体の位置 a
30 cm

スタート

リセット

別紙 28-25

p.198 問25
焦点距離を f (cm) とする。
球面鏡の式 $(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f})$ から、
 $\frac{1}{30} + \frac{1}{12} = \frac{1}{f}$ $\frac{1}{f} = \frac{1}{20}$ $f = 20\text{cm}$
倍率 m は、
 $m = \frac{b}{a} = \frac{12}{30} = 0.40$ 倍

p.199 図26

(1) 凹面鏡による光の進み方は次の手順で行う。

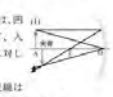
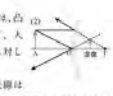
- ・Oに向かう光線は、凹面鏡で反射して、入射光線と光軸に対して対称に進む。
- ・光軸に平行な光線は凹面鏡で反射して焦点に向かう。
- ・焦点を通る光線は凹面鏡で反射して、光軸に平行になる。

以上の中から2本を選び光線を置き、反射して2本の線が交差する点に倒立の実像ができる。

(2) 凸面鏡による光の進み方は次の手順で行う。

- ・Oに向かう光線は、凸面鏡で反射して、入射光線と光軸に対して対称に進む。
- ・光軸に平行な光線は凸面鏡で反射して、焦点から出たように進む。
- ・焦点に向かう光線は凸面鏡で反射して、光軸に平行になる。

以上の中から2本を選び光線を置き、反射して2本の線の延長が交差する点に正立の虚像ができる。

p.199 振り返る5

①凸レンズの焦点より外側に物体を置いた場合、倒立の実像がつくれ、焦点よりも内側に物体を置いた場合、正立の虚像が作られる。凹レンズの場合、つくられる像はすべて正立の虚像である。

②凹面鏡の焦点より外側に物体を置いた場合、倒立の実像がつくれ、焦点よりも内側に物体を置いた場合、正立の虚像がつくれる。凸面鏡の場合、つくられる像はすべて正立の虚像である。

1問 / 6問

凸レンズの光軸に平行な光線は、凸レンズを通過した後、光軸上の1点に収束する。この点のことを何というか。

原点

焦点

基点

解答

107-62 (表名入る) / 第1章 波動 / 第3節 光法 / コ 光の回折と干渉

200 ページ ヤングの実験

201 ページ 【シミュレータ】 光の干渉

202 ページ 【学習動画】 例題8 ヤングの実験

202 ページ 例題8

203 ページ 例題3 ヤングの実験

204 ページ 白新格子による光の干渉

205 ページ 例27

205 ページ 実験10 レーザー光の波長の測定

206 ページ 反射光の位相

207 ページ 【学習動画】 例題9 薄膜による光の干渉

207 ページ 例題9

207 ページ TRY シャボン玉が色づく理由

208 ページ くさび形空気層による光の干渉 実写

208 ページ くさび形空気層による光の干渉 アニメ

208 ページ 例28

209 ページ ニュートンリング 動画

209 ページ ニュートンリング アニメ

209 ページ 例29

209 ページ 振り子ろう

209 ページ 問一答

210 ページ 【学習動画】 特異 光の干渉条件

211 ページ 練習1

211 ページ 練習2

211 ページ 練習3

211 ページ 練習4

211 ページ 練習5

© 2020-2025 社名入る


別紙 29-2

社名入力 物理科ウェブ
107-62 (書名入力)

著作権について

ヤングの実験

ヤングの実験 実写



明暗の縞が
0:35 / 0:52

ヤングの実験 アニメ

別紙 29-3

社名入力 物理科ウェブ
107-62 (書名入力)

ヤングの実験 アニメ

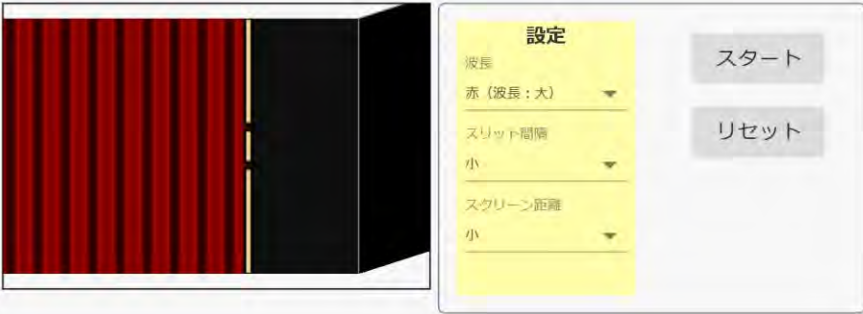


107-62 (書名入力) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 3 光の回折と干渉 / ヤングの実験

別紙 29-4

物理シミュレーター

光の干渉
【挑戦しよう】
明暗の縞の間隔の違いを確認しよう。



設定

波長
赤 (波長: 大)

スリット間隔
小

スクリーン距離
小

スタート

リセット

別紙 29-5

社名入力 物理科ウェブ
107-62 (書名入力)

著作権について

【学習動画】 例題8 ヤングの実験

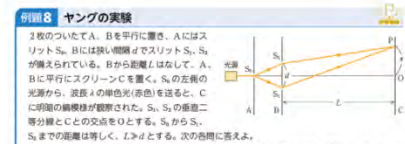
学習動画

例題8 ヤングの実験

2枚のついでに A、B を平行に置き、A にはスリット S_1 、B には狭い間隔 d でスリット S_2 、 S_3 が開えられている。B から距離 L はなして、A、B に平行にスクリーン C を置く。 S_1 の左側の光源から、波長 λ の単色光 (赤色) を送ると、C に明暗の縞模様を観察された。 S_1 の垂直二等分線と C との交点を O とする。 S_1 から S_2 、 S_3 までの距離は等しく、 $L \gg d$ とし、次の各問に答えよ。

- 点 O から上向きに距離 x はなれた点を P とし、 S_1 から P までの光の経路差を、 d 、 L 、 x を用いて表せ。ただし、 $L \gg x$ とし、 d が十分に小さいとき、 $\sin \theta \approx \tan \theta$ が成り立つものとする。
- 点 O から上向きに数えて 1 箇目の明線と点 O との間隔の距離を求めよ。
- 用いる単色光を青色に変えると、(2) の明線の位置はどのようになるか。

*※ $L \gg d$ のとき、 S_1P と S_2P は平行とみなせる。→ 経路差は $d \sin \theta$ と表せる。
経路差が波長の整数倍 → 2つの光は強めあふ。
(1) $L \gg d$ のとき、 S_1P と S_2P は平行とみなせる。
2つの経路差は $d \sin \theta$*



107-62 (書名入力) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 3 光の回折と干渉 / 【学習動画】 例題8 ヤングの実験

別紙 29-6

d.202 問題 8

(1) スクリーン上にできる暗線の間隔を Δx (m) とすると、「 $\Delta x = \frac{\lambda}{\theta}$ 」から、

$$\Delta x = \frac{1.5 \times (6.0 \times 10^{-7})}{3.0 \times 10^{-4}} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ m}$$


(2) 式「 $\Delta x = \frac{\lambda}{\theta}$ 」から、 θ を小さくすると、暗線の間隔 Δx は大きくなる。

別紙 29-7

107-62 (匿名入る)

探究3 ヤングの実験

探究 ヤングの実験



0:14 / 0:17

107-62 (匿名入る) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 3 光の回折と干渉 / 探究3 ヤングの実験

© 2020-2025 匿名入る

別紙 29-8

107-62 (匿名入る)

回折格子による光の干渉

回折格子による光の干渉 実写



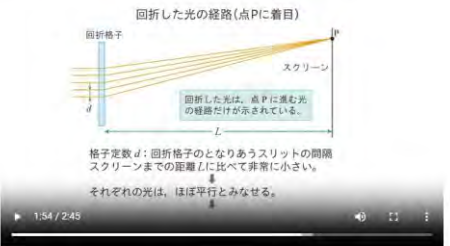
とびとびの明るい
0:40 / 0:54

回折格子による光の干渉 アニメ

別紙 29-9

107-62 (匿名入る)

回折格子による光の干渉 アニメ



回折した光の経路(点Pに着目)

回折した光は、直りに進む光の経路だけが示されている。

格子定数 d : 回折格子のとなりあうスリットの間隔
スクリーンまでの距離 L に比べて非常に小さい。

それぞれの光は、ほぼ平行とみなせる。

1:54 / 2:45

107-62 (匿名入る) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 3 光の回折と干渉 / 回折格子による光の干渉

別紙 29-10

p.205 例27

$1\text{cm} = 1 \times 10^{-2}\text{m}$ あたりのすじの数が500本であるから、格子定数 d (m) は、

$$d = \frac{1 \times 10^{-2}}{500} = 2.0 \times 10^{-5}\text{m}$$

明るい点の間隔が $d\sin\theta = 9.6 \times 10^{-3}\text{m}$ である。底辺が3.0m、高さが $9.6 \times 10^{-3}\text{m}$ の直角三角形を考えると、1次の回折光の進む角度 θ には、次の関係が成り立つ。

$$\sin\theta = \tan\theta = \frac{9.6 \times 10^{-3}}{3.0}$$

レーザー光の波長を λ (m) とする。 $d\sin\theta = m\lambda$ の式に $m=1$ 、 d と $\sin\theta$ の値をそれぞれ代入すると、

$$\lambda = \frac{d}{m} \sin\theta = \frac{2.0 \times 10^{-5}}{1} \times \frac{9.6 \times 10^{-3}}{3.0} = 6.4 \times 10^{-9}\text{m}$$

別紙 29-11

社名入力 教科書ウェブ
107-62 (書名入力)

著作権について

実験10 レーザー光の波長の測定

実験 レーザー光の波長の測定



0:10 / 0:18

107-62 (書名入力) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 3 光の回折と干渉 / 実験10 レーザー光の波長の測定

別紙 29-12

社名入力 教科書ウェブ
107-62 (書名入力)

著作権について

反射光の位相

反射光の位相

反射における位相の変化を調べる。
屈折率 $n_1 > n_2$ の反射



0:47 / 1:16

107-62 (書名入力) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 3 光の回折と干渉 / 反射光の位相

© 2020-2025 社名入力

別紙 29-13

社名入力 教科書ウェブ
107-62 (書名入力)

著作権について

【学習動画】 例題9 薄膜による光の干渉

学習動画

例題9 薄膜による光の干渉

ガラスの表面に、ガラスより大きい屈折率1.6の物質の薄膜をつけ、波長 $6.4 \times 10^{-9}\text{m}$ の光を上方から薄膜に垂直に入射させた。反射光が強い場合最小の薄膜の厚さは何mか。ただし、空気の屈折率を1とする。

小 $n=1$ 空気
大 $n=1.6$ 薄膜
小 $1 < n < 1.6$ ガラス

弱め合う条件 $2d = 2m \times \frac{\lambda}{2}$ (m は整数)

半波長の偶数倍で弱め合う

$m=1$ で d が最小なので、 $2d_{\min} = 2 \times 1 \times \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{n}$
 $d_{\min} = \frac{\lambda}{2n} = \frac{6.4 \times 10^{-9}}{2 \times 1.6} = 2.0 \times 10^{-9}\text{m}$

107-62 (書名入力) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 3 光の回折と干渉 / 【学習動画】 例題9 薄膜による光の干渉

別紙 29-14

p. 207 類題 9

空気と薄板の間で反射光の位相は π ずれる。また、ガラスよりも小さい屈折率 n の物質の薄板を付けたので、薄板とガラスの間で反射光の位相も π ずれる。両方の反射光どうしでは、位相のずれはないとみなすことができる。薄板の厚さを d 、屈折率を n 、波長を λ として、薄板に垂直に入射させたとき、反射光が強めあう条件は、

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n} \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

となる。最小の薄板の厚さでは、 $m=0$ となるため、

$$2d = \left(0 + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n} \quad d = \frac{\lambda}{4n}$$

別紙 29-15

p. 207 TRY

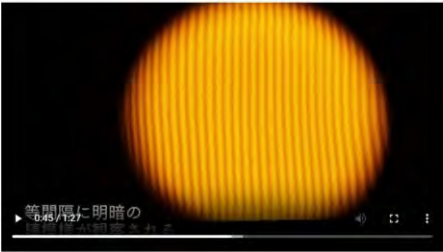
シロロシ玉は場所によって膜の厚さが異なり、強めあう光の波長も異なるため、さまざまな色づいて見える。

別紙 29-16

107-62 (音名入る)

くさび形空気層による光の干渉 実写

くさび形空気層による光の干渉 実写



等間隔に明暗の

107-62 (音名入る) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 3 光の回折と干渉 / くさび形空気層による光の干渉 実写

別紙 29-17

107-62 (音名入る)

くさび形空気層による光の干渉 アニメ

くさび形空気層による光の干渉 アニメ



位相はずれない

これらの光が干渉する

ガラス板

ガラス板

位相がπずれる

上方から光をあてる。

2つの反射光が、同位相のとき:明線

0:56 / 1:38

107-62 (音名入る) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 3 光の回折と干渉 / くさび形空気層による光の干渉 アニメ

p.208 問28

(1) 単位を m に換算すると、ガラス板の長さ L は $L=18\text{cm}=18\times 10^{-2}\text{m}$ 、金属箔の厚さ D は $D=0.10\text{mm}=0.10\times 10^{-3}\text{m}$ となる。干渉縞の間隔 Δx (m) は、「 $\Delta x=\frac{\lambda L}{D}$ 」から、

$$\Delta x = \frac{(18 \times 10^{-2}) \times (6.0 \times 10^{-7})}{2 \times (0.10 \times 10^{-3})}$$

$$= 5.4 \times 10^{-4}\text{m}$$

(2) ガラスの屈折率は液体の屈折率よりも大きいので、明線のできる条件は空気のと きと変わらない。液体中の波長は λ_0 となる。干渉縞の間隔を $\Delta x'$ とすると

$$\Delta x' = \frac{L\lambda_0}{2D} = \frac{1L}{n2D} = \frac{\Delta x}{n} = \frac{5.4 \times 10^{-4}}{1.2}$$

$$= 4.5 \times 10^{-4}\text{m}$$

107-62 (番号入力)

制作権について

ニュートンリング 動画

ニュートンリング 動画



同心円状の縞模様
が観察される

中心は
暗い

0:59 / 1:45

107-62 (番号入力) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 3 光の回折と干渉 / ニュートンリング 動画

107-62 (番号入力)

制作権について

ニュートンリング アニメ

ニュートンリング アニメ



107-62 (番号入力) / 第1章 波動 / 第3節 光波 / 3 光の回折と干渉 / ニュートンリング アニメ

p.209 問29

2番目の明線の半径を r_2 (m) とする。明線ができる条件式「 $2d = \frac{r^2}{R} = (m + \frac{1}{2})\lambda$ 」で、 $m=1$ として、

$$\frac{r_2^2}{100} = \left(1 + \frac{1}{2}\right) \times (5.0 \times 10^{-7})$$

$$r_2 = \sqrt{3 \times \frac{5.0 \times 10^{-7}}{2} \times 100}$$

$$= \sqrt{81 \times 10^{-6}} = 9.0 \times 10^{-3}\text{m}$$

単位を cm に換算して、**0.90cm**

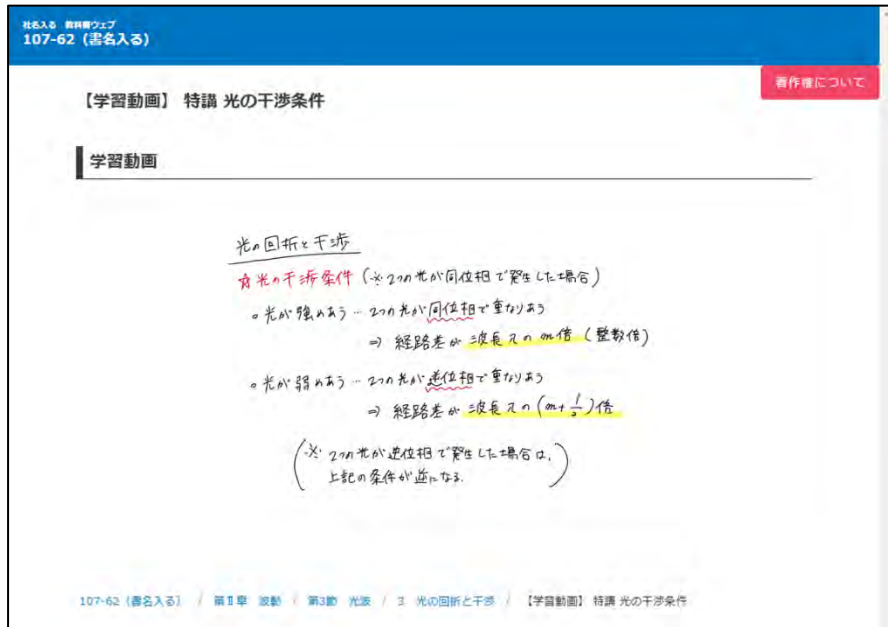
別紙 29-22



別紙 29-23



別紙 29-24



別紙 29-25




p.211 練習2
 明線の間隔を Δx として、格子定数を d 、回折格子からスクリーンまでの距離をとると、明線の間隔は、次の式で表される。

$$\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$$
 ①回折格子の格子定数 d を大きいものに変えらると、 Δx は狭くなる。
 ②回折格子からスクリーンまでの距離 L を短くすると、 Δx は狭くなる。

p.211 練習3
 空気の層の場合：
 薄膜の上面で位相が π ずれ、薄膜の下面では位相は変わらない。光路差が、波長の(整数 + $\frac{1}{2}$)倍のとき強めあい、波長の整数倍のとき弱めあう。したがって、強めあう条件の式は、

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n}$$
 ガラス板上の場合：
 薄膜の上面、下面とも位相が π ずれるので、結果的に反射による位相のずれはなくなる。光路差が波長の整数倍のとき強めあう。波長の(整数 + $\frac{1}{2}$)倍のとき弱めあう。したがって、強めあう条件の式は、

$$2d = m \frac{\lambda}{n}$$

p.211 練習4

 ガラス板の上方から見たとき、ガラス板で反射する光と、空気層の通過した後に反射する光の干渉を見る。空気層の下面による反射で位相が π ずれるので、2つの光には位相が π ずれている。光の波長 λ による明線の位置は、空気層の厚さを d とすると、次の式で表される。

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$
 一方、ガラス板の下方から見たとき、直進する光線と、空気層の中で2回反射して通過する光の干渉を見る。空気層の下面、上面での反射でどちらも位相が π ずれるので、結果的に反射による位相のずれはなくなる。光の波長 λ による明線の位置は、空気層の厚さを d とすると、次の式で表される。

$$2d = m \lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$
 また、光は空気層の中を通過するだけで光の波長は変化しないため、干渉線の間隔は同じである。
 以上のことから、上方から見たものと比べて、**透明線・暗線が逆になる。**

p.211 練習5
 波長 λ の光が屈折率 n の液体中では、波長は $\frac{\lambda}{n}$ となり、波長が短くなる。明線の半径 r は、次の式で表される。

$$r = \sqrt{\left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda R}$$
 $(m = 0, 1, 2, \dots)$
 したがって、液体を満たす前と比べて、**明線の半径が小さくなる。**

問題入る 問題集のトップ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第3章 波動 / 第3節 光波 / 節末問題

212
→ 節末問題

© 2020-2025 社名入る

第2章第3節 光波 節末問題 解答・解説

d. 212 節末問題 1

AB, AC, BC の各面での光の屈折、反射について考える。

AB: 入射角は 60° である。屈折角を θ_1 とすると、屈折の法則から、

$$\frac{\sin 60^\circ}{\sin \theta_1} = \frac{n_{\text{空気}}}{n_{\text{ガラス}}} = \frac{\sqrt{3}}{1}$$

$$\sin \theta_1 = \frac{\sin 60^\circ}{\sqrt{3}} = \frac{1}{2} \quad \theta_1 = 30^\circ$$

AC: 入射角は 60° となる。屈折角を θ_2 とすると、屈折の法則から、

$$\frac{\sin 60^\circ}{\sin \theta_2} = \frac{n_{\text{空気}}}{n_{\text{ガラス}}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\sin \theta_2 = \sqrt{3} \sin 60^\circ = \frac{3}{2} > 1$$
 $\sin \theta > 1$ を満たす角 θ は存在しない、すなわち、全反射がおこる。反射角は、入射角に等しく、 60° である。

BC: 入射角は 30° となる。屈折角を θ_3 とすると、屈折の法則から、

$$\frac{\sin 30^\circ}{\sin \theta_3} = \frac{n_{\text{空気}}}{n_{\text{ガラス}}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\sin \theta_3 = \sqrt{3} \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \theta_3 = 60^\circ$$

以上から、光の経路は図のようになる。

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第III章 電気と磁気 / 第1節 電場と電位 / 1 静電気力 著作権について

216 ページ	📄	静電気力
217 ページ	📄	ぼけラボ18 静電気力
217 ページ	📄	問1
219 ページ	📄	TRY 導体と不導体の違い
219 ページ	📄	実験11 箔検電器
220 ページ	📄	問2
221 ページ	🎬	【学習動画】 例題1 クーロンの法則
221 ページ	📄	類題1
221 ページ	📄	TRY 静電気力と万有引力の比較
221 ページ	📄	振り返ろう
221 ページ	👉	一問一答

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る) 著作権について

静電気力

静電気力 (異種の電荷間)

アクリル棒が
引き寄せられる。

別紙 31-3

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

静電気力 (同種の電荷間)



アクリル棒が遠ざかる

0:29 / 1:16

別紙 31-4

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

ぼけラボ18 静電気力

著作権について

ぼけラボ 静電気力



ストローどうしの間には斥力がはたらく。

1:00 / 1:09

別紙 31-5

p. 217 問1

ガラス棒が正に帯電したことから、電子は**ガラス棒から絹の布に**移動し、絹の布は $-3.2 \times 10^{-6} \text{C}$ 帯電した。移動した電子の数 n は、

$$-1.6 \times 10^{-19} \times n = -3.2 \times 10^{-6}$$

$n = 2.0 \times 10^{14}$ 個

別紙 31-6

p. 219 TRY

金属箔は静電誘導によって、紙片は誘電分極によって金属板に引き寄せられる。

金属箔が金属板に接触すると、金属板の正電荷によって金属箔が正に帯電し、斥力がはたらくように落ちる。一方、紙片は、金属板に接触しても電荷の移動は起こらないので、接触したままである。


別紙 31-7

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

実験11 箔検電器

実験 箔検電器



0:38 / 0:51

別紙 31-9

別紙 31-8

p. 220 問2

異符号の電荷間にはたらく静電気力は**引力**である。その大きさはクーロンの法則

「 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 」から、

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

$$= 9.0 \times 10^9 \times \frac{(2.0 \times 10^{-7}) \times (-5.0 \times 10^{-7})}{0.50^2}$$

$$= 3.6 \times 10^{-3} \text{ N}$$

別紙 31-10

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)


著作権について

【学習動画】 例題1 クーロンの法則

学習動画

例題1 クーロンの法則

質量 $2.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$ の小さな金属球Aが、軽いナイロン糸でつるされている。Aに電気を与え、 $4.9 \times 10^{-7} \text{ C}$ の正の電気をもち小さな金属球Bを近づけたところ、両者は同じ高さとなって、図のように 0.30 m はなれて静止した。クーロンの法則の比例定数を $9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ 、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とし、A、Bの間にはたらく静電気力の大きさと、Aの電量を求めよ。



★金属球Aに受け力Fを図示して、つりあいの式を立てる。

水平方向と鉛直方向のつりあいの式は、

$$\text{水平: } \frac{F}{\sqrt{2}} - F = 0 \dots \text{①} \quad \text{鉛直: } \frac{F}{\sqrt{2}} - (2.0 \times 10^{-3}) \times 9.8 = 0 \dots \text{②}$$

①-②より、 $F = 1.96 \times 10^{-2} \text{ N}$ $2.0 \times 10^{-2} \text{ N}$

p. 221 類題1

金属球にはたらく力は、重力 mg 、張力 T 、静電気力 F であり、図のようになる。鉛直方向、水平方向の力のつりあいを考えると、

鉛直方向: $T \cos 45^\circ - mg = 0$
 水平方向: $T \sin 45^\circ - F = 0$

これより、 $F = mg = (2.5 \times 10^{-3}) \times 9.8 \text{ N}$ である。

また、金属球AB間は $2 \times 0.10 \sin 45^\circ \text{ m}$ であり、金属球A、Bの電荷を q [C] とすると、クーロンの法則「 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 」から、

$$(9.0 \times 10^9) \times \frac{q^2}{(2 \times 0.10 \sin 45^\circ)^2} = (2.5 \times 10^{-3}) \times 9.8$$

$$q^2 = \frac{(2.5 \times 10^{-3}) \times 9.8}{9.0 \times 10^9} \times (2 \times 0.10 \sin 45^\circ)^2$$

$$= \frac{49}{9.0} \times 10^{-11}$$

$$q = \frac{7.0}{3.0} \times 10^{-7} = 2.33 \times 10^{-7} \text{ C}$$

A、Bともに $2.3 \times 10^{-7} \text{ C}$

別紙 31-11

p. 221 TRY

水素原子の陽子と電子の間にはたらく静電気力の大きさ F_1 [N] は、

$$F_1 = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

$$= (9.0 \times 10^9) \times \frac{[(1.6 \times 10^{-19}) \times (-1.6 \times 10^{-19})]}{(5.3 \times 10^{-11})^2}$$

$$= 8.20 \times 10^{-8} \text{ N}$$

水素原子の陽子と電子の間にはたらく万有引力の大きさ F_2 [N] は、

$$F_2 = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$= (6.7 \times 10^{-11}) \times \frac{(1.7 \times 10^{-27}) \times (9.1 \times 10^{-31})}{(5.3 \times 10^{-11})^2}$$

$$= 3.68 \times 10^{-47} \text{ N}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{8.20 \times 10^{-8}}{3.68 \times 10^{-47}} = 2.22 \times 10^{39}$$

3.2×10^{39} 倍

別紙 31-12

p. 221 振り返ろう

①導体の場合、静電誘導によって引力が生じるが、接触すると電子が移動し、斥力が生じる。不導体の場合、誘電分極によって引力が生じ、接触しても電子は移動できないのでそのまま引きあう。

②2つの電荷が同符号なら斥力、異符号なら引力がはたらく。その大きさは、2つの電荷の電気量の絶対値の積に比例し、距離に反比例する。

別紙 31-13















1問 / 4問

2つの物体A、Bがあり、ともに負に帯電している。この2物体を近づけたとき、物体間にはたらく力は、引力・斥力のどちらか。

引力

斥力

解答

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)		
107-62 (書名入る) / 第三章 電気と磁気 / 第1節 電場と電位 / 2 電場		著作権について
222 ページ	 問3	
223 ページ	 点電荷がつくる電場	
223 ページ	 問4	
224 ページ	 【学習動画】 例題2 電場の合成	
224 ページ	 類題2	
225 ページ	 電気力線	
226 ページ	 ぼけラボ19 電気力線の観察	
227 ページ	 電気力線(平面上に分布した電荷)	
227 ページ	 電気力線(金属板間) 実写	
227 ページ	 電気力線(金属板間) アニメ	
228 ページ	 【学習動画】 例題3 球面上に分布した電荷による電場	
228 ページ	 類題3	
228 ページ	 パンデグラフ型起電機	
228 ページ	 振り返ろう	
228 ページ	 一問一答	

p. 222 問3
 右向きを正とする。陽子が電場から受ける力 F [N] は、

$$F = qE = (1.6 \times 10^{-19}) \times (4.0 \times 10^6)$$

$$= 6.4 \times 10^{-14} \text{N}$$
右向きに $6.4 \times 10^{-14} \text{N}$
 電子が電場から受ける力 F [N] は、

$$F = qE = (-1.6 \times 10^{-19}) \times (4.0 \times 10^6)$$

$$= -6.4 \times 10^{-14} \text{N}$$
 負の符号なので、向きは逆向きの左向きとなる。**左向きに $6.4 \times 10^{-14} \text{N}$**

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

点電荷がつくる電場

点電荷がつくる電場について調べる。

空間に点電荷 Q を置く。
 ↓
 点電荷 Q のまわりの空間の状態が変化する。(電場が生じる)
 ↓
 別の点電荷 q が電場中にあるとき、電場から静電気力を受ける。

0:40 / 2:05

p. 223 問4
 正電荷なので、**O から P の向き**に電場をつくる。電場の大きさ E [N/C] は、

$$E = k \frac{Q}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{5.0 \times 10^{-6}}{0.30^2}$$

$$= 5.0 \times 10^6 \text{N/C}$$
 電場の向きを正とする。点 P に置かれた負電荷が電場から受ける静電気力 F [N] は、

$$F = qE = (-2.0 \times 10^{-7}) \times (5.0 \times 10^6)$$

$$= -1.0 \times 10^{-1} \text{N}$$
P から O の向き、 $1.0 \times 10^{-1} \text{N}$

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

【学習動画】例題2 電場の合成

学習動画

例題2 電場の合成
 図のような直角二等辺三角形 ABC があり、AB の長さは 0.30m である。点 A に $2.0 \times 10^{-6} \text{C}$ 、点 B に $-2.0 \times 10^{-6} \text{C}$ の点電荷を置く。クーロンの法則の比例定数を $9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ として、次の各問に答えよ。
 (1) AB の中点 O における電場の向きと強さを求めよ。
 (2) 点 C における電場の向きと強さを求めよ。

★ 電場の強さ... +1Cの電荷が受ける静電気力の1/2
 ★ 電場の重ね合わせ → 電場のベクトル和と強さの2乗

(1) 「E = k * Q / r^2」より、 $E_A = E_B = k \cdot \frac{Q}{0.30^2}$
 $E_0 = E_A + E_B = 2E_A = 2 \times (9.0 \times 10^9) \times \frac{2.0 \times 10^{-6}}{0.30^2} = 7.0 \times 10^6 \text{N/C}$
A から B の向き

別紙 32-6

p. 224 問題 2

点 A から右向きに x (m) 位置とする。点 B からの距離は $a-x$ (m) となる。

点 A からは右向きに、点 B からは左向きに電場が生じる。右向きを正として、電場の強さが 0 となることから、

$$0 = k \frac{Q}{x^2} - k \frac{9Q}{(a-x)^2}$$

$$0 = (a-x)^2 - 9x^2 = (a-x)^2 - (3x)^2$$

$$\{(a-x)+3x\} \times \{(a-x)-3x\} = 0$$

$$(a+2x) \times (a-4x) = 0$$

$$x = -\frac{a}{2}, \frac{a}{4} \quad 0 \leq x < a \text{ から, } x = \frac{a}{4}$$

別紙 32-7

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

電気力線

電気力線(1個の点電荷)

電極を中心に放射状に広がる

1:31 / 1:44

別紙 32-8

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

電気力線(同種の点電荷)

1:19 / 1:36

別紙 32-9

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

電気力線(異種の点電荷)

1:19 / 1:31


別紙 32-10

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

ぼけラボ19 電気力線の観察

ぼけラボ 電気力線の観察



1:19 / 1:40

別紙 32-11

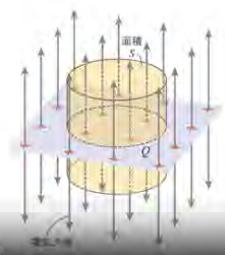
社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

電気力線(平面上に分布した電荷)

電気力線(平面上に分布した電荷)

平面上に分布した電荷



電気力線は平面の両側から垂直に出る。

↓

ガウスの法則を用いて電場の強さを求める。

↓

上面と下面の各面積が S の円柱を考える。平面の電荷が面積 S あたりに Q であるとする。

↓

円柱を貫く電気力線の本数 N は、 $N = 4\pi k Q$

0:53 / 1:51

別紙 32-12

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

電気力線(金属板間) 実写

電気力線(金属板間) 実写



金属板間には、金属板に垂直な線状の様子が観察できる。

0:29 / 0:33

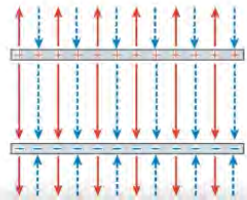
別紙 32-13

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

電気力線(金属板間) アニメ

電気力線(金属板間) アニメ



薄い2枚の金属板に、大きさの等しい正電荷と負電荷をそれぞれ帯電させる。

↓

それぞれの電荷から電気力線が生じる。

0:43 / 1:18

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題3 球面上に分布した電荷による電場

著作権について

学習動画

例題3 球面上に分布した電荷による電場

図のように、半径 R (m) の金属球の表面に、 Q (C) の正電荷が一様に分布している。クーロンの法則の比例定数を k (N・m²/C²) とする。

(1) 金属球の中心 O と共通の中心をもつ半径 r (m) ($r > R$) の球面を考える。半径 r (m) の球面を球面に貫く電気力線の本数は何本か。

(2) 中心 O から r (m) はなれた位置にできる電場の強さを求めよ。

曲面内の電荷の総和
閉じた曲面 (表面積 $4\pi r^2$)

★ ガウスの法則 ... 閉曲面内部の電荷の和が Q [C] のとき、
閉曲面を貫く電気力線の本数は $4\pi k Q$ 本

(1) ガウスの法則より、 $4\pi k Q$ 本

(2) 電気力線の本数 $= 1\text{m}^2$ あたりに貫く電気力線の本数 $\Rightarrow \frac{4\pi k Q}{4\pi r^2} = k \frac{Q}{r^2}$ [N/C]

p. 228 練習3

(1) 長さ L (m) の導線の中に、 Lq [C] の電荷がたくわえられている。半径 r (m) の円筒の側面を貫く電気力線の本数 N は、ガウスの法則から、

$$N = 4\pi k Q = 4\pi k \times (Lq) = 4\pi k Lq \text{ 本}$$

(2) 円筒の側面の面積 S (m²) を求めると、円筒は $2\pi r$ となるので、

$$S = L \times (2\pi r) = 2\pi r L \text{ (m}^2\text{)}$$

電場の強さは、単位面積あたりに貫く電気力線の本数から求められるので、

$$E = \frac{N}{S} = \frac{4\pi k Lq}{2\pi r L} = \frac{2kq}{r} \text{ [N/C]}$$

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

バンデグラフ型起電機

著作権について

バンデグラフ型起電機

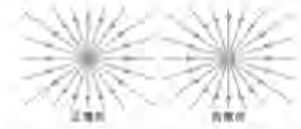


ビニールひも全体が負に帯電し、負電荷どうしの斥力によってひもが反発しあう。

0:31 / 0:54

p. 228 振り返ろう

① 電気力線は図のようになり、正の点電荷のまわりには点電荷から出る向きに、負の点電荷のまわりには点電荷に向かう向きに電場が発生する。




































② 任意の閉じた閉曲面を貫く電気力線の本数は、閉曲面内部の電荷の和を Q (C) とすると、 $4\pi k Q$ 本である。正電荷 Q (C) からは $4\pi k Q$ 本の電気力線が出て、負電荷 $-Q$ (C) には $4\pi k Q$ 本の電気力線が入る。

1問 / 5問

右向きに $3.0 \times 10^2 \text{ N/C}$ の電場中に、電荷が $-2.0 \times 10^{-7} \text{ C}$ の点電荷を置いたとき、点電荷が電場から受ける力は、どちら向きに何Nか。

- 右向きに $6.0 \times 10^{-6} \text{ N}$
- 左向きに $6.0 \times 10^{-6} \text{ N}$
- 左向きに $6.0 \times 10^{-5} \text{ N}$

解答

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)		著作権について
229 ページ	 電位(重力と静電気力)	
229 ページ	 問5	
230 ページ	 問6	
230 ページ	 一様な電場と電位差	
231 ページ	 【学習動画】 例題4 一様な電場	
231 ページ	 類題4	
231 ページ	 TRY 一様な電場中における電荷の運動	
232 ページ	 電位(点電荷のまわりの電位)	
233 ページ	 【学習動画】 例題5 電位の合成	
233 ページ	 類題5	
234 ページ	 等電位面と電気力線(両者の関係)	
234 ページ	 等電位面と電気力線(正の点電荷)	
235 ページ	 等電位線と電気力線(2つの電荷)	
235 ページ	 【シミュレータ】 等電位面と電気力線	
235 ページ	 問7	
236 ページ	 【学習動画】 例題6 電位とエネルギー	
236 ページ	 類題6	
237 ページ	 探究4 等電位線と電気力線	
238 ページ	 【学習動画】 特講 電場と電位	
239 ページ	 練習1	
239 ページ	 練習2	
239 ページ	 練習3	
240 ページ	 練習4	
240 ページ	 練習5	
240 ページ	 練習6	
240 ページ	 TRY 2つの点電荷による電場と電位	
241 ページ	 電場中の導体	
241 ページ	 TRY 導体内部の電荷の分布	
242 ページ	 静電遮蔽	
242 ページ	 問8	
243 ページ	 TRY 電場の遮蔽	
243 ページ	 振り返ろう	
243 ページ	 一問一答	

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

【学習動画】 例題4 一樣な電場

学習動画

例題4 一樣な電場

図のように、一樣な電場の中に、電場の方向に0.30mはなれた2点A、Bがある。Aの電位は、Bよりも $1.5 \times 10^4 \text{V}$ 高い。

(1) AB間の電場の向きと強さはいくらか。
 (2) 電気量 $3.2 \times 10^{-10} \text{C}$ の点電荷を点Aに置くと、静電気力を受けて移動し始めた。点Bに達するまでに、静電気力がする仕事はいくらか。

★ 電場力線の向きは、電位が下がる向き
 ★ 2点間の電位の差 = 2点間で1Cの電荷が静電気力からした仕事

(1) 向き: AからBの向き

$$E = \frac{V}{d} \text{ 16V}, \quad E = \frac{1.5 \times 10^4}{0.30} = 5.0 \times 10^4 \text{ V/m}$$

p. 231 TRY

電場は、電位の高い方から低い方に向くので、グラフから、電場の向きはx軸正の向きである。また、傾きが一定であるので、電場の大きさは一樣である。一樣な電場中では、静電気力が一定であるため、加速度が一定の等加速度直線運動をする。

正の点電荷の場合：
 正電荷は、電場の向きに一定の大きさの静電気力を受ける。したがって、**x軸の正の向きに等加速度直線運動**をする。

負の点電荷の場合：
 負電荷は、電場の向きと逆向きに一定の大きさの静電気力を受ける。したがって、**x軸の負の向きに等加速度直線運動**をする。

p. 231 類題4

(1) 右向きに一樣な電場ができていますので、始点であるBの方が電位が高い。
 AB間の電位差は、 $V = Ed$ から、
 $V_{AB} = (2.0 \times 10^4) \times 0.50 = 1.0 \times 10^4 \text{V}$
Bの電位が $1.0 \times 10^4 \text{V}$ 高い

(2) 負電荷が点Aに置かれたとき、静電気力は左向きにはたらく。点Bに達するまでに電位がした仕事 $W \text{ [J]}$ は、 $W = -QV$ から、

$$W = -(-1.6 \times 10^{-10}) \times (1.0 \times 10^4) = 1.6 \times 10^{-6} \text{J}$$

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

電位(点電荷のまわりの電位)

電位(点電荷のまわりの電位)

万有引力

万有引力による位置エネルギーUは、
 $U = -G \frac{Mm}{r}$
 基準：無限遠

静電気力

静電気力による位置エネルギーUは、
 $U = k \frac{Qq}{r}$
 基準：無限遠
 (万有引力のときと符号が変わる。)

1:47 / 2:10

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

【学習動画】 例題5 電位の合成

学習動画

例題5 電位の合成

図のようなxy平面において、点A(2a, 0)に電気量+Qの正の点電荷、点B(-2a, 0)に電気量-Qの負の点電荷を固定した。
 (2a, 3a)を点Cとする。電位の基準を無限遠とし、クーロンの法則の比例定数をkとして、次の各問に答えよ。
 (1) 原点O、点Cの電位V_O、V_Cをそれぞれ求めよ。
 (2) 電気量+qの正の点電荷に外力を加え、点Oから点Cまでゆっくりと運ぶとき、外力がする仕事を求めよ。

(1) 「 $V = k \frac{Q}{r}$ 」から、
 $V_O = V_{AO} + V_{BO} = k \frac{Q}{2a} + k \frac{(-Q)}{2a} = 0$
 $V_C = V_{AC} + V_{BC} = k \frac{Q}{3a} + k \frac{(-Q)}{5a} = \frac{2kQ}{15a}$

p. 233 例題5

Oにおいた電荷による電位をV_O、Aにおいた電荷による電位をV_Aとすると、電位は、V_O+V_Aになる。

図のように、Oを原点とし、OからAの向きを正としてx軸をとる。電位が0になる点の座標をxとし、x<0、0<x<0.30、0.30<xの3つに分けて調べる。

x<0のとき：

$$V_O = 9.0 \times 10^9 \times \frac{1.0 \times 10^{-8}}{-x}$$

$$V_A = 9.0 \times 10^9 \times \frac{-2.0 \times 10^{-8}}{0.30 - x}$$

$$V_O + V_A = 9.0 \times 10^9 \times \frac{1.0 \times 10^{-8}}{-x} + 9.0 \times 10^9 \times \frac{-2.0 \times 10^{-8}}{0.30 - x} = 0$$

$$1.0 \times (0.30 - x) + (-2.0) \times (-x) = 0$$

$$x + 0.30 = 0 \quad x = -0.30 \text{ m}$$

Oから左向きに0.30mの点

0<x<0.30のとき：

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

等電位面と電気力線(両者の関係)

等電位面と電気力線(両者の関係)

電場は等電位面(線)に沿った方向の成分をもたない
 ↓
 等電位面(線)は、電気力線と垂直である。
 等しい電位差で等電位面(線)を描くと、
 ↓
 それぞれの間隔は等しくなる。

1:14 / 1:22

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

等電位面と電気力線(正の点電荷)

等電位面と電気力線(正の点電荷)

等電位線は地図の等高線に見立てることができる。

電荷に近いほど高い(高電位)

電荷から遠いほど低い(低電位)

1:28 / 2:06

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

等電位線と電気力線 (2つの電荷)

等電位線と電気力線 (2つの正電荷)

電気量の等しい2つの正電荷

電気力線を描く。
等電位線を描く。
↓
等電位線は地図の等高線に見立てることができる。

電気力線 等電位線と電気力線

各電荷に近いほど高い (高電位)
両電荷から遠いほど低い (低電位)

0:55 / 1:04

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

等電位線と電気力線 (正電荷と負電荷)

電気量の大きさが等しい正電荷と負電荷

電気力線を描く。
等電位線を描く。
↓
等電位線は地図の等高線に見立てることができる。

等電位線と電気力線

正電荷に近いほど高い (高電位)

0:58 / 1:11

物理シミュレーター

等電位面と電気力線

【挑戦しよう】 CLEAR

点P●の電場がもっとも強くなるように設定しよう。

点電荷A 点電荷B

電荷 Q_A 電荷 Q_B

+q +q

電気力線

等電位面

平面 立体

p. 235 問7

各点の電位は、 $V_A = 30V$ 、 $V_B = 20V$ 、 $V_C = -30V$ 、 $V_D = 10V$ 、 $V_E = 10V$ である。各区間で正電荷が静電気力からされる仕事は、

A→B: $W_{AB} = q(V_A - V_B) = 1.0 \times (30 - 20) = 10J$

B→C: $W_{BC} = q(V_B - V_C) = 1.0 \times (20 - (-30)) = 50J$

C→D: $W_{CD} = q(V_C - V_D) = 1.0 \times ((-30) - 10) = -40J$

D→E: $W_{DE} = q(V_D - V_E) = 1.0 \times (10 - 10) = 0J$

E→A: $W_{EA} = q(V_E - V_A) = 1.0 \times (10 - 30) = -20J$

仕事の和 W (J) は、

$W = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DE} + W_{EA} = 0J$

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題6 電位とエネルギー

著作権について

学習動画

例題6 電位とエネルギー

図のように、正電荷 Q が点 O に固定されている。点 O から距離 R はなれた点 A に、質量 m 、正電荷 q をもつ小球を静かに置いたところ、静電気力を受けて運動し、点 O から距離 $2R$ はなれた点 B を速さ v で通過した。小球にはたらく重力は無視できるものとして、次の各問に答えよ。ただし、クーロンの法則の比例定数を k とする。

- 基準を無限遠にとると、点 A で小球がもつ静電気力による位置エネルギーを求めよ。
- 点 B における小球の速さ v を求めよ。

★ 静電気力のほか仕事 → 力学的エネルギー → 保存される

(1) 点 A での正電荷の位置エネルギー $= W$ 、
 $U = k \frac{Qq}{R}$ あり、 $U_A = k \frac{Qq}{R}$

p. 236 類題6

無限遠では静電気力による位置エネルギーは 0 になる。

そのときの小球の速さを v とすると、エネルギー保存の法則から、

$$\frac{1}{2} m \times 0^2 + k \frac{Qq}{a} = \frac{1}{2} m v^2 + 0$$

$$v = \sqrt{\frac{2kQq}{ma}}$$

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

探究4 等電位線と電気力線

著作権について

探究 等電位線と電気力線

0:27 / 0:34

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

【学習動画】 特講 電場と電位

著作権について

学習動画

電場と電位
 点電荷 Q 周りの電場の場合

- 静電気力 $F \rightarrow F = qE = k \frac{Qq}{r^2}$
- 静電気力 F の位置エネルギー $\rightarrow U = qV = k \frac{Qq}{r}$
- 静電気力の仕事 $\rightarrow W = qV_{AB}$

p. 239 練習 1

- (1) 点 P は点 O から右向きにあり、電場の向きも **右向き** となる。電場の大きさ E [N/C] は、

$$E = k \frac{Q}{a^2} \text{ [N/C]}$$

- (2) 電位の基準を無限遠としていることから、点 P の電位 V [V] は、

$$V = k \frac{Q}{a} \text{ [V]}$$

- (3) 正の点電荷が受ける静電気力 F [N] は **右向き** に、

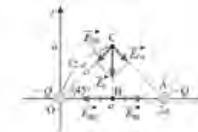
$$F = qE = q \times k \frac{Q}{a^2} = k \frac{Qq}{a^2} \text{ [N]}$$

点電荷がもつ静電気力による位置エネルギー $-U$ [J] は、

$$U = qV = q \times k \frac{Q}{a} = k \frac{Qq}{a} \text{ [J]}$$

p. 239 練習 2

- (1) 点 B における点 O からの電場を \vec{E}_{BO} 、点 A からの電場を \vec{E}_{BA} とすると、図のように表される。右向きを正として、点 B の電場 E_B は、



$$E_B = k \frac{-Q}{a^2} - k \frac{-Q}{a^2} = 0$$

点 B の電位 V_B は、各点電荷の電位のスカラー和であるから、

$$V_B = k \frac{-Q}{a} + k \frac{-Q}{a} = -\frac{2kQ}{a}$$

- (2) 点 C における点 O からの電場を \vec{E}_{CO} 、点 A からの電場を \vec{E}_{CA} とすると、図のように表される。それぞれの大きさは、距離が $\sqrt{2}a$ であることから、

$$E_{CO} = E_{CA} = k \frac{|-Q|}{(\sqrt{2}a)^2} = \frac{kQ}{2a^2}$$

p. 239 練習 3

- (1) 点 O の電位を 0V としているので、点 A の電位 V_A [V]、点 B の電位 V_B [V] は、それぞれ、

$$V_A = Ea \text{ [V]} \quad V_B = E \times 2a = 2Ea \text{ [V]}$$

- (2) 金属板間の電気力線は、 $x=3a$ の正電荷から $x=0$ の負電荷の向きに一樣に並ぶ。その間の等電位線は、電気力線に直行しており、また等間隔になることから、正しい図は、**2** となる。

- (3) 点電荷が受ける静電気力 F [N] は、電場の向き (**左向き**) に $F=qE$ [N] となる。また、静電気力による位置エネルギー $-U_0$ [J] は、

$$U_0 = qV_0 = q \times 2Ea = 2qEa \text{ [J]}$$

- (4) 静電気力がする仕事 W [J] は、

$$W = q \times (V_0 - V_A) = q \times (2Ea - Ea) = qEa \text{ [J]}$$

ゆっくりと移動させるためには、外力は静電気力と逆向きで同じ大きさの力となる。

したがって、外力がする仕事 W' [J] は、

$$W' = -W = -qEa \text{ [J]}$$

p. 240 練習 4

- (1) グラフは、原点 ($x=0\text{m}$) で電位が 8.0V、 $x=6.0\text{m}$ で電位が -4.0V の直線で表されている。電場 E [V/m] の大きさは、グラフの傾きから、

$$E = \left| \frac{-4.0 - 8.0}{6.0 - 0} \right| = 2.0 \text{ V/m}$$

向きは、電位が小さくなる向きとなるので、**x 軸の正の向き** となる。

- (2) $x=2.0\text{m}$ の電位 V_2 [V] は、

$$V_2 = V_0 - Ex = 8.0 - 2.0 \times 2.0 = 4.0 \text{ V}$$

- (3) 負の点電荷が受ける静電気力の向きは、電場と逆向き (**x 軸の負の向き**) となる。大きさ F [N] は、

$$F = |qE| = |(-3.0 \times 10^{-9}) \times 2.0| = 6.0 \times 10^{-9} \text{ N}$$

また、静電気力による位置エネルギー $-U$ [J] は、

$$U = qV = (-3.0 \times 10^{-9}) \times 4.0 = -1.2 \times 10^{-8} \text{ J}$$

p. 240 練習5

(1) 電場が最も大きい点は、等電位線の間隔が最も狭い点となる。図から、**点A、E**となる。

(2) 点Aの電位 V_A [V] は、図から 50Vである。静電気力による位置エネルギー U [J] は、
 $U_A = qV_A = (3.0 \times 10^{-9}) \times 50 = \mathbf{1.5 \times 10^{-7} \text{ J}}$

(3) 点B-Eの電位 $V_B \sim V_E$ [V] はそれぞれ、
 $V_B = 30V, V_C = 20V, V_D = 20V, V_E = 50V$
 である。A-B、B-C、C-D、D-Eの各区間の静電気力がする仕事 $W_{AB}, W_{BC}, W_{CD}, W_{DE}$ [J] は、
 $W_{AB} = q(V_A - V_B) = (3.0 \times 10^{-9}) \times (50 - 30) = \mathbf{6.0 \times 10^{-7} \text{ J}}$
 $W_{BC} = q(V_B - V_C) = (3.0 \times 10^{-9}) \times (30 - 20) = \mathbf{3.0 \times 10^{-7} \text{ J}}$
 $W_{CD} = q(V_C - V_D) = (3.0 \times 10^{-9}) \times (20 - 20) = \mathbf{0 \text{ J}}$
 $W_{DE} = q(V_D - V_E) = (3.0 \times 10^{-9}) \times (20 - 50) = \mathbf{-9.0 \times 10^{-7} \text{ J}}$
 総和 W_{AE} [J] は、
 $W_{AE} = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DE} = \mathbf{0 \text{ J}}$

p. 240 TRY

正電荷 $+q$ を $+2q$ にすると、電位は正の側が2倍となる。2つの点電荷と等距離にある原点Oでは、電位は正の側に振れるので、グラフは③のようになる。

p. 240 練習6

(1) 2.0m ごとに 10V の電位差があるので、電場の強さ E [V/m] は、
 $E = \frac{V}{d} = \frac{10}{2.0} = \mathbf{5.0 \text{ V/m}}$

点Aで粒子が受ける静電気力 F [N] は
 $F = qE = (6.0 \times 10^{-9}) \times 5.0 = \mathbf{3.0 \times 10^{-8} \text{ N}}$

(2) 粒子が持つ静電気力による位置エネルギー U [J] は、
 $U = qV = (6.0 \times 10^{-9}) \times 30 = \mathbf{1.8 \times 10^{-7} \text{ J}}$

(3) 電位が 0V の点を通過するときの粒子の速さを v [m/s] とすると、エネルギー保存の法則から、
 $\frac{1}{2} \times (1.0 \times 10^{-5}) \times 0^2 + (6.0 \times 10^{-8}) \times 30$
 $= \frac{1}{2} \times (1.0 \times 10^{-5}) \times v^2 + (6.0 \times 10^{-8}) \times 0$
 $v^2 = \frac{2 \times (6.0 \times 10^{-8}) \times 30}{1.0 \times 10^{-5}}$
 $= 0.36 (= 0.60^2)$
 $v = \mathbf{0.60 \text{ m/s}}$

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

電場中の導体

著作権について

電場中の導体

電荷は導体表面に分布する。
 導体全体が等電位となる。
 導体表面には電気力線が垂直に出入りする。

2:12 / 2:42

別紙 33-30

p. 241 TRY

電場を強くすると、導体内部の電場が 0 になるまで、さらに自由電子が左側に移動する。したがって、導体表面に帯電する電荷は大きくなる。

別紙 33-31

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

静電遮蔽

静電遮蔽(箔検電器・金網なし)



帯電した塩化ビニル管を近づけると、箔は開く。

0:19 / 0:24

別紙 33-32

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

静電遮蔽(箔検電器・金網あり)



帯電した塩化ビニル管を近づけても、箔は開かない。

0:17 / 0:24

別紙 33-33

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

静電遮蔽(流動パラフィンを用いた実験)



金属板間には、金属板に垂直な線状の様子が観察できる。

0:29 / 0:37

別紙 33-34

p. 242 問 8

図において、帯体のある部分をのぞいた金属板間の距離 d (m) は、

$$d = 0.25 - 0.10 = 0.15\text{m}$$

右側の金属板の電位は 0V であるので、左側の金属板の電位 V (V) は、

$$V = Ed = (2.0 \times 10^6) \times 0.15 = 30\text{V}$$

別紙 33-35

p. 243 TRY

ポリエチレンシートの場合：
誘電分極により、帯電体と異符号の電荷がポリエチレンシートの上面に分布する。接地されているが、ポリエチレンシートは不導体なので、地面と電子をやり取りすることがなく、ポリエチレンシートの下面には、帯電体と同符号の電荷が分布する。静電誘導によって、箔検電器の金属板は、帯電体と逆符号に帯電し、箔は帯電体と同符号に帯電するので、**箔は開く。**

アルミニウムシートの場合：
静電誘導により、帯電体と逆符号の電荷がアルミニウムシートの上面に分布する。接地されているので、アルミニウムシートの下面は地面と電子をやり取りすることで電荷がない状態となっており、**箔は開かない。**

別紙 33-36

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

TRY 箔検電器とポリエチレンシート



帯電させた塩化ビニル管を近づけると、箔は開く。

0:32 / 0:36

別紙 33-37

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

TRY 箔検電器とアルミシート



帯電させた塩化ビニル管を近づけても、箔は開かない。

0:32 / 0:36

p. 243 振り返ろう

- ①等高線のモデルは、教科書 p.234・図 24 のようになる。正、負のどちらの点電荷も、点電荷に近いほど等電位線の間隔が狭く、電位の傾斜が大きくなっている(電場が強くなっている)が、正の点電荷のまわりでは正の電位、負の点電荷のまわりでは負の電位となる。
- ②電場中の導体：導体内部の電場は 0 になり、電位は等電位となる。
- 電場中の誘電体：誘電体内部の電場は外部より弱くなる。電位は等電位とならないが、外部よりも電位差が小さくなる。

1問 / 8問

基準の位置から電位が3.0Vの位置に、 $2.0 \times 10^{-6} \text{C}$ の点電荷を置いた。この電荷の静電気力による位置エネルギーは何Jか。

- $6.0 \times 10^{-6} \text{J}$
- 3.0J
- $1.5 \times 10^6 \text{J}$

解答

- [244 ページ](#)  実験12 コンデンサーの作製
- [245 ページ](#)  コンデンサーの充電
- [245 ページ](#)  コンデンサーの放電
- [247 ページ](#)  問9
- [248 ページ](#)  問10
- [250 ページ](#)  【学習動画】 例題7 電気容量の変化
- [250 ページ](#)  類題7
- [250 ページ](#)  ぼけラボ20 誘電体による電気容量の変化
- [252 ページ](#)  コンデンサーの接続（並列接続）
- [252 ページ](#)  問11
- [253 ページ](#)  コンデンサーの接続（直列接続）
- [253 ページ](#)  問12
- [254 ページ](#)  【学習動画】 例題8 コンデンサーの切り替え
- [254 ページ](#)  コンデンサーのつなぎかえ
- [254 ページ](#)  類題8
- [255 ページ](#)  問13

- [255 ページ](#)  【学習動画】 例題9 導体を挿入したコンデンサー
- [255 ページ](#)  類題9
- [257 ページ](#)  問14
- [257 ページ](#)  問15
- [257 ページ](#)  TRY 極板間に誘電体を挿入するときの仕事
- [257 ページ](#)  振り返ろう
- [257 ページ](#)  一問一答

別紙 34-2

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

実験12 コンデンサーの作製

実験 コンデンサーの作製

0:58 / 1:02 オン管が輝き 放電していることがわかる

別紙 34-3

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

コンデンサーの充電

コンデンサーの充電

コンデンサーに徐々に電荷がたくわえられると、電流が小さくなり、豆電球はしだいに暗くなる。

0:29 / 0:37

別紙 34-4

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

コンデンサーの放電

コンデンサーの放電

コンデンサーにたくわえられている電荷が0になるまで回路に電流が流れ、放電が完了すると、豆電球は消灯する。

0:31 / 0:39

別紙 34-5

p.247 問9

$2.0\mu\text{F} = 2.0 \times 10^{-6}\text{F}$ である。たくわえられる電荷 Q (C) は、

$$Q = CV = (2.0 \times 10^{-6}) \times 5.0 = 1.0 \times 10^{-5}\text{C}$$

p. 248 問10
 求める電気容量 C は、

$$C = \epsilon \frac{S}{d} = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

$$= (5.0 \times 10^3) \times (8.85 \times 10^{-12}) \times \frac{0.40}{1.0 \times 10^{-4}}$$

$$= 1.77 \times 10^{-4} \text{F}$$

単位を μF に換算して、 $1.8 \times 10^2 \mu\text{F}$

社名入る 練習問題ウェブ
 107-62 (社名入る)

【学習動画】 例題7 電気容量の変化

学習動画

例題7 電気容量の変化

電圧 V の電池に、極板間が固定の平行板コンデンサーを接続したところ、 Q の電荷量がたくわえられた。電池に接続したまま、次の(1)、(2)の操作をするとき、コンデンサーにたくわえられる電荷量は、それぞれいくらか。

(1) 極板間の距離を2倍にする。
 (2) (1)に続いて、極板間を比誘電率 ϵ_r の誘電体で満たす。

(1) 操作前 操作後

「 $Q = CV$ 」より、 $C_0 = \frac{Q}{V}$

「 $C = \epsilon \frac{S}{d}$ 」より、 $C_1 = \frac{C_0}{2} = \frac{Q}{2V}$

2倍に増え、 $C \uparrow \frac{1}{2}$

「 $Q = CV$ 」より、 $Q_1 = C_1 V = \frac{Q}{2}$

電気容量 C_0
 電気量 Q

電気容量 C_1
 電気量 Q_1

p. 250 類題7

操作前の電気容量を C_0 とすると、スイッチ S を閉じて充電したとき、コンデンサーにたくわえられる電荷 Q は、 $Q = C_0 V$ である。

スイッチ S を開いて操作をすると、コンデンサーにたくわえられる電荷は移動せず、 Q のままとなる。

(1) 極板間の距離を2倍にすると、電気容量 C_1 は $C = \epsilon \frac{S}{d}$ より、極板の間隔に反比例するので、 $C_1 = \frac{1}{2} C_0$ となる。

たくわえられる電荷は $Q = C_0 V$ であるから、このときの極板間の電位差 V_1 は、

$$Q = C_0 V = C_1 V_1 = \frac{1}{2} C_0 V_1 \quad V_1 = 2V$$

(2) 操作後の電気容量 C_2 は、 $\epsilon_r = \frac{C_2}{C_0}$ から、 $C_2 = \epsilon_r C_1 = \frac{\epsilon_r}{2} C_0$ となる。たくわえられる電荷 $Q = C_0 V$ であるから、このときの極板間の電位差 V_2 は、

$$Q = C_0 V = C_2 V_2 = \frac{\epsilon_r}{2} C_0 V_2 \quad V_2 = \frac{2}{\epsilon_r} V$$

社名入力 教科書ウェブ
107-62 (書名入力)

著作権について

ほけラボ20 誘電体による電気容量の変化

ほけラボ コンデンサーの誘電体のはたらき



社名入力 教科書ウェブ
107-62 (書名入力)

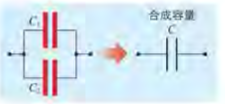
著作権について

コンデンサーの接続 (並列接続)

コンデンサーの接続 (並列接続)

コンデンサーの並列接続

$C = C_1 + C_2$
合成容量 = 各コンデンサーの電気容量の和



コンデンサーの並列接続の特徴

- ・各極板間の電位差は等しい。
- ・全体にたくわえられる電気量は、各コンデンサーの電気量の和に等しい。

2:05 / 2:23

別紙 34-11

p. 252 問 11
 合成容量 C [μF] は、
 $C = C_1 + C_2 = 3.0 + 2.0 = 5.0 \mu\text{F}$
 並列接続なので、それぞれのコンデンサーに加わる電圧は同じである。これを V とおくと、 C_1 、 C_2 にそれぞれたくわえられる電荷 Q_1 、 Q_2 は、
 $Q_1 = C_1 V$ $Q_2 = C_2 V$
 したがって、
 $Q_1 : Q_2 = C_1 V : C_2 V = 3.0 : 2.0$

別紙 34-12

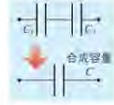
社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

コンデンサーの接続 (直列接続)

コンデンサーの接続 (直列接続)

コンデンサーの直列接続
 ※各コンデンサーにははじめに電荷がたくわえられていない。



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

合成容量の逆数 = 各コンデンサーの電気容量の逆数の和

コンデンサーの直列接続の特徴
 ・各極板間にたくわえられる電気量の大きさは等しい。

2:07 / 2:37

別紙 34-13

p. 253 問 12
 合成容量 C [μF] は、
 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{3.0} + \frac{1}{2.0} = \frac{5}{6}$
 $C = 1.2 \mu\text{F}$
 2つのコンデンサーには同じ大きさの電荷がたくわえられているので、電荷を Q とする。 C_1 、 C_2 に加わる電圧をそれぞれ V_1 、 V_2 とすると、
 $Q = 3.0 \times 10^{-6} \times V_1$ $Q = 2.0 \times 10^{-6} \times V_2$
 したがって、その比 $V_1 : V_2$ は、
 $V_1 : V_2 = \frac{Q}{3.0 \times 10^{-6}} : \frac{Q}{2.0 \times 10^{-6}}$
 $= 2.0 : 3.0$

別紙 34-14

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

著作権について

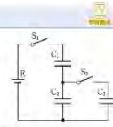
【学習動画】 例題8 コンデンサーの切り替え


学習動画

例題8 コンデンサーの切り替え

図のように、電圧が V (V) の電池に、電気容量がそれぞれ $3C$ (F)、 $2C$ (F)、 C (F) のコンデンサー C_1 、 C_2 、 C_3 、スイッチ S_1 、 S_2 からなる回路をつくる。はじめのスイッチはどちらも開いており、各コンデンサーに電荷はないものとする。

(1) S_1 を閉じて、コンデンサーを充電する。C、 C_1 の極板間の電位差はそれぞれいくらになるか。
 (2) 次に、 S_1 を開き、 S_2 を閉じた。C₂ の極板間の電位差はいくらになるか。



(1)  電気量保存の原則から、 $-Q_1 + Q_2 = 0$
 $Q = CV$ から、 $-3CV_1 + 2CV_2 = 0 \dots \textcircled{1}$
 V_1 と V_2 の和は、電池の電圧に等しい
 $\Rightarrow V_1 + V_2 = V \dots \textcircled{2}$
 電気量 Q と C

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

コンデンサーのつなぎかえ

コンデンサーのつなぎかえ

このとき、スイッチSをbにつないだ直後とで、電荷のようすを比較する。

Sをbにつないだ直後

電荷の移動が完了したとき

1:57 / 2:51

p.254 類題8

(1) スイッチSをaにつないだとき、 C_1 にたくわえられる電荷 Q_1 (C) は、

$$Q_1 = C_1 E = (1.0 \times 10^{-6}) \times 90 = 9.0 \times 10^{-5} \text{ C}$$

スイッチSをbにつないだ後の、 C_1 、 C_2 にたくわえられる電荷を q_1 (C)、 q_2 (C)、極板間の電位差を V (V) とすると、

$$q_1 = C_1 V \quad \text{---(1)} \quad q_2 = C_2 V \quad \text{---(2)}$$

電気量保存の法則から、

$$q_1 = q_2 = Q_1 \quad \text{---(3)}$$

式(1)、(2)を式(3)に代入して、

$$C_1 V = C_2 V = Q_1$$

$$V = \frac{Q_1}{C_1 + C_2}$$

$$= \frac{9.0 \times 10^{-5}}{(1.0 \times 10^{-6}) + (2.0 \times 10^{-6})} = 30 \text{ V}$$

式(1)、(2)にそれぞれ代入して、

$$q_1 = (1.0 \times 10^{-6}) \times 30 = 3.0 \times 10^{-5} \text{ C}$$

$$q_2 = (2.0 \times 10^{-6}) \times 30 = 6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$$

p.255 問13

並列接続のとき：

どちらのコンデンサーにも同じ電圧がかかる。したがって、耐電圧が小さい方が合成コンデンサーの耐電圧となるので、**15V**

直列接続のとき：

どちらのコンデンサーにも同じ大きさの電荷がたくわえられる。それぞれのコンデンサーが、たくわえることのできる電荷の最大値は、

$3.0\mu\text{F}$ のコンデンサー： $3.0 \times 20 = 60\mu\text{C}$

$2.0\mu\text{F}$ のコンデンサー： $2.0 \times 15 = 30\mu\text{C}$

したがって、 $30\mu\text{C}$ の電荷ならば、どちらのコンデンサーも壊れることはない。このとき、 $3.0\mu\text{F}$ のコンデンサーにかかる電圧は、

$$\frac{30}{3.0} = 10 \text{ V}$$

よって、合成コンデンサーの耐電圧は、

$$10 + 15 = 25 \text{ V}$$

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

【学習動画】例題9 導体を挿入したコンデンサー

学習動画

例題9 導体を挿入したコンデンサー

極板間が真空で、極板の面積 S (m²)、間隔 d (m) の平行板コンデンサーがある。極板と同じ面積で厚さ d (m) の導体を、極板に平行に、上の極板から x (m) の位置に挿入したとき、コンデンサーの電気容量はいくらか。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 (F/m) とする。

2つのコンデンサー C_1 、 C_2 の直列接続とみなせる。

それぞれの電気容量は、「 $C = \epsilon \frac{S}{d}$ 」より、

$$C_1 = \epsilon_0 \frac{S}{x} \quad C_2 = \epsilon_0 \frac{S}{d-x}$$

合成容量 C は、 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

p. 255 類題 9

誘電体を入れた左側と何も入れていない右側の2つのコンデンサーの並列接続とみなせる。左側部分の電気容量を C_1 とすると、「 $C = \epsilon \frac{S}{d}$ 」より、

$$C_1 = \epsilon_r \epsilon_0 \left(\frac{S/2}{d} \right) = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{2d}$$

また、右側部分の電気容量を C_2 とすると、

$$C_2 = \epsilon_0 \left(\frac{S/2}{d} \right) = \epsilon_0 \frac{S}{2d}$$

この2つのコンデンサーの並列接続とみなすことができるので、合成容量 C は、

$$\begin{aligned} C &= C_1 + C_2 \\ &= \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{2d} + \epsilon_0 \frac{S}{2d} = \frac{(1 + \epsilon_r) \epsilon_0 S}{2d} \end{aligned}$$

p. 257 問 14

コンデンサーの電気容量は $20\mu\text{F} = 20 \times 10^{-6}\text{F}$ である。たくわえられる静電エネルギー U [J] は、

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{2} CV^2 \\ &= \frac{1}{2} \times (20 \times 10^{-6}) \times (1.0 \times 10^2)^2 \\ &= 0.10\text{J} \end{aligned}$$

p. 257 問 15

$0.30\mu\text{F}$ のコンデンサーに比誘電率 2.0 の誘電体を入れたときの電気容量 C [F] は、

$$C = 2.0 \times (0.30 \times 10^{-6}) = 6.0 \times 10^{-7}\text{F}$$

である。

電池をつなぐと、極板間の電圧は 20V となるから、コンデンサーにたくわえられる電荷量 Q は、

$$Q = CV = (6.0 \times 10^{-7}) \times 20 = 1.2 \times 10^{-5}\text{C}$$

電池がする仕事 W_0 は、「 $W_0 = QV$ 」であるから、

$$W_0 = (1.2 \times 10^{-5}) \times 20 = 2.4 \times 10^{-4}\text{J}$$

また、コンデンサーにたくわえられる静電エネルギー U [J] は、

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times (6.0 \times 10^{-7}) \times 20^2 \\ &= 1.2 \times 10^{-4}\text{J} \end{aligned}$$

p. 257 TRY

誘電体を挿入する前のコンデンサー電気容量を C 、電荷を Q とする。電池に接続していないので、誘電体を挿入しても、コンデンサーの電荷 Q は変化しない。

比誘電率 ϵ の誘電体を挿入したとき、挿入前の静電エネルギーを U_1 、挿入後の静電エネルギーを U_2 とすると、

$$U_1 = \frac{Q^2}{2C} \quad U_2 = \frac{Q^2}{2\epsilon C}$$

$\epsilon > 1$ から、 $U_1 > U_2$ となる。外力がする仕事分だけ、コンデンサーの静電エネルギーが変化すると考えられる。したがって、挿入するとき、外力がする仕事は負となる。

誘電体はゆっくりと挿入されるので、誘電体が極板から受ける力と外力はつりあっている。外力がする仕事は負なので、外力の向きは挿入する向きと逆向きとなる。したがって、誘電体が極板から受ける力は、**極板間に引きこむ**

p. 257 振り返ろう

① 平行版コンデンサーの電気容量 C は、極板の面積 S に比例し、極板の間隔 d に反比例する。比例定数を ϵ とすると、 $C = \epsilon \frac{S}{d}$ と表される。

② 並列接続：各コンデンサーの極板間の電位差は等しく、全体にたくわえられる電気量は、各コンデンサーの電気量の和に等しい。

直列接続：各コンデンサーにたくわえられる電気量は等しく、全体の電位差は、各コンデンサーの電位差の和に等しい。
(ただし、はじめにコンデンサーに電荷がたくわえられていない場合のみに限る。)

1問 / 7問

電気容量 $2.0 \times 10^{-6} \text{F}$ のコンデンサーに 4.0V の電圧を加えた。コンデンサーにたくわえられる電荷は何 C か。

$3.2 \times 10^{-5} \text{C}$
 $5.0 \times 10^{-7} \text{C}$
 $8.0 \times 10^{-6} \text{C}$

解答

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第III章 電気と磁気 / 第1節 電場と電位 / 節末問題 著作権について

258 ページ  節末問題

第III章第1節 電場と電位
節末問題 解答・解説

p. 258 節末問題1


(1) クーロンの法則の式 $[F = k \frac{qq_0}{r^2}]$ から、静電気力の大きさ F は、

$$F = k \frac{|4q \times (-q)|}{d^2} = \frac{4kq^2}{d^2}$$

点電荷 A と B は異符号であるから、引力がはたらくので、 A が B から受ける力の向きは、 **x 軸の正の向き**となる。

(2) 力のつりあう位置を点 P とし、 A からの距離を x とする。次の3つの区分に分けて考える。

① $x > d$ のとき (P が B より右にあるとき)












C が A から受ける力の大きさ F_A は、

$$F_A = k \frac{|4q \times q|}{x^2} = \frac{4kq^2}{x^2} \quad \dots \textcircled{1}$$

別紙 36-1

社名入る 資料書ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第三章 電気と磁気 / 第2節 電流 / 1 電流と抵抗 著作権について

- [260 ページ](#)  問16
- [261 ページ](#)  問17
- [261 ページ](#)  問18
- [262 ページ](#)  導線中を運動する自由電子
- [263 ページ](#)  抵抗率の温度変化
- [263 ページ](#)  問19
- [264 ページ](#)  問20
- [265 ページ](#)  振り返ろう
- [265 ページ](#)  一問一答

別紙 36-2

p.260 問16
電流の大きさ I (A) は、「 $I = \frac{q}{t}$ 」から、

$$I = \frac{q}{t} = \frac{7.5}{30} = 0.25\text{A}$$

別紙 36-3

p.261 問17
断面積 S の 2.0mm^2 は、
 $2.0\text{mm}^2 = 2.0 \times (10^{-3})^2\text{m}^2 = 2.0 \times 10^{-6}\text{m}^2$ である。
自由電子の平均の速さ v (m/s) は、式「 $I = envS$ 」から

$$v = \frac{I}{enS}$$

$$= \frac{3.2}{(1.6 \times 10^{-19}) \times (8.0 \times 10^{28}) \times (2.0 \times 10^{-6})}$$

$$= 1.25 \times 10^{-4}\text{m/s} \quad \mathbf{1.3 \times 10^{-4}\text{m/s}}$$

別紙 36-4

p. 261 問 18
電熱線の抵抗 R (Ω) は、 $I = \frac{V}{R}$ から、

$$R = \frac{V}{I} = \frac{1.5}{0.10} = 15\Omega$$

別紙 36-5

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

導線中を運動する自由電子

導線中を運動する自由電子

電気抵抗の説明
断面積 S 、長さ L の導体の電気抵抗を求める。
電場の大きさ E は、 $E = \frac{V}{L}$
↓
 $kv = eE$ から、 $v = \frac{eE}{k} = \frac{eV}{kL}$
単位体積あたりの自由電子の数を n とする。
↓
電流の大きさ I は、 $I = envS$

2:33 / 2:55 くりあっている

別紙 36-6

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

抵抗率の温度変化

抵抗率の温度変化

電球(フィラメント)の内部

電流を大きくする。

フィラメントの温度が上昇すると、原子の熱運動(振動)が激しくなる。 → 自由電子の移動が妨げられる。 → 抵抗率が大きくなる。

1:07 / 1:11

別紙 36-7

p. 263 問 19
40°Cにおけるアルミニウムの抵抗率 ρ ($\Omega \cdot m$)
は、式 $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$ から、

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$$

$$= (2.5 \times 10^{-8}) \times \{1 + (4.1 \times 10^{-3}) \times 40\}$$

$$= (2.5 \times 10^{-8}) \times 1.165 = 2.92 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$$

2.9 × 10⁻⁸ Ω・m

別紙 36-8

p. 264 問 20
 エアコンで消費される電力 P (W) は、式
 $P=VI$ から、
 $P=VI=100 \times 20 = 2.0 \times 10^4 \text{ W}$
 1.0 時間使用したときの電力量 W (kWh) は、
 式 $W=Pt$ から、
 $W=Pt = 2.0 \times 10^4 \times 1.0$
 $= 2.0 \times 10^4 \text{ Wh} = 2.0 \text{ kWh}$
 これを J に換算すると、
 $W = (2.0 \times 10^4) \times (60 \times 60) = 7.2 \times 10^8 \text{ J}$

別紙 36-9

p. 265 振り返ろう
 電流が一定であれば、電子の運動エネルギーは変化しない。したがって、導体中を移動する電子が電場からされる仕事は、すべて導体中の原子に与えられ、ジュール熱が生じる。

別紙 36-10

1問 / 5問

導線に2.0Aの一定の電流を5.0秒間流した。この導線の任意の断面を通過する電荷は何Cか。

0.40C
 2.5C
 10C

解答

お名入る 資料ウェブサイト 107-62 (お名入る)		お名入るについて	
107-62 (お名入る) / 第5章 電気と磁気 / 第2節 電圧 / 2 電圧回路			
266 ページ	電圧の接続(直列接続)	274 ページ	練習1
267 ページ	電圧の接続(並列接続)	275 ページ	問題27
267 ページ	問題21	275 ページ	実験13 電圧抵抗の測定
267 ページ	TRY 合成抵抗の大きさの比較	276 ページ	問題28
268 ページ	電圧計の使い方	277 ページ	【学習動画】 問題11 電球を含む回路
268 ページ	問題22	277 ページ	問題11
268 ページ	問題23	277 ページ	TRY 非直線抵抗の消費電力
269 ページ	電圧計の使い方	278 ページ	コンデンサーを含む回路
269 ページ	問題24	279 ページ	【学習動画】 問題12 コンデンサーを含む回路
269 ページ	TRY 電圧計・電圧計の接続	279 ページ	問題12
270 ページ	問題25	279 ページ	振り返ろう
271 ページ	探究5 電池の起電力と内部抵抗	279 ページ	一瞥一舌
273 ページ	【学習動画】 問題10 キルヒホッフの法則		
273 ページ	問題10		
274 ページ	【学習動画】 特講 キルヒホッフの法則の使い方(まとめ)		

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

抵抗の接続(直列接続)

抵抗の接続(直列接続)

各抵抗に加わる電圧 V_1 、 V_2 の和は、電池 V に等しい。

各管の水位の差の和は、 $V = V_1 + V_2$

0:45 / 0:54

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

抵抗の接続(並列接続)

抵抗の接続(並列接続)

各抵抗に流れる電流 I_1 、 I_2 の和は、電池を流れる電流 $I = I_1 + I_2$ に等しい。

各管に流れる水流の和は、ポンプでくみ上げる水流に等しい。

0:46 / 0:53

p. 267 問 21

(1) 下側の 10Ω と 20Ω の直列接続の合成抵抗は、
 $R' = 10 + 20 = 30\Omega$
 AB 間の合成抵抗 R は、 15Ω と 30Ω の並列接続なので、
 $\frac{1}{R} = \frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{3}{30} = \frac{1}{10}$ $R = 10\Omega$

(2) 右側の 40Ω と 60Ω の並列接続の合成抵抗は、
 $\frac{1}{R'} = \frac{1}{40} + \frac{1}{60} = \frac{5}{120} = \frac{1}{24}$ $R' = 24\Omega$
 AB 間の合成抵抗 R は、 36Ω と 24Ω の直列接続なので、
 $R = 36 + 24 = 60\Omega$

p. 267 TRY

2つの抵抗値を r とする。
 直列接続の場合の合成抵抗 R_A は、
 $R_A = r + r = 2r \dots ①$
 並列接続の場合の合成抵抗 R_B は、
 $\frac{1}{R_B} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} = \frac{2}{r}$ $R_B = \frac{r}{2} \dots ②$
 式①、②から、**直列接続の場合**の方が合成抵抗は大きくなる。

別紙 37-6

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

電流計の使い方

著作権について

電流計の使い方



5A…最小目盛り100mA
500mA…最小目盛り10mA ←高精度で測定できる

1:45 / 2:36

別紙 37-7

p. 268 問 22
抵抗と電流計の合成抵抗は $R+r(\Omega)$ なので、
オームの法則「 $I = \frac{V}{R}$ 」から、

$$I = \frac{V}{R+r} [A]$$

別紙 37-8

p. 268 問 23
500mA まで流せる電流計にするには、
500 - 50 = 450mA の電流を分流器に流す必要
がある。電流計に並列に抵抗値 R_s の抵抗を接
続すると考えると、それぞれの抵抗の両端に
加わる電圧が等しいので、

$$1.8 \times 0.050 = R_s \times 0.450 \quad R_s = 0.20\Omega$$

したがって、電流計に **0.20Ω の抵抗を並列に
接続** すればよい。

別紙 37-9

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

電圧計の使い方

著作権について

電圧計の使い方



300V…最小目盛り10V
15V…最小目盛り0.5V ←高精度で測定できる

1:43 / 2:48

別紙 37-10

p. 269 問 24

オームの法則「 $V=RI$ 」より、電流計は電圧計として、 rI までの電圧を測定することができる。

別紙 37-11

p. 269 問 25

電圧計に接続する倍率器の抵抗値を R_V とする。電圧計に加わる電圧が V のとき、電圧計に直列に接続した倍率器に、 $(10-1)V=9V$ の電圧を加える必要がある。直接接続では電流が等しいので、

$$\frac{V}{3.0 \times 10^3} = \frac{9V}{R_V}$$

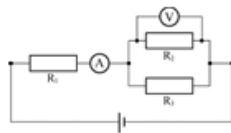
$$R_V = 27 \times 10^3 \Omega = 27 \text{ k}\Omega$$

したがって、電圧計に **27k Ω の抵抗を直列に接続**すればよい。

別紙 37-12

p. 269 TRY

電流計は抵抗 R_1 に直列に接続する。また、電圧計は抵抗 R_2 に並列に接続する。



別紙 37-13

p. 270 問 26

グラフから、起電力 $E=1.60\text{V}$ である。また、 0.40A の電流が流れているとき、端子電圧 $V=1.40\text{V}$ が読み取れる。内部抵抗を r (Ω) とすると、「 $V=E-rI$ 」から、

$$1.40 = 1.60 - r \times 0.40 \quad r = \mathbf{0.50\Omega}$$

別紙 37-14

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

探究5 電池の起電力と内部抵抗

探究 電池の起電力と内部抵抗

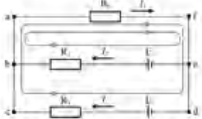


d:18 / 0:28

別紙 37-16

d. 273 類題 10

(1) 抵抗 R_1 , R_2 , R_3 を流れる電流 I_1 , I_2 , I_3 を図の向きにとる。



点 e において、キルヒホッフの第 1 法則から、

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad \dots \textcircled{1}$$

閉回路 ebafe について、キルヒホッフの第 2 法則から、

$$14.0 = 20I_1 + 10I_2 \quad \dots \textcircled{2}$$

閉回路 dcafd について、キルヒホッフの第 2 法則から、

$$7.0 = 20I_1 + 5.0I_3 \quad \dots \textcircled{3}$$

式①、②から I_2 を消去し、整理すると、

$$7.0 = 25I_1 - 5.0I_3 \quad \dots \textcircled{4}$$

式②、④から、

$$28 = 70I_1 \quad I_1 = 0.40\text{A}$$

これを、式②、③にそれぞれ代入して、

$$I_2 = 0.60\text{A}, I_3 = -0.20\text{A}$$

別紙 37-15

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

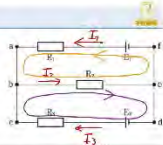
【学習動画】 例題10 キルヒホッフの法則

学習動画

例題 10 キルヒホッフの法則

図の回路において、E、E₀ は、内部抵抗の無視できる、起電力がそれぞれ 12.0V、6.0V の電池で、R₁、R₂、R₃ は、それぞれ 10Ω、45Ω、30Ω の抵抗である。この回路について、次の各問に答えよ。

- R₁、R₂、R₃ を流れる電流 I_1 、 I_2 、 I_3 の向きと大きさをそれぞれ求めよ。
- 点 d の電位を 0 としたとき、点 a の電位を求めよ。



(1) キルヒホッフの第 1 法則から、 $I_1 + I_3 = I_2 \quad \dots \textcircled{1}$

キルヒホッフの第 2 法則から、

閉回路 fabef $\dots 12.0 = 10I_1 + 45I_2 \quad \dots \textcircled{2}$

閉回路 dcebd $\dots 6.0 = 30I_3 + 45I_2 \quad \dots \textcircled{3}$

別紙 37-17

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

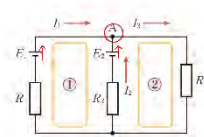
【学習動画】 特講 キルヒホッフの法則の使い方(まとめ)

学習動画

キルヒホッフの法則の使い方

② 式の立て方

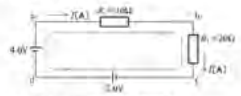
- 電流の向きを仮定する。
★ 電池の向きは目印に可也。
- キルヒホッフの第 1 法則の式
(流入する電流の総和) = (流出する電流の総和)
⇒ 点 A について、 $I_1 + I_2 = I_3$
- キルヒホッフの第 2 法則の式 ★ 閉回路を 2 つ考えた。
(電池の起電力の総和) = (電圧降下の総和)



別紙 37-18


p. 274 練習 1

(1) 回路に流れる電流を時計回りの向きに I とおく。



キルヒホッフの第 2 法則より、
 $2.0 + 4.0 = 10I + 20I$ $I = 0.20\text{A}$
 R_1 …右向きに 0.20A 、 R_2 …下向きに 0.20A

(2) 抵抗 R_1 、 R_2 を流れる電流 I_1 、 I_2 を図の向きにとる。



下の閉回路について、キルヒホッフの第 2 法則より、
 $2.0 = 8.0I_2$ $I_2 = 0.25\text{A}$
 上の閉回路について、キルヒホッフの第 2 法則より、
 $4.0 = 4.0I_1 + 8.0I_2$
 $I_2 = 0.25\text{A}$ を代入して、
 $I_1 = 0.50\text{A}$
 R_1 …左向きに 0.50A 、 R_2 …右向きに 0.25A

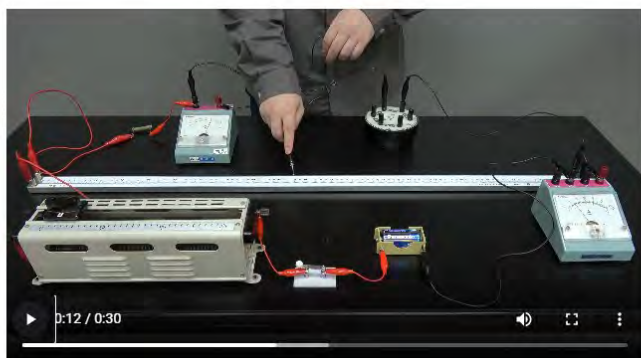
別紙 37-20

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

実験13 電気抵抗の測定

著作権について

実験 電気抵抗の測定



別紙 37-19

p. 275 問 27

ホイートストリッジの式 $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_3}{R_4}$ から、

$$\frac{10}{30} = \frac{R_x}{18} \quad R_x = \frac{10 \times 18}{30} = 6.0\Omega$$

別紙 37-21

p. 276 問 28

電位差計の式 $\frac{R_1}{R_0} = \frac{U_1}{U_0}$ から、

$$\frac{E_1}{1.2} = \frac{60}{40} \quad E_1 = 1.8\text{V}$$

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題11 電球を含む回路

著作権について

学習動画

例題11 電球を含む回路

図のような、電流と電圧の関係を示す電球がある。この電球と、 7.5Ω の抵抗を直列につなぎ、 1.5V の電源に接続する。このとき、電球にかかる電圧 $V(\text{V})$ と、回路を流れる電流 $I(\text{A})$ は、それぞれいくらか。

電球、電球、抵抗 → の直列回路

★ 2つの未知数の解はグラフを用いて求めることができる。

$I = V$ の関係を表すグラフを描いて交点を求める。

オームの法則の第2法則より、
 $V + 7.5I = 1.5 \quad I = -\frac{V}{7.5} + 0.20$
 答え: $V = 0.30\text{V}$ 、 $I = 0.16\text{A}$

p. 277 TRY

小さくなる

理由: 電球に加わる電圧を2倍の $2V(\text{V})$ にしたとき、流れる電流は2倍の値より小さいため、消費電力は $4P(\text{W})$ よりも小さくなる。

p. 277 類題11

電源の電圧を $V(\text{V})$ 、電球を流れる電流を $I(\text{A})$ とする。抵抗に流れる電流 $I_R(\text{A})$ は、キルヒホッフの第1法則より、

$I_R = 0.24 - I(\text{A})$

抵抗と電球は並列接続なので、それぞれに加わる電圧は、電源の電圧と等しく $V(\text{V})$ である。抵抗におけるオームの法則より、

$V = RI_R = 10 \times (0.24 - I)$
 $V + 10I = 2.4$

グラフに式の直線を描き、交点を求めると、

$V = 0.60\text{V}$
 $I = 0.18\text{A}$

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

コンデンサーを含む回路

著作権について

コンデンサーを含む回路

コンデンサーの電圧は0であり、抵抗の電圧は E となる。

↓

コンデンサーの極板間の電圧が V となったとき、抵抗の電圧は $E - V$ となり、 $I = (E - V)/R$ となる。

社名入力 教科書ウェブ
107-62 (書名入力)

著作権について

【学習動画】 例題12 コンデンサーを含む回路

学習動画

例題 12 コンデンサーを含む回路

図のように、内部抵抗の無視できる起電力 9.0V の電池 B 、 3.0Ω 、 6.0Ω の抵抗 R_1 、 R_2 、コンデンサー C 、スイッチ S を接続した。コンデンサーにはじめ電荷はないものとする。 S を閉じたとき、 R_1 、 R_2 に流れる電流をそれぞれ I_1 、 I_2 、 C に流れこむ電流を I_3 とする。次の状態において、 I_1 、 I_2 、 I_3 の電流の大きさをそれぞれ求めよ。

(1) S を閉じた直後 (2) S を閉じて十分に時間が経過したとき

スリッパを閉じた直後は電流は0です

(1) 電池と R_1 の回路のみを見て、
 オームの法則より、 $I_1 = \frac{9.0}{3.0} = 3.0\text{A}$
 R_2 に電流は流れないので、 $I_2 = 0\text{A}$
 キルヒホッフの第1法則より、 $I_1 = I_2 + I_3$ 、 $I_3 = 3.0\text{A}$

p. 279 類題 12

(1) スイッチを閉じた直後は、コンデンサーの極板間の電位差が 0V なので、抵抗値 6Ω の導線とみなせる。よって、コンデンサーと 20Ω の抵抗に流れる電流は、

$$I_1 = \frac{12}{30} = 0.40\text{A} \quad \dots \text{①}$$

また、 30Ω の抵抗に流れる電流は、

$$I_2 = \frac{12}{30} = 0.40\text{A} \quad \dots \text{②}$$

キルヒホッフの第1法則より、電池に流れる電流 I は式①と②の和なので、

$$I = 0.40 + 0.40 = 0.80\text{A}$$

(2) 十分に時間が経過すると、コンデンサーが充電され、電池の電位差と等しくなるので、極板間の電位差は 12V となる。これにより、コンデンサーには電流が流れなくなるので、 30Ω の抵抗に電流が流れるので、オームの法則「 $V=RI$ 」より、

$$12 = 30I \quad I = \frac{12}{30} = 0.40\text{A}$$

p. 279 振り返ろう

①キルヒホッフの法則は、それぞれ次のように説明される。

第1法則：回路中の任意の点に流れこむ電流の総和と、流れ出る電流の総和は等しい。

第2法則：回路中の任意の閉じた経路に沿って1周するとき、電池の起電力の総和は、抵抗による電圧降下の総和に等しい。

②ホイートストンブリッジは高い精度で未知の抵抗の抵抗値を求めるための回路である。原理については、可変抵抗を調整させながら、検流計に電流が流れないときに、未知の抵抗値の値を求めることができる。

電位差計は、高い精度で電池の起電力を求めるための回路である。原理については、電池に電流が流れないことから、電池の内部抵抗の影響をなくすことで、電池の起電力を求めることができる。

1問 / 8問

60Ωの抵抗と20Ωの抵抗を、直列に接続した。この2つの抵抗による合成抵抗は何Ωになるか。

15Ω

40Ω

80Ω

解答

別紙 38-1

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第Ⅲ章 電気と磁気 / 第2節 電流 / 3 半導体 著作権について

- 282 ページ ダイオード
- 283 ページ 【学習動画】 例題13 ダイオードの特性
- 283 ページ 例題13
- 284 ページ 実験14 太恩電池の性質
- 285 ページ 振り返ろう
- 285 ページ 一問一答

別紙 38-2

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

ダイオード 著作権について

ダイオード (順方向)

順方向におけるキャリアの移動

電子とホールが結合する

順方向 (p→n):
回路には電流が流れている。

↓

ホールと電子の動きに着目する。

ホールは右向きに、電子は左向きに移動する。

↓

電子とホールが結合する。

↓

電子が電池の正極に移動する。

電流が流れる

1:08 / 1:41

別紙 38-3

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

ダイオード (逆方向)

逆方向におけるキャリアの移動

空乏層

逆方向 (n→p):
回路には電流が流れない。

↓

ホールと電子の動きに着目する。

ホールは左向きに、電子は右向きに移動する。

↓

接合面付近にキャリアがない空乏層ができる。

↓

ホールが負極に集まる。

電流が流れない

1:05 / 1:29

別紙 38-4

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題13 ダイオードの特性 著作権について

学習動画

例題13 ダイオードの特性

図のような電流-電圧特性をもつダイオードと、100Ωの抵抗を直列に接続し、内部抵抗の無視できる起電力4.0Vの電池に接続する。ダイオードに流れる電流と、その両端に印加する電圧をそれぞれ求めよ。

★ 2つの未知数の解はグラフを用いて求めることができる。

→ $I = V$ の関係を表すグラフを描いて交点を求める。

キルヒホッフの第2法則から、
 $V + 100I = 4.0$
 $I = -\frac{V}{100} + 0.040$ から $I = 4.0 \text{ mA}$
 $V = 3.0 \text{ V}$

p. 283 練習 13

(1) AB 間にある 50Ω の抵抗は、ダイオードと並列接続であるので、両端の電圧はダイオードの両端に加わる電圧に等しく $V[V]$ である。

この抵抗に流れる電流の大きさを I_{AB} [A] とすると、オームの法則から、

$$I_{AB} = \frac{V}{50} [A]$$

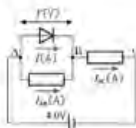
また、BC 間にある 50Ω の抵抗に流れる電流の大きさを I_{BC} [A] とすると、キルヒホッフの第1法則から、

$$I_{BC} = I + I_{AB} = I + \frac{V}{50} [A]$$

(2) BC 間の抵抗に加わる電圧を V_{BC} [V] とすると、オームの法則から、

$$V_{BC} = R I_{BC} = 50I + V [V]$$

AC 間の電圧を V_{AC} [V] とすると、この大きさは電池の起電力 $4.0V$ と等しく、



社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

実験14 太陽電池の性質

実験 太陽電池



▶ 0:25 / 0:43

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

実験 太陽電池による特性 (距離をかえた場合)




光源を太陽電池に近づけるほど、モーターに加わる電圧が大きくなる。

▶ 1:01 / 1:06

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

実験 太陽電池による特性 (直列の場合)



1つの太陽電池の場合

2つの太陽電池を直列に接続した場合

▶ 0:54 / 1:01

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

実験 太陽電池による特性 (並列の場合)



0:50 / 1:01

p. 285 振り返ろう

① p 型半導体、n 型半導体とは、真性半導体に微量の不純物を混合し、電気を通しやすくした不純物半導体の事を指す。p 型半導体は、価電子が 2 や 3 の原子を混合させ、電子が不足した正孔、またはホールがキャリアとなってはたらく半導体である。n 型半導体は、価電子が 5 や 6 の原子を混合させ、余った電子がキャリアとしてはたらく半導体である。

② ダイオードの順方向では、ダイオード内部のホールと電子は、いずれも接合面に移動して結合し、キャリアが消滅する。このとき、ダイオードの正極では、電子が電池の正極に移動することによってホールが生じ、ダイオードの負極では、電池の負極から電子が移動してくる。このように、キャリアがつけられ続けることによって、電流が流れ続ける。

ダイオードの逆方向では、ホールと電子は、いずれも、接合面から遠ざかる向きに力を受けて移動する。そのため、空乏層が広がり、電流はほとんど流れない。

1問 / 2問

ケイ素の結晶に、価電子が3のアルミニウムをわずかに加えた不純物半導体がある。この半導体はp型、n型のどちらか。

p型

n型

解答

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第Ⅲ章 電気と磁気 / 第2節 電流 / 節末問題 著作権について

286 ページ  節末問題

第Ⅲ章第2節 電流 節末問題 解答・解説

p. 286 節末問題 1

(1) 抵抗に流れる電流を I_R (A)、電圧計に流れる電流を I_V (A) とすると、

$$I_R = \frac{V_1}{R}, I_V = \frac{V_1}{r_V}$$


電流計に流れる電流 I_1 (A) は、キルヒホッフの第1法則から、

$$I_1 = I_R + I_V = \frac{V_1}{R} + \frac{V_1}{r_V} = \frac{R + r_V}{R r_V} V_1$$

したがって、得られる抵抗値 R_1 (Ω) は、

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{R r_V}{R + r_V} \text{ (Ω)}$$

(2) 抵抗に加わる電圧を V_R (V)、電流計に加わる電圧を V_1 (V) とすると、

$$V_R = R I_1, V_1 = r_V I_1$$


電圧計に加わる電圧 V_2 (Ω) は、

$$V_2 = V_R + V_1 = R I_1 + r_V I_1 = (R + r_V) I_1$$

したがって、得られる抵抗値 R_2 (Ω) は、

$$R_2 = \frac{V_2}{I_1} = R + r_V \text{ (Ω)}$$

(3) $r_V = 10 \text{ k}\Omega = 10 \times 10^3 \Omega$ である。(1)、(2)で求めた式に、それぞれの値を代入すると、

$$(1): R_1 = \frac{10 \times (10 \times 10^3)}{10 + (10 \times 10^3)} = \frac{1.0 \times 10^5}{10010}$$

別紙 40-1

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第Ⅲ章 電気と磁気 / 第3節 電流と磁場 / 1 磁場 著作権について

- 289 ページ 問29
- 290 ページ 磁力線
- 291 ページ 振り返ろう
- 291 ページ 一問一答

別紙 40-2

p. 289 問29
式「 $F=mH$ 」から、磁場の強さ H [N/Wb] は、

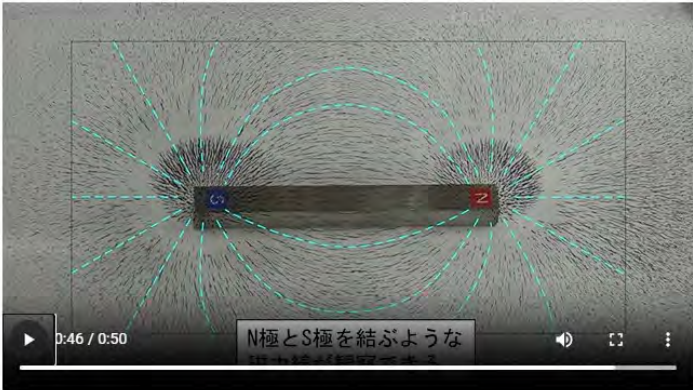
$$H = \frac{F}{m} = \frac{5.0 \times 10^{-2}}{2.0 \times 10^{-5}} = 2.5 \times 10^3 \text{ N/Wb}$$

別紙 40-3

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

磁力線 著作権について

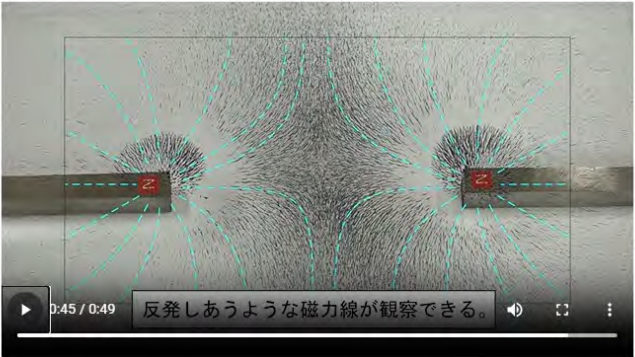
磁力線 (1本の棒磁石)



別紙 40-4

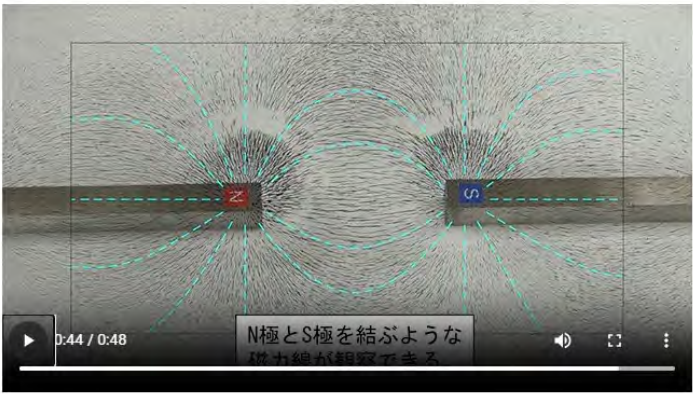
社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

磁力線 (N極とN極)



社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

磁力線 (N極とS極)



0:44 / 0:48 N極とS極を結ぶような磁力線が観測できる

p. 291 振り返ろう
磁場は磁極に力をおよぼす空間である。1WbのN極が受ける磁気力の向きと大きさを磁場の向き、大きさとする。

1問 / 4問

2つの磁極 m_1 、 m_2 が、距離 r だけ離れている。この2つの磁極間にはたらく力は、どのように表されるか。ただし、磁気力によるクーロンの法則の比例定数を k_m とする。

$F = k_m \frac{r^2}{m_1 m_2}$

$F = k_m \frac{m_1 m_2}{r}$

$F = k_m \frac{m_1 m_2}{r^2}$

解答

別紙 41-1

お名前 教材ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第Ⅲ章 電気と磁気 / 第3節 電流と磁場 / 2 電流がつくる磁場 [著作権について](#)

292 ページ	直線電流がつくる磁場
292 ページ	問30
293 ページ	円形電流がつくる磁場
293 ページ	問31
294 ページ	ソレノイドを流れる電流がつくる磁場
294 ページ	問32
294 ページ	ほけラボ21 電流がつくる磁場
295 ページ	【学習動画】 例題14 平行電流がつくる磁場
295 ページ	類題14
295 ページ	TRY 電流がつくる磁場の向き
295 ページ	振り返ろう
295 ページ	一問一答

別紙 41-2



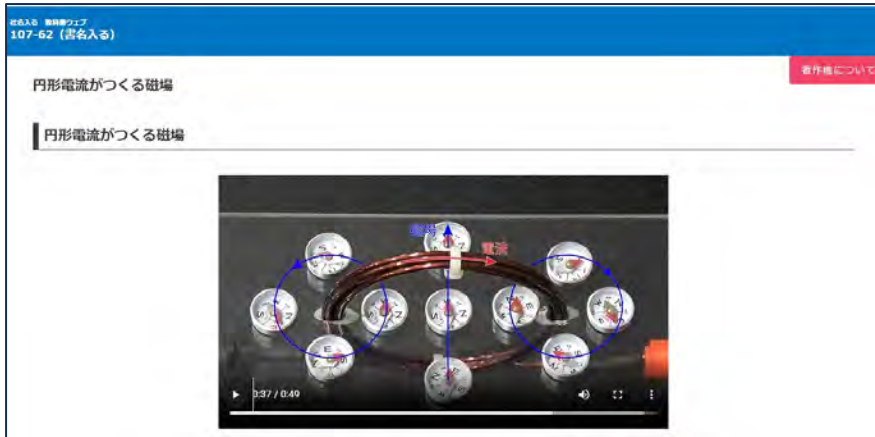
別紙 41-3

p. 292 問30

直線電流がつくる磁場の式「 $H = \frac{I}{2\pi r}$ 」から、

$$H = \frac{3.14}{2 \times 3.14 \times 0.20} = 2.5 \text{ A/m}$$

別紙 41-4



別紙 41-5

p. 293 問 31
 円形電流がつくる磁場の式「 $H = \frac{I}{2r}$ 」から、

$$H = \frac{2.0}{2 \times (5.0 \times 10^{-2})} = 20 \text{ A/m}$$
 磁場の向きは、右手の親指を立て、電流の向きに沿って残りの指を握ったときの親指の向きであり、**紙面に垂直に表から裏の向き**となる。

別紙 41-6



別紙 41-7

n. 294 問 32
 ソレノイドの単位長さあたりの巻数 n は、

$$n = \frac{200}{0.20} = 1.0 \times 10^3 \text{ 回}$$
 ソレノイドに流れる電流がつくる磁場の式「 $H = nI$ 」から、

$$H = (1.0 \times 10^3) \times (1.5 \times 10^{-2}) = 15 \text{ A/m}$$

ほけラボ21 電流がつくる磁場

ほけラボ 電流がつくる磁場

導線のまわりに、時計まわりの磁場ができています。

例題 14 平行電流がつくる磁場

図のように、間隔 $3d$ (m) の平行に張った導線 A、B に、互いに逆向きにそれぞれ I (A) の電流を流す。A から d (m) はなれた、導線間の点 P の磁場の強さを求めよ。

★ 導線 A と導線 B に流れる電流がそれぞれつくり出す磁場を合成する。

電流を上から見たようす

導線 A

導線 B

$$H_A = \frac{I}{2\pi \times d}, \quad H_B = \frac{I}{2\pi \times 2d}$$

$$H_P = H_A + H_B = \frac{3I}{4\pi d}$$

p. 295 類題 14

直線電流が、点 O につくる磁場の大きさを H とすると、式 $H = \frac{I}{2\pi r}$ から、

$$H = \frac{3.14}{2 \times 3.14 \times 0.10} = 5.0 \text{ A/m}$$

磁場の向きは、右ねじの法則から、紙面に垂直に裏から表向きである。

これを打ち消すには、円形導線の電流は、時計まわりで、紙面に垂直に表から裏の向きに流す必要がある。また、円形電流の大きさを I_C とすると、それがつくる磁場の強さ H_C は、式 $H = \frac{I_C}{2r}$ から、

$$H_C = \frac{I_C}{2 \times (5.0 \times 10^{-2})} \text{ [A/m]}$$

$H = H_C$ が成り立つ。

$$5.0 = \frac{I_C}{2 \times (5.0 \times 10^{-2})}$$

$$I_C = 5.0 \times 2 \times (5.0 \times 10^{-2}) = 0.50 \text{ A}$$

時計まわりに 0.50A

p. 295 TRY

導線の各部分に右ねじの法則を用いる。

図 85 の円形の導線の内側では、右ねじの法則から、すべて手前から奥の向きに磁場ができ、これらを合成すると図 85 のような磁場となる。また、図 86 のソレノイドの内側では、右ねじの法則から、すべて右向きに磁場ができ、これらを合成すると図 86 のような磁場ができる。

p. 295 振り返ろう

直線電流：電流を中心とする同心円状の磁場が生じる。電流の大きさを I のとき、半径 r での磁場の強さは「 $H = \frac{I}{2\pi r}$ 」で表される。

円形電流：円の中心にできる磁場の向きは、右手の親指を立て、電流の向きに沿って残りの指を握ったときの親指の向きである。半径 r の円形導線に大きさが I の電流が流れるとき、磁場の強さは「 $H = \frac{I}{2r}$ 」で表される。

ソレノイドを流れる電流：ソレノイド内部にできる磁場の向きは、右手の親指を立て、電流の向きに沿って残りの指を握ったときの親指の向きである。単位長さの巻数が n のソレノイドに大きさが I の電流が流れるとき、磁場の強さは「 $H = nI$ 」で表される。

1問 / 3問

鉛直方向に長い1本の直線状の導線があり、鉛直上向きに電流 I を流した。導線から距離 r 離れた位置で、電流がつくる磁場の強さ H は、真上から見たときどちら向きにいくらか。

時計まわりに $\frac{I}{2r}$
 反時計まわりに $\frac{I}{2\pi r}$
 反時計まわりに $\frac{I}{2r^2}$

解答

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第3章 電気と磁気 / 第3節 電流と磁場 / 3 電流が磁場から受ける力 著作権について

297 ページ	📄	ぼけラボ22 電気ブランコの観察
297 ページ	📄	問33
298 ページ	📄	問34
298 ページ	📄	問35
299 ページ	🎥	【学習動画】 例題15 磁場中で電流が受ける力
299 ページ	📄	例題15
299 ページ	📄	TRY 導体棒が磁場から受ける力
301 ページ	🎥	【学習動画】 例題16 平行電流間にはたらく力

301 ページ	📄	例題16
301 ページ	📄	ぼけラボ23 平行電流間にはたらく力
301 ページ	📄	振り返ろう
301 ページ	👉	一問一答

別紙 42-2

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

ほけラボ22 電気ブランコの観察

ほけラボ 電気ブランコの観察

1:02 / 1:17

別紙 42-3

p. 297 問 33

フレミングの左手の法則から、導線が地磁気の水平成分から受ける力の向きは、東向きである。また、導線が受ける力の大きさは、式「 $F = IHL$ 」から、

$$F = (1.26 \times 10^{-2}) \times 2.0 \times 25 \times 1.0$$

$$= 6.30 \times 10^{-2} \text{ N} \quad \text{東向きに } 6.3 \times 10^{-2} \text{ N}$$

別紙 42-4

p. 298 問 34

電流が磁場から受ける力の式「 $F = IBL$ 」から、

$$F = 4.0 \times 2.0 \times 1.0 = 8.0 \text{ N}$$

別紙 42-5

p. 298 問 35

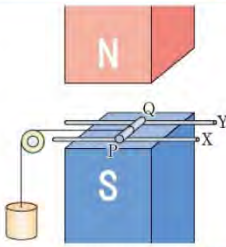
磁束と磁束密度の式「 $\Phi = BS$ 」から、

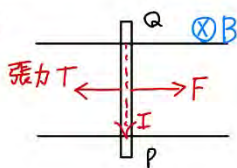
$$\Phi = 0.20 \times (2.0 \times 10^{-2}) = 4.0 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

例題 15 磁場中で電流が受ける力

図のように、磁極の間に、水平で平行なレールX、Yを $5.0 \times 10^{-2} \text{m}$ の間隔で置き、その上にレールと垂直にアルミニウム棒 PQ を置く。棒 PQ の中心に糸を結びつけ、なめらかに回転する滑車を通して、質量 $5.0 \times 10^{-3} \text{kg}$ のおもりをつるす。棒 PQ に 2.0A の電流を流すと、棒 PQ は静止した。棒 PQ とレールとの間の摩擦は無視できるとし、重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とする。

(1) 棒 PQ に流れる電流の向きを求めよ。
 (2) 磁極間の磁束密度の大きさを求めよ。




(1)  フレミングの左手の三法則から、
 B と F が図の向きになるのぞ。
 電流の向きは、Q から P の向き //

n. 299 類題 15

P 側から見た棒 PQ にはたらく力(重力、糸の張力、磁場から受ける力)を図示する。棒 PQ が静止しているため、棒にはたらく 3 つの力はつりあっている。

棒 PQ を流れる電流が磁場から受ける力 F が、水平右向きとなるには、電流の向きは、フレミングの左手の法則から、**P から Q の向き** となる。鉛直方向は上向きを正、水平方向は右向きを正として、それぞれの方向について力のつりあいの式を立てる。

水平: $-S \sin 30^\circ + F = 0$...①
 鉛直: $S \cos 30^\circ - mg = 0$...②
 式①から、 $S \sin 30^\circ = F$...③
 式②から、 $S \cos 30^\circ = mg$...④
 式③、④から、
 $\tan 30^\circ = \frac{F}{mg}$ $F = mg \tan 30^\circ$
 これに $F = IL$ を代入すると、
 $IL = mg \tan 30^\circ$
 $B = \frac{mg}{IL} \tan 30^\circ = \frac{mg}{\sqrt{3}IL}$ [T]




p. 299 TRY

(1) フレミングの (1) 左手の法則から、**上向き** となる。

(2) 電流と磁場が平行であり、電流は磁場からの力を**受けない**。

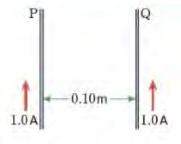
(3) フレミングの (1) 左手の法則から、**下向き** となる。受ける力の大きさは、磁場に対する電流の垂直成分が大きいほど、大きくなる。したがって、(1)、(3)、(2) の順となる。



例題 16 平行電流間にはたらく力

真空中で、十分に長い直線状の導線 P、Q を 0.10m はなして平行に置く。図のように、各導線に、上向きに 1.0A の電流を流した。真空の透磁率は $4\pi \times 10^{-7} \text{N/A}^2$ とする。

(1) 導線 P に流れる電流が、Q の位置につくる磁束密度の向きと大きさを求めよ。
 (2) 導線 Q を流れる電流は、P を流れる電流から力を受ける。Q の 1.0m あたりが受ける力の向きと大きさを求めよ。

(1)  $B_P = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ 、 $B = \mu_0 \vec{H}$ から、
 $B_P = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7}) \times 1.0}{2\pi \times 0.10} = 2.0 \times 10^{-6} \text{T}$ //

別紙 42-10

p. 301 類題 16

平行電流がおよぼしあう力の式「 $F = \mu_0 \frac{IL^2}{2\pi r}$ 」から、導線 Q の 1.0m あたりが受ける力の大きさ F [N] は、

$$F = (4\pi \times 10^{-7}) \times \frac{1.0 \times 2.0}{2\pi \times 0.20} \times 1.0$$

$$= 2.0 \times 10^{-6} \text{N}$$

Q が受ける力の向きは、P、Q に流れる電流が互いに逆向きであることから斥力となり、**右向き**である。

別紙 42-11

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

ぼけラボ23 平行電流間にはたらく力

ぼけラボ 平行電流間にはたらく力 (電流が同じ向き)

エナメル線がわずかに振れ、
間隔が狭くなったことがわかる。

0:27 / 0:30

別紙 42-12

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

ぼけラボ 平行電流間にはたらく力 (電流が逆向き)

エナメル線がわずかに振れ、
間隔が広がったことがわかる。

0:25 / 0:29

別紙 42-13

p. 301 振り返ろう

- ①電流が磁場から受ける力の向きは、電流と磁場の両方に垂直な方向であり、その大きさは、「 $F = \mu HIL \sin\theta$ 」で表される。
- ②磁場は、磁極が磁気力を受ける空間のことであり、磁束密度は、磁場に加え、周囲の物質の影響まで考慮したものになる。

1問 / 4問

図のように、右向き(紙面内)の磁場があり、磁場に垂直に置かれた導線に、手前から奥の向きに電流を流した。この導線が磁場から受ける力の向きは、どちら向きか。

電流 ⊗

磁場 →

鉛直上向き
 鉛直下向き
 右向き

解答

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第三章 電気と磁気 / 第3節 電流と磁場 / 4 ローレンツ力

著作権について

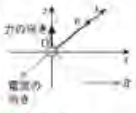
303 ページ	📄	問36
303 ページ	📄	ぼけラボ24 電解質水溶液の流れ
304 ページ	📄	TRY 電子の円運動
304 ページ	📄	磁場中における電子の運動 (円運動)
305 ページ	👆	【シミュレータ】らせん運動
305 ページ	📄	磁場中における電子の運動 (らせん運動)
306 ページ	🎬	【学習動画】 例題17 磁場中で荷電粒子が受ける力
306 ページ	📄	類題17
306 ページ	📄	TRY 荷電粒子の軌跡
308 ページ	📄	ホール効果
308 ページ	📄	振り返ろう
308 ページ	👆	一問一答

p. 303 問36

ローレンツ力の大きさ $f(N)$ は、式 $F=qvB$ から、

$$f = 1.6 \times 10^{-19} \times (5.0 \times 10^6) \times (2.0 \times 10^{-3}) = 1.6 \times 10^{-17} N$$

電流の向きは、自電荷の進む向きと逆向きの y 軸負の向きである。ローレンツ力の向きは、フレミングの左手の法則から、 **z 軸の正の向き**となる。




社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

ぼけラボ24 電解質水溶液の流れ

著作権について

ぼけラボ 電解質水溶液の流れ



カラーパウダーの動きから、水溶液が反時計まわりに運動していることがわかる。

p. 304 TRY

発射された電子は、はじめ上向きに進む。この向きと逆向きを電流の向きと考え、図にフレミングの左手の法則を用いると、磁場の向きは、**紙面に垂直に裏から表の向き**である。

また、式 $r = \frac{mv}{qB}$ から、円運動の半径 r を小さくするには、**磁場を強くすればよい。**

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)

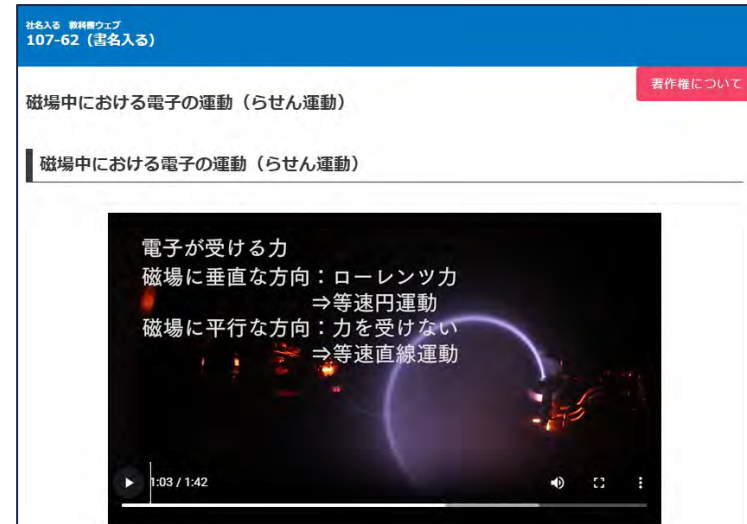
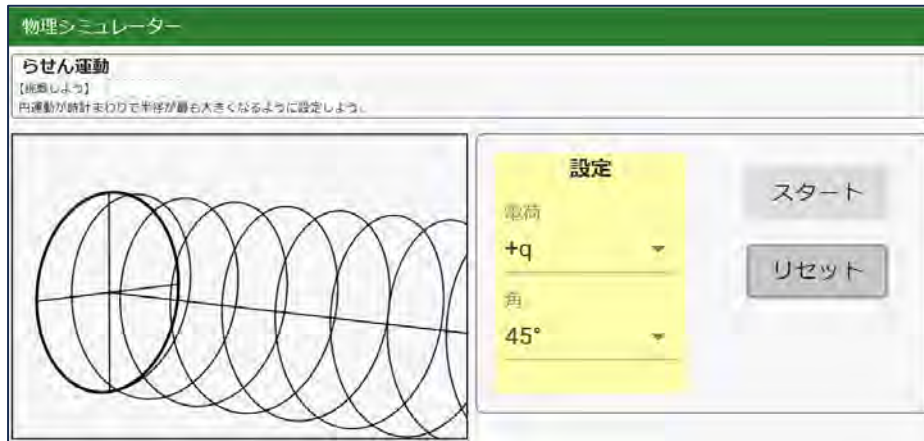
磁場における電子の運動 (円運動)

著作権について

磁場における電子の運動 (円運動)

磁場を大きくする
 ⇒ローレンツ力：大
 ⇒円軌道の半径：小





例題 17 磁場中で荷電粒子が受ける力

図のように、紙面に垂直な磁束密度 B [T] の一様な磁場に、質量 m [kg]、電気量 $-e$ [C] の電子が、速さ v [m/s] で磁場と垂直に入射し、半円を描いた。次の各問に答えよ。

- 磁場の向きはどちら向きか。
- 電子が磁場から受ける力の大きさは何 N か。
- 電子の描く軌道の半径は何 m か。また、電子が半円を移動するのに要する時間は何秒か。

(1) ローレンツ力 f が 図の向きに成るには、 B は \otimes の向きに成る。
紙面 = 垂直に表から裏の向き //

(2) 「 $f = qvB$ 」から $f = e v B$ [N] //

p. 306 例題 17

- フレミングの左手の法則から、磁場の向きは、紙面に垂直に裏から表の向きとなる。
- PQ が $2a$ であることから、荷電粒子の描く軌道の半径は a となる。荷電粒子の速度を v として、運動方程式を立てると、

$$m \frac{v^2}{a} = qvB \quad v = \frac{qBa}{m} \text{ [m/s]}$$
 荷電粒子が P から Q に達するまでの時間 t は、半径 a の半円の円周 πa を移動する時間であり、

$$t = \frac{\pi a}{v} = \frac{\pi a}{aqB/m} = \frac{\pi m}{qB} \text{ [s]}$$

p. 306 TRY

軌跡を求めるにあたって、磁場の強さを B 、正電荷の電気量を q 、速さを v と仮定する。発射された直後、フレミングの左手の法則から、荷電粒子は y 軸の負の向きに、

$$F = qvB$$

のローレンツ力を受ける。荷電粒子は xy 平面に対して、

$$\text{半径 } r = \frac{mv}{qB}, \text{ 周期 } T = \frac{2\pi m}{qB}$$

の等速円運動をする。円の中心は、

$$\left(0, -\frac{mv}{qB}\right)$$

である。したがって、粒子が描く軌跡は、図のように原点 O で x 軸に接しながら、 y 軸負の側に円軌道を描く。

名前入る 教習用ウェブ
107-62 (書名入る)

ホール効果

○キャリアが電子の場合

電子はローレンツ力を受けて面 P へ集まる。

PQ 間には電場が生じ、電子は電場による力 eE を受ける。

0:00 / 0:04

p. 308 振り返ろう

- 荷電粒子が磁場に垂直に入射すると、磁場と運動の向きの両方に垂直な向きにローレンツ力を受ける。このローレンツ力を向心力として、荷電粒子は等速円運動をする。
- ホール効果とは、導体や半導体の中を流れる電流に対して垂直に磁場をかけると、電流と磁場の両方に垂直な方向に起電力が生じる現象である。

1問 / 5問

磁束密度 B の磁場に垂直に、電荷 q の点電荷が速さ v で移動するとき、点電荷が磁場から受ける力の大きさはいくらか。

$\frac{qv}{B}$
 qvB
 qvB^2

解答

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第III章 電気と磁気 / 第3節 電流と磁場 / 節末問題

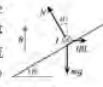
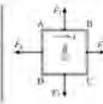
309 ページ 節末問題























著作権について

第III章第3節 電流と磁場
節末問題 解答・解説

p. 309 節末問題1
Q 側から見た図を示す。金属棒 PQ には、重力 mg 、導線からの垂直抗力 N 、電流が磁場から受ける力 IBL の3つの力がはたらき、つりあっている。フレミングの左手の法則から、電流の向きは、**Q から P の向き**である。
力のつりあいを、鉛直方向、水平方向について求めると、
鉛直方向： $N \cos \theta - mg = 0$
水平方向： $IBL - N \sin \theta = 0$
2式から N を消去すると、
$$\frac{IBL}{mg} = \frac{N \sin \theta}{N \cos \theta} = \tan \theta \quad I = \frac{mg}{BL} \tan \theta$$

p. 309 節末問題2
(1) 電流 I が正方形コイルの各辺の位置につくる磁場は、右ねじの法則から、紙面の裏から裏の向きである。
コイルに流れる電流が受ける力の向きは、フレミングの左手の法則から、コイルの外側になる。辺 **AB**、**CD** にはたらく力 F_1 、 F_2

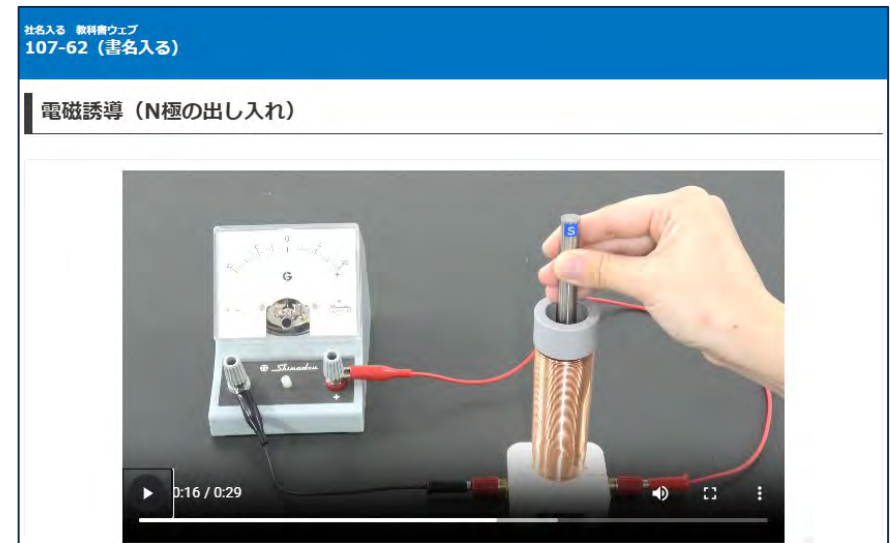



社名入る 教科書ウェブ 107-62 (書名入る)	
107-62 (書名入る) / 第5章 電気と磁気 / 第4節 電磁誘導と交流 / 1 電磁誘導	
311 ページ	 実験15 コイルに生じる電磁誘導
313 ページ	 【学習動画】 例題18 ファラデーの電磁誘導の法則
313 ページ	 類題18
313 ページ	 TRY コイルに流れる誘導電流
313 ページ	 ぼけラボ25 コイルを通過する棒磁石
314 ページ	 磁場中を運動する導体棒 (電磁誘導の法則)
315 ページ	 磁場中を運動する導体棒 (ローレンツ力)
315 ページ	 問37
316 ページ	 【学習動画】 特講 回路中のコイル
316 ページ	 練習1
316 ページ	 【学習動画】 特講 回路中の導体棒
317 ページ	 練習2
317 ページ	 【学習動画】 特講 独立した導体棒
317 ページ	 練習3
317 ページ	 TRY 磁場中で回転する導体棒
319 ページ	 【学習動画】 例題19 磁場中を落下する導線
319 ページ	 類題19
320 ページ	 渦電流
320 ページ	 TRY 1円玉の浮き上がり
320 ページ	 ぼけラボ26 渦電流
321 ページ	 振り返ろう
321 ページ	 一問一答

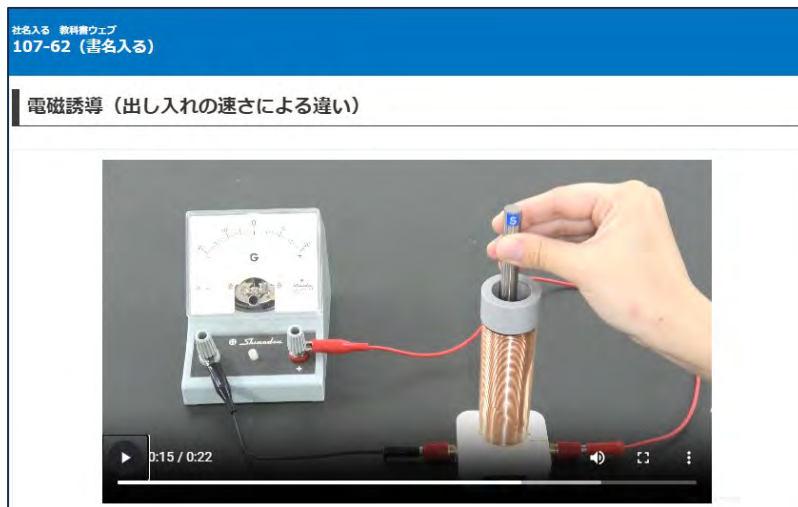
別紙 45-2



別紙 45-3



別紙 45-4



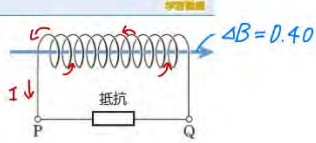
別紙 45-5



例題 18 ファラデーの電磁誘導の法則

図のように、断面積 $1.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ 、巻数 200 回のコイルを貫く磁束密度が、 5.0×10^{-2} 秒の間に、矢印の向きに一樣に 0.40 T 増加した。次の各問に答えよ。

(1) コイルに生じる誘導起電力の大きさは何 V か。
 (2) 抵抗の両端 P と Q では、どちらの電位が高いか。



(1) $\phi = BS$ より、 $\Delta\phi = \Delta B \times S$ と $\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ より、

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

$$= 200 \times \frac{0.40 \times (1.2 \times 10^{-3})}{5.0 \times 10^{-2}} = 1.92 \text{ V} \quad \underline{1.9 \text{ V}}$$

p. 313 類題 18

(1) 磁束はコイル内に下向きに増加するので、レンツの法則から、コイル内に上向きの磁場をつくらうとする向きに電流が流れる。そのため、抵抗には、P→Q の向き(下向き)に流れ、P の方が Q よりも電位が高い。

(2) 誘導起電力の大きさを V (V) とすると、電磁誘導の式 $V = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ において、グラフから 2.0 秒間の磁束密度の変化 ΔB が $\Delta B = 0.35 - 0.05 = 0.30 \text{ T}$ 、コイルの断面積 S が $1.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ なので、磁束の変化 $\Delta\phi$ は、

$$\Delta\phi = \Delta B \times S = 0.30 \times (1.2 \times 10^{-3}) = 3.6 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

となる。誘導起電力の大きさ V (V) は、

$$V = \left| -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| = 200 \times \frac{3.6 \times 10^{-4}}{2.0} = 3.6 \times 10^{-2} \text{ V}$$

流れる電流の大きさ I (A) は、オームの法則 $I = \frac{V}{R}$ より、

$$I = \frac{3.6 \times 10^{-2}}{0.30} = 0.12 \text{ A}$$

p. 313 TRY

① コイルを表から裏の向きに貫く磁束が増加するので、レンツの法則により、コイルを表から表の向きに貫く磁束をつくらうとするように誘導電流が流れる。したがって、**反時計まわりの向きに誘導電流が流れる。**

② 磁束は変化しないので、**誘導電流は流れない。**

③ コイルを表から裏の向きに貫く磁束が減少するので、レンツの法則により、コイルを表から裏の向きに貫く磁束をつくらうとするように誘導電流が流れる。したがって、**時計まわりの向きに誘導電流が流れる。**

社名入る 教科書ウェブ 107-62 (社名入る)

著作権について

ほけラボ25 コイルを通過する棒磁石

ほけラボ コイルを通過する電磁石



0:08 / 0:15

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

磁場中を運動する導体棒 (電磁誘導の法則)

磁場中を運動する導体棒 (電磁誘導の法則)

導体棒を右向きに速さ v で移動させる。

導体棒が移動した時間: dt
 導体棒が移動した距離: $vd t$
 増加した面積: $dS = Lvdt$
 回路を貫く磁束の変化: $d\Phi = BAS = BLvd t$

0:54 / 1:01

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

磁場中を運動する導体棒 (ローレンツ力)

磁場中を運動する導体棒 (ローレンツ力)

導体棒 PQ に着目する
 Q が負に帯電する。
 P が正に帯電する。
 ↓
 PQ 間に電場 E が生じる。
 ↓
 自由電子は電場から eE の力を受ける。
 ↓
 電場は徐々に強くなる。

1:53 / 2:41

p. 315 問 37

(1) 磁場中を動く導体棒に生じる誘導起電力の式「 $V = vBL$ 」から、

$$V = 2.0 \times (2.5 \times 10^{-2}) \times 0.10$$

$$= 5.0 \times 10^{-3} \text{ V}$$

(2) フレミングの左手の法則から、導体棒中の自由電子は Q から P の向きにローレンツ力を受ける。したがって、P が負に、Q が正に帯電するので、Q の方が電位が高くなる。

回路中のコイル

磁束の増加を妨げる向き

下向きの磁束 \downarrow が増加
 上向きの磁束 \uparrow をつくる

電池に置換えると、

p. 316 練習 1

- (1) コイルを貫く下向きの磁束が減少したので、レンツの法則から、下向きの磁束をつくるように誘導電流が流れる。したがって、抵抗には**上向き**に電流が流れる。
- (2) コイルを貫く上向きの磁束が増加したので、レンツの法則から、下向きの磁束をつくるように誘導電流が流れる。したがって、抵抗には**上向き**に電流が流れる。
- (3) コイルを貫く上向きの磁束が減少したので、レンツの法則から、上向きの磁束をつくるように誘導電流が流れる。したがって、抵抗には**下向き**に電流が流れる。

回路中の導体棒

ニモ横切子分の磁束が減少する。
 ↓
 磁束を増加せよと可成り電流が流れる!
 電池に電圧が加えらる

p. 317 練習 2

- (1) 閉回路を表から裏向きに貫く磁束が減少するので、レンツの法則から表から裏向きに貫く磁束をつくるように電流が流れる。したがって、Q から抵抗に向かって電流が流れ出るので、Q の方が P より電位が高くなる。
- (2) 閉回路を表から表向きに貫く磁束が増加するので、レンツの法則から表から裏向きに貫く磁束をつくるように電流が流れる。したがって、P から抵抗に向かって電流が流れ出るため、P の方が Q より電位が高くなる。
- (3) 閉回路を右向きに貫く磁束が増加するので、レンツの法則から右向きに貫く磁束をつくるように電流が流れる。したがって、Q から抵抗に向かって電流が流れ出るため、Q の方が P より電位が高くなる。

独立した導体棒

Qの電位が高くなる。
 ⇒ 電池に電圧が加えらる

p. 317 練習 3

(1) 棒体内部の自由電子は右向きに動いているので、Q から P の向きにローレンツ力を受ける。そのため、自由電子は P 側に移動し、端 P は負に、端 Q は正に帯電する。したがって、Q の方が P より電位が高くなる。

(2) 棒体内部の自由電子は上向きに動いているので、Q から P の向きにローレンツ力を受ける。そのため、自由電子は P 側に移動し、端 P は負に、端 Q は正に帯電する。したがって、Q の方が P より電位が高くなる。

(3) 棒体内部の自由電子は左下向きに動いているので、P から Q の向きにローレンツ力を受ける。そのため、自由電子は Q 側に移動し、端 Q は負に、端 P は正に帯電する。したがって、P の方が Q より電位が高くなる。

p. 317 TRY

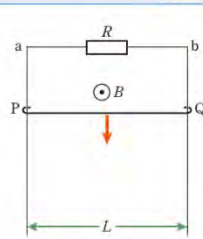
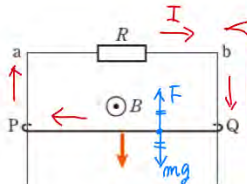
棒体棒内部の自由電子は反時計まわりに動いているので、P から Q の向きにローレンツ力を受ける。そのため、自由電子は Q 側に移動し、端 Q は負に、端 P は正に帯電する。したがって、P の方が Q よりも電位が高くなるように誘導起電力が生じる。

例題 19 磁場中を落下する導線

図のように、距離 L を隔てて鉛直に張られた 2 本の平行導線があり、抵抗値 R の抵抗が ab 間につながれている。また、平行導線と垂直に、質量 m 、長さ L の導線 PQ をわたしている。紙面の裏から表の向きに、磁束密度 B の一様な磁場をかけて、導線 PQ を落下させると、導線 PQ は平行導線に接触したまま落下し、やがて一定の速さになった。このときについて、次の各問に答えよ。ただし、重力加速度の大きさを g とし、導線 PQ と平行導線との間の摩擦は無視できるものとする。

(1) 導線 PQ を流れる電流の向きと大きさを求めよ。

(2) 導線 PQ の速さを求めよ。

(1) *磁束の増加を妨げる向きに電流が流れる*

p. 319 練習 19

(1) 棒体棒に流れる電流の大きさを I とすると、一定の速さになったことから、棒体棒にはたらく力はつりあっている。

図より、

$$IBL \cos \theta = mg \sin \theta$$

が成り立つので、

$$I = \frac{mg \sin \theta}{BL \cos \theta}$$

である。電流の向きは、フレミングの左手の法則により、P から Q の向きである。

(2) 一定の速さを v とすると、磁束密度に垂直な速度成分の大きさは $v \cos \theta$ なので、誘導起電力の大きさは、 $vBL \cos \theta$ になり、流れる電流 I は、


$$I = \frac{vBL \cos \theta}{R}$$

(1) から、② の式が成り立ち、

$$\frac{vBL \cos \theta}{R} = \frac{mg \sin \theta}{BL}$$

$$v = \frac{mgR \sin \theta}{B^2 L^2 \cos^2 \theta}$$

(1) 抵抗で消費される電力を P とする。式



社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

渦電流

著作権について

渦電流(反時計まわり)




反時計まわり
に回転させる

銅板は磁石と同じ
向きに回転する

0:54 / 1:26

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

渦電流(時計まわり)



時計まわりに
回転させる

銅板は磁石と同じ
向きに回転する

1:03 / 1:31

別紙 45-24

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

渦電流 アニメ

渦電流の発生のおよぼしについて考える。

それぞれの渦電流がつくる磁場
右側：N極
左側：S極

↓
右側で斥力がはたらく。
左側で引力がはたらく。

銅板
斥力をおよぼしあう

1:22 / 1:48

別紙 45-25

p. 320 TRY

ネオジム磁石を上向きに運びけると、1円玉を貫く磁束が変化し、電磁誘導によって渦電流が生じる。磁石と渦電流の間に引力がはたらく、1円玉は磁石に引っ張られて、一瞬浮き上がる。

※図は、ネオジム磁石の下側がN極の場合を示している。磁石の下側がS極の場合でも、磁場の向きと渦電流の向きがそれぞれ逆になり、磁石と渦電流の間に引力がはたらく、1円玉は磁石に引っ張られて、一瞬浮き上がる。

別紙 45-26

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

TRY ネオジム磁石と1円玉

1円玉も一瞬浮き上がる。

0:38 / 0:42

別紙 45-27

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

ほけラボ26 渦電流

ほけラボ 渦電流(ネオジム磁石の振り子・アクリル板上)

振り子は振動を続ける。

0:33 / 0:38

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

ほけラボ 渦電流(ネオジム磁石の振り子・アルミ板上)

振り子は、すぐに振動しなくなる。

0:30 / 0:36

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

ほけラボ 渦電流 (アクリル管を落下するネオジム磁石)

ネオジム磁石はすぐに落下する。

0:29 / 0:35

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

ほけラボ 渦電流 (アルミ管を落下するネオジム磁石)

アクリル管

アルミ管

アクリル管と比べて、アルミ管ではゆっくりと落下する。

0:44 / 0:49

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

ほけラボ 渦電流 (銅管を落下するネオジム磁石)

アクリル管

銅管

アクリル管と比べて、銅管ではゆっくり落下する。

0:48 / 0:53

別紙 45-32

p. 321 振り返ろう

①レンツの法則は、「回路を貫く磁束が変化するとき、その変化を妨げるような電流を流そうとする誘導起電力が生じる」というものである。レンツの法則を具体的に分かりやすく示す現象として、渦電流がある。机の上に置いた1円玉の上から、ネオジム磁石をできるだけ近づけ、勢いよく磁石を持ち上げる。すると、1円玉は磁石について持ち上げられる。このとき、磁石に生じている磁場の向きから、渦電流の流れる向きと誘導起電力の向きが判定できるので、レンツの法則が確認できる。

②導体棒が磁束線を横切るとき、生じる誘導起電力は、2通りの方法で求められる。

(1) ローレンツ力から求める方法

(2) 導体棒も含めて閉回路になっていると考えて、ファラデーの電磁誘導の法則から求める方法

導体棒が単独で運動している場合は、(1)の方法を用いるのが正しいが、仮想的な回路を考えて(2)の方法を用いても同じ結果が得られる。

別紙 45-33

1問 / 7問

コイルと検流計を接続して、磁石のN極をコイルに近づけると、検流計の針が+に振れた。磁石のN極をコイルから遠ざけると、検流計の針はどのように振れるか。

+に振れる
 -に振れる
 針は動かない

解答

別紙 46-1

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第4章 電流と磁気 / 第4節 電磁誘導と交流 / 2 自己誘導と相互誘導

- 322 ページ 自己誘導(ネオン管の点灯)
- 323 ページ 問38
- 325 ページ 問39
- 326 ページ 【学習動画】例題20 コイルを含む回路
- 326 ページ 例題20
- 327 ページ 問40
- 327 ページ 振り返ろう
- 327 ページ 一問一答

別紙 46-2

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

自己誘導(ネオン管の点灯) 著作権について

自己誘導(ネオン管の点灯)



スイッチを切った瞬間、コイルの自己誘導による起電力によってネオン管が点灯する。

p. 323 問 38
 自己誘導による起電力の式、 $V = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ から、
 誘導起電力の大きさを V とすれば、

$$V = \left| -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = \left| -10 \times \frac{-0.60}{0.20} \right| = 30V$$

p. 325 問 39
 コイルにたくわえられるエネルギーは
 $\left(U = \frac{1}{2} LI^2 \right)$ なので、エネルギーの増加 ΔU は、

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{1}{2} \times 10 \times 0.30^2 - \frac{1}{2} \times 10 \times 0.20^2 \\ &= 5.0 \times (0.30^2 - 0.20^2) \\ &= 5.0 \times (0.090 - 0.040) = 0.25J \end{aligned}$$

例題20 コイルを含む回路

図のように、内部抵抗の無視できる起電力 $9.0V$ の電池 E 、抵抗値が 3.0Ω 、 6.0Ω の抵抗 R_1 、 R_2 、自己インダクタンス $10H$ のコイル L 、スイッチ S を接続した。 R_1 、 R_2 に流れる電流をそれぞれ $I_1[A]$ 、 $I_2[A]$ 、 L に流れる電流を $I_3[A]$ とする。

- (1) S を入れた直後の電流 I_1 、 I_2 、 I_3 の大きさをそれぞれ求めよ。
- (2) S を入れてから十分に時間が経過したときの、電流 I_1 、 I_2 、 I_3 の大きさをそれぞれ求めよ。
- (3) (2) のとき、コイル L にたくわえられているエネルギーを求めよ。

★ スイッチを入れた直後 ... コイル L に電流が流れない
 十分時間が経過 ... コイル L は抵抗 0 の導線とみなせる
 \Rightarrow 電流はすべて L に流れる。

p. 326 類題 20

- (1) S を入れた直後、コイルには起電力が生じ、コイルを含む経路には電流は流れない。 R_2 のみに電流が流れる。電池に流れる電流 I は、オームの法則から、

$$I = \frac{E}{R_2}$$
- (2) 十分に時間が経過すると、コイルに流れる電流は一定となり、コイルは抵抗が 0 の導線とみなせるため、 R_1 と R_2 の並列接続となる。合成抵抗を R とすると、

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \quad R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$
 ので、電池に流れる電流 I は、オームの法則から、

$$I = \frac{E}{R} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} E$$

p. 327 問 40

相互誘導の式、 $\mathcal{E}_2 = -M \frac{dI_1}{dt}$ に代入して、誘導起電力の大きさ V は、

$$V = \left| -(4.0 \times 10^{-2}) \times \frac{3.0}{0.20} \right| = 0.60V$$

コイル 1 の電流が増加すると、コイル 2 を右向きに貫く磁束が増加する。レンツの法則から、コイル 2 には、それを妨げようと左向きの磁束をつくろうとする誘導電流が流れようとする。これは P から電流が流れたさうとする向きである。したがって、P の方が高電位である。

p. 327 振り返ろう

- ①コイルは自分自身を流れる電流の変化によっても電磁誘導の現象を生じる。これが自己誘導の特徴である。また、コイルは、そばにある別のコイルにも電磁誘導を生じさせる。これが相互誘導である。これらの誘導起電力は、電流の時間的な変化率に比例する。
- ②コイルに流れる電流を増加させていくと、コイルには、逆起電力が生じる。それに逆らって、電流を増加させるときに仕事が必要になる。この仕事のコイルにたくわえられるエネルギーになる。電流が流れているとき、コイルには磁場が生じているので、エネルギーは磁場にたくわえられる。

1問 / 4問

コイルとネオン管を並列に接続し、電池とスイッチをつなぐ。スイッチを入れてもネオン管は点灯しないが、スイッチを切った瞬間、ネオン管は一瞬明るく点灯した。その理由として適切なものはどれか。

- コイルに発生する誘導起電力が大きい
 コイルに流れる誘導電流が大きい
 電池から大量の電流が送られるため

解答

目次

107-62 (巻名入る)

107-62 (巻名入る) / 第3章 電気と電流 / 第4節 電流誘起と交流 < 3 交流

328 ページ 交流電圧の発生のおきみ

328 ページ 【シミュレータ】交流の発生

329 ページ 問41

333 ページ 誘起・交流と発生する電圧

333 ページ 問42

334 ページ コイルと誘起・交流

335 ページ 問43

335 ページ 問44

336 ページ コンデンサと誘起・交流

337 ページ 問45

338 ページ TRY 交流電圧と交流電流

338 ページ 【シミュレータ】交流のグラフ

340 ページ TRY インピーダンスのベクトル表示

341 ページ 【学習動画】例題21 RLC直列回路

341 ページ 例題21

342 ページ 問46

344 ページ 電流誘起 (オシロを使った実験)

345 ページ 電流誘起

345 ページ 問47

346 ページ 問48

347 ページ 問49

347 ページ 振り返ろう

347 ページ 一問一答


別紙 47-2

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

交流電圧の発生のおしくみ

交流電圧の発生のおしくみ



T : 周期
 ω : 角速度
磁束の正の向き:
赤矢印の向き

コイルを回転させる。

↓

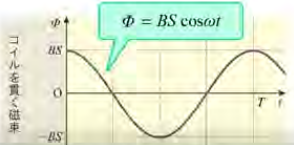
回転に応じて貫く磁束が変化する。

↓

コイルを貫く磁束 Φ : $\Phi = BS \cos \omega t$

↓

交流電圧 V : $V = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = BS\omega \sin \omega t$



$\Phi = BS \cos \omega t$

コイルを貫く磁束

(a) コイルを貫く磁束

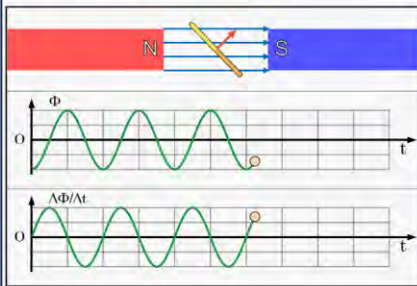
1:40 / 1:52

別紙 47-3

物理シミュレーター

交流の発生

【挑戦しよう】
コイルの回転のようすと誘導起電力の関係をみてみよう。



設定

回転数
50 回/s

スタート

リセット

磁束の変化率

誘導起電力

別紙 47-4

p. 329 問 41

コイルの回転の角速度を ω [rad/s] とすると、
コイルの回転数 n [Hz] との間には、 $\omega = 2\pi n$
の関係が成り立つ。

磁束密度 B [T] の一様な磁場中で、 S [m²] の
面積のコイルが角速度 ω [rad/s] で回転するど
き、コイルに発生する誘導起電力の最大値
 V_0 [V] は、 $V_0 = BS\omega$ であるから、

$$V_0 = BS\omega = BS \times 2\pi n$$

$$= (5.0 \times 10^{-2}) \times (2.0 \times 10^{-2}) \times 2 \times 3.14 \times 50$$

$$= 0.314 \text{ V} \quad \mathbf{0.31 \text{ V}}$$

別紙 47-5

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

直流・交流で発光する電球

直流・交流で発光する電球



直流

交流

明るさはほぼ同じ。

1:01 / 1:05

別紙 47-6

p.333 問42
電流 I [A] は、

$$I = \frac{V}{R} = \frac{100\sqrt{2}\sin 100\pi t}{100}$$

$$= \sqrt{2}\sin 100\pi t \text{ [A]}$$

電力 P [W] は、

$$P = RI^2 = 100 \times (\sqrt{2}\sin 100\pi t)^2$$

$$= 200\sin^2 100\pi t \text{ [W]}$$

別紙 47-7

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

音作権について

コイルと直流・交流

コイルと直流・交流

直流よりも交流の方が暗い。

0:59 / 1:05

別紙 47-8

p.335 問43
周波数を f [Hz] とすると、角周波数 ω [rad/s] は $\omega = 2\pi f$ で表される。交流の角周波数 ω [rad/s]、自己インダクタンス L [H] のコイルのリアクタンス X_L [Ω] は、式 $[X_L = \omega L]$ から、

$$X_L = \omega L = 2\pi f L = 2 \times 3.14 \times 50 \times 10$$

$$= 3.14 \times 10^3 \Omega \quad 3.1 \times 10^3 \Omega$$

流れる電流の実効値 I_e [A] は、

$$I_e = \frac{V_e}{\omega L} = \frac{100}{3.14 \times 10^3}$$

$$= 3.18 \times 10^{-2} \text{ A} \quad 3.2 \times 10^{-2} \text{ A}$$

消費電力の時間平均 \bar{P} [W] は、**0W** である。

別紙 47-9

p.335 問44
(1) 交流電圧 $V = 100\sqrt{2}\sin 100\pi t$ V の角周波数 ω [rad/s] は、 $\omega = 100\pi$ である。コイルの自己インダクタンス L [H] は、式 $[X_L = \omega L]$ から、

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{1.0 \times 10^2}{100\pi} = 0.318 \text{ H} \quad 0.32 \text{ H}$$

(2) リアクタンスが $1.0 \times 10^2 \Omega$ なので、電流の最大値 I_0 [A] は、

$$I_0 = \frac{V_0}{X_L} = \frac{100\sqrt{2}}{1.0 \times 10^2} = \sqrt{2} \text{ A}$$

したがって、実効値 I [A] は、

$$I_e = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 1.0 \text{ A}$$

電流の式 I [A] は、位相が電圧より $\frac{\pi}{2}$ 遅れるので、

$$I = \sqrt{2}\sin\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ [A]}$$

社名入力 教科書ウェブ
107-62 (社名入力)

著作権について

コンデンサーと直流・交流

コンデンサーと直流・交流

直流では点灯しなかったが、交流では点灯し続ける。

1:05 / 1:11

p. 337 問 45

(1) 交流電圧 $V=100\sqrt{2}\sin 100\pi t$ V の角周波数 ω [rad/s] は、 $\omega=100\pi$ である。コンデンサーの電気容量を C (F) とおくと、式 $[X_C = \frac{1}{\omega C}]$ から、

$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{100\pi \times (1.0 \times 10^2)}$$

$$= 3.18 \times 10^{-5} \text{ F} \quad \color{red}{3.2 \times 10^{-5} \text{ F}}$$

(2) リアクタンスが $1.0 \times 10^2 \Omega$ なので、電流の最大値 I_0 (A) は、

$$I_0 = \frac{V_0}{X_C} = \frac{100\sqrt{2}}{1.0 \times 10^2} = \sqrt{2} \text{ A}$$

したがって、実効値 I (A) は、

$$I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \color{red}{1.0 \text{ A}}$$

電流の式 I (A) は、位相が電圧より $\frac{\pi}{2}$ 進みなので、

$$\color{red}{I = \sqrt{2}\sin\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ [A]}}$$

p. 338 TRY

2つのグラフから、電流 I の位相は、電圧 V より $\frac{\pi}{2}$ だけ進んでいる。したがって、この素子は、**コンデンサー** である。

リアクタンス X_C は、最大電圧 V_0 が 100V、最大電流 I_0 が 0.50A であるので、

$$X_C = \frac{V_0}{I_0} = \frac{100}{0.50} = \color{red}{2.0 \times 10^2 \Omega}$$

物理シミュレーター

交流のグラフ
【挑戦しよう】
各素子の交流における性質をみてみよう。

設定

周波数 50 Hz

スタート

リセット

抵抗
 コイル
 コンデンサー

最大電圧：10V

p. 340 TRY
 図 133(b)を例に、回路のインピーダンスをベクトルで描くと、次のように表される。

例題21 RLC直列回路

図のように、抵抗値が 80Ω の抵抗 R 、コイル L 、コンデンサー C に交流電圧を加える。コイル、コンデンサーのリアクタンスは、それぞれ $X_L=80\Omega$ 、 $X_C=20\Omega$ である。

(1) 回路のインピーダンスを求めよ。
 (2) 回路に最大値 $I_0=0.40\text{A}$ の電流が流れたとき、コイル、コンデンサーの両端にそれぞれ加わる電圧の最大値、電源電圧の最大値は何 V か。

★ 抵抗、コイル、コンデンサーのリアクタンスをベクトルで図示して、インピーダンスを考える。

(1) ベクトル図から、

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{80^2 + 60^2} = 1.0 \times 10^2 \Omega$$

p. 341 例題 21

(1) 回路のインピーダンスをベクトルで描くと、図のように表される。
 インピーダンス $Z (\Omega)$ は、

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$= \sqrt{12^2 + 16^2}$$

$$= \sqrt{400} = 20\Omega$$
 力率 $\cos\alpha$ は、

$$\cos\alpha = \frac{R}{Z} = \frac{12}{20} = 0.60$$

(2) 消費電力の平均 $\overline{P} (\text{W})$ は、式 $\overline{P} = I_0 I_0 \cos\alpha$ から、

$$\overline{P} = I_0^2 R \cos\alpha = \frac{V_0^2}{Z} \cos\alpha$$

$$= \frac{40^2}{20} \times 0.60 = 48\text{W}$$

p. 342 問 46

回路に流れる電流が最大となるときは、周波数が共振周波数となるときである。共振周波数 f_0 (Hz) は、

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{1}{2 \times 3.14 \times \sqrt{(5.0 \times 10^{-2}) \times (0.20 \times 10^{-6})}}$$

$$= \frac{1}{2 \times 3.14 \times \sqrt{1.0 \times 10^{-8}}}$$

$$= \frac{1}{2 \times 3.14 \times (1.0 \times 10^{-4})}$$

$$= 1.59 \times 10^3 \text{Hz} \quad 1.6 \times 10^3 \text{Hz}$$

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

電気振動 (オシロを使った実験) 著作権について

電気振動 (オシロを使った実験)



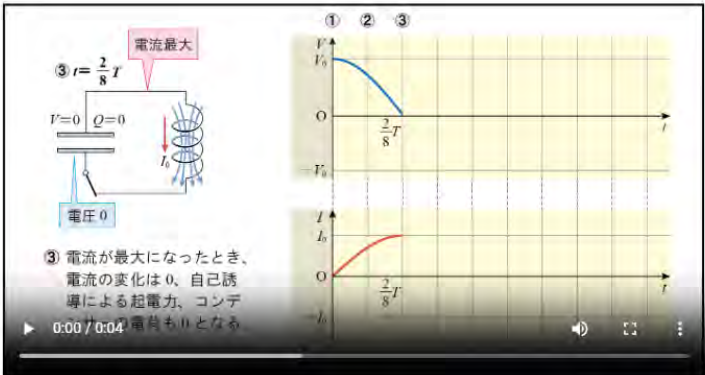
0:39 / 0:46

充電されたコンデンサーとコイルを接続すると、コイルに振動する電圧が観測される。

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

電気振動 著作権について

電気振動



③ $t = \frac{2}{8}T$ 電流最大

$V=0$ $Q=0$

電圧 0

③ 電流が最大になったとき、電流の変化は0、自己誘導による起電力、コンデンサーに充電され、電圧が最大となる。

0:00 / 0:04

p. 345 問 47

(1) $C=4.0\mu\text{F}=4.0\times 10^{-6}\text{F}$ である。振動電流の周波数 f_0 (Hz) は、

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{1}{2 \times 3.14 \times \sqrt{1.0 \times (4.0 \times 10^{-6})}}$$

$$= \frac{1}{2 \times 3.14 \times (2.0 \times 10^{-3})}$$

$$= 79.6\text{Hz} \quad \mathbf{80\text{Hz}}$$

(2) 電気振動におけるエネルギー保存の法則から、振動電流の最大値 I_0 (A) は、

$$\frac{1}{2}CV_0^2 = \frac{1}{2}LI_0^2$$

$$\frac{1}{2} \times (4.0 \times 10^{-6}) \times 100^2 = \frac{1}{2} \times 1.0 \times I_0^2$$

$$I_0^2 = 4.0 \times 10^{-2} (=0.20^2) \quad \mathbf{I_0 = 0.20\text{A}}$$

p. 346 問 48

二次コイル側の交流電圧の実効値の大きさを V_{2e} (V) とすると、

$$\frac{V_{2e}}{V_{1e}} = \frac{N_1}{N_2} \quad \frac{50}{300} = \frac{200}{V_{2e}} \quad V_{2e} = 75\text{V}$$

二次コイルに流れる電流の実効値 I_{2e} (A) は、

$$I_{2e} = \frac{V_{2e}}{R} = \frac{75}{5.0 \times 10^2} = \mathbf{0.15\text{A}}$$

p. 347 問 a

電力 $10\text{kW} = 10 \times 10^3 = 1.0 \times 10^4 \text{W}$ である。

- 電圧が $1.0 \times 10^4 \text{V}$ のとき

電力の損失 P' [W] は、

$$P' = \frac{rP^2}{V^2} = \frac{7.0 \times (1.0 \times 10^4)^2}{(1.0 \times 10^3)^2}$$

$$= 7.0 \times 10^2 \text{W}$$

- 送電する電圧を 10 倍にするとき

電力の損失 P'' [W] は、

$$P'' = \frac{rP^2}{(10V)^2} = \frac{rP^2}{10^2V^2} = \frac{1}{10^2}P' = 7.0\text{W}$$

p. 347 振り返ろう

①抵抗では、周波数によらず、抵抗の大きさは一定で、電流と電圧の位相は同位相である。コイルでは、周波数が大きいほど、リアクタンスは大きくなり、電流は電圧の位相よりも遅れる。コンデンサーでは、周波数が大きいほど、リアクタンスは小さくなり、電流は電圧の位相よりも進む。

②充電したコンデンサーとコイルを接続すると、回路には、交互に向きが変わる電流が流れる。

1問 / 7問

磁束密度が B の一様な磁場中で、面積 S の 1 巻きコイルを一定の角速度 ω で回転させた。このとき、コイルに生じる誘導起電力の最大値は、どのように表されるか。

$\frac{BS\omega}{2}$
 $BS\omega$
 $BS\omega^2$

解答

お名前 無料ウェブ
107-62 (匿名入る)

107-62 (匿名入る) / 第1章 電気と磁気 / 第4節 電磁誘導と交流 / 4 電磁誘導

新件後について

- 348 ページ 電線と磁場の関係
- 349 ページ 問49
- 349 ページ TRY 磁場表の読み
- 351 ページ 実験16 電磁表の観察
- 352 ページ ばけら木27 電流の通流
- 352 ページ 振り返ろう
- 352 ページ 一目一言

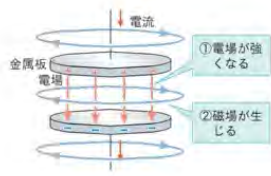
社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

電場と磁場の関係

著作権について

電場と磁場の関係

磁場と電場の関係について調べる。



電場の変化と磁場の発生

電流を流す。
↓
金属板が帯電する。
↓
金属板間に電場が生じる。
↓
徐々に電場が強くなる。
↓
磁場が生じる。

①電場が強くなる
②磁場が生じる

1:42 / 2:13

p. 349 問 49

振動数 $f = 6.0 \times 10^8 \text{ Hz} = 6.0 \times 10^8 \text{ Hz}$ である。
電磁波の波長 λ は、「 $c = \lambda f$ 」から、

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.0 \times 10^8}{6.0 \times 10^8} = 5.0 \times 10^{-1} \text{ m}$$

p. 349 TRY

式(136)の $\left(c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \right)$ に $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k_0} \text{ [F/m]}$ 、
 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ 、真空中におけるクーロンの法則の比例定数 $k_0 = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ を代入すると、

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{4\pi k_0} \times (4\pi \times 10^{-7})}}$$

$$= \sqrt{k_0 \times 10^7} = \sqrt{(9.0 \times 10^9) \times 10^7}$$

$$= \sqrt{9.0 \times 10^{16}} = 3.0 \times 10^8$$

単位について、F、N を基本単位で表すと、
 $F = C/V = A^2 \cdot s^4 / (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$ 、 $N = \text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$ 。
 となる。これらを代入すると、

$$\frac{1}{\sqrt{\frac{\text{F}}{\text{m}} \times \frac{\text{N}}{\text{A}^2}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{\text{A}^2 \cdot \text{s}^4}{\text{kg} \cdot \text{m}^2} \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\text{s}^2/\text{m}^2}} = \frac{1}{\text{s/m}} = \text{m/s}$$

単位は m/s であることが確かめられ、式(136)で計算される値は、真空中の光速 $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ と一致することが確かめられた。

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

実験16 電磁波の受信

著作権について

実験 電波の受信



社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

著作権について

ほけラボ27 電波の遮蔽

ほけラボ 電波の遮蔽



1問 / 5問

マクスウェルは、電場と磁場が互いに変動しながら、横波として真空中に伝わるものがあると提唱した。このあるものとは何か。

音波

電磁波

磁波

解答

p. 352 振り返ろう

電磁波は、変化する電場と磁場が、互いに相手をつくりあって、まわりの空間に伝わっていくものである。

電磁波の性質としては、波動の性質をもち、反射、屈折、回折・干渉、偏りがある。また、周波数(波長)によってその性質が異なり、さまざまなものに利用されている。

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第Ⅲ章 電気と磁気 / 第4節 電磁誘導と交流 / 節末問題

354 ページ 節末問題

著作権について

第Ⅲ章第4節 電磁誘導と交流
節末問題 解答・解説

p. 354 節末問題 1

(1) 時間 t (s) の間に QQ が動く扇形の面積 ΔS (m²) は、

$$\Delta S = \pi a^2 \times \frac{\omega \Delta t}{2\pi} \text{ [m}^2\text{]}$$

と表すことができる。誘導起電力の大きさ V (V) は、単位時間に導体棒が切断する磁束の大きさになるので、

$$V = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| \frac{B \Delta S}{\Delta t} \right|$$

$$= \frac{B \times \pi a^2 \times \frac{\omega \Delta t}{2\pi}}{\Delta t} = \frac{B a^2 \omega}{2} \text{ [V]}$$

また、表から裏の向きの磁場が増加するので、それを妨げるように回路には反時計回りの電流が流れる。したがって、 P の方が電位が高い。

(2) 抵抗に用いる電圧は(1)の V (V) であるから、消費電力 P (W) は、

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{B^2 a^4 \omega^2}{4R} \text{ [W]}$$

(3) 流れる電流の大きさ I (A) は、

$$I = \frac{|V|}{R} = \frac{B a^2 \omega}{2R} \text{ [A]}$$

磁場から受ける力 F (N) は、

$$F = I B a = \frac{B^2 a^3 \omega}{2R} \text{ [N]}$$

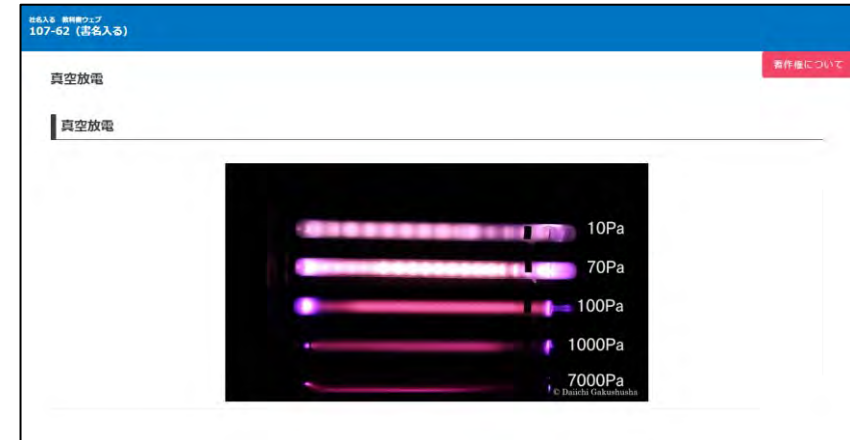
別紙 50-1

目次 / 107-62 (表目次)

107-62 (表目次) / 真空管 / 電子 / 1 / 電子

358	真空放電
359	陰極線の性質
359	FRY 陰極線の正体
360	コトムソンの実験 (電場による比電荷の測定)
361	コトムソンの実験 (電場と磁場による速度の測定)
361	図1
362	ミリカンの実験
363	【学習動画】 演習1 電気質量の測定
363	演習1
363	図2
363	振り返ろう
363	一問一答

別紙 50-2



別紙 50-3



別紙 50-4



別紙 50-5



別紙 50-6



別紙 50-7



別紙 50-8

お名前 資料種別
107-62 (匿名入る)

操作権に付いた

JJトムソンの実験 (電場による比電荷の測定)

JJトムソンの実験 (電場による比電荷の測定)

粒子の電荷: $-e$ 、質量: m 、入射速度: v
 電極の間隔: d 、極: V 、電極間の電圧: V
 電極間での粒子の運動

1:26 / 3:30

別紙 50-9

お名前 資料種別
107-62 (匿名入る)

操作権に付いた

JJトムソンの実験 (電場と磁場による速度の測定)

JJトムソンの実験 (電場と磁場による速度の測定)

電場・磁場中の粒子の運動
 高速線の粒子の速度 v について調べる。
 粒子の偏差するように、電場の強さを調整する。
 電場から受ける力と磁場から受ける力が釣りあうと、
 粒子は直進する。

0:49 / 1:43

別紙 50-10

p. 361 問 1
 電気素量を e 、電場の強さを E 、磁束密度を B 、
 電子の速さを v とする。電子が直進すること
 から、電子が電場から受ける静電気力 eE と磁
 場から受けるローレンツ力 evB が釣りあって
 いることがわかる。

$$eE = evB \quad v = \frac{E}{B}$$

この式に数値を代入し、電子の速さ v (m/s)
 を求めると、

$$v = \frac{1.0 \times 10^4}{2.0 \times 10^{-3}} = 5.0 \times 10^6 \text{ m/s}$$

別紙 50-11

お名前 資料種別
107-62 (匿名入る)

操作権に付いた

ミリカンの実験

ミリカンの実験

電場が 0 のとき
 重力 Mg と、空気抵抗 k_1v が
 はたから
 2力はすでに釣りあい、等速
 で落下する。
 $Mg = k_1v$

1:18 / 2:21

比入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題1 電気素量の測定 著作権について

学習動画

例題1 電気素量の測定

ミリカンの実験において、イオンの付着によって定化する1つの油滴の電気量を測定し、次に示す5つの測定値が得られた。これらの測定値から、有効数字を3桁として電気素量を求めよ。

1.770 1.929 2.247 2.733 3.067 $[\times 10^{-19}\text{C}]$

油滴の電気量 $(\times 10^{-19}\text{C})$	1.770	1.929	2.247	2.733	3.067
電気量の差 $(\times 10^{-19}\text{C})$	0.159	0.318	0.486	0.318	

↑
電気素量eに近い値

$e = 9.16 \times 10^{-31}\text{C}$ といふ。各測定値は、 $11e, 12e, 14e, 17e, 19e$ と表せる。

$\Rightarrow 11e + 12e + 14e + 17e + 19e = 1.770 + 1.929 + 2.247 + 2.733 + 3.067$

107-62 (書名入る) / 第IV章 電子 / 第1節 電子と光 / 1 電子 / 【学習動画】 例題1 電気素量の測定

p. 363 類題1

それぞれの測定値の差を求めると、次のようになる。

電荷 $(\times 10^{-19}\text{C})$	1.124	1.283	1.605	1.926	2.405
差 $(\times 10^{-19}\text{C})$	0.159	0.322	0.321	0.479	

電気量の差のうち、最も小さい値が電気素量 e に近く、 e はおよそ $0.16 \times 10^{-19}\text{C}$ と考えられる。この e を用いると、各測定値は、 $7e, 8e, 10e, 12e, 15e$ と表される。 e を求めると、

$$(7+8+10+12+15)e = (1.124+1.283+1.605+1.926+2.405) \times 10^{-19}$$

$$e = \frac{8.343 \times 10^{-19}}{52} = 1.604 \times 10^{-19}\text{C}$$

$1.60 \times 10^{-19}\text{C}$

p. 363 問2

油滴の質量が $m = 1.3 \times 10^{-14}\text{kg}$ 、電場の大きさが $E = 2.0 \times 10^5\text{V/m}$ 、重力加速度 $g = 9.8\text{m/s}^2$ より、油滴の電気量を q [C] とすると、

$$qE = mg$$

$$q = \frac{mg}{E} = \frac{1.3 \times 10^{-14} \times 9.8}{2.0 \times 10^5}$$

$$= 6.37 \times 10^{-19}\text{C} \quad \mathbf{6.4 \times 10^{-19}\text{C}}$$

p. 363 振り返ろう

トムソンの実験は、電場や磁場による陰極線の変化から、電子の比電荷を決定した。ミリカンの実験は、電場中において帯電させた油滴の運動から、電気素量を決定した。

別紙 50-16

1問 / 4問

両端に電極を付けたガラス管がある。その内部を真空にして高電圧を加えると、陰極から陽極に向けて陰極線が放射されている。陰極線の正体は、次のうちどれか。

- 電子
- α粒子
- 電磁波

[解答](#)

別紙 51-2

107-62 (匿名入る)

著作権について

ほけラボ28 光電効果の観察

ほけラボ 光電効果の観察(可視光線)

0:25 / 1:01

別紙 51-1

107-62 (匿名入る) / 講義室 量子 / 講1節 電子と光 / 2. 光の粒子性

著作権について

- 365 ほけラボ28 光電効果の観察
- 366 光電効果の実験
- 367 図3
- 369 図4
- 370 【学習動画】 例題2 光電効果
- 370 動画2
- 370 図5
- 370 TRY グラフの変化の予想
- 370 振り回ろう
- 370 一問一答
- 371 図表6 プランク定数の測定

別紙 51-3

ほけラボ 光電効果の観察(紫外線)

0:34 / 1:10

別紙 51-4

お名前 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

光電効果の実験

光電効果の実験

検流計を負に帯電させる。

0:17 / 0:36

別紙 51-5

p. 367 問 3
波長 $6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の光子 1 個がもつエネルギー $E \text{ (J)}$ は、式「 $E = \frac{hc}{\lambda}$ 」から、

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.6 \times 10^{-34}) \times (3.0 \times 10^8)}{6.0 \times 10^{-7}} = 3.3 \times 10^{-19} \text{ J}$$

別紙 51-6

p. 369 問 4
電子ボルトの定義より、電子の得た運動エネルギーは **3.0eV**
また、 $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ の関係より、
 $3.0\text{eV} = 3.0 \times (1.6 \times 10^{-19}) = 4.8 \times 10^{-19} \text{ J}$

別紙 51-7

お名前 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題2 光電効果

学習動画

例題2 光電効果

ある金属に振動数 $5.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ の光を照射し、飛び出す光電子の運動エネルギーの最大値を測定すると、 0.55 eV であった。この金属の仕事関数は何 eV か。また、同じ金属に、振動数 $7.4 \times 10^{14} \text{ Hz}$ の光を照射したとき、飛び出す光電子の運動エネルギーの最大値は何 eV か。ただし、電気素量を $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、プランク定数を $6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ とする。

★ 光の振動数 ν と光電子の運動エネルギー K_M の関係

$K_M = h\nu - W$ となる、 $W = h\nu_0 - K_M$
※ 単位は J

107-62 (書名入る) / 第IV章 原子 / 第1節 電子と光 / 2 光の粒子性 / 【学習動画】 例題2 光電効果

別紙 51-8

p. 370 類題 2

$1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{J}$ の関係を用いて、振動数が $8.0 \times 10^{14}\text{Hz}$ の光子 1 個のエネルギーは、

$$\frac{(6.6 \times 10^{-34}) \times (8.0 \times 10^{14})}{1.6 \times 10^{-19}} = 3.3\text{eV}$$

また、 $K_{\text{M}} = h\nu - W$ の関係より、飛び出す光電子の運動エネルギーの最大値 K_{M} (J) は、

$$K_{\text{M}} = 3.3 - 1.9 = 1.4\text{eV}$$

別紙 51-9

p. 370 問 5

- (1) グラフの縦軸の切片の絶対値が仕事関数に相当する。垂鉛の仕事関数は $6.9 \times 10^{-19}\text{J}$
- (2) グラフの傾きがプランク定数 h に相当する。 $(0, -6.9 \times 10^{-19})$ 、 $(10.5 \times 10^{14}, 0)$ の 2 点から、

$$h = \frac{0 - (-6.9 \times 10^{-19})}{10.5 \times 10^{14} - 0} = 6.57 \times 10^{-34}\text{J} \cdot \text{s} \quad 6.6 \times 10^{-34}\text{J} \cdot \text{s}$$

別紙 51-10

p. 370 TRY

- ① 光を強くしても、光子 1 個あたりのエネルギーは変化しないため、飛び出す光電子の運動エネルギーの最大値は変化しない。したがって、グラフは**変化しない**。
- ② 仕事関数のより大きな金属を用いて実験を行うと、限界振動数の値が大きくなるため、グラフの傾きは変わらず、**右に平行移動する**。

別紙 51-11

p. 370 振り返ろう

光子仮説から、光電効果は次のように説明することができる。光電効果は、1 個の光子が、金属内部の 1 個の電子にエネルギーを与え、金属外部へ飛び出させる現象である。このとき、光子 1 個のエネルギーのうち、一部が電子 1 個を飛び出させる仕事に使われ、残りが電子の運動エネルギーになる。

別紙 51-12

1問 / 5問

負に帯電した箔線電路によく磨いた亜鉛板をのせ、亜鉛板に紫外線を照射すると、箔線電路の箔は閉じる。この現象を何というか。

- 誘導電場
- 静電誘導
- 光電効果

解答

別紙 51-13

107-62 (匿名入る)

探究6 ブランク定数の測定

探究 ブランク定数の測定

0:11 / 0:26

別紙 52-1

107-62 (匿名入る)

107-62 (匿名入る) / 物理学 / 量子 / 第1章 / 電子と光 / 3 / X線

- 372 ページ X線の発生 (X線管)
- 373 ページ 【学習動画】 例題3 X線の発生
- 373 ページ 例題3
- 375 ページ 例6
- 375 ページ TRY 結晶の格子面の考え方
- 377 ページ 例7
- 377 ページ コンプトン効果
- 377 ページ 振り返ろう
- 377 ページ 一問一答

別紙 52-2

107-62 (匿名入る)

X線の発生 (X線管)

X線の発生 (X線管)

0:32 / 1:15

別紙 52-3

はら入る 無料学習ウェブ
107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題3 X線の発生 再作権について

学習動画

例題3 X線の発生

X線管において、初速度0の電子を電圧30kVで加速し、陽極に衝突させると、X線が発生して、図のようなスペクトルが得られた。次の各問に答えよ。ただし、電気素量を $1.6 \times 10^{19} \text{C}$ 、プランク定数を $6.6 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$ 、真空中の光速を $3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ とする。

(1) 衝突する直前の電子のもつエネルギーは何 eV か。

(2) 連続X線の最短波長は何 m か。

(1) $1 \text{eV} \dots$ 電子1個も 1V の電圧で加速したときに電子が得る運動エネルギー
 \Rightarrow 電子が得るエネルギーは、 $E = 1 \times 30 = 30 \text{kV} = 3.0 \times 10^4 \text{eV}$

(2) 最短波長 = 振動数が最大 \dots 電子の運動エネルギーが最大
すなわち X線のエネルギーが最大

107-62 (書名入る) / 第IV章 原子 / 第1節 電子と光 / 3 X線 / 【学習動画】 例題3 X線の発生

別紙 52-4

p. 373 類題3

$1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ の電子を $50 \text{kV} (= 5.0 \times 10^4 \text{V})$ で加速するので、衝突前に電子がもっていたエネルギー eV (J) は、

$eV = (1.6 \times 10^{-19}) \times (5.0 \times 10^4) = 8.0 \times 10^{-15} \text{J}$

電子の運動エネルギーのすべてが1個のX線光子に与えられたとき、最短波長のX線が生じる。求める波長を λ (m) とすると、

$$eV = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{eV} = \frac{(6.6 \times 10^{-34}) \times (3.0 \times 10^8)}{8.0 \times 10^{-15}} = 2.47 \times 10^{-11} \text{m} \quad 2.5 \times 10^{-11} \text{m}$$

別紙 52-5

p. 375 問6

$\theta = 30^\circ$ で、 $n=2$ の場合のブラッグ条件より、

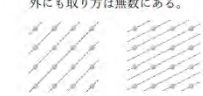
$$2d \sin 30^\circ = 2\lambda$$

$$d = \frac{1.2 \times 10^{-10}}{\sin 30^\circ} = 2.4 \times 10^{-10} \text{m}$$

別紙 52-6

p. 375 TRY

解答例を2つ示す。結晶の格子面は、これ以外にも取り方は無数にある。



別紙 52-7

p. 377 問 7

X線光子の運動量は、式「 $p = \frac{h\nu}{c}$ 」から、

$$p = \frac{(6.6 \times 10^{-34}) \times (2.0 \times 10^{18})}{3.0 \times 10^8}$$

$$= 4.4 \times 10^{-24} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

別紙 52-8

107-62 (匿名入る)

コンプトン効果

コンプトン効果のしくみ

X線はエネルギーと運動量をもつ光子であると考え、

別紙 52-9

p. 377 振り返ろう

①ブラッグの実験とは、X線の回折を利用して、結晶中の原子の配置を調べ、ブラッグの反射条件を導きだした。

②物質にX線をあてて散乱させたとき、散乱X線の中に、もとのX線より波長の長くなるものが含まれていることがわかった。この現象をコンプトン効果という。これは、X線光子と物質中の電子の衝突において、エネルギー保存の法則と運動量保存の法則が成り立つと考えることによって説明できる。X線が粒子としての性質を示す現象の一例である。

別紙 52-10

1問 / 6問

レントゲンがX線の実験で見つけた電磁波を、何というか。

可視光線

赤外線

X線

修正

別紙 53-1

107-62 (高名入る) / 第IV章 電子 / 第1節 電子と光 / 4 粒子の波動性

【学習動画】 例題4 物質波の波長

378 ページ

378 ページ 例題4

380 ページ 振り返ろう

380 ページ 一問一答

別紙 53-2

107-62 (高名入る) / 第IV章 電子 / 第1節 電子と光 / 4 粒子の波動性

【学習動画】 例題4 物質波の波長

学習動画

例題4 物質波の波長

電位差Vで加速された電子の運動エネルギー、運動量の大きさ、および電子波の波長を求めよ。ただし、電子の質量をm、電気量を-e、プランク定数をhとする。

* 電子が電場から受けた仕事の内分は、電子の運動エネルギーになる。

• 電子の運動エネルギーK … 電場から得たエネルギー(仕事)で、 eV

$$\Rightarrow K = eV$$

• 運動量の大きさをp … 加速した電子の速さをvとすると、

$$eV = \frac{1}{2}mv^2 \quad v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

107-62 (高名入る) / 第IV章 電子 / 第1節 電子と光 / 4 粒子の波動性 / 【学習動画】 例題4 物質波の波長

別紙 53-3

p. 378 例題 4

電子の物質波(電子波)の波長 λ_1 (m) は、式

$$\left[\lambda = \frac{h}{mv} \right] \text{ から、}$$

$$\lambda_1 = \frac{h}{mv} = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{(9.1 \times 10^{-31}) \times (1.0 \times 10^6)} = 7.25 \times 10^{-10} \text{ m} \quad 7.3 \times 10^{-10} \text{ m}$$

ボールの物質波の波長 λ_2 (m) は、

$$\lambda_2 = \frac{h}{mv} = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{0.40 \times 30} = 5.5 \times 10^{-35} \text{ m}$$

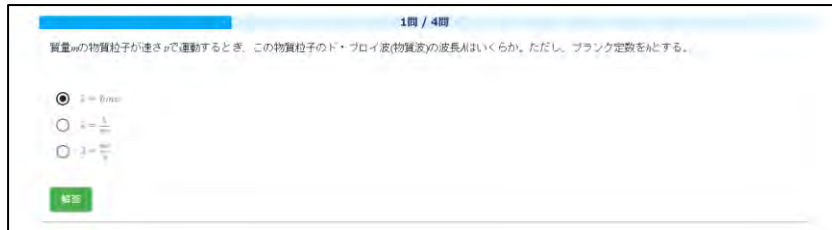
別紙 53-4

p. 380 振り返ろう

① ミクロの世界において、あらゆる物質には、粒子性と波動性の両方の性質が備わっている。

② ミクロの世界では、物体の位置と運動量の両方を同時に正確に決めることはできない。

別紙 53-5



別紙 54-1



別紙 54-2

第IV章第1節 電子と光
節末問題 解答・解説

p.381 節末問題 1

(1) 負に帯電した粒子がAの側に進路を曲げており、電場がA→Bの向きであるため、Aの方が電位が高い。

(2) 極板間で、粒子は電場と逆向きに静電気力を受ける。静電気力の大きさは、 $F=qE$ である。求める加速度の大きさを a とし、電場の方向で粒子の運動方程式を立てると、

$$ma=qE \quad a=\frac{qE}{m}$$

(3) 極板間に入射してから、粒子が極板の右端に達するまでにかかる時間は、 $t=\frac{L}{v}$ となる。極板の右端に達したときの、電場の方向の速度の大きさ V は、

$$V=at=\frac{qE}{m} \times \frac{L}{v}=\frac{qEL}{mv}$$

また、粒子の入射方向からのずれ y は、等加速度直線運動の公式から、

$$y=\frac{1}{2}at^2=\frac{1}{2} \times \frac{qE}{m} \times \left(\frac{L}{v}\right)^2=\frac{qEL^2}{2mv^2}$$

p.381 節末問題 2

(1) グラフから、光子の波長が $\lambda=6.0 \times 10^{-4} \text{m}$ のとき、 $V=0.70 \text{V}$ である。このとき、検流計に流れる電流は 0 なので、陰極から飛び出した光電子は、大きさ eV [J] の負の仕事をしてエネルギーを失い、陽極に達することができない。求める運動エネルギーの最大値を K_M とすると、

社名入力 資料集ウェブ
107-62 (社名入力)

107-62 (社名入力) / 第IV章 原子 / 第2節 原子と原子核 / 1 原子の構造

383 ページ 原子核によるα線の散乱

383 ページ 問8

384 ページ ぼけラボ29 スペクトルの観察

385 ページ 問9

385 ページ TRY スペクトルの観察

386 ページ ボーアの原子模型

387 ページ 問10

389 ページ TRY 羅スペクトルの観察

390 ページ X線の発生 (特性X線と連続X線)

390 ページ 振り返ろう

390 ページ 一問一答

391 ページ フランク・ヘルツの実験

391 ページ 問11

© 2020-2025 社名入力

社名入力 資料集ウェブ
107-62 (社名入力)

原子核によるα線の散乱

原子核によるα線の散乱

原子レベルで見る
α線を照射する。
大半は直進する。 → 原子核は非常に小さい。



0:57 / 1:09

107-62 (社名入力) / 第IV章 原子 / 第2節 原子と原子核 / 1 原子の構造 / 原子核によるα線の散乱

© 2020-2025 社名入力

p. 383 問 8

金の原子核が α 線の位置につくる電位 V は、

$$V = k_0 \frac{Q}{r}$$

したがって、α 線がもつ静電気力による位置エネルギー U は

$$U = qV = k_0 \frac{Qq}{r}$$

α 線のエネルギー保存の法則より、

$$\frac{1}{2}mv^2 = k_0 \frac{Qq}{r} \quad r = \frac{2k_0 Qq}{mv^2}$$

別紙 55-4

ほけラボ29 スペクトルの観察

ほけラボ スペクトルの観察



107-62 (書名入る) / 第IV章 原子 / 第2節 電子と原子核 / 1 原子の構造 / ほけラボ29 スペクトルの観察

© 2020-2025 社名入る

別紙 55-5

p.385 問9

式(20)の $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ に、 $n'=2$ を代入して λ について整理すると、

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R \left(\frac{n^2 - 2^2}{2^2 n^2} \right)$$

$$\lambda = \frac{2^2}{R} \left(\frac{n^2}{n^2 - 2^2} \right)$$

ここで、 $R = 1.097 \times 10^7 / \text{m}$ を代入すると、

$$\lambda = \frac{2^2}{1.097 \times 10^7} \times \frac{n^2}{n^2 - 2^2}$$

$$= 3.646 \times 10^{-7} \times \frac{n^2}{n^2 - 2^2}$$

$$\lambda = 3.65 \times 10^{-7} \times \frac{n^2}{n^2 - 2^2}$$

($n=3, 4, 5, \dots$)

以上から、式(19)と一致する。

別紙 55-6

p.385 TRY

式(20)に、 $n'=2$ を代入すると、

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\lambda = \frac{2^2}{R} \left(\frac{n^2}{n^2 - 2^2} \right) \quad (n=3, 4, 5, \dots)$$

- 最短波長は、 $n = \infty$ のときである。

$$\lambda = \frac{2^2}{1.1 \times 10^7} \left\{ \frac{1}{1 - (2/n)^2} \right\}$$

$$= 3.63 \times 10^{-7} \text{m}$$

- 最長波長は、 $n=3$ のときである。

$$\lambda = \frac{2^2}{1.1 \times 10^7} \left(\frac{3^2}{3^2 - 2^2} \right) = 6.54 \times 10^{-7} \text{m}$$

以上から、 $3.6 \times 10^{-7} \sim 6.5 \times 10^{-7} \text{m}$

別紙 55-7

ボーアの原子模型

ボーアの原子模型

ボーアの運動条件

原子内の電子がエネルギーの低い定常状態に移る。

エネルギー準位の差 $E_1 - E_2$ に等しいエネルギー $h\nu$ の光子を放出する。

原子内の電子がエネルギーの高い定常状態に移る。

エネルギー準位の差 $E_1 - E_2$ に等しいエネルギー $h\nu$ の光子を吸収する。



107-62 (書名入る) / 第IV章 原子 / 第2節 電子と原子核 / 1 原子の構造 / ボーアの原子模型

© 2020-2025 社名入る

p. 387 問 10
 $E - E' = 3.3 \times 10^{-19} \text{ J}$ である。ボーアの振動数条件、「 $h\nu = E - E'$ 」から、

$$(6.6 \times 10^{-34}) \times \nu = 3.3 \times 10^{-19}$$

$$\nu = \frac{3.3 \times 10^{-19}}{6.6 \times 10^{-34}} = 5.0 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

p. 389 TRY
 図 34 において、電子が $n=3$ から $n=2$ へ移るときエネルギー単位の差が $3.0 \times 10^{-19} \text{ J}$ である。このエネルギーが、光子 1 個のエネルギーとなる。求める波長 λ (m) は、

$$\frac{hc}{\lambda} = 3.0 \times 10^{-19}$$

$$\lambda = \frac{hc}{3.0 \times 10^{-19}}$$

$$= \frac{(6.6 \times 10^{-34}) \times (3.0 \times 10^8)}{3.0 \times 10^{-19}}$$

$$= 6.6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

107-62 (匿名入る)

X線の発生 (特性X線と連続X線)

X線の発生 (特性X線と連続X線)

特性(固有)X線の発生

特性(固有)X線…
 特定の波長のX線。衝突する
 陽極物質によって決まる。

加速された電子が、陽極原子内の
 電子をはじき飛ばす。
 ↓
 電子が内側の軌道に移動する。
 ↓
 波長が一定のX線が放射される。

107-62 (匿名入る) / 第IV章 量子 / 第2節 光子と原子核 / 1 原子の構造 / X線の発生 (特性X線と連続X線)

© 2020-2025 社名入る

p. 390 振り返ろう

①ラザフォードの原子模型とは、原子の中心に体積が非常に小さく質量の大きい原子核があり、そのまわりを電子がまわっていると考えた原子模型である。原子番号 Z の原子の場合、原子核は電気素量 e の Z 倍の正電荷をもち、そのまわりを Z 個の電子がとりまく。

②ボーアの量子条件：電子の質量を m (kg)、速さを v (m/s)、軌道半径を r (m)、プランク定数を h (J·s) とすると、定常状態にある電子は、次の条件を満たす。

$$mvr = n \frac{h}{2\pi} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

n を量子数といい、原子内の電子はとびとびのエネルギー状態をとる。

ボーアの振動数条件： $h\nu = E - E'$

原子内の電子があるエネルギー E の定常状態からエネルギー E' の定常状態に移

1問 / 7問

土星型の原子模型を考えた科学者は、次のうち誰か。

- J.J.トムソン
- 長岡半太郎
- ラザフォード

解答

107-62 (匿名入る)

著作権について

フランク・ヘルツの実験

水素原子の励起が2回おこる。

電子の運動エネルギーが0になる。

再び加速する。

電子の運動エネルギーが0になる。

再び加速する。

3:30 / 4:00

107-62 (匿名入る) / 第IV章 原子 / 第2節 原子と原子核 / 1. 原子の構造 / フランク・ヘルツの実験

© 2020-2025 匿名入る

p. 391 問 a

「 $E = \frac{hc}{\lambda}$ 」より、電磁波の波長 λ [m] は、

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{(6.6 \times 10^{-34}) \times (3.0 \times 10^8)}{4.9 \times (1.6 \times 10^{-19})}$$

= 2.52×10^{-7} m **2.5×10^{-7} m**

別紙 56-1

社会入る 資料集ツレズ
107-62 (有名入る)

107-62 (有名入る) / 第4章 原子 / 第2節 原子と原子核 / 2 原子核と放射線

保存機能について

392 ページ	図11
393 ページ	図12
393 ページ	TRY 統一原子質量単位の計算
395 ページ	実験17 放射線の飛跡の観察
397 ページ	【学習動画】 例題5 原子核の崩壊
397 ページ	問題5
398 ページ	半減期
399 ページ	【学習動画】 例題6 半減期
399 ページ	問題6
399 ページ	図13
399 ページ	実験18 半減期のモデル
400 ページ	図14
401 ページ	振り返ろう
401 ページ	一問一答
402 ページ	探究7 放射性物質とその半減期

© 2020-2025 社会入る

別紙 56-2

p. 392 問 11

(1) ネオン $^{22}_{10}\text{Ne}$:

陽子 …原子番号と同じ **10 個**
 中性子… $22 - 10 = 12$ **個**

(2) 鉄 $^{56}_{26}\text{Fe}$:

陽子 …原子番号と同じ **26 個**
 中性子… $56 - 26 = 30$ **個**

(3) 銅 $^{63}_{29}\text{Cu}$:

陽子 …原子番号と同じ **29 個**
 中性子… $63 - 29 = 34$ **個**

別紙 56-3

p. 393 問 12

^{63}Cu が質量 63.0u で存在比 70%、 ^{65}Cu が質量 65.0u で存在比 30%である。銅 Cu の原子量は、
 $63.0 \times 0.70 + 65.0 \times 0.30 = 44.1 + 19.5 = 63.6$

p. 393 TRY

1molの ^{12}C の質量は、12.0g(=12.0×10⁻³kg)である。1molの原子数がアボガドロ定数6.02×10²³/molなので、1uは、

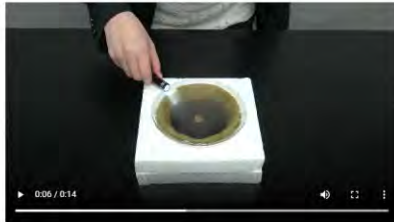
$$1\text{u} = \frac{12.0 \times 10^{-3}}{6.0 \times 10^{23}} \times \frac{1}{12} = 1.661 \times 10^{-27} \text{kg}$$

したがって、1u=1.66×10⁻²⁷kg

107-62 (書名入る)

実験17 放射線の飛跡の観察

実験 放射線の飛跡の観察



107-62 (書名入る) / 第1巻 原子 / 第2章 原子と原子核 / 2 原子核と放射線 / 実験17 放射線の飛跡の観察

© 2020-2025 社名入る

107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題5 原子核の崩壊

学習動画

例題5 原子核の崩壊

トリウム ^{232}Th が放射性崩壊を繰り返して、鉛 ^{208}Pb になるまでに、 α 崩壊と β 崩壊は、それぞれ何回おこるか。

★ α 崩壊… 新に He が放出 ⇒ 質量数-4、原子番号-2

β 崩壊… 中性子が陽子と電子に変化して、電子を放出 ⇒ 質量数は変化なし、原子番号+1

トリウム $^{232}_{90}\text{Th}$ → 鉛 $^{208}_{82}\text{Pb}$

質量数の変化 232-208=24 (減少)
⇒ α 崩壊の回数 $24 \div 4 = 6$ 回

α 崩壊による原子番号の変化… $-2 \times 6 = -12$

p. 397 類題5

$^{238}_{92}\text{U}$ から $^{210}_{84}\text{Po}$ になるまでに、質量数は、
238-210=28

だけ減少している。質量数が変化するのは α 崩壊だけであり、1回あたり4減少する。したがって、 α 崩壊の回数は、

$$\frac{28}{4} = 7 \text{回}$$

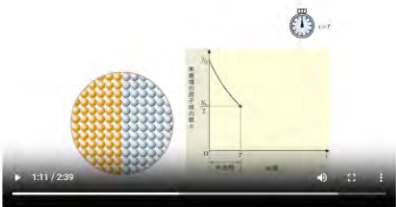
また、原子番号は、
92-84=8

だけ減少している。 α 崩壊は7回おこるので、それによる原子番号の減少分は、
7×2=14

である。したがって、 β 崩壊の回数は、
14-8=6回

半減期

半減期



1:11 / 2:39

107-62 (巻名入る) / 第1巻 原子 / 第2節 原子と原子核 / 2 原子核と放射線 / 半減期

© 2020-2025 社名入る

【学習動画】 例題6 半減期

学習動画

例題6 半減期

ヨウ素¹³¹の原子核の半減期は(8.0日)である。次の各問に答えよ。

(1) 16gのヨウ素¹³¹の原子核がある。16日後に崩壊せずに残っている質量は何gか。

(2) ヨウ素¹³¹の原子核の数が、はじめの $\frac{1}{4}$ になるまでに何日かかるか。

★半減期の式 $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$

(1) 半減期 8.0日
 \Rightarrow 16日後は、半減期 2回分で $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^2$ になっている。
 残る質量は、 $m = 16 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2$
 $= 16 \times \left(\frac{1}{4}\right) = 16 \times \frac{1}{4} = \underline{4.0g}$

p. 399 類題 6

20日後に残っているビスマス Bi の数を N とすると、半減期の式、「 $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ 」から、

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{20}{5.0}} = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16} N_0$$

数が $\frac{1}{4}$ となる日にちを t とすると、

$$\frac{1}{4} N_0 = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5.0}} \quad \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5.0}}$$

$$\frac{t}{5.0} = 2 \quad t = 10 \text{ 日} \quad \mathbf{10 \text{ 日後}}$$

p. 399 問 13

セシウム原子核の数が $\frac{1}{3}$ になるまでに要する時間を t (年) とすると、半減期の式、

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

$$\frac{1}{3} N_0 = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{30}} \quad \frac{1}{3} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{30}}$$

両辺を 10 を底とする対数にとると、

$$\log_{10} \frac{1}{3} = \log_{10} \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{30}}$$

$$-\log_{10} 3 = -\frac{t}{30} \log_{10} 2$$

ここで、 $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$ を代入すると、

$$0.48 = \frac{t}{30} \times 0.30$$

$$t = \frac{0.48 \times 30}{0.30} = \mathbf{48 \text{ 年}}$$

社名入力 教科書ID入力
107-62 (書名入力)

著作権について

実験18 半減期のモデル

実験 半減期のモデル



p. 400 問 a

木片における ^{12}C に対する ^{14}C の割合は、大気中の $\frac{1}{\sqrt{2}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}}$ 倍となっている。それまでに必要な時間を t [年] とすると、式(32)から、

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}} N_0 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5.7 \times 10^3}} N_0$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5.7 \times 10^3}}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{t}{5.7 \times 10^3} \quad t = 2.85 \times 10^3 \text{ 年}$$

2.9×10^3 年前

p. 401 振り返ろう

①放射線には、ヘリウム原子核の流れである α 線、高エネルギーの電子の流れである β 線、波長の短い電磁波である γ 線がある。これらは放射線崩壊によって自然に発生する放射線であるが、それ以外にも X 線(電磁波)や中性子線といった放射線もある。 α 線、 β 線は、比較的透過力が小さく、電離作用が大きい。薄膜の厚さの測定などに利用される。一方、 γ 線や X 線、中性子線は、透過力が大きく、電離作用が小さいので、非破壊検査などに利用される。

②原子核が一定時間に崩壊する確率は、放射線核種によって決まっている。それにもとづき、存在している原子核の半分が崩壊するのに要する時間を半減期という。

1問 / 9問

次のうち、原子核を構成しない粒子(はどれか)

陽子

電子

中性子

解答

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

探究7 放射性物質とその半減期 著作権について

探究 放射性物質とその半減期

















107-62 (書名入る) / 第IV章 原子 / 第2節 原子と原子核 / 2 原子核と放射線 / 探究7 放射性物質とその半減期

© 2020-2025 社名入る

社名入る 教科書ウェブ
107-62 (書名入る)

107-62 (書名入る) / 第IV章 原子 / 第2節 原子と原子核 / 3 核反応とエネルギー 著作権について

- 405 ページ  【学習動画】 例題7 質量欠損と結合エネルギー
- 405 ページ  類題7
- 406 ページ  核反応
- 406 ページ  問14
- 407 ページ  【学習動画】 例題8 核反応とエネルギー
- 407 ページ  類題8
- 408 ページ  核分裂(特徴)
- 408 ページ  核分裂(連鎖反応)
- 410 ページ  【学習動画】 例題9 核分裂とエネルギー
- 410 ページ  類題9
- 410 ページ  核融合
- 411 ページ  TRY 太陽の質量変化
- 411 ページ  振り返ろう
- 411 ページ  一問一答

© 2020-2025 社名入る

社会人 教科書ウェブ 107-62 (各名入る)

著作権について

【学習動画】 例題7 質量欠損と結合エネルギー

学習動画

例題7 質量欠損と結合エネルギー

重水素 1H の原子核について、次の各問に答えよ。ただし、質量は、重水素の原子核が 2.01356u、陽子が 1.00728u、中性子が 1.00866u とし、1u を 1.66×10^{-27} kg、電圧単位を 1.60×10^{-19} J、真空中の光速を 3.00×10^8 m/s とする。

(1) 質量欠損 ΔM は何 u か。また何 kg か。
 (2) 結合エネルギー ΔE は何 MeV か。

★ 質量欠損は、(核子の質量の合計) - (原子核の質量)
 ★ 結合エネルギーは $\Delta E = \Delta M c^2$

(1) 重水素 1つ ... 陽子(1.00728u)が1つ、中性子(1.00866u)が1つ
 $\Rightarrow \Delta M = (1.00728 + 1.00866) - (2.01356) = 0.00238u \quad \frac{2.38 \times 10^{-3}u}{}$

p. 405 類題 7

ヘリウム ${}^4_2\text{He}$ の原子核は、陽子2個、中性子2個からなる。質量欠損 ΔM (u) は、

$$\Delta M = 1.00728 \times 2 + 1.00866 - 3.01494$$

$$= 8.28 \times 10^{-3}u$$

結合エネルギーは、 $\Delta E = \Delta M c^2$ の式から求められる。 ΔM の単位を kg に換算して、この式を用いると、

$$\Delta E = 8.28 \times 10^{-3} \times 1.66 \times 10^{-27} \times (3.00 \times 10^8)^2$$

$$= 1.237 \times 10^{-12} \text{J}$$

これを MeV に換算すると、

$$\Delta E = \frac{1.237 \times 10^{-12}}{(1.60 \times 10^{-19}) \times 10^6} = 7.731 \text{MeV}$$

7.73MeV

社会人 教科書ウェブ 107-62 (各名入る)

著作権について

核反応

核反応

箱内での荷電粒子の飛跡

この飛跡は、次のように説明できる。
 α線が窒素の原子核に衝突する。
 α線の原子核と陽子に分かれる。



107-62 (各名入る) / 第1巻 原子 / 第2章 原子と原子核 / 2 核反応とエネルギー / 核反応

© 2020-2025 社会人

p. 406 問 14

求める原子核の原子番号を Z、質量数を A とする。

(1) 原子番号 : $3+0=Z+1$ $Z=2$
 質量数 : $6+1=A+3$ $A=4$
 したがって、求める原子核は、 ${}^4_2\text{He}$

(2) 原子番号 : $6+1=Z$ $Z=7$
 質量数 : $12+1=A$ $A=13$
 したがって、求める原子核は、 ${}^{13}_7\text{N}$

107-62 (署名入る)

【学習動画】 例題8 核反応とエネルギー

学習動画

例題8 核反応とエネルギー

静止しているリチウム ${}^6_3\text{Li}$ の原子核に、 0.60 MeV の運動エネルギーをもった陽子 ${}^1_1\text{H}$ をあてたところ、次のような核反応が起こった。 ${}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow 2{}^4_2\text{He}$

${}^6_3\text{Li}$ 、 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^4_2\text{He}$ の原子核の質量をそれぞれ 7.0144 u 、 1.0073 u 、 4.0015 u とし、 1 u を $1.66 \times 10^{-27}\text{ kg}$ 、電気質量を $1.60 \times 10^{-19}\text{ C}$ 、真空中の光速を $3.00 \times 10^8\text{ m/s}$ とする。

(1) 反応によって減少した質量は何 u か。
 (2) 生成されたヘリウム ${}^4_2\text{He}$ の原子核の、運動エネルギーの和は何 MeV か。

(1) 反応前: $7.0144 + 1.0073 = 8.0217$ ← 反応によって質量が減少している
 反応後: $2 \times 4.0015 = 8.0030$ // エネルギーを放出
 減少した質量 $\Delta M [\text{u}]$ は、
 $\Delta M = 8.0217 - 8.0030 = 0.0187\text{ u}$ $1.87 \times 10^{-2}\text{ u}$

p. 407 類題 8

核反応の前後における質量は、
 反応前: $13.9993 + 4.0015 = 18.0008\text{ u}$
 反応後: $16.9948 + 1.0073 = 18.0021\text{ u}$
 反応によって質量が増加しているため、エネルギーを吸収する。増加した質量 $\Delta M [\text{u}]$ は、
 $\Delta M = 18.0021 - 18.0008 = 0.0013\text{ u}$
 吸収するエネルギー $\Delta E [\text{J}]$ は、 $\Delta E = \Delta M c^2$ の式から求められる。 ΔM の単位を kg に換算して、この式を用いると、
 $\Delta E = 0.0013 \times 1.66 \times 10^{-27} \times (3.0 \times 10^8)^2$
 $= 1.94 \times 10^{-13}\text{ J}$
 これを MeV に換算すると、
 $\Delta E = \frac{1.94 \times 10^{-13}}{(1.60 \times 10^{-19}) \times 10^6} = 1.21\text{ MeV}$
1.2 MeV

107-62 (署名入る)

核分裂(特徴)

核分裂(特徴)

核分裂
 ウラン ${}^{235}_{92}\text{U}$ の原子核に中性子を衝突させる。
 ↓
 ウランの原子核は、不安定な状態になる。



107-62 (署名入る) / 第1章 原子 / 第2節 原子と原子核 / 3 核反応とエネルギー / 核分裂(特徴)

© 2020-2025 社名入る

107-62 (署名入る)

核分裂(連鎖反応)

核分裂(連鎖反応)

連鎖反応
 ウラン ${}^{235}_{92}\text{U}$ の原子核に中性子を衝突させる。
 ↓
 生じた中性子が別のウラン ${}^{235}_{92}\text{U}$ の原子核に衝突する。



107-62 (署名入る) / 第1章 原子 / 第2節 原子と原子核 / 3 核反応とエネルギー / 核分裂(連鎖反応)

© 2020-2025 社名入る

107-62 (書名入る)

【学習動画】 例題9 核分裂とエネルギー

学習動画

例題9 核分裂とエネルギー

質量 2.35g のウラン²³⁵の原子核が、次の核分裂をしたとき、放出されるエネルギーは何 J か。

$${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{141}_{54}\text{Xe} + {}^{92}_{38}\text{Sr} + 3{}^1_0\text{n}$$

ただし、この核分裂で放出されるエネルギーは、ウラン²³⁵の原子核 1 個あたり、およそ 170 MeV であり、各原子の原子量は質量数に等しいとする。また、電気素量を 1.6×10^{19} C、アボガドロ定数を 6.0×10^{23} /mol とする。

2.35g のウラン²³⁵の原子核の数を計算する

物質量は $\frac{2.35}{235} = 0.01 \text{ mol}$

$\Rightarrow 0.01 \times (6.0 \times 10^{23}) = 6.0 \times 10^{21}$ 個

p. 410 類題 9

核反応の前後における質量は、

反応前： $234.994 + 1.009 = 236.003\text{u}$

反応後： $102.913 + 130.917 + 2 \times 1.009 = 235.848\text{u}$

反応によって質量が減少しているため、エネルギーを放出する。減少した質量 ΔM (u) は、

$$\Delta M = 236.003 - 235.848 = 0.155\text{u}$$

放出するエネルギー ΔE (J) は、 $\Delta E = \Delta M c^2$ の式から求められる。 ΔM の単位を kg に換算して、この式を用いると、

$$\Delta E = 0.155 \times (1.66 \times 10^{-27}) \times (3.00 \times 10^8)^2 = 2.315 \times 10^{-11}\text{J} \quad \mathbf{2.32 \times 10^{-11}\text{J}}$$

107-62 (書名入る)

核融合

核融合

質量数の小さな原子核どうしが融合する反応

$${}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^2_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$$

107-62 (書名入る) / 第1章 原子 / 第2節 原子と原子核 / 3 核反応とエネルギー / 核融合

© 2020-2025 社名入る

p. 411 TRY

太陽が毎秒減らす質量を ΔM (kg) とし、結合エネルギーの式「 $E = mc^2$ 」から、放出するエネルギーの式を立てると、

$$3.9 \times 10^{26} = \Delta M \times (3.0 \times 10^8)^2$$

$$\Delta M = 4.33 \times 10^9 \text{ kg}$$

太陽の質量は、毎秒 $\mathbf{4.3 \times 10^9 \text{ kg}}$ 減少していると考えられる。

p.411 振り返ろう

①質量欠損：一般に、原子核の質量は、それを構成する核子の質量の合計よりも小さくなる。その質量の差を質量欠損という。

結合エネルギー：原子核を構成するすべての核子をばらばらに引きはなした状態のエネルギーは、それらが原子核をつくっているときのエネルギーよりも大きい。そのエネルギーの差を結合エネルギーという。

②核分裂：1つの原子核が、複数の原子核に分裂する反応。分裂する前後の結合エネルギーの差の分だけエネルギーを放出する。

核融合：質量数の小さな原子核どうしの結合。全体の質量が減少し、エネルギーが放出される。

1問 / 7問

原子核の質量は、それを構成する核子の質量の合計よりもわずかに小さい。これを何というか。

質量崩壊

質量結合

質量欠損

解答

107-62 (高名入る)

107-62 (高名入る) / 第1章 原子 / 第2節 原子と原子核 / 4 素粒子と宇宙

414 ページ 問15

416 ページ 振り返ろう

416 ページ 一問一答

p.414 問15

バリオンはクォーク3個からつくられ、陽子や中性子はuとdから構成される。中性子は電荷をもたない中性のバリオンであるから、uクォークの数をx、dクォークの数を3-xとすると、

$$\frac{2}{3}e \times x - \frac{1}{3}e \times (3-x) = 0 \quad x = 1$$

uクォークが1個、dクォークが2個となり、中性子は、**udd**と表される。

p. 416 振り返ろう

①クォーク、レプトン(電子、 μ 粒子、 τ 粒子)、ゲージ粒子(フォトン、グルーオン、ウィークボソン)、広い意味では、陽子や中性子、 π 中間子など。

②重力と電磁気力は到達距離が長く日常的に現れるが、弱い力と強い力は原子核の大きさ程度しか到達距離がなく、放射線といった現象で観測される。また、重力は引力しかなく、他の力は引力と斥力がある。

1問 / 6問

電子の反粒子のことを、何というか。

反電子

陽電子

正電子

解答

107-62 (書名入る) / 第IV章 原子 / 第2節 電子と原子核 / 節末問題

417 ページ 節末問題

第IV章第2節 原子と原子核
節末問題 解答・解説

p. 417 節末問題1

(1) 電子は、原子核との間にはたらく静電気力を向心力として円運動をしている。原子核の電荷は $+e$ 、電子の電荷は $-e$ 、軌道半径は $4a_0$ なので、静電気力の大きさ F は、クーロンの法則から、

$$F = k_0 \frac{e^2}{(4a_0)^2} = k_0 \frac{e^2}{16a_0^2}$$

この力が向心力となる。電子の速さを v として、等速円運動の運動方程式「 $m \frac{v^2}{r} = F$ 」を立てると、

$$m \frac{v^2}{4a_0} = \frac{k_0 e^2}{16a_0^2} \quad v = \frac{e}{2} \sqrt{\frac{k_0}{a_0 m}}$$

(2) 陽子が電子の位置につくる電位 V は、

目次

107-62 (目次) / 問題の解答解説

第1章 第1節 平面運動と放物運動

第1章 第2節 剛体のつりあい

第1章 第3節 運動量の保存

第1章 第4節 円運動と単振動

第1章 第5節 気体の性質と分子の運動

第2章 第1節 波の性質

第2章 第2節 音波

第2章 第3節 光波

第3章 第1節 電場と電位

第3章 第2節 電流

第3章 第3節 電流と磁場

第3章 第4節 電磁誘導と交流

第4章 第1節 電子と光

第4章 第2節 電子と原子核

© 2020-2025 株式会社

第1章第1節 平面運動と放物運動
解答・解説

p. 11 問1
物体がAからBに移動したときの変位 $\Delta \vec{r}$ は、

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_B - \vec{r}_A = (3.0 - 9.0, 9.0 - 1.0)$$

$$= (-6.0\text{m}, 8.0\text{m})$$

p. 11 TRY
移動距離は、経路に沿って進んだ距離を足しあわせて求められる。

$$s = 50 + 100 + 50 = 200\text{m}$$
 変位は、スタート(はじめの点)とゴール(終わりの点)までの位置の変化である。
北向きに 70m

第1章第2節 剛体のつりあい 解答・解説

p. 32 問7
(1) 力のモーメントの大きさを M とすると、

$$M = FL = 10 \times 0.25 = 2.5\text{N}\cdot\text{m}$$
 (2) 力のモーメントの大きさを M とする。うでの長さは $0.20\sin 60^\circ$ m であるから、

$$M = 10 \times 0.20 \sin 60^\circ = 10 \times 0.20 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$= 1.73\text{N}\cdot\text{m} \quad \mathbf{1.7\text{N}\cdot\text{m}}$$

p. 32 問8
Aのまわりの力のモーメント：

$$M = 2.0 \times 0 - 4.0 \times 0.20 + 3.0 \times 0.30$$

$$= \mathbf{0.10\text{N}\cdot\text{m}}$$
 Bのまわりの力のモーメント：

$$M = -2.0 \times 0.30 + 4.0 \times 0.10 + 3.0 \times 0$$

第 I 章第 3 節 運動量の保存 解答・解説

p. 44 問 15

物体は右向きに運動しているので、運動量の向きは右向きである。運動量の大きさ p は、

$$p = mv = 7.0 \times 5.0 = 35 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

35 kg・m/s、右向き

p. 44 TRY

バスケットボール、テニスボールの運動量をそれぞれ求めると、

$$\text{バスケットボール} : p = 0.60 \times 7.0 = 4.2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$\text{テニスボール} : p = 0.060 \times 50 = 3.0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

バスケットボールの運動量の方が大きい。

第 I 章第 4 節 円運動と単振動 解答・解説

p. 67 問 20

角速度 ω は、1 回転の中心角を、かかった時間で割ると求められる。

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{4.0} = 1.57 \text{ rad/s}$$

1.6 rad/s

p. 67 問 21

物体の速さを v (m/s) とすると、「 $v = r\omega$ 」から、

$$v = r\omega = 5.0 \times 3.0 = 15 \text{ m/s}$$

p. 67 問 22

第 I 章第 5 節 気体の性質と分子の運動 解答・解説

p. 108 問 37

容器内の気体の圧力 p は、大気圧 p_0 と質量 10 kg のおもりからの圧力の和となる。

$$p = p_0 + \frac{mg}{S} = 1.0 \times 10^5 + \frac{10 \times 9.8}{9.8 \times 10^{-3}}$$

$$= 1.0 \times 10^5 + 1.0 \times 10^4 = 1.1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

p. 109 問 38

求める気体の圧力を p' とすると、ボイルの法則「 $pV = \text{一定}$ 」から、

$$(1.2 \times 10^5) \times (6.0 \times 10^{-3}) = p' \times (1.5 \times 10^{-3})$$

$$p' = \frac{(1.2 \times 10^5) \times (6.0 \times 10^{-3})}{1.5 \times 10^{-3}}$$

$= 4.8 \times 10^5 \text{ Pa}$

第 II 章第 1 節 波の性質 解答・解説

p. 145 問 1

正弦波の式「 $y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$ 」と、

$y = 0.50 \sin 2\pi \left(t - \frac{x}{4.0} \right)$ を比較する。

振幅： $A = 0.50 \text{ m}$

周期： $T = 1.0 \text{ 秒}$

波長： $\lambda = 4.0 \text{ m}$

速さ：波の速さの式「 $v = \frac{\lambda}{T}$ 」から、

$$v = \frac{4.0}{1.0} = 4.0 \text{ m/s}$$

p. 146 問 2

(1) 「 $y = 0.20 \sin 2\pi \left(\frac{t}{4.0} - \frac{x}{2.0} \right)$ 」に $x = 1.0 \text{ m}$ を

第II章第2節 音波 解答・解説

p. 164 問7
 光の速さは $3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ と非常に速いので、花火の光は一瞬にして観測者に届く。一方、花火の音は、花火が開いた地点から音速で移動するため、遅れて観測者に届く。
 気温が 25°C なので、音速は「 $v = 331.5 + 0.6t$ 」から、
 $v = 331.5 + 0.6 \times 25 = 346.5 \text{m/s}$
 である。音が聞こえるまでの時間 2.0 秒間に音が進んだ距離が、求める花火までの距離である。
 $x = vt = 346.5 \times 2.0 = 6.93 \times 10^2 \text{m}$
 $6.9 \times 10^2 \text{m}$

p. 165 問8

第II章第3節 光波 解答・解説

p. 178 問12
 太陽の光が地球に達するまでの時間を t (s) とする。「 $x = vt$ 」から、
 $t = \frac{x}{c} = \frac{1.5 \times 10^{11}}{3.0 \times 10^8} = 5.0 \times 10^2 \text{秒}$

p. 179 問13
 図43の式「 $c = 4\pi f \lambda$ 」に、それぞれの数値を代入すると、
 $c = 4 \times 720 \times 12.6 \times 8633 = 3.132 \times 10^8 \text{m/s}$
 $3.13 \times 10^8 \text{m/s}$

p. 181 類題5

第III章第1節 電場と電位 解答・解説

p. 217 問1
 ガラス棒が正に帯電したことから、電子は**ガラス棒から絹の布に**移動し、絹の布は $-3.2 \times 10^{-8} \text{C}$ 帯電した。移動した電子の数 n は、
 $-1.6 \times 10^{-19} \times n = -3.2 \times 10^{-8}$
 $n = 2.0 \times 10^{11}$ 個

p. 219 TRY
 金属箔は静電誘導によって、紙片は誘電分極によって金属板に引き寄せられる。
金属箔が金属板に接触すると、金属板の正電荷によって金属箔が正に帯電し、斥力がはたらきすぐに落ちる。一方、紙片は、金属板に接触しても電荷の移動はおこらないので、接触

第III章第2節 電流 解答・解説

p. 260 問16
 電流の大きさ I (A) は、「 $I = \frac{q}{t}$ 」から、
 $I = \frac{q}{t} = \frac{7.5}{30} = 0.25 \text{A}$

p. 261 問17
 断面積 S の 2.0mm^2 は、
 $2.0 \text{mm}^2 = 2.0 \times (10^{-3})^2 \text{m}^2 = 2.0 \times 10^{-6} \text{m}^2$ である。
 自由電子の平均の速さ v (m/s) は、式「 $I = envS$ 」から
 $v = \frac{I}{enS}$
 $= \frac{3.2}{(1.6 \times 10^{-19}) \times (8.0 \times 10^{28}) \times (2.0 \times 10^{-6})}$
 $= 1.25 \times 10^{-4} \text{m/s}$ $1.3 \times 10^{-4} \text{m/s}$

第Ⅲ章第3節 電流と磁場 解答・解説

p. 289 問29
式「 $F=mH$ 」から、磁場の強さ H (N/Wb) は、

$$H = \frac{F}{m} = \frac{5.0 \times 10^{-2}}{2.0 \times 10^{-5}} = 2.5 \times 10^3 \text{ N/Wb}$$

p. 291 振り返ろう
磁場は磁極に力をおよぼす空間である。1WbのN極が受ける磁気力の向きと大きさを磁場の向き、大きさとする。

p. 292 問30
直線電流がつくる磁場の式「 $H = \frac{I}{2\pi r}$ 」から、
3.14

第Ⅲ章第4節 電磁誘導と交流 解答・解説

p. 313 類題 18

(1) 磁束はコイル内に下向きに増加するので、レンツの法則から、コイル内に上向きの磁場をつくろうとする向きに電流が流れる。そのため、抵抗には、P→Qの向き(下向き)に流れ、Pの方がQよりも電位が高い。

(2) 誘導起電力の大きさを V (V) とすると、電磁誘導の式「 $V = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 」において、グラフから2.0秒間の磁束密度の変化 ΔB が
 $\Delta B = 0.35 - 0.05 = 0.30 \text{ T}$
 コイルの断面積 S が $1.2 \times 10^{-3} \text{ (m}^2\text{)}$ なので、磁束の変化 $\Delta\Phi$ は、
 $\Delta\Phi = \Delta B \times S = 0.30 \times (1.2 \times 10^{-3})$
 $= 3.6 \times 10^{-4} \text{ Wb}$
 となる。誘導起電力の大きさ V (V) は、

$$V = \left| -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = 200 \times \frac{3.6 \times 10^{-4}}{2.0}$$

第Ⅳ章第1節 電子と光 解答・解説

p. 359 TRY
電場や磁場によって、負電荷が受ける力の向きと同じ向きに力を受けて曲がることから、負電荷をもつ粒子といえる。

p. 361 問1
電気素量を e 、電場の強さを E 、磁束密度を B 、電子の速さを v とする。電子が直進することから、電子が電場から受ける静電気力 eE と磁場から受けるローレンツ力 evB がつりあっていることがわかる。

$$eE = evB \quad v = \frac{E}{B}$$

 この式に数値を代入し、電子の速さ v (m/s) を求めると

第Ⅳ章第2節 原子と原子核 解答・解説

p. 383 問8
金の原子核が α 線の位置につくる電位 V は、

$$V = k_0 \frac{Q}{r}$$

 したがって、 α 線がもつ静電気力による位置エネルギー U は

$$U = qV = k_0 \frac{Qq}{r}$$

 α 線のエネルギー保存の法則より、

$$\frac{1}{2} mv^2 = k_0 \frac{Qq}{r} \quad r = \frac{2k_0 Qq}{mv^2}$$

p. 385 問9
式(20)の「 $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right)$ 」に、 $n'=2$ を代入し