

# 別紙 8-9

$x$  軸上を正の向きに速さ  $5\text{m/s}$  で進む正弦波がある。原点の媒質の変位  $y$  は図のように表される。円周率を  $\pi$  とする。

(1) 時刻  $t$  での原点の媒質の変位  $y$  を,  $t$  を用いて表せ。

(2) 時刻  $t$  での位置  $x$  の媒質の変位  $y$  を,  $x, t$  を用いて表せ。

**指針** (1) グラフから、振幅、周期を確認して単振動の式に代入する。  
 (2) 振動が伝わるのにかかる時間  $t_0$  を考え、(1)の式における  $t$  を  $t - t_0$  で置きかえる。

# 別紙 8-10

合成波の変位は、波が単独で伝わる時の変位の和  
 = 波の「重ねあわせの原理」

スロー再生

# 別紙 8-11

合成波の変位は、波が単独で伝わる時の変位の和  
 = 波の「重ねあわせの原理」

スロー再生

# 別紙 8-12

波の重ねあわせ

合成波

波1

波2

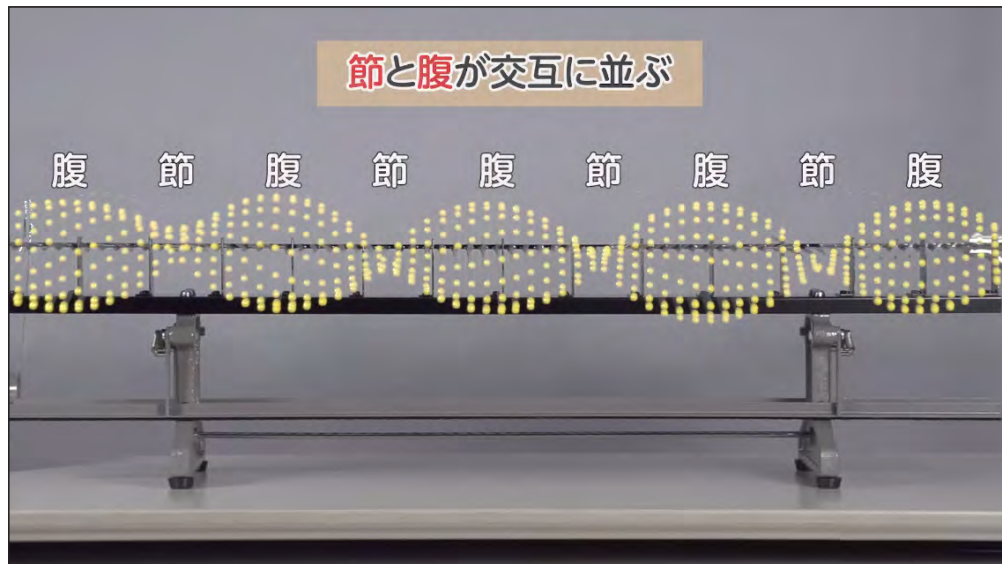
山 a

変位を表示

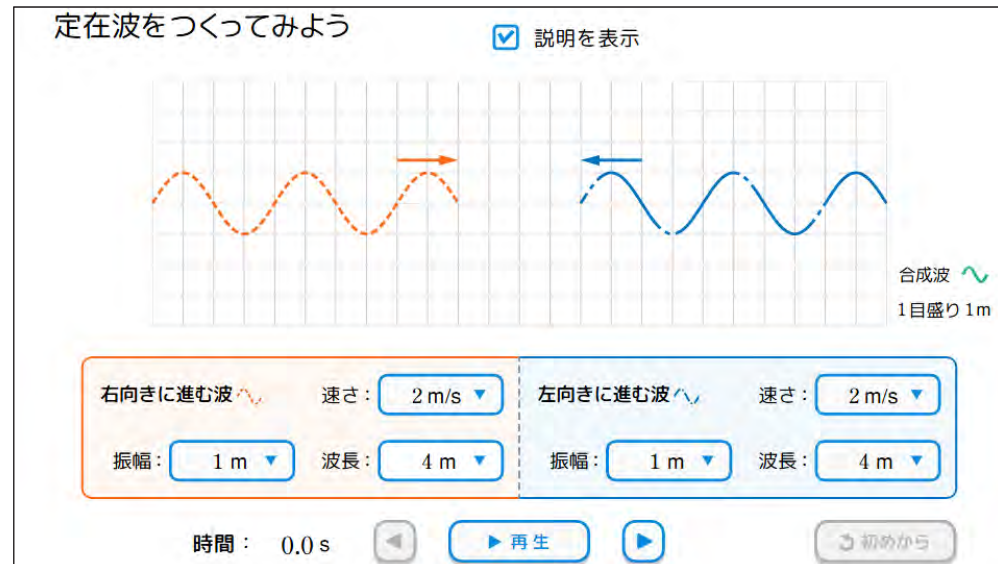
再生

初めから

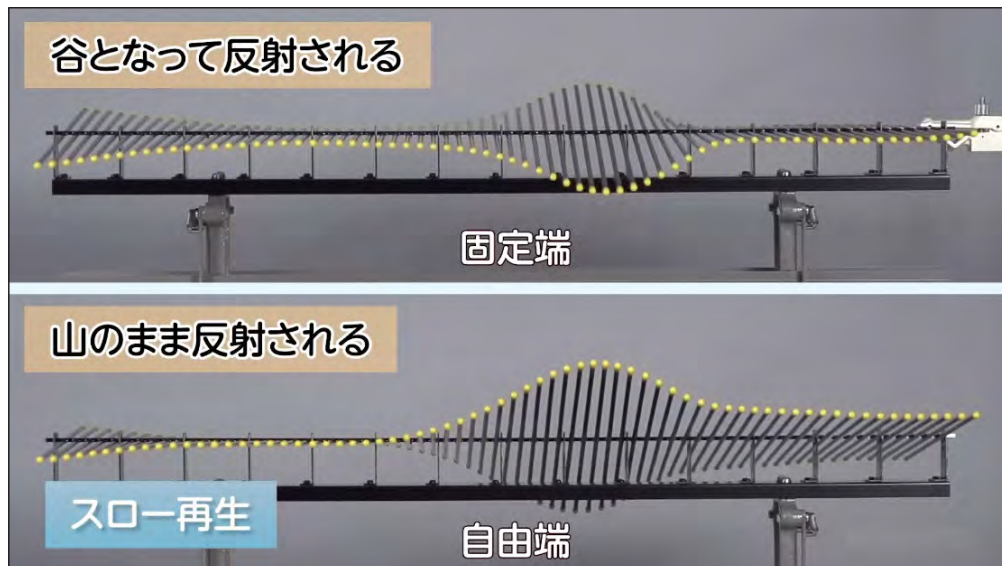
別紙 8-13



別紙 8-14



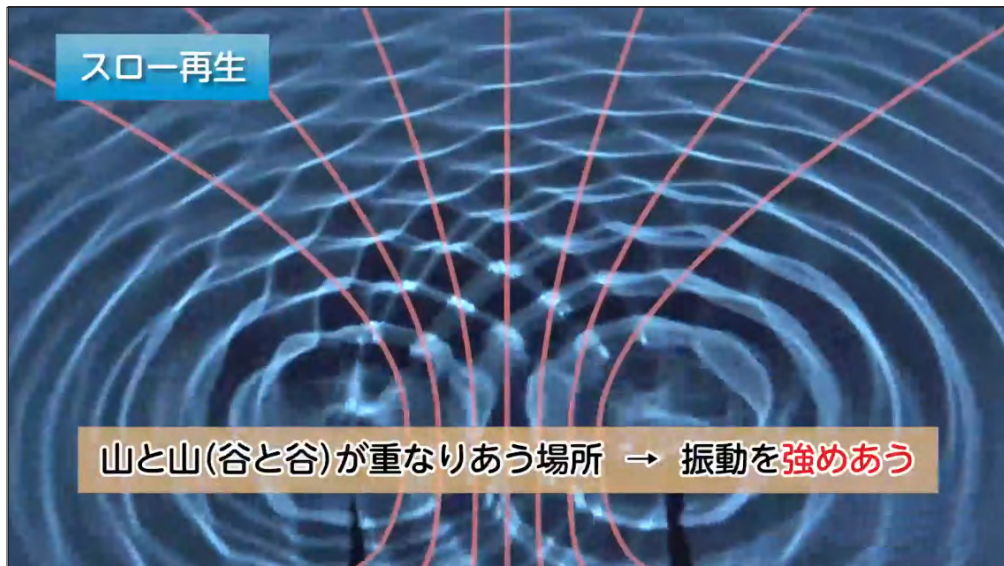
別紙 8-15



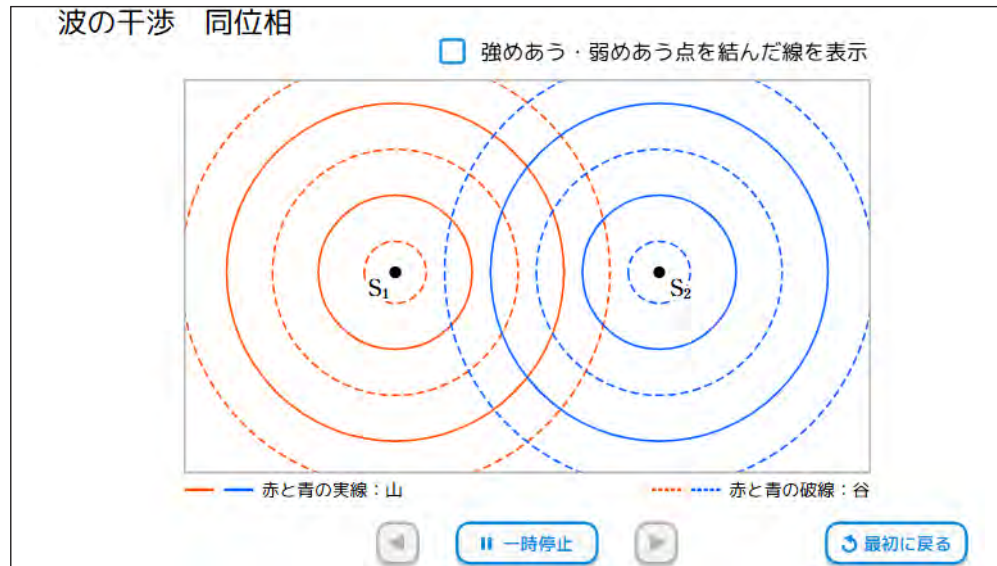
別紙 8-16



別紙 8-17



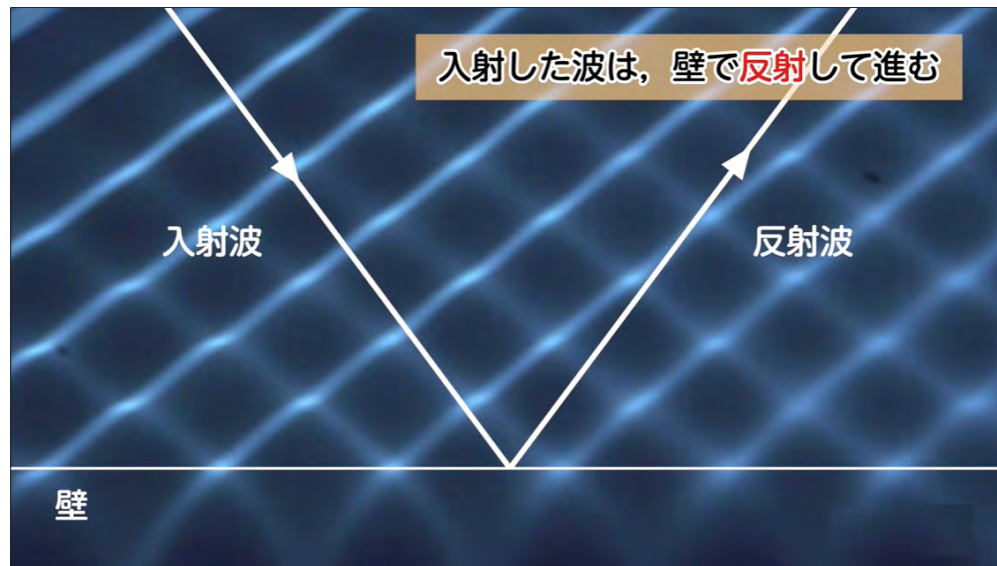
別紙 8-18



別紙 8-19



別紙 8-20



# 別紙 8-21

境界面で波が反射するとき、入射角  $i$  と反射角  $j$  に対して次の関係が成り立つ (反射の法則)。

$i = j$

**注意**  
入射角や反射角の位置を間違えないようにする

# 別紙 8-22

入射した波は、境界面で屈折して進む

入射波

境界面

深い部分

浅い部分

屈折波

# 別紙 8-23

波が媒質1から媒質2へと屈折して進むとき、次の関係が成り立つ (屈折の法則)。

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = n_{12}$$

**注意**  
振動数  $f$  は、変化しない

媒質1に対する媒質2の屈折率  $n_{12}$

# 別紙 8-24

図のように、波が媒質1から媒質2へと屈折して進む。媒質1に対する媒質2の屈折率が1.4であるとき、媒質1の屈折角  $r$  を求めよ。入射角  $i$  は  $\sin i = 0.70$  を満たすとする。

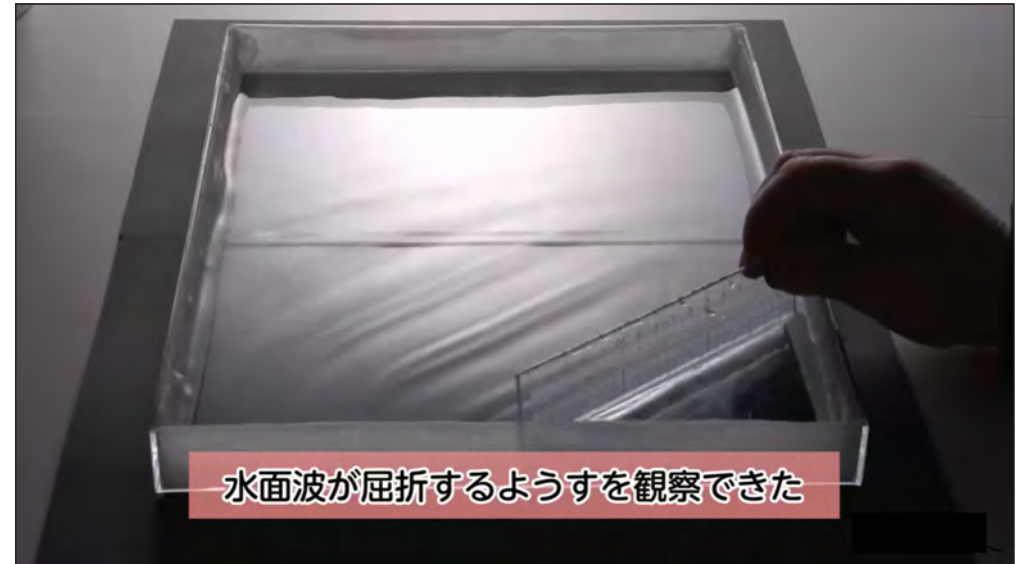
**指針** 屈折の法則では、分数の分子と分母を逆にしないう注意する。

# 別紙 8-25

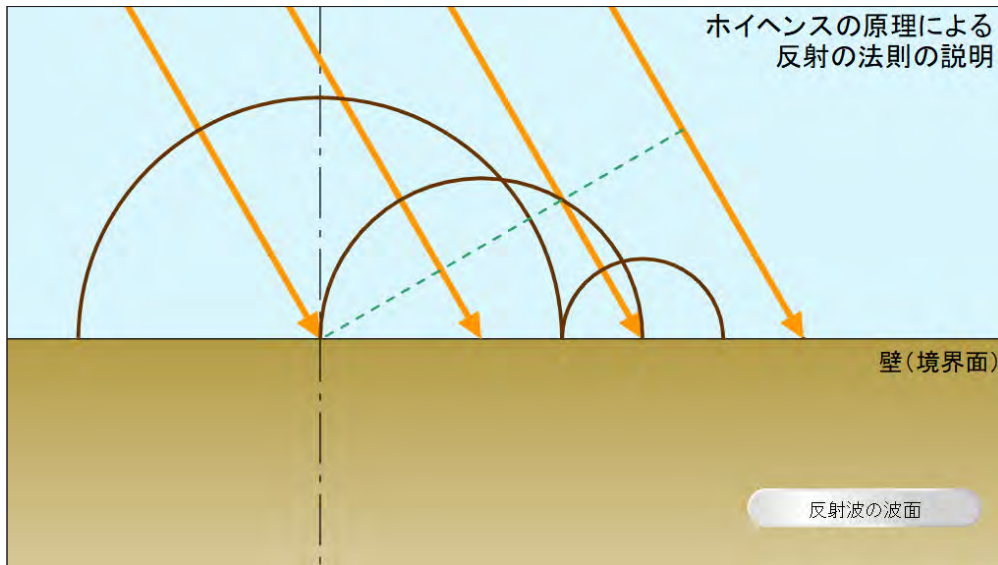
もどる 波の屈折 数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

図のように、波が媒質1から媒質2へと屈折して進む。媒質1に対する媒質2の屈折率が1.4であるとき、屈折角  $r$  を求めよ。入射角  $i$  は  $\sin i = 0.70$  を満たすとする。

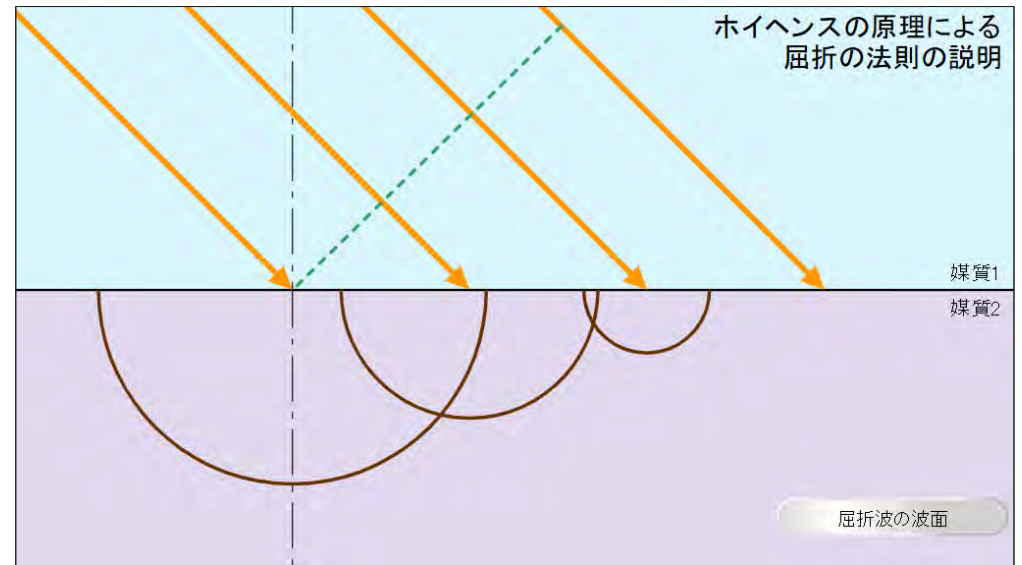
# 別紙 8-26



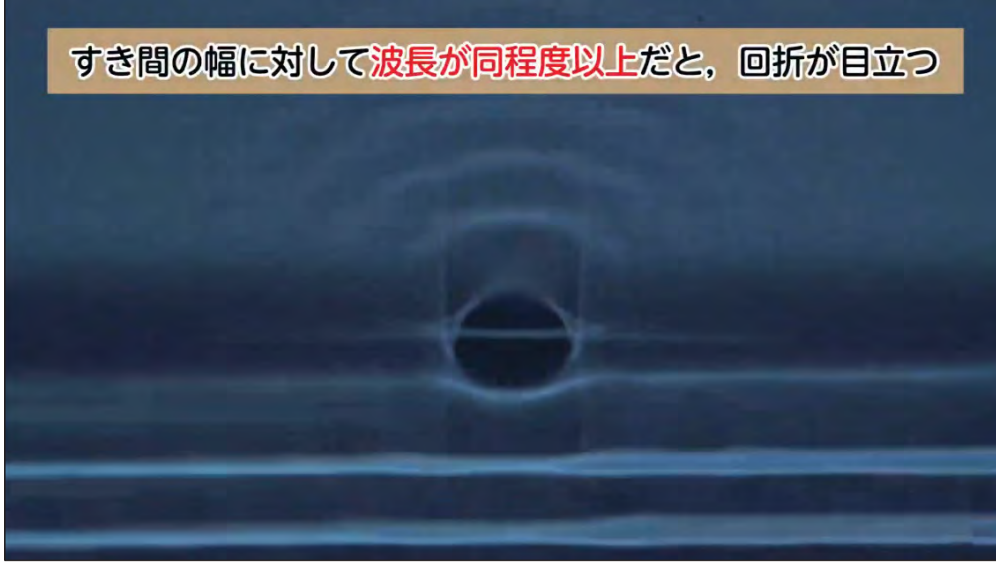
# 別紙 8-27



# 別紙 8-28



# 別紙 8-29



# 別紙 8-30



# 別紙 8-31

波の伝わり方 (3編1章) 1/5

原点0での変位が

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} t$$

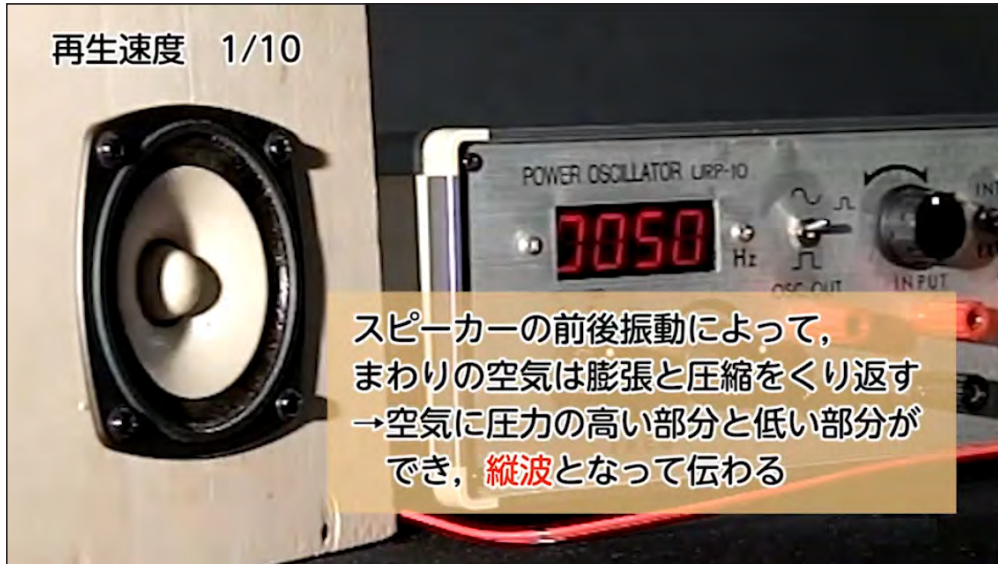
と表される正弦波がx軸の正の向きに進んでいるとき、時刻tにおける位置xでの変位yは、波長λを用いて

y =

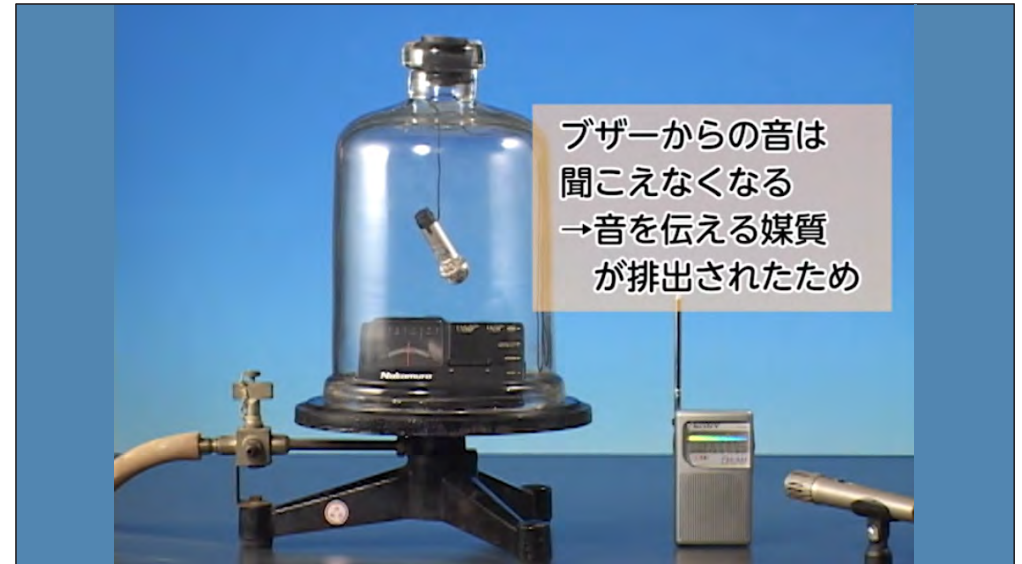
付せんをははずす 付せんをつける

できた できなかった

別紙 9-1



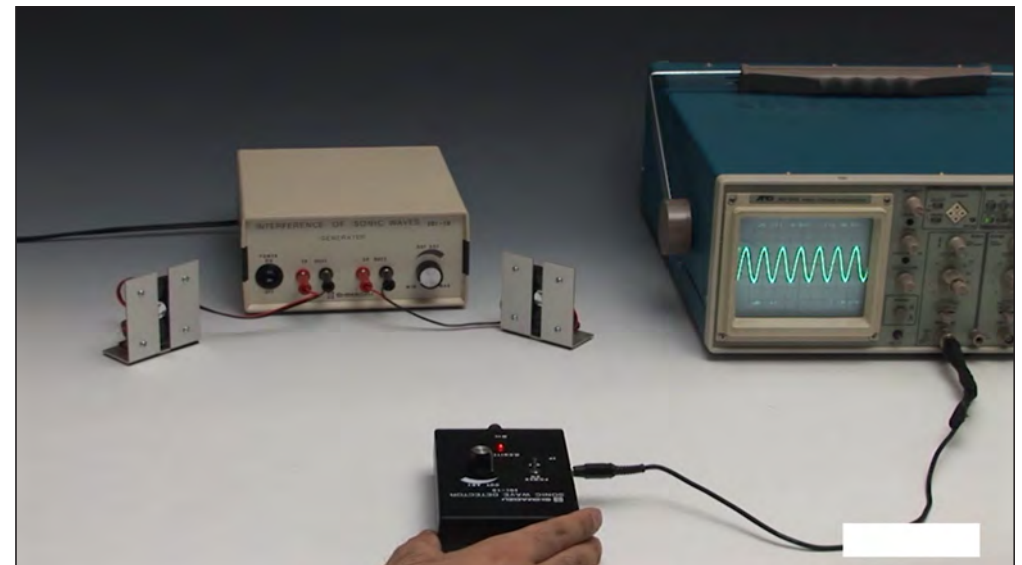
別紙 9-2



別紙 9-3



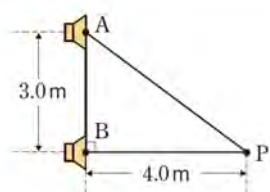
別紙 9-4



## 別紙 9-5

図のように、2つのスピーカー A, B が、同位相で振動数  $1.7 \times 10^2 \text{ Hz}$  の音を出している。音の速さを  $3.4 \times 10^2 \text{ m/s}$  とする。

(1) 音の波長  $\lambda [\text{m}]$  を求めよ。  
 (2) 点 P は、音が強めあう点か、弱めあう点か。

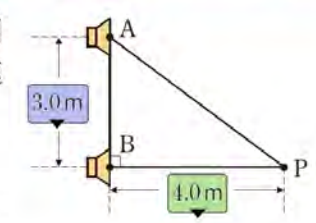


**指針** (2) 2つのスピーカーは同位相の音を出すので、距離の差  $|AP - BP|$  が「波長の整数倍」のときは強めあう点、「波長の整数倍 + 半波長」のときは弱めあう点になる。

## 別紙 9-6

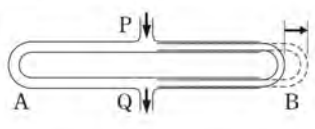
図のように、2つのスピーカー A, B が、同位相で振動数  $1.7 \times 10^2 \text{ Hz}$  の音を出している。音の速さを  $3.4 \times 10^2 \text{ m/s}$  とする。

(1) 音の波長  $\lambda [\text{m}]$  を求めよ。  
 (2) 点 P は、音が強めあう点か、弱めあう点か。



## 別紙 9-7

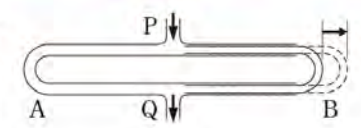
図のように、点 P から音を入れ、左右2つの経路 (PAQ と PBQ) を通った音を干渉させて点 Q で音を聞く装置 (クインケ管という) がある。初めは管 B を完全に入れた状態であり、このとき2つの経路の長さは等しい。点 P から一定の振動数の音を入れながら、管 B を徐々に引き出したところ、音が小さくなっていき、 $0.10 \text{ m}$  引き出したときに初めて最小になった。音の波長  $\lambda [\text{m}]$  を求めよ。



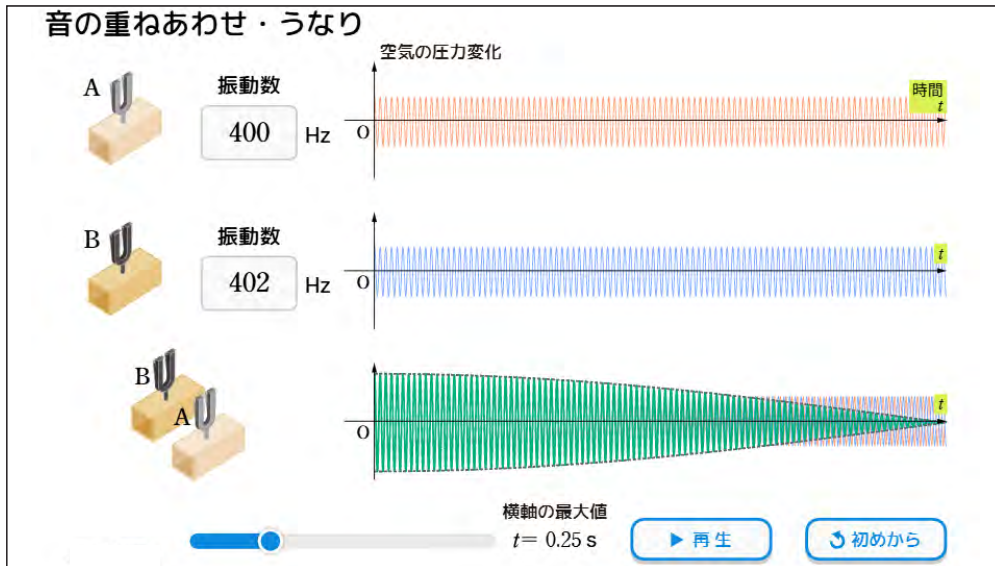
**指針** 音が最小になるのは、経路の差が半波長となる位置であることをふまえて考える。

## 別紙 9-8

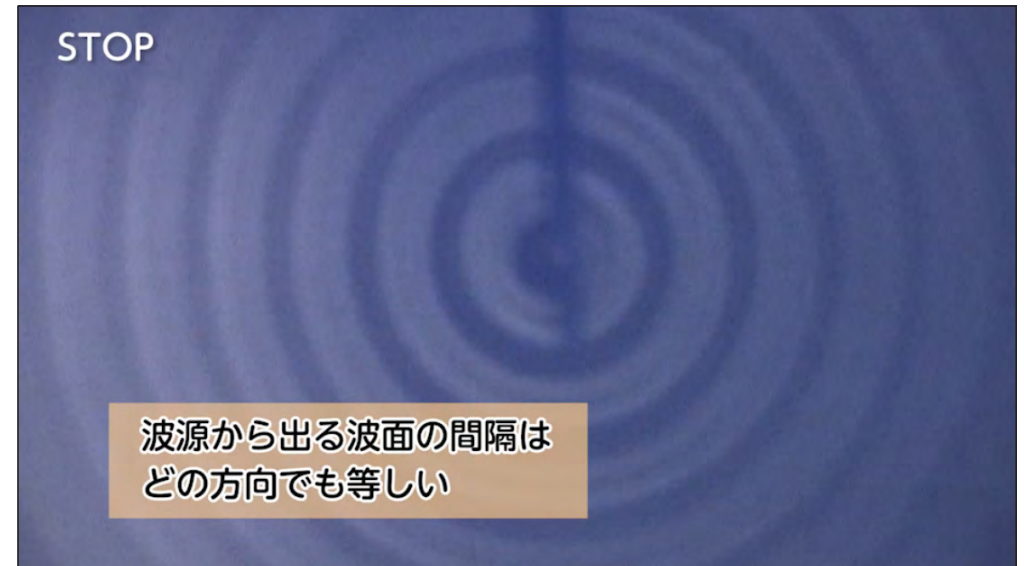
図のように、点 P から音を入れ、左右2つの経路 (PAQ と PBQ) を通った音を干渉させて点 Q で音を聞く装置 (クインケ管という) がある。初めは管 B を完全に入れた状態であり、このとき2つの経路の長さは等しい。点 P から一定の振動数の音を入れながら、管 B を徐々に引き出したところ、音が小さくなっていき、 $0.10 \text{ m}$  引き出したときに初めて最小になった。音の波長  $\lambda [\text{m}]$  を求めよ。



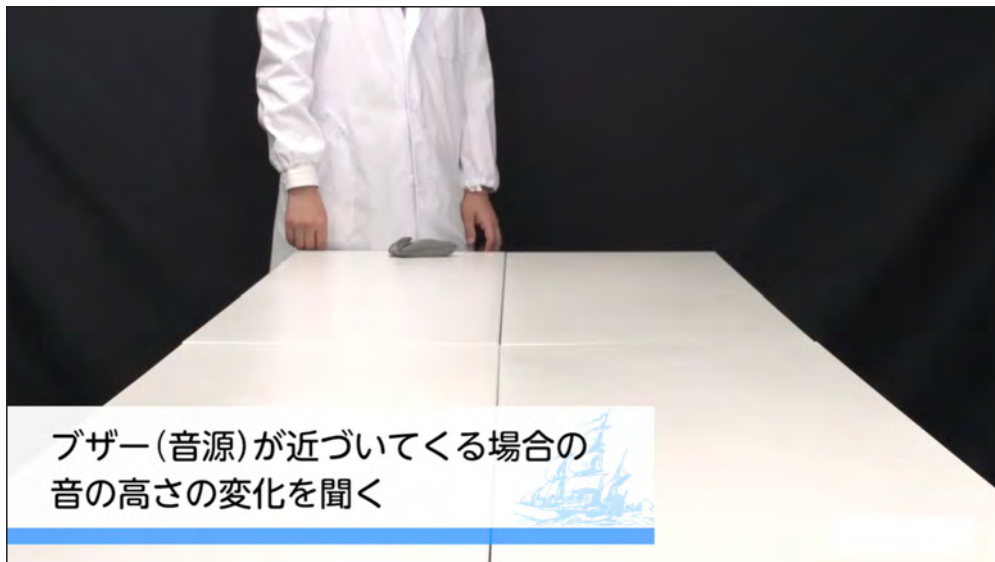
# 別紙 9-9



# 別紙 9-10



# 別紙 9-11



# 別紙 9-12

音源が速度  $v_s$  [m/s], 観測者が速度  $v_o$  [m/s] で進む。音源の振動数を  $f$  [Hz], 音の速さを  $V$  [m/s] とすると, 観測者の受け取る音の振動数  $f'$  [Hz] は

$$f' = \frac{V - v_o}{V - v_s} f$$

音源 ( $f$  [Hz])

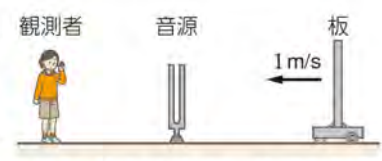
観測者 ( $f'$  [Hz])

速度  $v_s$

速度  $v_o$

## 別紙 9-13


図のように、観測者、音源、板が一直線上に並んでいる。板は  $1\text{m/s}$  の速さで音源に近づいている。このとき、音源から直接伝わる音と板で反射した音によって、観測者が聞く 1 秒間のうなりの回数  $N$  を求めよ。音源の振動数を  $f = 678\text{Hz}$ 、音の速さを  $V = 340\text{m/s}$  とする。



**指針** 板は、観測者として音を受け取った後、音源として受け取った音を発する(反射する)。

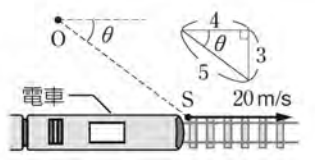
## 別紙 9-14

図のように、観測者、音源、板が一直線上に並んでいる。板は  $1\text{m/s}$  の速さで音源に近づいている。このとき、音源から直接伝わる音と板で反射した音によって、観測者が聞く 1 秒間のうなりの回数  $N$  を求めよ。音源の振動数を  $f = 678\text{Hz}$ 、音の速さを  $V = 340\text{m/s}$  とする。



## 別紙 9-15

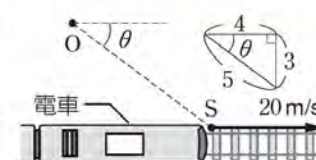
図のように、速さ  $20\text{m/s}$  で進む電車の先端が点  $S$  を通過するとき鳴らした警笛を、静止している観測者が点  $O$  で聞くときの振動数  $f'[\text{Hz}]$  を求めよ。音源の振動数を  $f = 712\text{Hz}$ 、音の速さを  $V = 340\text{m/s}$  とする。



**指針** 速度の  $SO$  方向の成分を求めて、 $[f' = \frac{V}{V - v_s} f]$  (p.172(16)式)に代入する。

## 別紙 9-16

図のように、速さ  $20\text{m/s}$  で進む電車の先端が点  $S$  を通過するとき鳴らした警笛を、静止している観測者が点  $O$  で聞くときの振動数  $f'[\text{Hz}]$  を求めよ。音源の振動数を  $f = 712\text{Hz}$ 、音の速さを  $V = 340\text{m/s}$  とする。



別紙 9-17

The screenshot shows a mobile application interface with a blue header bar. On the left, there are three icons: a house labeled 'TOP', a speaker with 'OFF', and a checkmark labeled '終了'. The header text reads '音の伝わり方 (3編2章)' and '1/10'. The main content area contains the text '1 気圧,  $t$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] の空気中の音の速さ  $V$  (m/s) は' followed by a text input field containing 'V=' and a blue button labeled '付せんをはずす'. To the right of the input field is a vertical slider with a yellow triangle at the top and a blue button labeled '付せんをつける'. Below the input field are two speech bubble buttons: 'できた' and 'できなかった'.

# 別紙 10-1

光の屈折

入射角  $i$

境界面

媒質1

媒質2

屈折角  $r$

媒質: 空気

屈折率 (n): 1.00

空気 水 ガラス

媒質: 水

屈折率 (n): 1.33

空気 水 ガラス

初めから

# 別紙 10-2



# 別紙 10-3

針P, Qが重なって見えるBC上の点に針Rを立てる

# 別紙 10-4

1/10

光の屈折

図のように物質1と物質2の境界面に光を入射させるとき、光が進む方向として最も適切なものはどれか。それぞれ図中の①～③から選べ。ただし、物質1の屈折率を $n_1$ 、物質2の屈折率を $n_2$ とする ( $n_1 < n_2$ )。

物質1

物質2

①

②

③

解答

## 別紙 10-5

プールの壁の水深  $h$  [m] の点 P をほぼ真上の空気中から見ると、P の水深は  $h'$  [m] に見えた。 $h'$  [m] を求めよ。空気の屈折率を 1、水の屈折率を  $n$  とする。ただし、角  $\theta$  がきわめて小さいとき、 $\sin \theta \approx \tan \theta$  が成り立つとする。

**指針** 点 P から出た光は、水面で屈折して空気中に進む。このとき、観測者の目に届く光は、屈折光線の延長線上の点 P' から出たように見える。

## 光の屈折

媒質 1  
境界面  
媒質 2

入射角  $i$   
屈折角  $r$

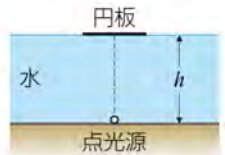
媒質: 空気  
屈折率 (n): 1.00  
空気 水 ガラス

媒質: 水  
屈折率 (n): 1.33  
空気 水 ガラス

初めから

## 別紙 10-7

深さ  $h$  [m] の池の底に点光源がある。水面に円板を浮かべて、この点光源からの光が空気中に出ないようにしたい。これに必要な、円板の最小の半径  $R$  [m] を求めよ。空気の屈折率を 1、水の屈折率を  $n$  とする。



**指針** 円板の外側では、点光源から出た光が全反射するようにすればよい。

## 別紙 10-8

## 光の分散

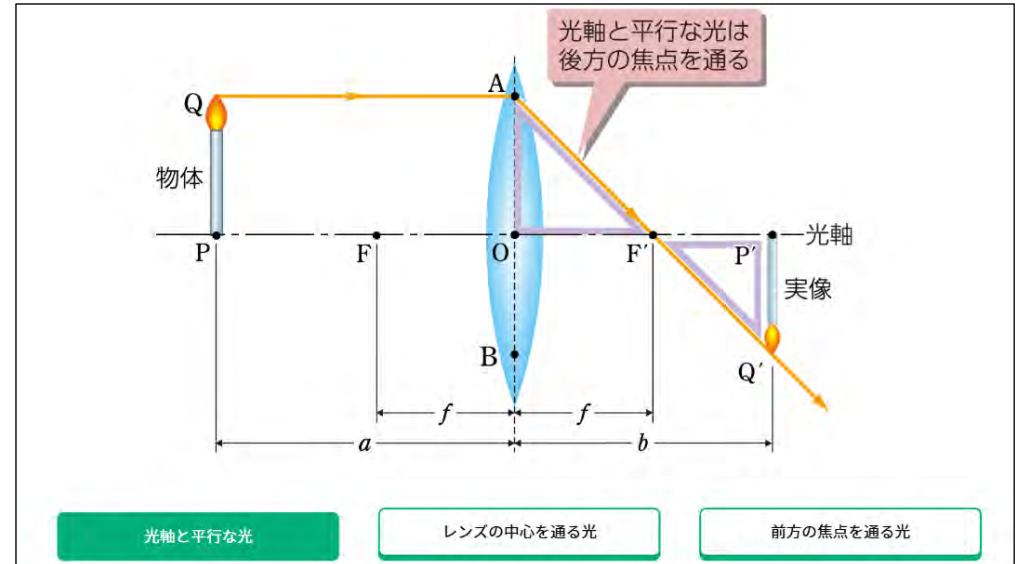
初めから

物体: ガラス  
屈折率 (n)  
空気 水 ガラス

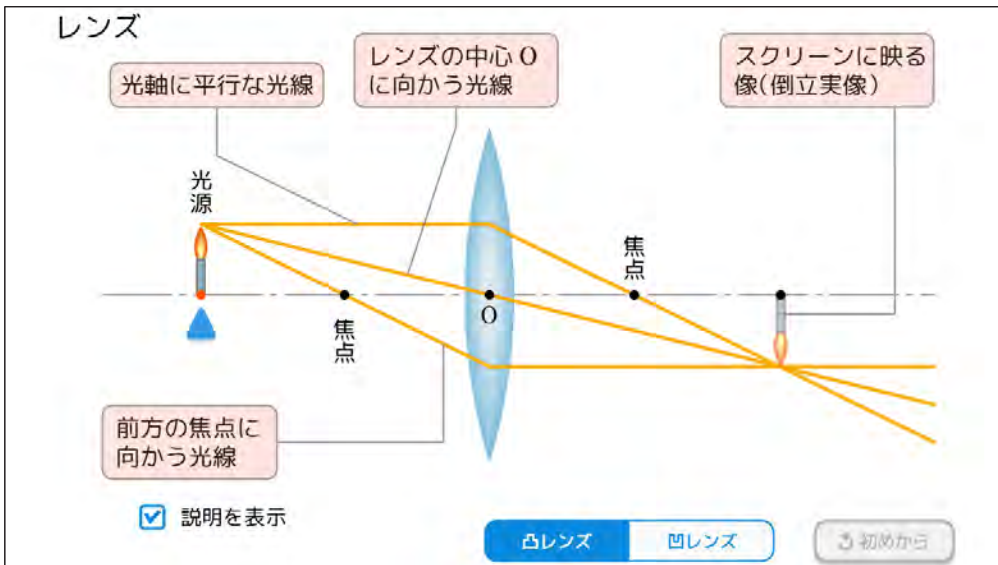
別紙 10-9



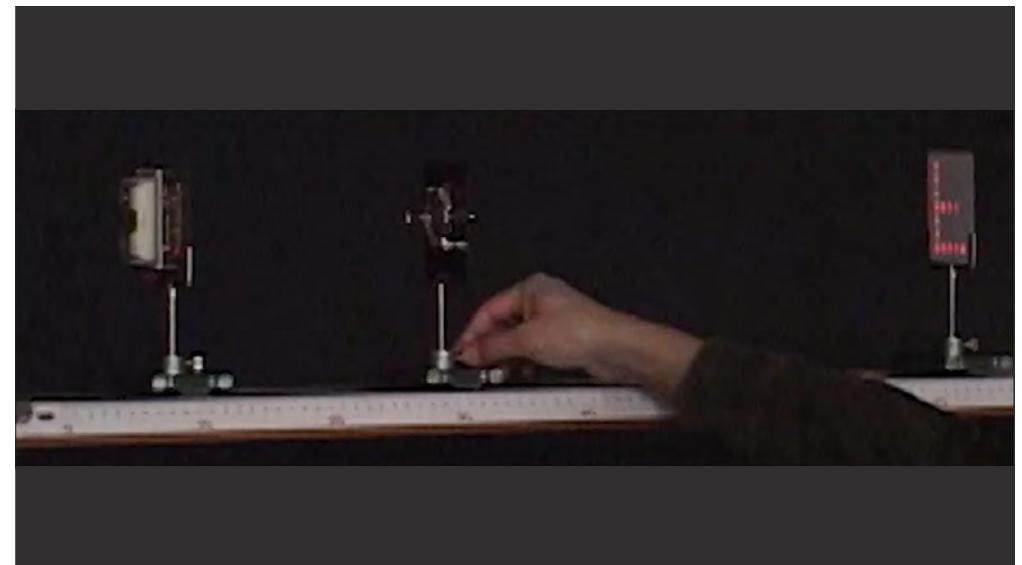
別紙 10-10



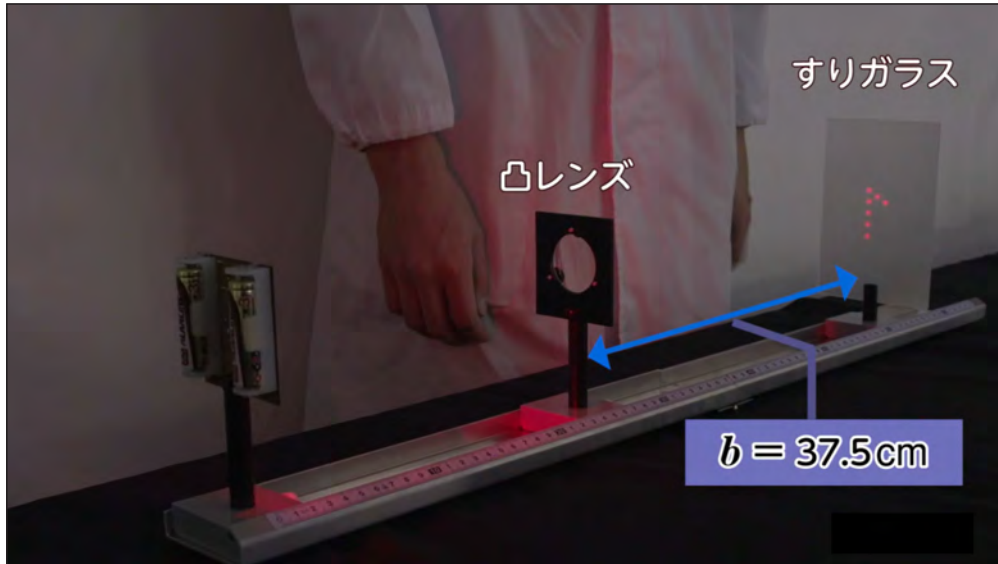
別紙 10-11



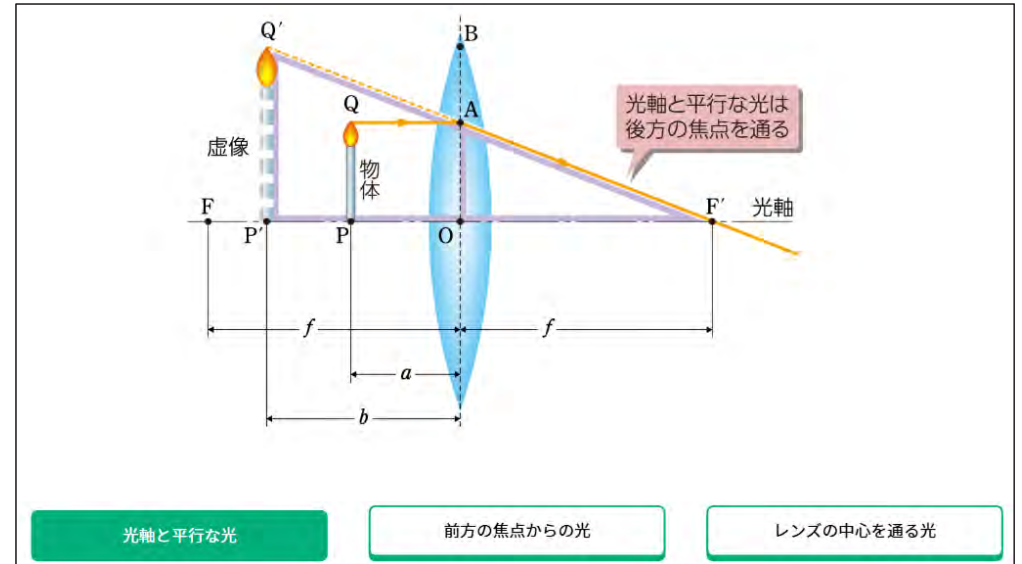
別紙 10-12



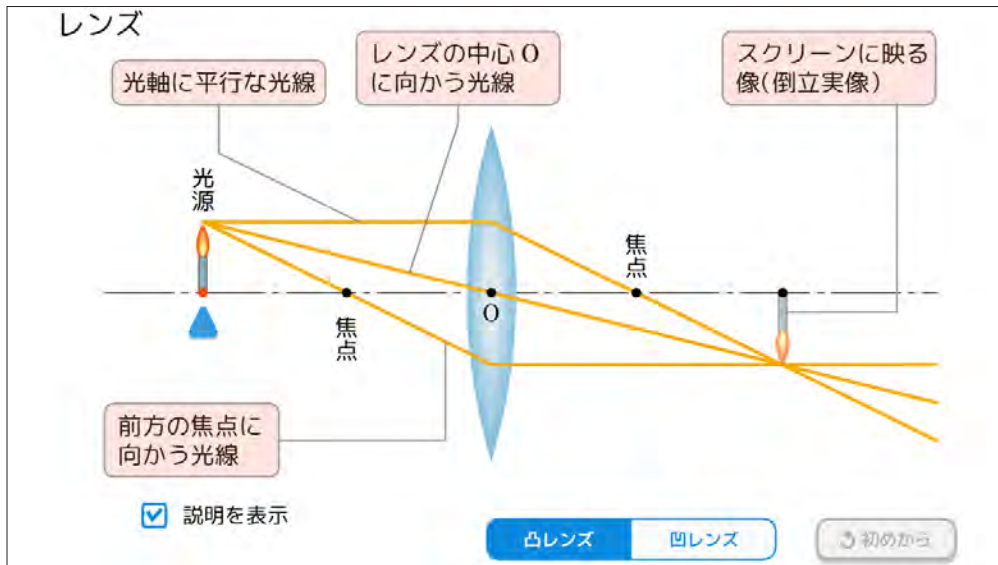
別紙 10-13



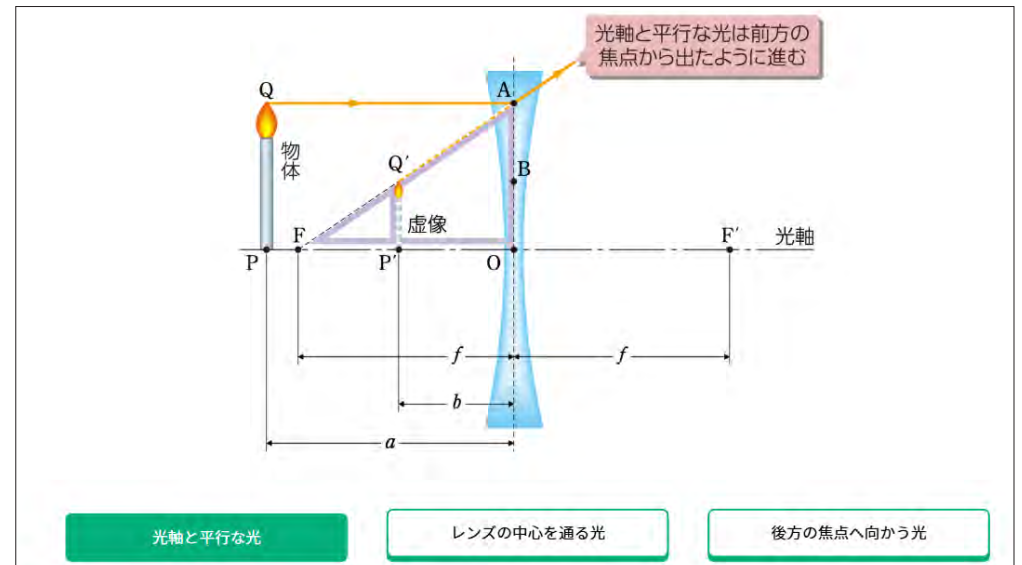
別紙 10-14



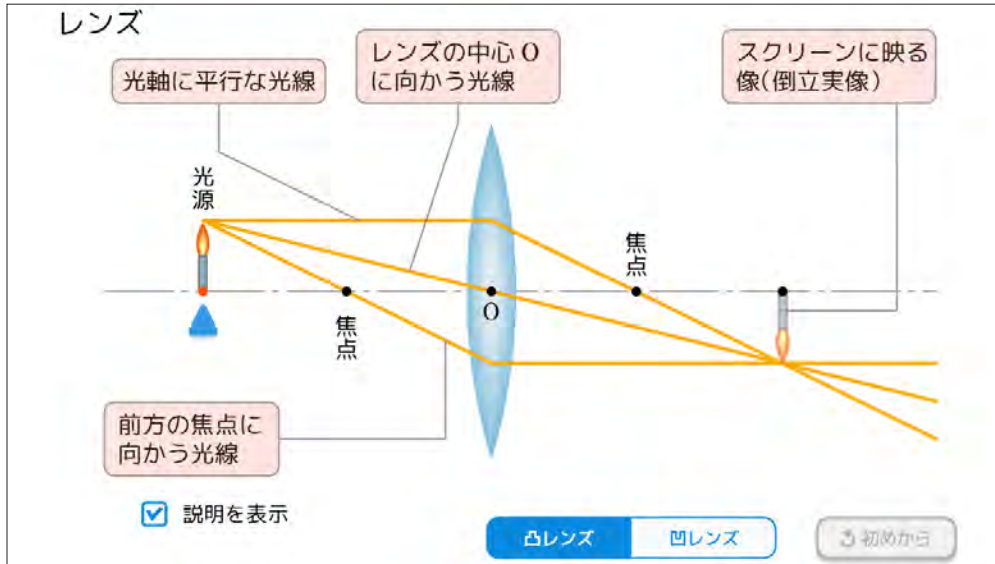
別紙 10-15



別紙 10-16



# 別紙 10-17



# 別紙 10-18

### レンズの式

写像公式:  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

倍率:  $m = \left| \frac{b}{a} \right|$

	凸レンズ	凹レンズ
$f$	正	負
$a$	正	正
$b$	正	負
像	倒立実像	正立虚像
		正立虚像

$a$  物体の位置       $b$  像の位置  
 $f$  焦点距離 (focal length)       $m$  倍率 (magnification)

凸レンズによる実像      凸レンズによる虚像      凹レンズによる虚像

$f > 0, a > 0, b > 0$        $f > 0, a > 0, b < 0$        $f < 0, a > 0, b < 0$

# 別紙 10-19

焦点距離 8.0cm の凸レンズがある。この凸レンズの前方 10.0cm の位置に物体を置いたとき、どこにどのような像が生じるか。また、そのときの倍率はいくらか。

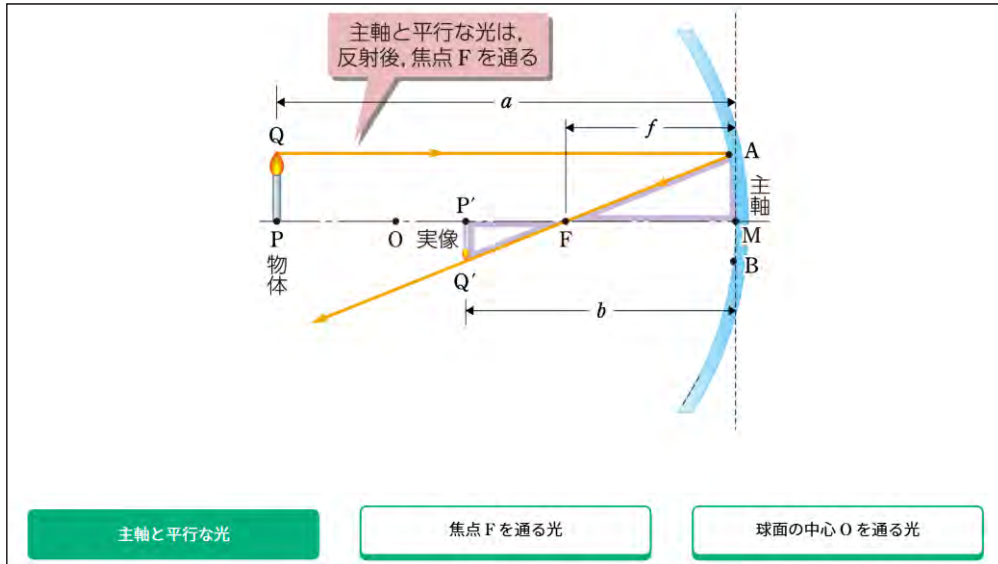
**指針** 写像公式  $\left[ \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \right]$  に、 $f = 8.0\text{cm}$ 、 $a = 10.0\text{cm}$  を代入して、 $b[\text{cm}]$  を求める。

# 別紙 10-20

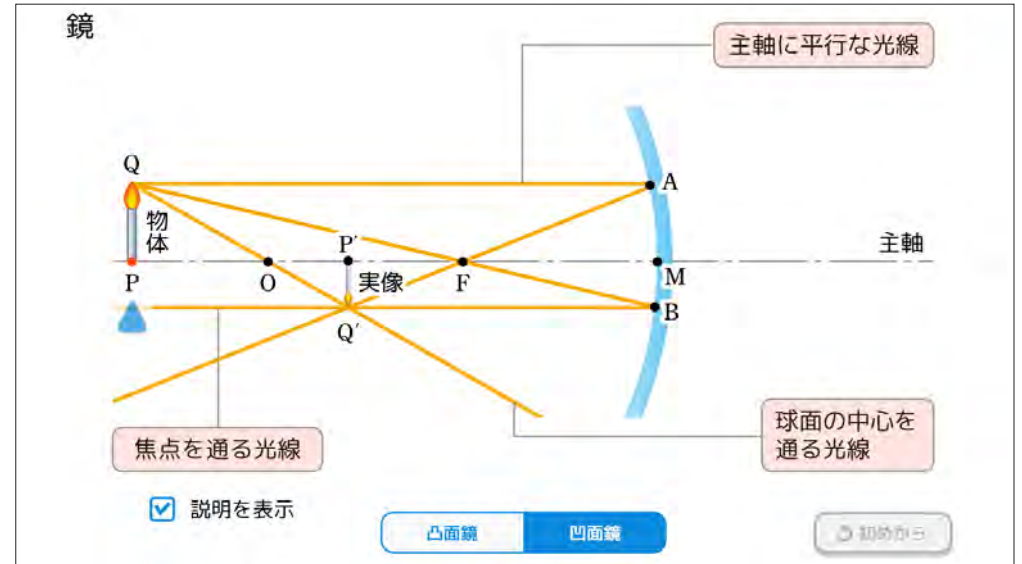
もどる      **レンズによる像**      数値替え      問題      解説      問題+解説      ?

焦点距離 **8.0cm** の凸レンズがある。この凸レンズの前方 **10.0cm** の位置に物体を置いたとき、どこにどのような像が生じるか。また、そのときの倍率はいくらか。

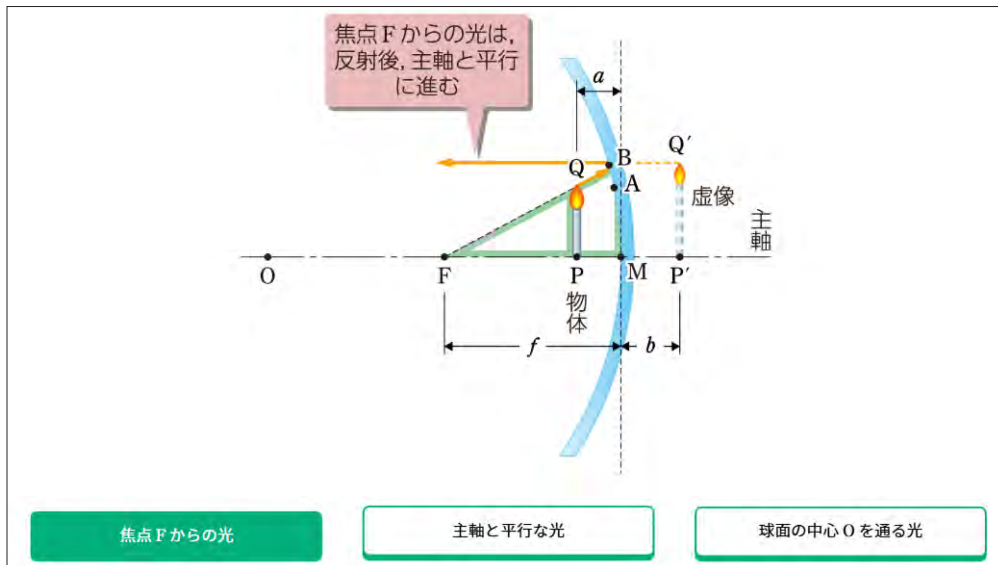
別紙 10-21



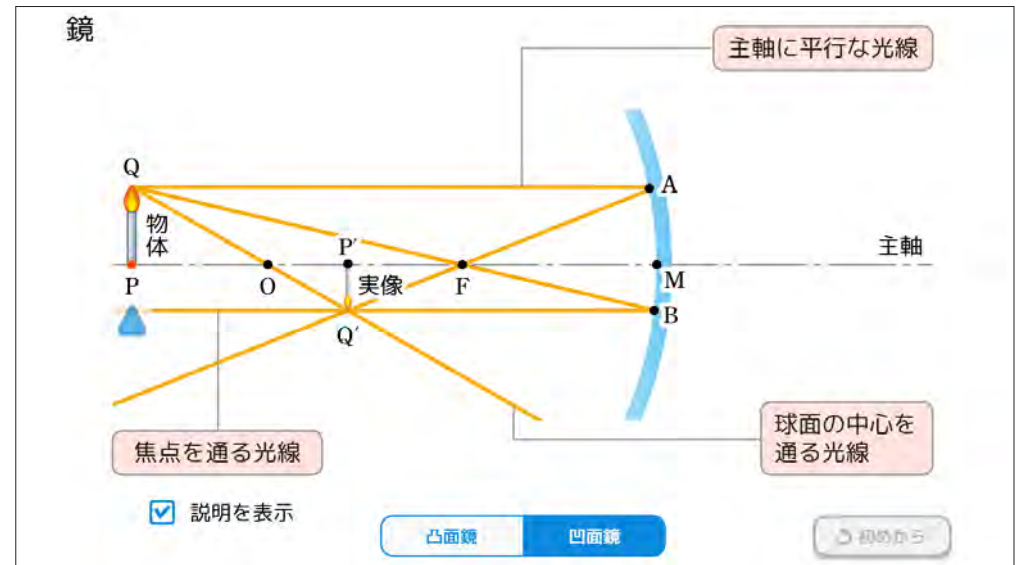
別紙 10-22



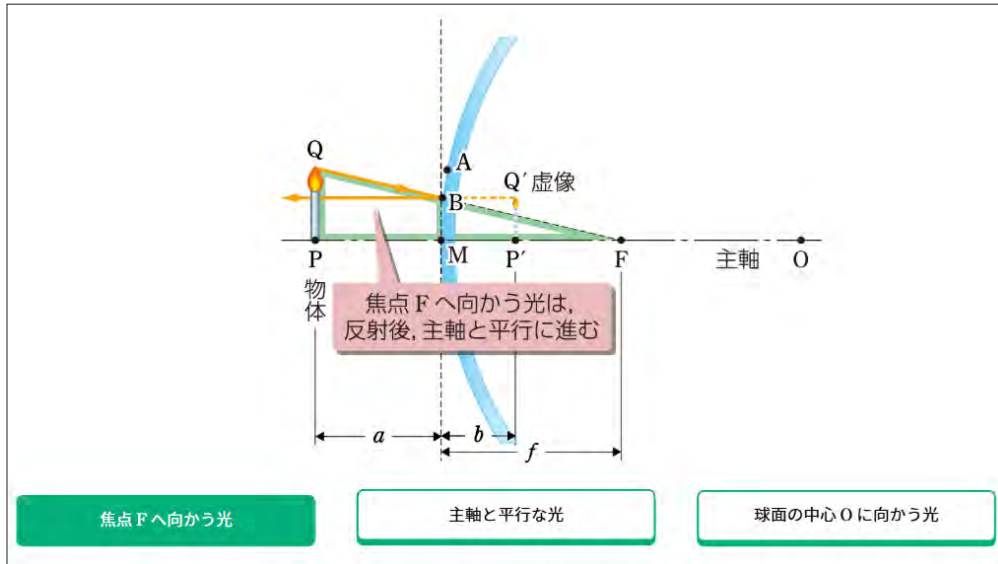
別紙 10-23



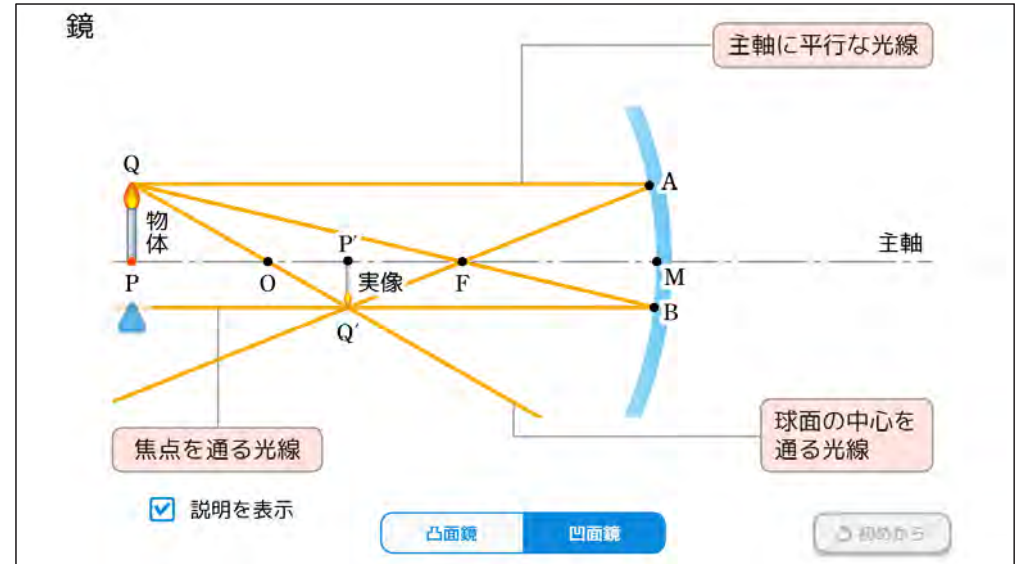
別紙 10-24



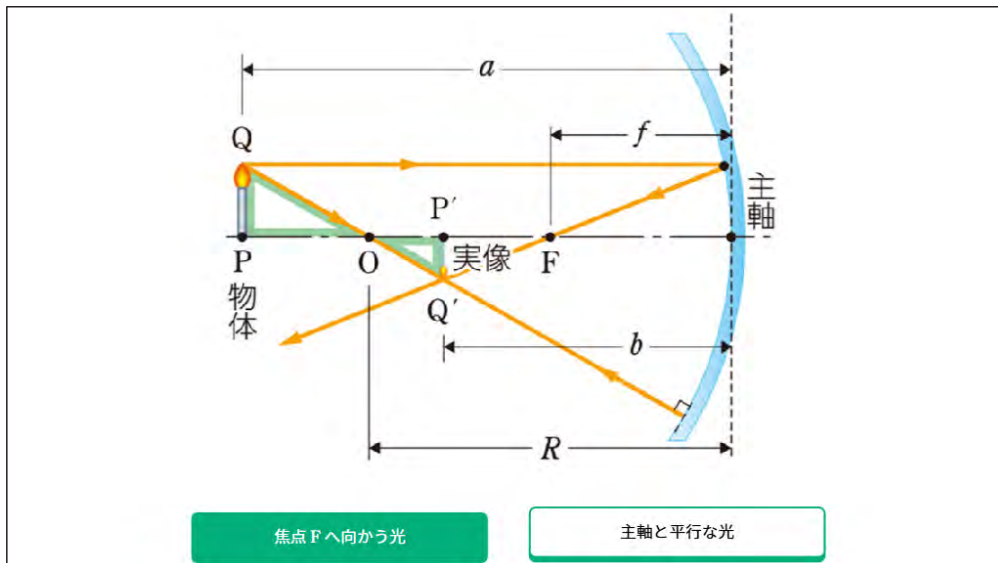
別紙 10-25



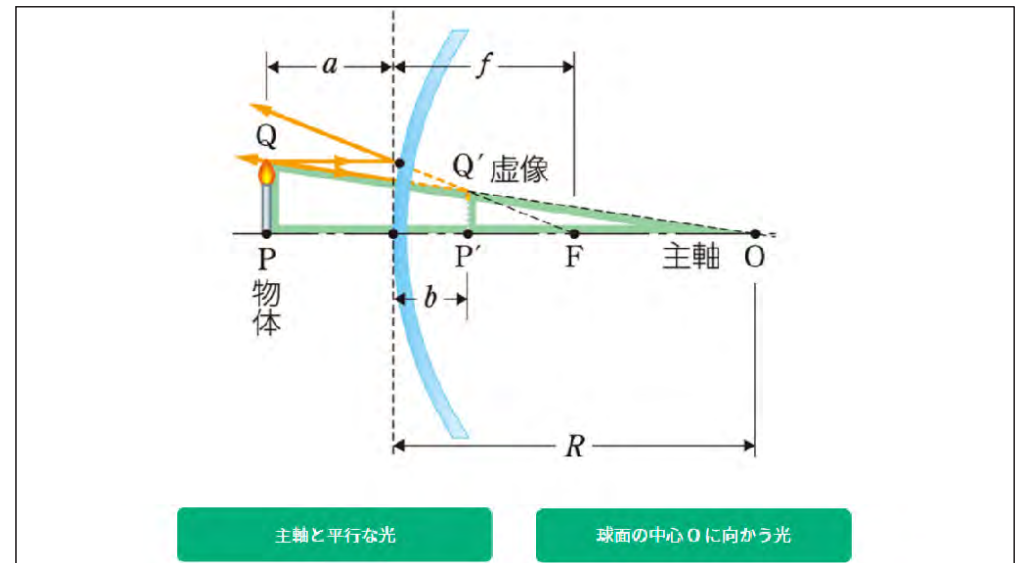
別紙 10-26



別紙 10-27



別紙 10-28



### 球面鏡の式

写像公式： $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

倍率： $m = \left| \frac{b}{a} \right|$

	凹面鏡	凸面鏡
$f$	正	負
$a$	正	正
	$a > f$	$a < f$
$b$	正	負
像	倒立実像	正立虚像

$a$  物体の位置  
 $b$  像の位置  
 $f$  焦点距離 (focal length)  
 $m$  倍率 (magnification)

### ヤングの実験

② 上から見た図

$S_0$  を通った光は位相がそろい,  $S_1, S_2$  に同位相で到達する ( $S_0S_1 = S_0S_2$ )

波長  
 スリット間隔  
 スクリーンの位置

初めから

図のように、スリット  $S_0$  と複スリット  $S_1, S_2$  に波長  $\lambda$  [m] の単色光を通すと、スクリーン上に明暗の縞ができた。 $S_1$  と  $S_2$  は間隔が  $d$  [m] で、 $S_0$  から等距離にある。複スリットとスクリーンの距離を  $l$  [m]、スクリーンの中央  $O$  ( $S_1O = S_2O$ ) から距離  $x$  [m] の位置にある点を  $P$  とすると、 $S_1P$  と  $S_2P$  の距離の差は  $\frac{d}{l}x$  とみなせる。

(1) 隣りあう暗線の間隔  $\Delta x$  [m] を求めよ。

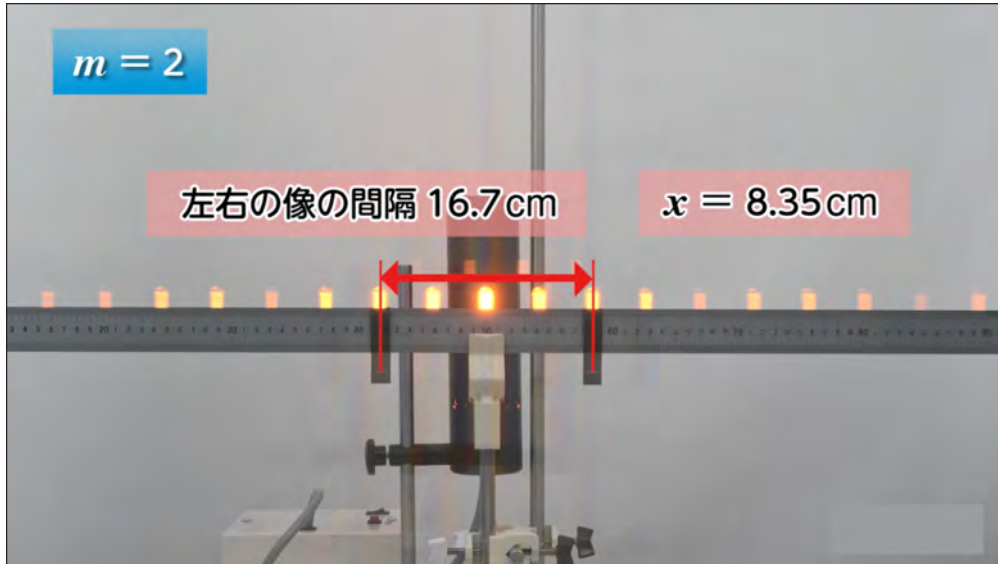
(2)  $l$  を大きくすると、暗線の間隔は小さくなるか、大きくなるか。

(3)  $d$  を小さくすると、暗線の間隔は小さくなるか、大きくなるか。

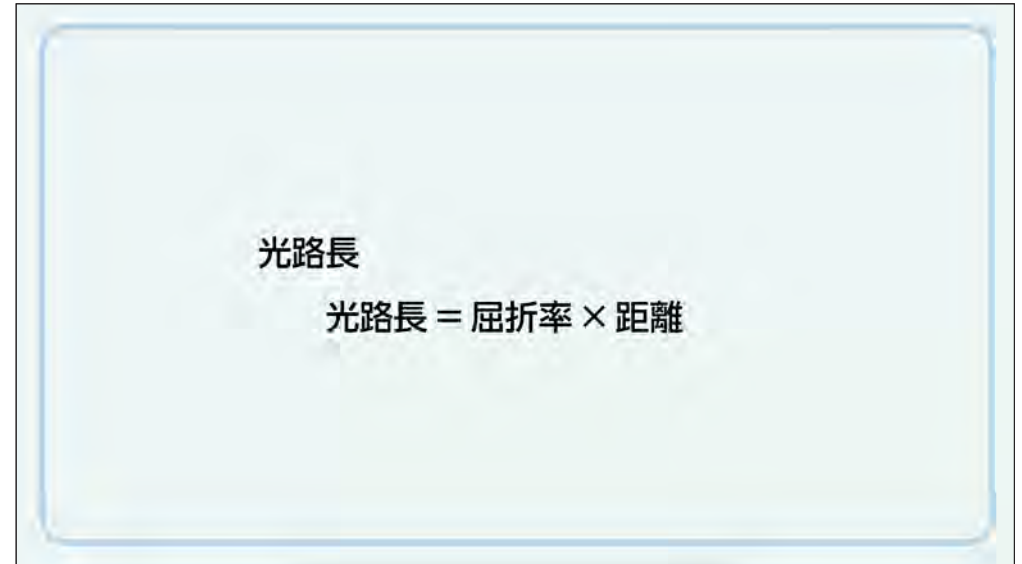
**指針** (1)  $m$  番目の暗線の位置を  $x$  [m]、 $m+1$  番目の暗線の位置を  $x'$  [m] とすると  $\Delta x = x' - x$

明暗の干渉縞を観察することができた

別紙 10-33



別紙 10-34

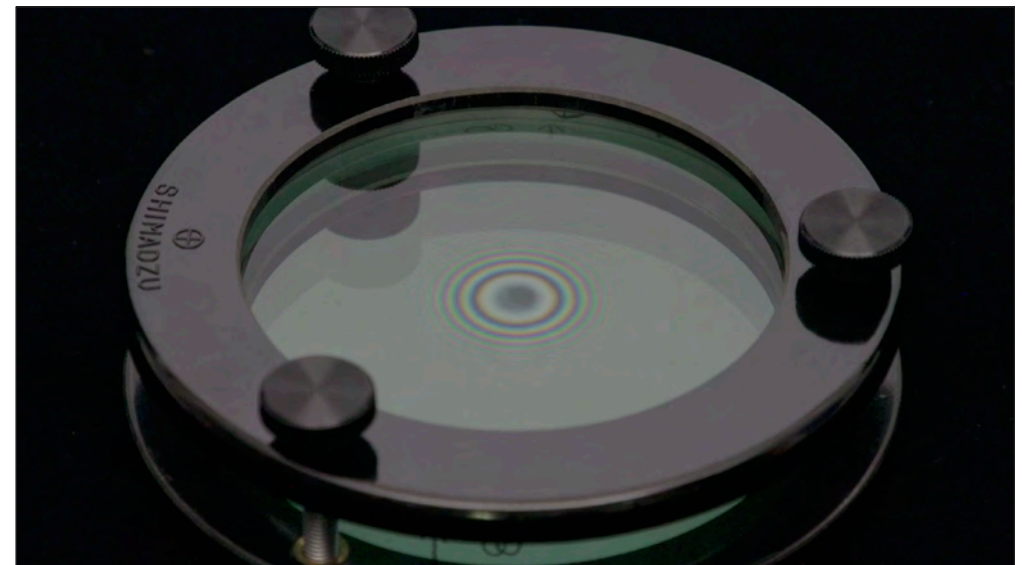


別紙 10-35

2枚の平面ガラスを重ねて、ガラスが接している点Oからの距離  $L$ [m]の位置に厚さ  $D$ [m]の薄い紙をはさむ。真上から波長  $\lambda$ [m]の光を当てて上から見ると、明暗の縞が見えた。このときの縞の間隔  $\Delta x$ [m]を求めよ。

**指針** 隣りあう明線の位置で空気層の厚さの差が  $\Delta d$ [m]のとき、経路差の違いは  $2\Delta d$ [m]となる。

別紙 10-36



光の干渉の考え方

- ①干渉する2つの光の光路差を求める。
  - ・真空中(または空気中)では、光路差 = 経路差
  - ・屈折率  $n$  の媒質中では、光路差 = 屈折率  $n \times$  経路差
- ②反射による位相の変化をチェックする。
  - ・「屈折率大  $\rightarrow$  小」の反射では、位相は変化しない。
  - ・「屈折率小  $\rightarrow$  大」の反射では、位相が  $\pi$  ずれる。
- ③干渉の条件式を立てる。
 

強めあう：光路差 =  $m\lambda$

弱めあう：光路差 =  $(m + \frac{1}{2})\lambda$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ )

  - ・2つの光の位相のずれが  $\pi$  のときは、条件式が逆になる。



光 (3編3章) 1/10

1つの波長からなる光を **単色光** という。一方、太陽光のようにいろいろな波長の光を含み、色あいを感しない光を **白色光** という。

付せんをはさず

付せんをつける

できた

できなかった



# 別紙 11-1



# 別紙 11-2



# 別紙 11-3

- 電荷には、正 (+) と負 (-) の2種類がある
- 同種の電荷どうしは反発しあい、異種の電荷どうしは引きあう

# 別紙 11-4

### クーロンの法則

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

$F$ [N]	静電気力の大きさ
$k$ [ $\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ ]	クーロンの法則の比例定数
$q_1, q_2$ [C]	2つの点電荷の電気量の大きさ
$r$ [m]	点電荷間の距離

# 別紙 11-5

軽い絹糸につるした小球 A に、 $2.0 \times 10^{-7} \text{ C}$  の電気量を与える。これに帯電した小球 B を近づけたところ、A は B と同じ水平面上で  $0.30 \text{ m}$  の距離まで引き寄せられ、糸は鉛直線から  $30^\circ$  傾いた。B の電気量  $q [\text{C}]$  を求めよ。

A にはたらく重力の大きさを  $6.0 \times 10^{-3} \text{ N}$ 、クーロンの法則の比例定数を  $9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$  とする。

**指針** 力のつりあいから静電気力  $F [\text{N}]$  を求め、クーロンの法則より、B の電気量  $q [\text{C}]$  を導く。

# 別紙 11-6

軽い絹糸につるした小球 A に、 $2.0 \times 10^{-7} \text{ C}$  の電気量を与える。これに帯電した小球 B を近づけたところ、A は B と同じ水平面上で  $0.30 \text{ m}$  の距離まで引き寄せられ、糸は鉛直線から  $30^\circ$  傾いた。B の電気量  $q [\text{C}]$  を求めよ。

A にはたらく重力の大きさを  $6.0 \times 10^{-3} \text{ N}$ 、クーロンの法則の比例定数を  $9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$  とする。

# 別紙 11-7

静電誘導により、自由電子は箔に移動

金属円板は正に帯電  
箔は負に帯電し、開く

# 別紙 11-8

## 電荷が電場から受ける力

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

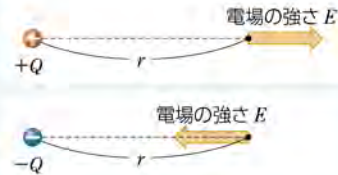
$\vec{F} [\text{N}]$  静電気力  
 $q [\text{C}]$  電気量  
 $\vec{E} [\text{N/C}]$  電場 (electric field)

## 別紙 11-9

### 点電荷のまわりの電場

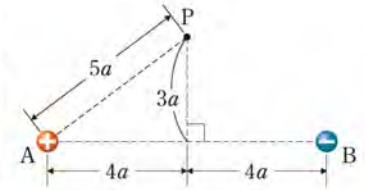
$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

$E$  [N/C] 電場 (electric field) の強さ  
 $k$  [ $\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ ] クーロンの法則の比例定数  
 $Q$  [C] 点電荷の電気量の大きさ  
 $r$  [m] 点電荷からの距離



## 別紙 11-10

図のように、 $8a$  [m] だけ離れた点 A, B に、 $+Q, -Q$  [C] の点電荷を置いた。AB の垂直二等分線上、AB の中点から  $3a$  [m] の点 P における電場  $\vec{E}_P$  の向きと強さ  $E_P$  [N/C] を求めよ。クーロンの法則の比例定数を  $k$  [ $\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ ] とする。



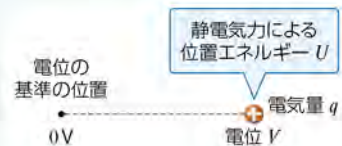
**指針** 電場はベクトルであり、正電荷と負電荷がつくる電場は向きが異なる点に注意。

## 別紙 11-11

### 静電気力による位置エネルギー

$$U = qV$$

$U$  [J] 静電気力による位置エネルギー  
 $q$  [C] 電気量  
 $V$  [V] 電位

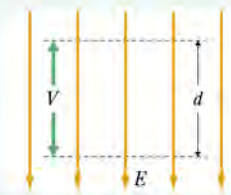


## 別紙 11-12

### 一様な電場 と 電位差

$$V = Ed, \quad E = \frac{V}{d}$$

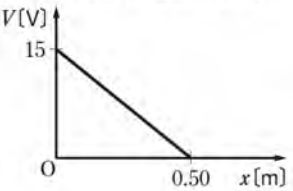
$V$  [V] 電位差  
 $E$  [V/m] 一様な電場の強さ  
 $d$  [m] 距離 (distance)



# 別紙 11-13

$x$  軸に平行な一様な電場があり、位置の座標  $x$ [m]とその点の電位  $V$ [V]との関係は、図のように表される。

(1) 電場の向きと強さ  $E$ [V/m]を求めよ。  
 (2) この電場内に  $+2.4 \times 10^{-7}$ Cの電荷を置くとき、この電荷が電場から受ける力の向きと大きさ  $F$ [N]を求めよ。



**指針** 電場は電位の高いほうから低いほうへ向かう。電場の強さは  $V$ - $x$  図の傾きからわかる。

# 別紙 11-14

1 / 10

電場の強さと距離

電場の強さ

基準点からの距離  $d$

電位が高いのは①と②のどちらか。

① ②

解答

# 別紙 11-15

1 / 10

電位と距離

電位

電場が強いのは①と②のどちらか。

基準点からの距離  $d$

① ②

解答

# 別紙 11-16

点電荷のまわりの電位

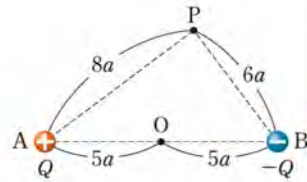
$$V = k \frac{Q}{r}$$

電気量  $Q$        $V = k \frac{Q}{r}$        $V = 0$   
 (無限遠)

$V$ [V]      電位  
 $k$  [N·m<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>]      クーロンの法則の比例定数  
 $Q$ [C]      点電荷の電気量  
 $r$ [m]      点電荷からの距離

# 別紙 11-17

図のように、 $10a$ [m]だけ離れた点A, Bに、電気量  $Q, -Q$ [C]の点電荷を置いた。点O, Pの電位を、無限遠を基準としてそれぞれ求めよ。クーロンの法則の比例定数を  $k$ [ $N \cdot m^2/C^2$ ]とする。

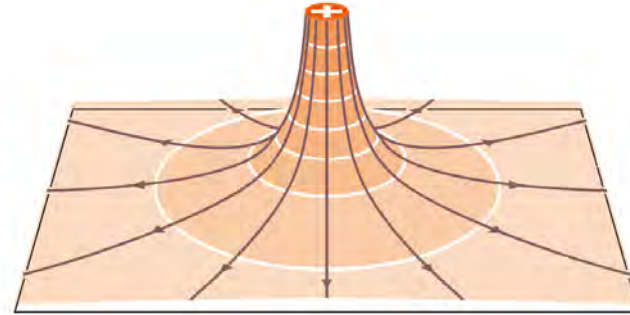


**指針** 各点の電位は、点A, Bの点電荷が単独にあるときにつくる電位を足しあわせて求めることができる。

# 別紙 11-18

電荷による電位の様子

- 回転
- 表示/非表示

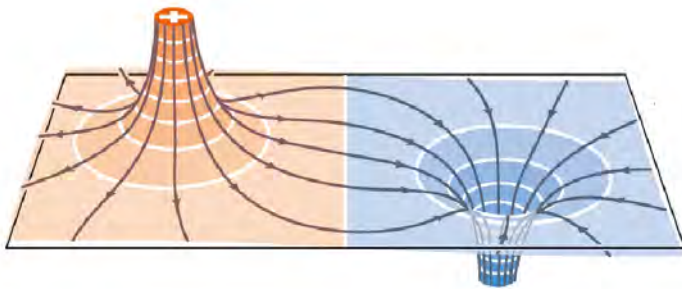


最初に戻る

# 別紙 11-19

電荷による電位の様子

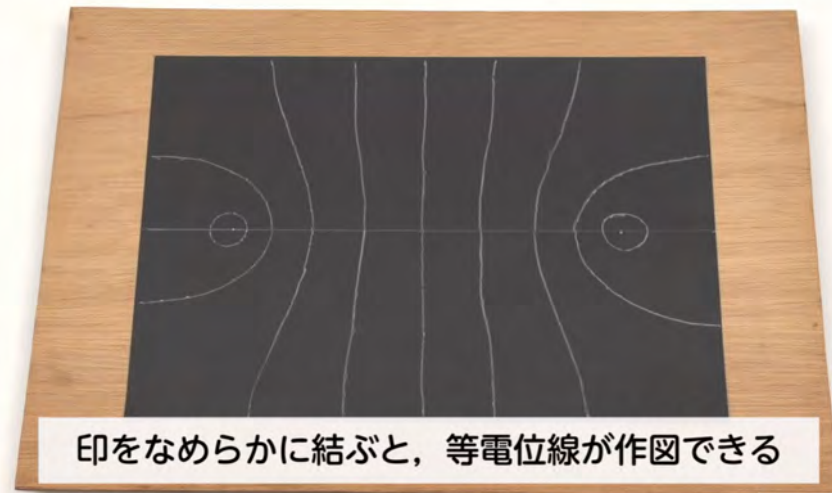
- 回転
- 表示/非表示



最初に戻る

# 別紙 11-20

印をなめらかに結ぶと、等電位線が作図できる

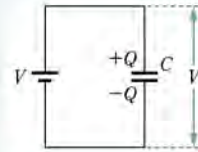


# 別紙 11-21

## コンデンサー

$$Q = CV$$

- Q [C] コンデンサーの電気量
- C [F] コンデンサーの電気容量 (electric capacity)
- V [V] 極板間の電位差



# 別紙 11-22

## コンデンサーの電気容量

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

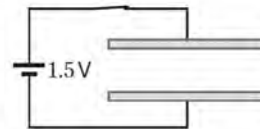
- C [F] コンデンサーの電気容量 (electric capacity)
- $\epsilon$  [F/m] 誘電率, S [m<sup>2</sup>] 極板の面積, d [m] 極板の間隔 (distance)



# 別紙 11-23

平行板コンデンサー(電気容量 30pF)を電圧 1.5V の電池で充電した。次の各場合について、問いに答えよ。

- (1) 電池を外した状態で、極板の間隔を半分にした。このときの極板間の電位差  $V'$  [V] を求めよ。
- (2) 電池に接続した状態で、極板の間隔を半分にした。このときのコンデンサーの電気量  $Q'$  [C] を求めよ。



**指針** 電池を外した状態と接続した状態では、電気量、電圧がどのようになるかを考える。

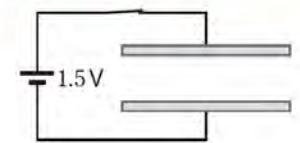
# 別紙 11-24

## 平行板コンデンサー

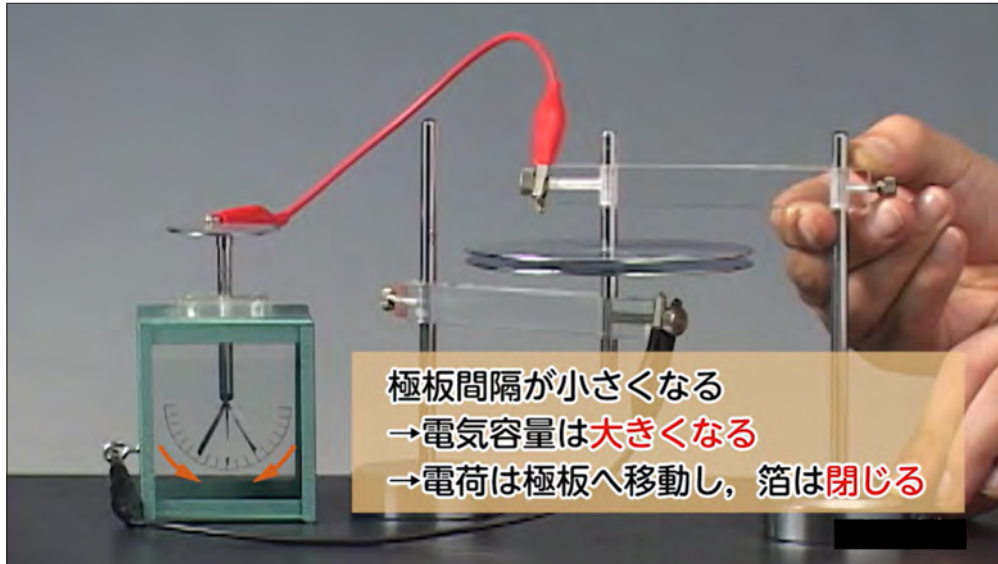
数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

平行板コンデンサー(電気容量 30pF)を電圧 1.5V の電池で充電した。次の各場合について、問いに答えよ。

- (1) 電池を外した状態で、極板の間隔を半分にした。このときの極板間の電位差  $V'$  [V] を求めよ。
- (2) 電池に接続した状態で、極板の間隔を半分にした。このときのコンデンサーの電気量  $Q'$  [C] を求めよ。



# 別紙 11-25



# 別紙 11-26

### 合成容量

① 並列接続:  $C = C_1 + C_2$

② 直列接続:  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

C[F]          合成容量  
 C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>[F]      それぞれの電気容量

# 別紙 11-27

### コンデンサーの接続

※充電が完了したとき

コンデンサーの選択

コンデンサー C<sub>1</sub>    10   μF  
 コンデンサー C<sub>2</sub>    10   μF

電源の電圧          10   v

合成容量を表示  
 電気量を表示  
 電圧を表示

# 別紙 11-28

図のように、電気容量がそれぞれ C, 2C, 3C[F]のコンデンサー C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>と、電圧 V[V]の電池、スイッチ S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>を接続した。最初 S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>は開いており、C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>に電荷は蓄えられていないものとする。

(1) S<sub>1</sub>のみ閉じたとき、C<sub>2</sub>に加わる電圧 V<sub>2</sub>[V]を求めよ。  
 (2) 次に、S<sub>1</sub>を開いてから S<sub>2</sub>を閉じた。C<sub>2</sub>に加わる電圧 V<sub>2</sub>'[V]を求めよ。

**指針** (2) 電池と接続されていない孤立した部分では、接続前後の状態において電気量の保存が成り立つことを利用する。

# 別紙 11-29

極板の面積  $S[m^2]$ ，極板の間隔  $3d[m]$ ，極板間が真空の平行板コンデンサーを考える。極板と同じ面積で厚さ  $d[m]$  の金属板を，極板間の中央に，極板と平行にして入れる。このコンデンサーの電気容量  $C[F]$  を求めよ。真空の誘電率を  $\epsilon_0[F/m]$  とする。

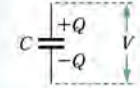


**指針** 金属板の上側と下側の，2つのコンデンサーの直列接続とみなすことができる。

# 別紙 11-30

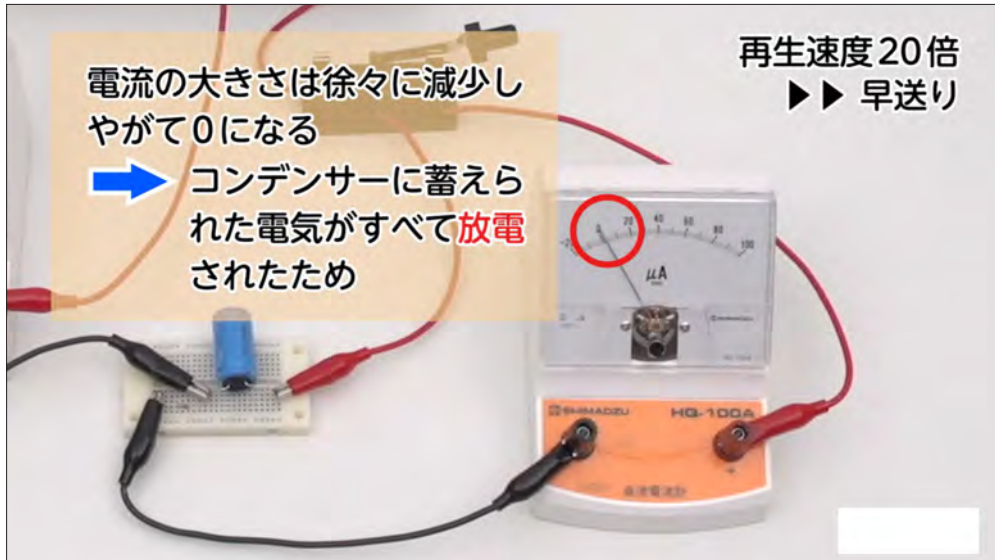
## コンデンサーに蓄えられる静電エネルギー

$$U = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{Q^2}{2C}$$



- $U[J]$  コンデンサーに蓄えられる静電エネルギー
- $Q[C]$  コンデンサーの電気量
- $V[V]$  極板間の電位差
- $C[F]$  コンデンサーの電気容量 (electric capacity)

# 別紙 11-31



# 別紙 11-32

1/10

電場 (4編1章)

クローンの法則

電気量の大きさ  $q_1, q_2 [C]$  の2つの点電荷が距離  $r [m]$  だけ離れているとき，これらの点電荷の間にはたらく静電気力の大きさ  $F [N]$  は

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

( $k$  : クローンの法則の比例定数)

付せんをはずす 付せんをつける

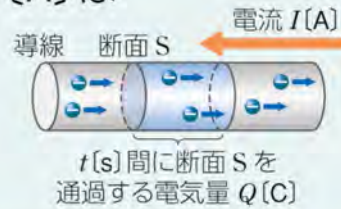
できた

できなかった

## 別紙 12-1

導線の断面を  $t$  [s] 間に  $Q$  [C] の電気量が通過するときの電流の大きさ  $I$  [A] は

$$I = \frac{Q}{t} \quad Q = It$$



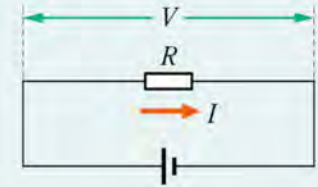
← ポイント

電流の大きさは、1秒あたりに断面を通る電気量

## 別紙 12-2

$R$  [ $\Omega$ ] の抵抗に電圧  $V$  [V] を加えて、電流  $I$  [A] が流れるとき

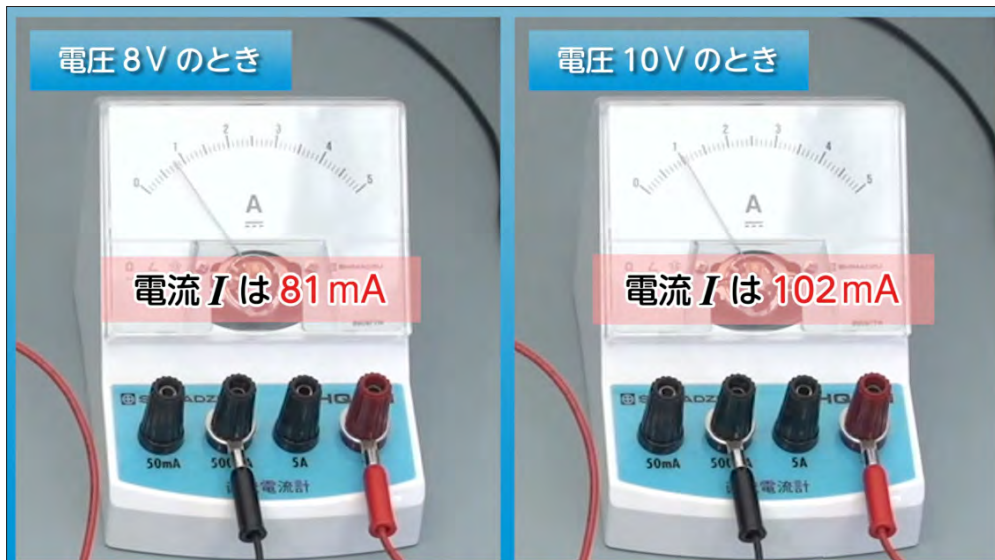
$$I = \frac{V}{R} \quad V = RI$$



← ポイント

電流  $I$  は、電圧  $V$  に比例し、抵抗  $R$  に反比例する

## 別紙 12-3



電圧 8V のとき

電流  $I$  は 81 mA

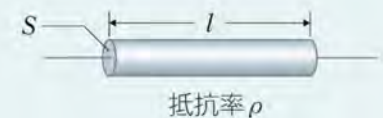
電圧 10V のとき

電流  $I$  は 102 mA

## 別紙 12-4

断面積  $S$  [ $\text{m}^2$ ]、長さ  $l$  [m] で抵抗率  $\rho$  [ $\Omega \cdot \text{m}$ ] の抵抗の抵抗値  $R$  [ $\Omega$ ] は

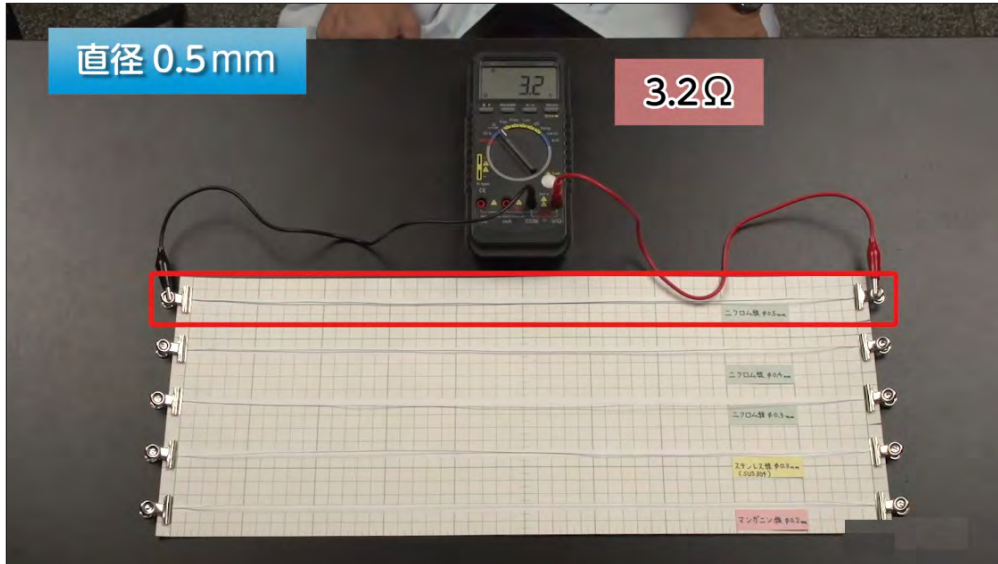
$$R = \rho \frac{l}{S}$$



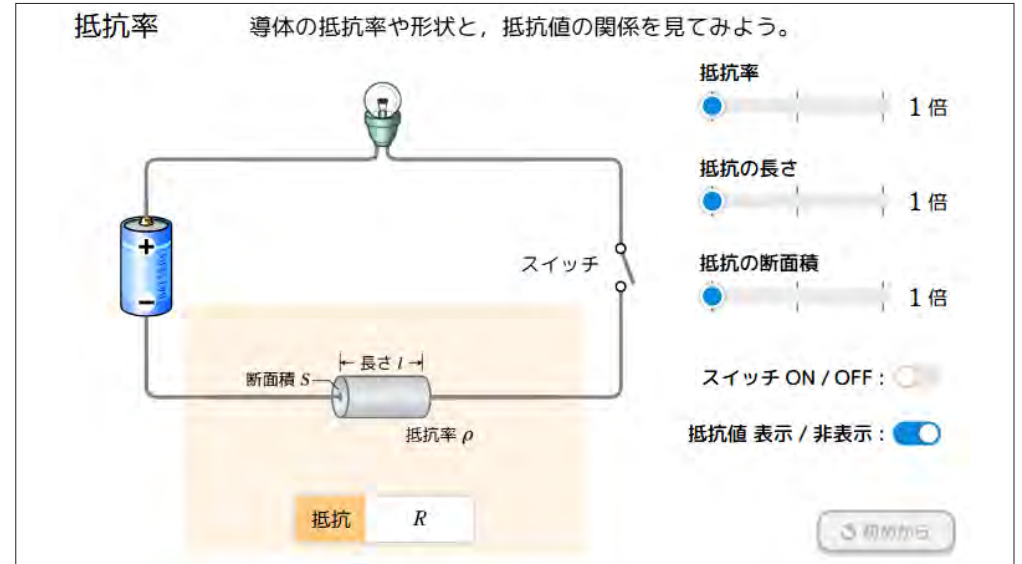
← ポイント

長いほど抵抗は大きい。太いほど抵抗は小さい。

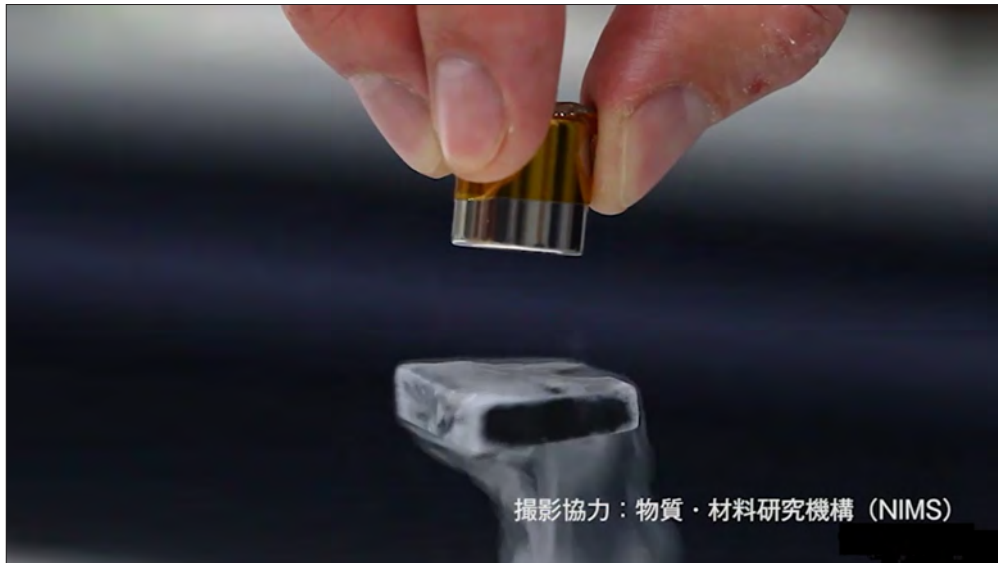
別紙 12-5



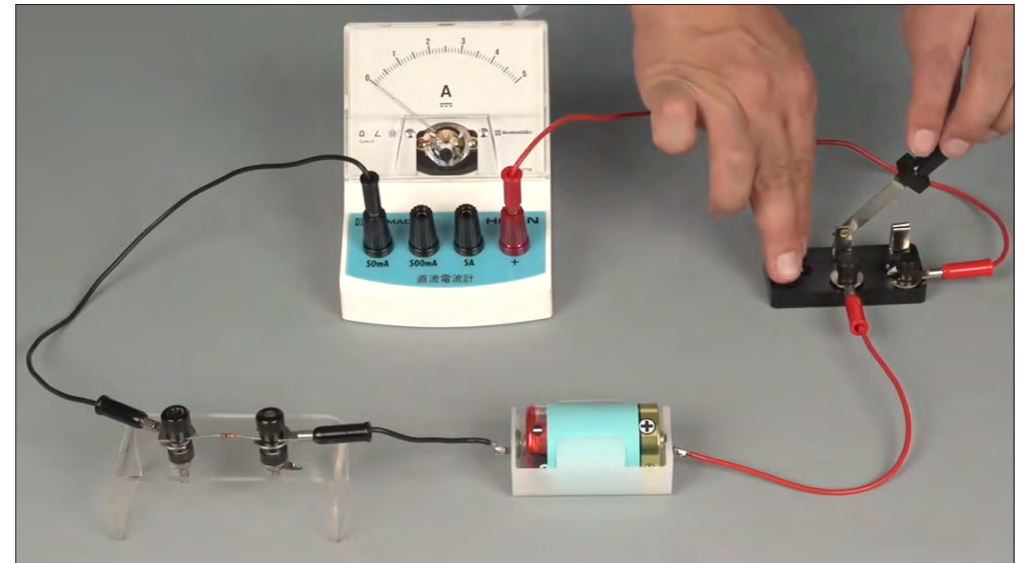
別紙 12-6



別紙 12-7



別紙 12-8



## 別紙 12-9



## 別紙 12-10

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

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

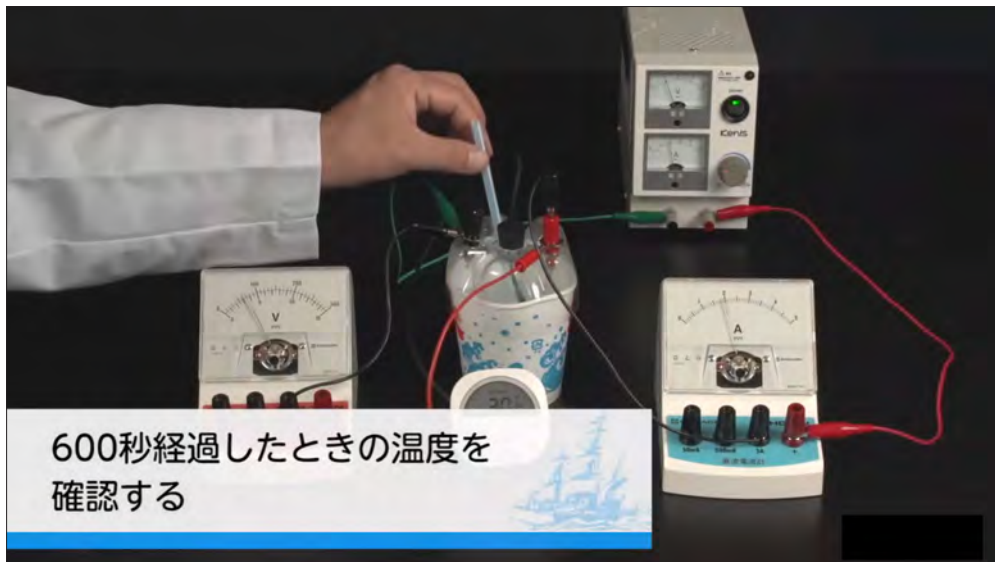
$V = IR$  を代入  
 $I = \frac{V}{R}$  を代入

時間  $t$  で熱量  $Q$  が発生

👉 ポイント

オームの法則  $V = RI$  を用いて式を変形することができる

## 別紙 12-11



## 別紙 12-12

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

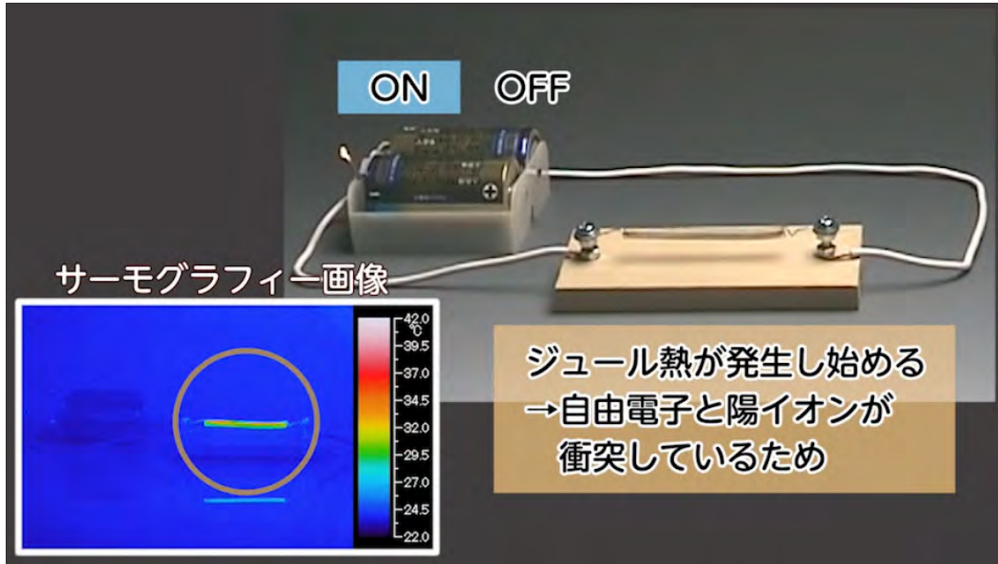
$$W = IVt = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t$$

時間  $t$  の電力量  $W$

👉 ポイント

抵抗で発生するジュール熱に等しい

# 別紙 12-13



# 別紙 12-14

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

①直列接続  $R = R_1 + R_2$

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

ポイント

合成抵抗は、直列接続では大きくなり、並列接続では小さくなる

# 別紙 12-15

抵抗の接続

抵抗の選択

抵抗  $R_1$  10  $\Omega$

抵抗  $R_2$  10  $\Omega$

電源の電圧 10 V

合成抵抗を表示

電流を表示

電圧を表示

# 別紙 12-16

1 / 10

2 抵抗・電流・電圧

①と同じ回路を示すものはどれ?

① bとc

② bとd

③ cとd

④ bとcとd

解答

# 別紙 12-17

## キルヒホッフの法則

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

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

# 別紙 12-18

## キルヒホッフの法則

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

〈例〉 上図の回路について

- 経路1に適用すると  $E_1 + E_2 = R_1 I_1 + R_3 I_3$
- 経路2に適用すると  $E_3 = R_2 I_2 + R_3 I_3$
- 経路3に適用すると  $E_1 + E_2 - E_3 = R_1 I_1 - R_2 I_2$

もどる キルヒホッフの法則 I

# 別紙 12-19

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

**指針** キルヒホッフの法則 I, II を適用する。

# 別紙 12-20

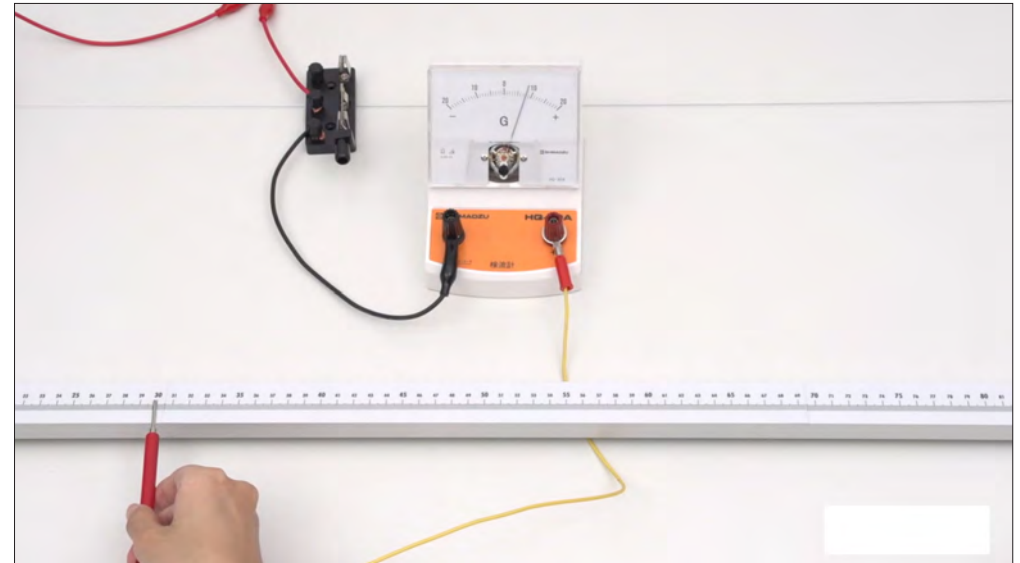
もどる **キルヒホッフの法則** 数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

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

## 別紙 12-21



## 別紙 12-22



## 別紙 12-23

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

(1)

(2)

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

## 別紙 12-24

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

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

(1) スイッチ  $S$  を a 側に入れた直後

(2) (1)の後、十分に時間が経過したとき

(3) (2)の後、スイッチ  $S$  を b 側に切りかえた直後

**指針** コンデンサーの充電・放電をするときの電流の変化をふまえて考える。

# 別紙 12-25

もどる コンデンサーを含む直流回路 数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

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

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

# 別紙 12-26

### 半導体ダイオードの性質

# 別紙 12-27

1/10 電流 (4編2章) 1/10

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

付せんをはずす 付せんをつける

できた  
 できなかった

# 別紙 13-1

電流がつくる磁場

電流 5.0 A

電流  $I$

磁場  $H$

$r$

最初に戻る

# 別紙 13-2

電流がつくる磁場

電流 5.0 A

電流  $I$

磁場  $H$

$r$

電流  $I$

最初に戻る

# 別紙 13-3

電流がつくる磁場

電流 5.0 A

電流  $I$

磁場  $H$

最初に戻る

# 別紙 13-4

電流がつくる磁場

① 直線電流の周囲の磁場:  $H = \frac{I}{2\pi r}$

$H$  [A/m] 磁場の強さ  $I$  [A] 電流  $r$  [m] 電流からの距離

② 円形電流の中心の磁場:  $H = \frac{I}{2r}$

$H$  [A/m] 磁場の強さ  $I$  [A] 電流  $r$  [m] 円形電流の半径

③ ソレノイドの内部の磁場:  $H = nI$

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

### 別紙 13-5

3 電流のつくる磁場の向き

1 / 10

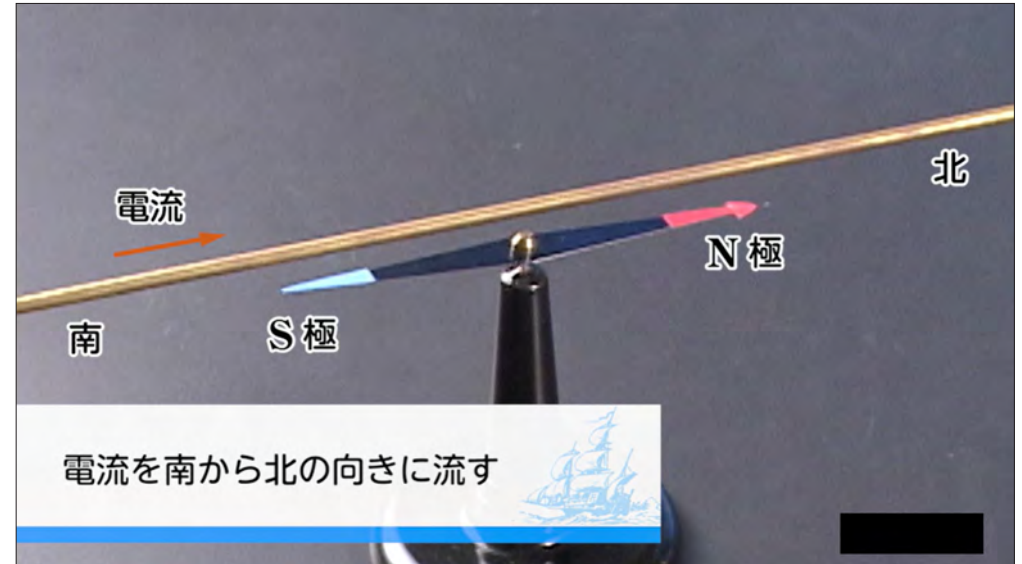
直線電流が鉛直方向  
下から上に流れてい  
る。上から見た方位  
磁針はどの向きを  
さしている？

黒: N極  
白: S極

① ② ③ ④

解答

### 別紙 13-6

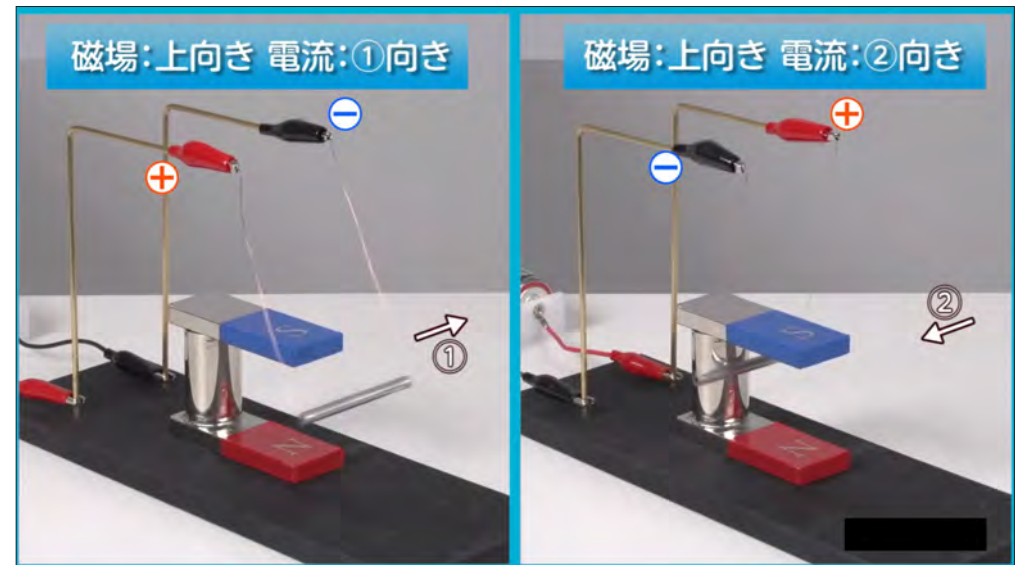


### 別紙 13-7

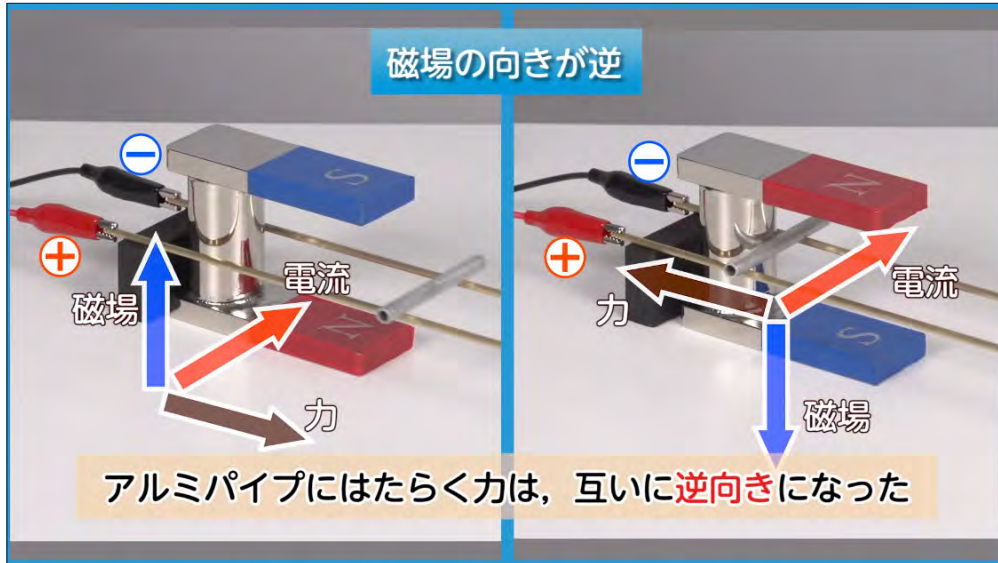
十分に長い2本の導線 A, B を  $2d$  [m] だけ離して平行に張る。図のように, A, B ともに紙面の裏から表の向きに  $I$  [A] の電流を流した。点 P での磁場の強さ  $H$  [A/m] を求めよ。円周率を  $\pi$  とする。

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

### 別紙 13-8



# 別紙 13-9



# 別紙 13-10

### 電流が磁場から受ける力

$$F = IBl \sin \theta$$

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

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

# 別紙 13-11

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

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

# 別紙 13-12

もどる 電流が磁場から受ける力 数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

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

別紙 13-13



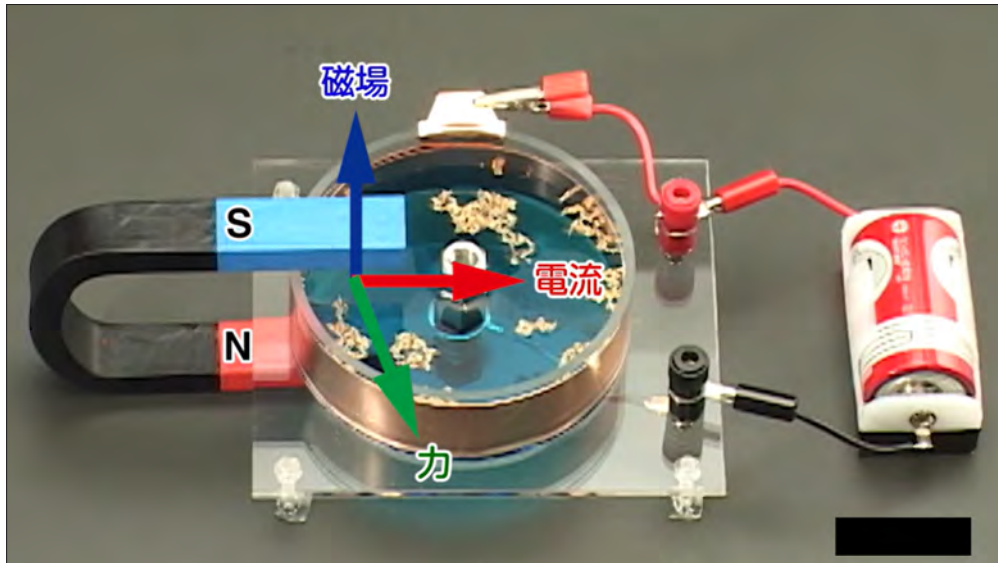
別紙 13-14

ローレンツ力

$$f = qvB$$

$f$  [N] 力 (force) の大きさ  
 $q$  [C] 電気量の大きさ  
 $v$  [m/s] 速さ  
 $B$  [T] 磁束密度の大きさ

別紙 13-15



別紙 13-16

一様な磁場中の荷電粒子の運動

磁場に垂直な面内の  
等速円運動

向心力 (ローレンツ力)  
 $f = qvB \sin\theta$  [N]

半径  $r = \frac{mv \sin\theta}{qB}$  [m]

周期  $T = \frac{2\pi m}{qB}$  [s]

磁場に平行な方向の  
等速直線運動

速度  $v \cos\theta$  [m/s]

周期  $T$  [s] の間に進む距離  $L$   
 $L = \frac{2\pi m v \cos\theta}{qB}$  [m]

磁束密度の大きさ  $B$  [T] の一様な磁場

$L$  [m]

戻る 最初に戻る

# 別紙 13-17



# 別紙 13-18

一様な磁場中の荷電粒子の運動

磁場に垂直な面内の  
等速円運動

向心力(ローレンツ力)  
 $f = qvB \sin\theta$  [N]

半径  $r = \frac{mv \sin\theta}{qB}$  [m]

周期  $T = \frac{2\pi m}{qB}$  [s]

磁場に平行な方向の  
等速直線運動

速度  $v \cos\theta$  [m/s]

周期  $T$  [s] の間に進む距離  $L$   
 $L = \frac{2\pi mv \cos\theta}{qB}$  [m]

戻る 最初に戻る

# 別紙 13-19

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

**指針** 磁場内で、電子はローレンツ力を向心力とした等速円運動を行う。

# 別紙 13-20

1/10

電流と磁場 (4編3章)

磁気力に関するクーロンの法則  
磁気量の大きさ  $m_1, m_2$  [Wb] の2つの磁極が距離  $r$  (m) だけ離れているとき、これらの磁極の間にはたらく力の大きさ  $F$  (N) は

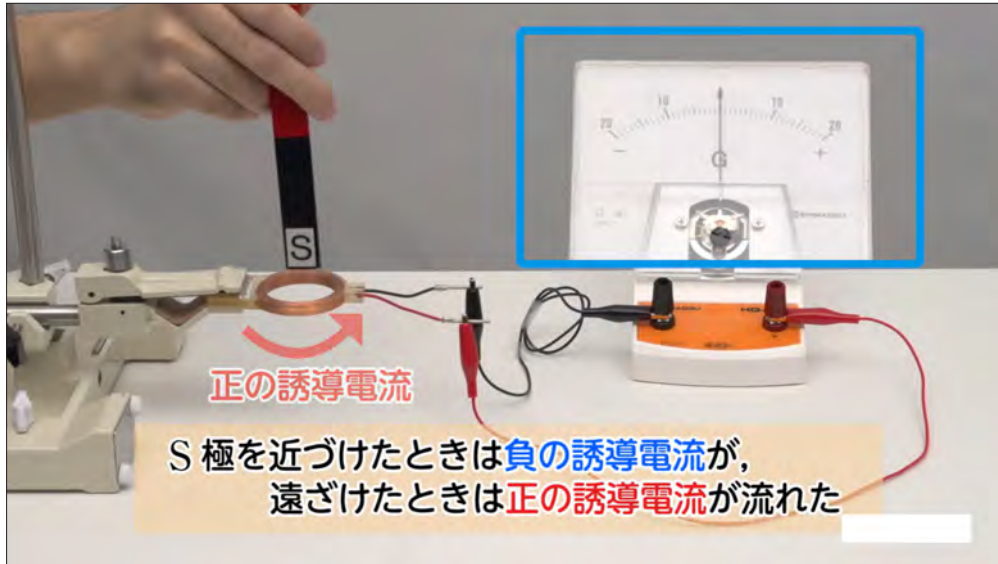
$F = \frac{k_m}{r^2}$  ( $k_m$ : 比例定数)

付せんをはさず

できた

できなかった

# 別紙 14-1



# 別紙 14-2

## ファラデーの電磁誘導の法則

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

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

# 別紙 14-3

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

図 a                      図 b

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

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

# 別紙 14-4

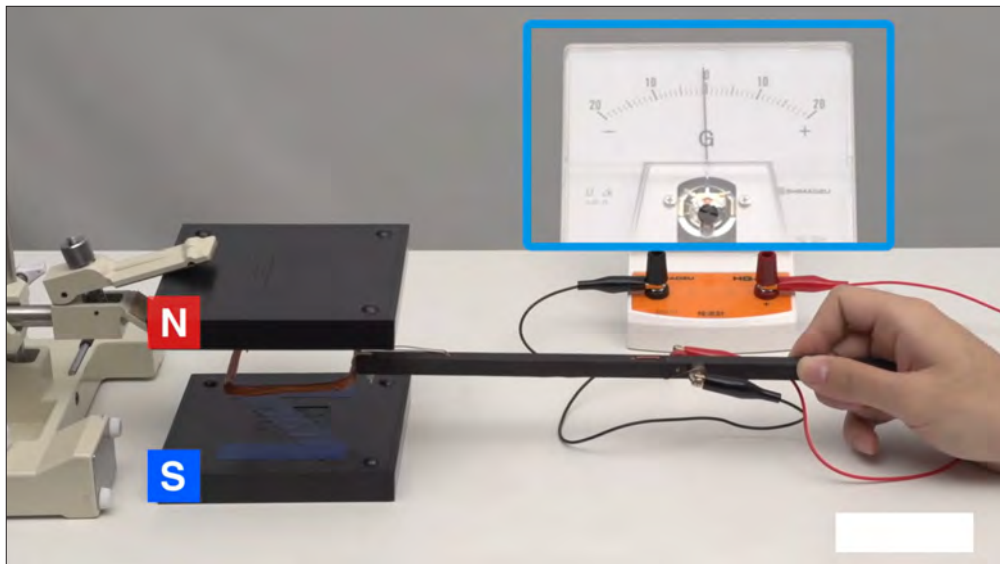
もどる
電磁誘導
数値替え
問題
解説
問題+解説
?

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

図 a                      図 b

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

別紙 14-5



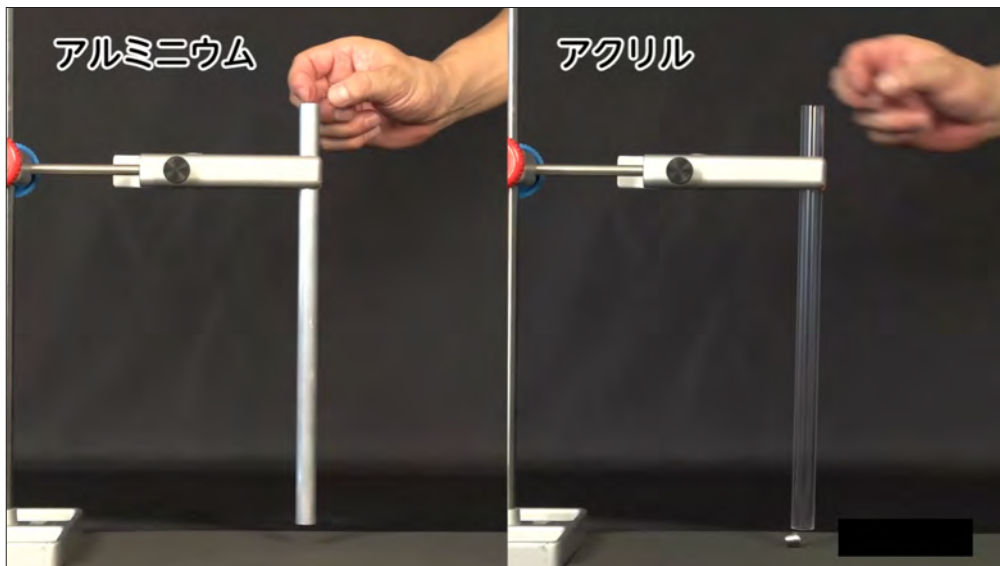
別紙 14-6

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

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

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

別紙 14-7



別紙 14-8



# 別紙 14-9

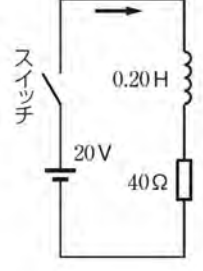
## 自己誘導

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


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

# 別紙 14-10

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



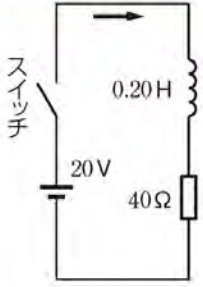
- スイッチを閉じた直後に，回路に流れる電流  $I_0$  は何 A か。
- スイッチを閉じてから十分に時間が経過したとき，回路に流れる電流  $I_1$  は何 A か。

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

# 別紙 14-11

もどる コイルを含む直流回路 数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

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



- スイッチを閉じた直後に，回路に流れる電流  $I_0$  は何 A か。
- スイッチを閉じてから十分に時間が経過したとき，回路に流れる電流  $I_1$  は何 A か。

# 別紙 14-12

## コイルに蓄えられるエネルギー

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

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



# 別紙 14-17

交流電圧と交流電流

② コイルの電圧と電流

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

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

選択画面に戻る

再生

# 別紙 14-18

RLC直列回路のインピーダンス

回路の選択へ

電圧の最大値の関係(電流が基準)

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

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

再生

初めから

# 別紙 14-19

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

$$f = \frac{2.0 \times 10^2}{2\pi} \text{Hz} (\cong 32\text{Hz})$$

とする。

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

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

# 別紙 14-20

もどる 交流回路 数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

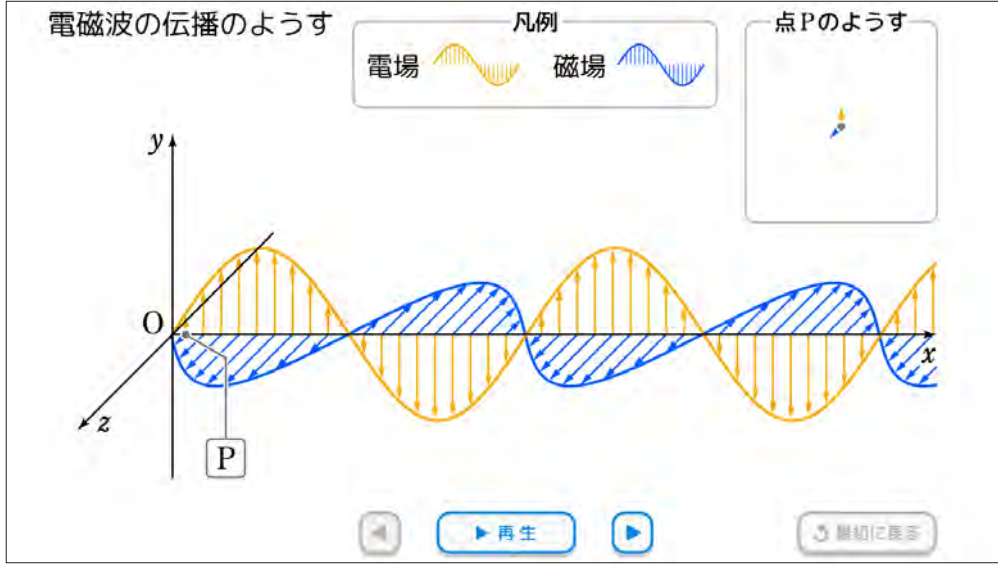
図のように、 $40\Omega$ の抵抗R、自己インダクタンス $0.20\text{H}$ のコイルL、電気容量 $5.0 \times 10^{-2}\mu\text{F}$ のコンデンサーCを直列接続し、交流電圧を加える。交流電圧の実効値を $1.0 \times 10^2\text{V}$ 、周波数を

$$f = \frac{2.0 \times 10^2}{2\pi} \text{Hz} (\cong 32\text{Hz})$$

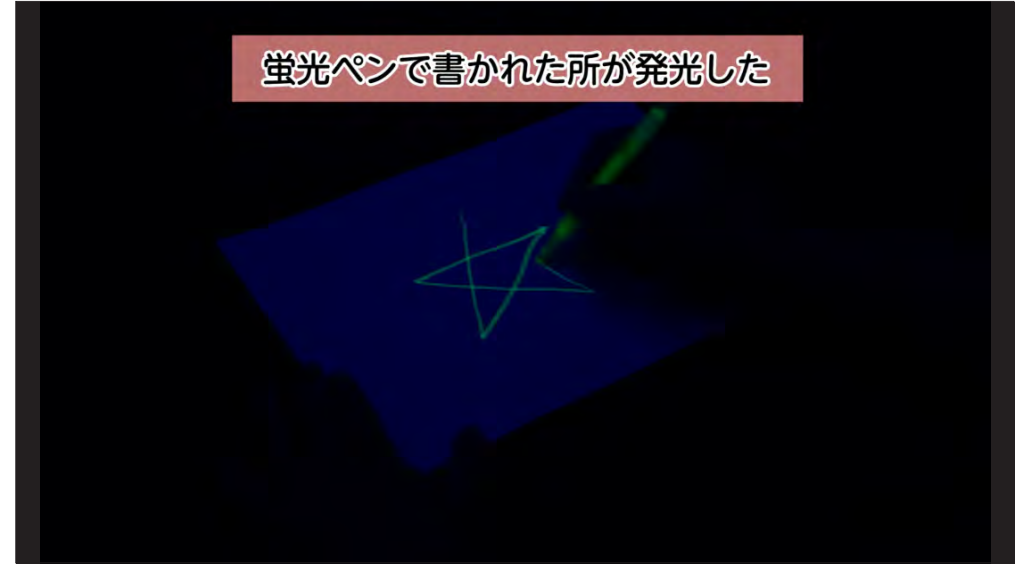
とする。

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

別紙 14-21



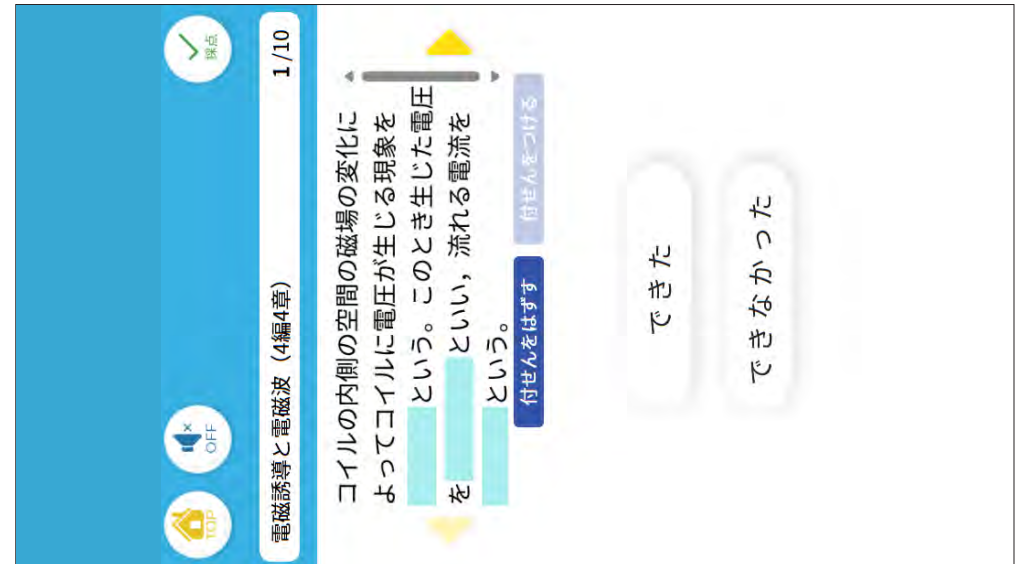
別紙 14-22



別紙 14-23



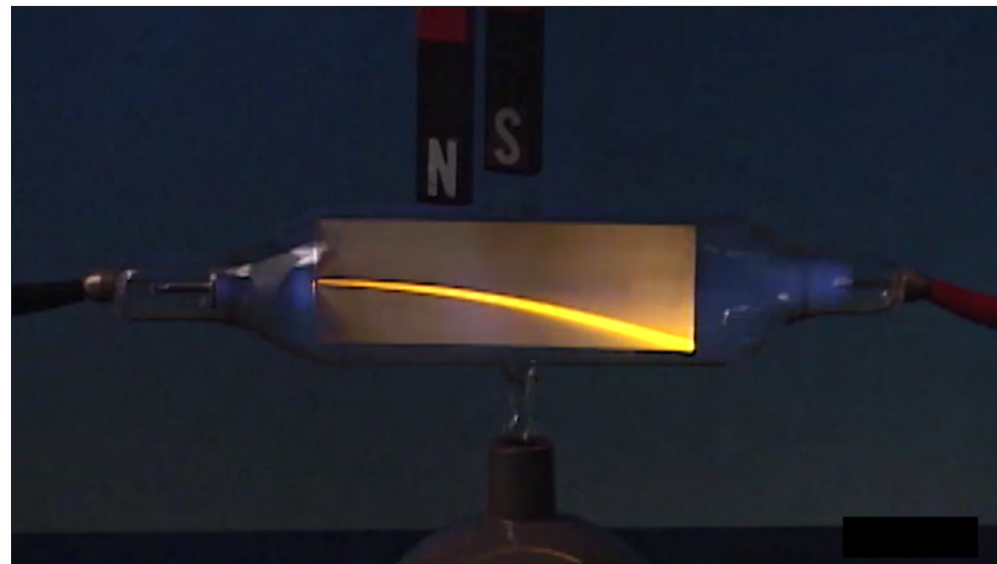
別紙 14-24



## 別紙 15-1



## 別紙 15-2



## 別紙 15-3

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

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

## 別紙 15-4

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

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

# 別紙 15-5



# 別紙 15-6

### 光電効果

光電子  
金属板

光の振動数  $\nu$

小  大

仕事関数  $W$  (金属の種類)

小  大

光の強さ

限界振動数  $\nu_0$

傾き  $h$  (一定)

$K_0$  (J)

$\nu$  (Hz)

0

$-W$

# 別紙 15-7

### 光子のエネルギー

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

光子のエネルギー  $E$

$E = h\nu$

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

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

$E$  (J) 光子のエネルギー (energy)

$h$  (J·s) プランク定数

$\nu$  (Hz) 光の振動数

$c$  (m/s) 真空中の光の速さ

$\lambda$  (m) 光の波長

# 別紙 15-8



# 別紙 15-9

## 光電効果

$$K_0 = h\nu - W$$

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

# 別紙 15-10

1 / 10

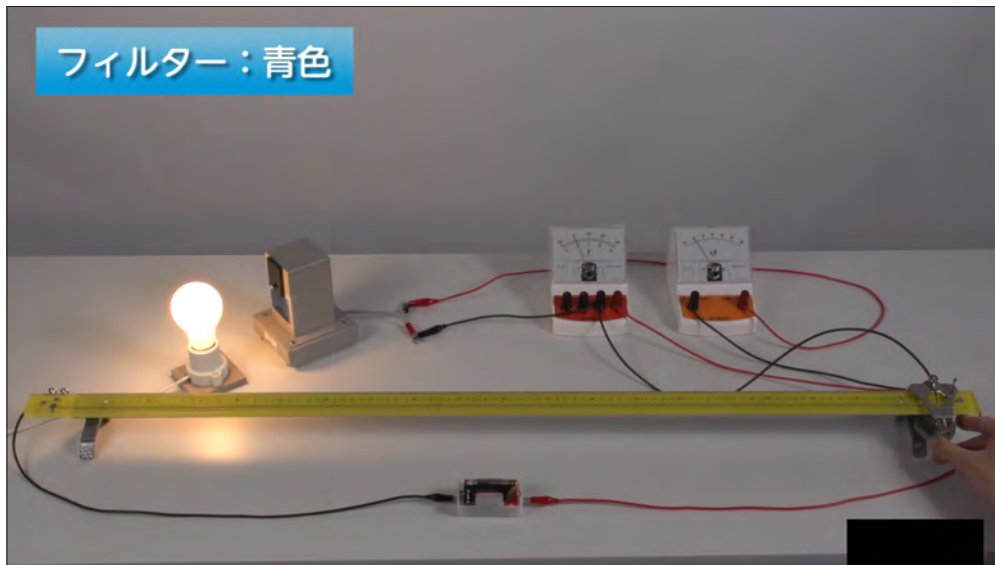
光電効果のグラフ

仕事関数が多いのは①と②のどちらか。

① ②

解答

# 別紙 15-11



# 別紙 15-12

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

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

# 別紙 15-13

**もどる** 光電効果 **数値野え** **問題** **解説** **問題+解説** **?**

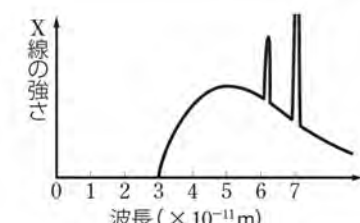
光電管に振動数  $8.0 \times 10^{14} \text{ Hz}$  の光を当てながら、陰極に対する陽極の電位  $V[\text{V}]$  を変化させる。 $V$  を 0 から下げていき、 $V = -1.2 \text{ V}$  となったとき、光電流は 0 になった。プランク定数を  $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 、電気素量を  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  とし、陽極と陰極は同じ金属であるとする。



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

# 別紙 15-14


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



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

# 別紙 15-15

## 光子の運動量

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


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

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

# 別紙 15-16

## ド・ブROI波長

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

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

# 別紙 15-17

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

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

# 別紙 15-18

4 電子と光 1/19

陰極線は、何とよばれる粒子の流れか。

- ① 光子
- ② 陽子
- ③ 電子
- ④ 中性子

① ② ③ ④

解答

# 別紙 15-19

電子と光 (5編1章) 1/10

真空放電の実験で、陰極から出て陽極側に向かう粒子の流れを [ ] といふ。この実体は [ ] の電荷をもつ [ ] である。

付せんをはずす 付せんをつける

できた

できなかった

別紙 16-1



別紙 16-2

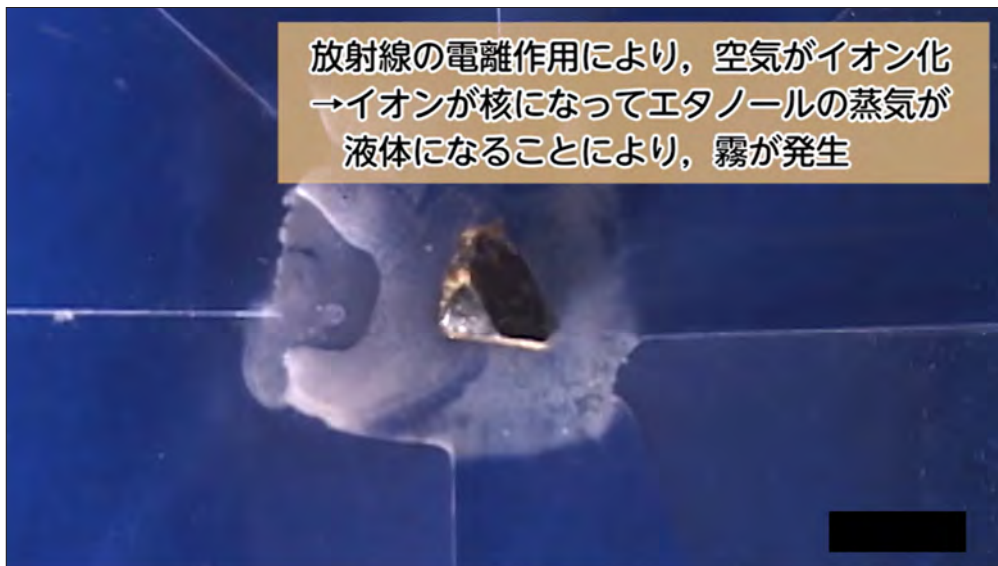
ボーアの理論

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

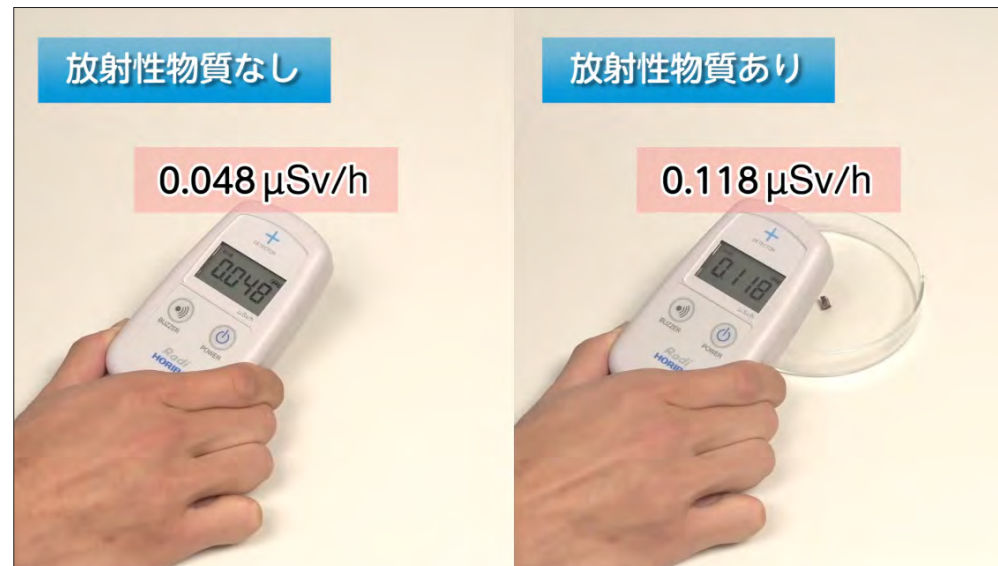
エネルギー準位  $E_n = -\frac{2\pi^2 k_0^2 m e^4}{h^2} \cdot \frac{1}{n^2} = -\frac{Rch}{n^2}$   
 ( $n = 1, 2, 3, \dots$ )

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

別紙 16-3



別紙 16-4



## 別紙 16-5

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

**指針**  $\alpha$  崩壊では原子番号が 2、質量数が 4 減少し、 $\beta$  崩壊では原子番号が 1 増加する。

## 別紙 16-6

もどる 放射性崩壊

数値替え

問題

解説

問題+解説

?

$^{235}\text{U}$  は、 $\alpha$  崩壊を 7 回、 $\beta$  崩壊を 4 回行って、安定な原子核になる。この原子核の原子番号  $Z$  と質量数  $A$  を求めよ。

## 別紙 16-7

### 半減期

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

$N_0$  初めの原子核の数

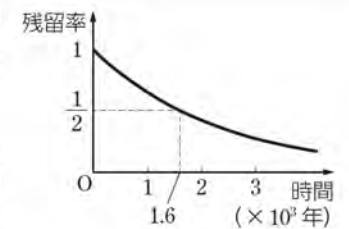
$t$  経過時間

$N$  時間  $t$  後に壊れないで残っている原子核の数

$T$  半減期

## 別紙 16-8

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



- (1)  $^{226}\text{Ra}$  の半減期は何年か。
- (2) 6.0g の  $^{226}\text{Ra}$  のうち、 $3.2 \times 10^3$  年後に崩壊せずに残っているのは何 g か。
- (3)  $^{226}\text{Ra}$  の数が初めの  $\frac{1}{8}$  になるのは何年後か。

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

# 別紙 16-9

もどる 半減期 数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

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

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

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

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

# 別紙 16-10

1回目

# 別紙 16-11

## 質量とエネルギーの等価性

$$E = mc^2$$

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

# 別紙 16-12

次の核反応で放出されるエネルギー  $E$  [MeV] を求めよ。

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

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

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

5 原子と原子核 1 / 25

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

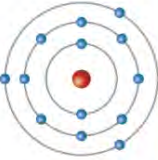
①  $E_1 - E_2$   
 ②  $E_2 - E_1$   
 ③  $E_1 + E_2$   
 ④  $E_1 E_2$

① ② ③ ④

解答

原子と原子核 (5編2章) 1 / 10

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



付せんをはずす 付せんをつけろ

できた  
 できなかった

1/10

100% OFF

### 小数のかけ算とわり算

次の計算をせよ。  
ただし、有効数字については考えないものとする。

$3 \times 1.5$

選択肢 ① 0.045    ② 0.45    ③ 4.5    ④ 45

①

②

③

④

$n$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\sqrt{10n}$	$\sqrt[3]{10n}$
1	1	1	1.0000	1.0000	3.1623	1.0000
2	4	8	1.4142	1.2599	4.4721	1.2599
3	9	27	1.7321	1.4422	5.4772	1.4422
4	16	64	2.0000	1.5874	6.3246	1.5874
5	25	125	2.2361	1.7100	7.4162	1.7100
6	36	216	2.4495	1.8171	8.4853	1.8171
7	49	343	2.6458	1.9129	9.5456	1.9129
8	64	512	2.8284	2.0000	10.5916	2.0000
9	81	729	3.0000	2.0810	11.6189	2.0810
10	100	1000	3.1623	2.1544	12.6491	2.1544
11	121	1331	3.3166	2.2240	13.6808	2.2240
12	144	1728	3.4641	2.2908	14.7136	2.2908
13	169	2197	3.6056	2.3556	15.7476	2.3556
14	196	2744	3.7417	2.4188	16.7924	2.4188
15	225	3375	3.8730	2.4802	17.8481	2.4802
16	256	4096	4.0000	2.5400	18.8745	2.5400
17	289	4913	4.1231	2.6000	19.9115	2.6000
18	324	5832	4.2426	2.6584	20.9583	2.6584
19	361	6859	4.3589	2.7164	22.0144	2.7164
20	400	8000	4.4721	2.7738	23.0799	2.7738
21	441	9261	4.5826	2.8307	24.1544	2.8307
22	484	10648	4.6896	2.8871	25.2376	2.8871
23	529	12167	4.7938	2.9430	26.3292	2.9430
24	576	13824	4.8960	2.9984	27.4290	2.9984
25	625	15625	5.0000	3.0533	28.5368	3.0533
26	676	17568	5.0990	3.1077	29.6524	3.1077
27	729	19667	5.1962	3.1617	30.7755	3.1617
28	784	21920	5.2915	3.2152	31.9059	3.2152
29	841	24339	5.3847	3.2683	33.0434	3.2683
30	900	27000	5.4772	3.3209	34.1878	3.3209
31	961	29931	5.5689	3.3731	35.3389	3.3731
32	1024	33136	5.6591	3.4249	36.4966	3.4249
33	1089	36627	5.7486	3.4763	37.6607	3.4763
34	1156	40408	5.8373	3.5273	38.8311	3.5273
35	1225	44485	5.9253	3.5779	39.9976	3.5779
36	1296	48864	6.0125	3.6281	41.1701	3.6281
37	1369	53551	6.0990	3.6779	42.3484	3.6779
38	1444	58552	6.1848	3.7273	43.5324	3.7273
39	1521	63885	6.2691	3.7763	44.7220	3.7763
40	1600	69560	6.3525	3.8249	45.9171	3.8249
41	1681	75589	6.4353	3.8731	47.1176	3.8731
42	1764	81976	6.5175	3.9209	48.3234	3.9209
43	1849	88727	6.5991	3.9683	49.5344	3.9683
44	1936	95848	6.6800	4.0153	50.7505	4.0153
45	2025	103345	6.7603	4.0619	51.9716	4.0619
46	2116	111224	6.8400	4.1081	53.1976	4.1081
47	2209	119491	6.9192	4.1539	54.4284	4.1539
48	2304	128152	6.9979	4.1993	55.6640	4.1993
49	2401	137213	7.0761	4.2443	56.9043	4.2443
50	2500	156700	7.0711	4.2889	58.1493	4.2889

### 第1編 力と運動

#### 第1章 平面内の運動

**p.7 問.1**.....

移動距離 =  $\frac{5.0}{\sin 30^\circ} + 8.0 + \frac{5.0}{\sin 30^\circ}$   
 $= 5.0 \times 2 + 8.0 + 5.0 \times 2 = 28\text{m}$   
 変位の大きさ =  $PQ$   
 $= \frac{5.0}{\tan 30^\circ} + 8.0 + \frac{5.0}{\tan 30^\circ}$   
 $= 5.0 \times \sqrt{3} + 8.0 + 5.0 \times \sqrt{3}$   
 $\approx 25\text{m}$

**p.9 問.2**.....

静水時の船の速度を  $\vec{v}_1$  (大きさ  $v_1$ )、流水の速度を  $\vec{v}_2$  (大きさ  $v_2$ )、川岸から見た船の速度を  $\vec{v}$  (大きさ  $v$ ) とする。

(1) 図 a より  $\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = \vec{v}$

ゆえに  $v = 4.0 + 3.0 = 7.0\text{m/s}$

図 a

### 基礎ゼットク問題

※有効数字の取り方については考慮しないものとする。

**A 小数のかけ算とわり算**

別の計算をせよ。

①  $4.1 \times 0.02$     ②  $\frac{32}{0.4}$

③  $\frac{32}{0.4} \times \frac{10}{10} = \frac{320}{4} = 80$     ④  $0.4 \times 10 = 4$

⑤  $0.003 \times 360$     ⑥  $\frac{0.81}{0.03}$

**B 分数の計算**

別の計算をせよ (答えは分数のままよい)。

①  $\frac{1}{2} + \frac{1}{3}$     ②  $\frac{3}{4} \times \frac{2}{9}$     ③  $\frac{6}{4} \div \frac{4}{5}$

④  $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{1 \times 3 + 1 \times 2}{2 \times 3} = \frac{5}{6}$     ⑤  $\frac{3}{4} \times \frac{2}{9} = \frac{3 \times 2}{4 \times 9} = \frac{1}{6}$

⑥  $\frac{6}{4} \div \frac{4}{5} = \frac{6}{4} \times \frac{5}{4} = \frac{30}{16} = \frac{15}{8}$

**C 平方根**

別の計算をせよ。

①  $\sqrt{300}$     ②  $\sqrt{0.01}$

③  $\sqrt{300} = \sqrt{100 \times 3} = 10\sqrt{3}$     ④  $\sqrt{\frac{0.1}{0.3}}$

**D 式の变形①**

別の計算をせよ。

①  $x + 2 = 20$     ②  $54 = x - 22$

**E 式の变形②**

別の計算をせよ。

①  $14 = 7x$     ②  $3 = \frac{x}{6}$

③  $3 \times 6 = \frac{x}{6} \times 6$     ④  $18 = x$

## 第1編 力と運動

### 第4章 円運動と万有引力

p.65 問21

$t = 5.0$  s 間で、 $\theta = 180^\circ = \pi$  rad だけ回転した  
ので、半径  $r = 8.0$  m より

$$\text{角速度 } \omega = \frac{\theta}{t} = \frac{\pi}{5.0} = 0.20\pi \doteq 0.63 \text{ rad/s}$$

$$\text{速さ } v = r\omega = 8.0 \times 0.20\pi \doteq 5.0 \text{ m/s}$$

p.66 問22

$$T = \frac{1}{15 \text{ 回転}} = \frac{60 \text{ s}}{15 \text{ 回転}} = 4.0 \text{ s}$$

$$n = \frac{1}{T} = \frac{1}{4.0} = 0.25 \text{ Hz}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4.0} = 0.50\pi \doteq 1.6 \text{ rad/s}$$

$$v = r\omega = 0.40 \times 0.50\pi \doteq 0.63 \text{ m/s}$$

p.67 問23

半径  $r = 5.0 \times 10^6$  m、速さ  $v = 60$  m/s より

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{60}{5.0 \times 10^6} = 0.12 \text{ rad/s}$$

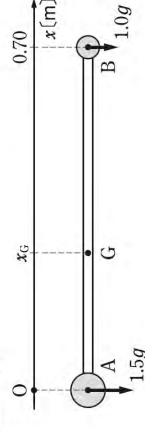
$$a = v\omega = 60 \times 0.12 = 7.2 \text{ m/s}^2$$

## 第1編 力と運動

### 第2章 剛体

p.35 問10

図のように  $x$  軸をとり、重心の座標を  $x_G$  [m] とする。



$$\left[ x_G = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2} \right] \text{より}$$

$$x_G = \frac{1.5 \times 0 + 1.0 \times 0.70}{1.5 + 1.0}$$

$$= 0.28 \text{ m}$$

p.35 問11

$x$  軸に平行な部分を物体1、 $y$  軸に平行な部分を物体2として考える。

物体全体の質量を  $m$  とすると、物体1の質量は  $\frac{3}{5}m$ 、物体2の質量は  $\frac{2}{5}m$  となる。

また、物体1の重心の座標は  $(1.5, 0)$ 、物体2の重心の座標は  $(0, 1)$  である。

物体全体の重心の座標を  $(x_G, y_G)$  とすると

## 別紙 17-5

## 別紙 17-6

## 第1編 力と運動

### 第4章 円運動と万有引力

p.65 問21

$t = 5.0$  s 間で、 $\theta = 180^\circ = \pi$  rad だけ回転した  
ので、半径  $r = 8.0$  m より

$$\text{角速度 } \omega = \frac{\theta}{t} = \frac{\pi}{5.0} = 0.20\pi \doteq 0.63 \text{ rad/s}$$

$$\text{速さ } v = r\omega = 8.0 \times 0.20\pi \doteq 5.0 \text{ m/s}$$

p.66 問22

$$T = \frac{1}{15 \text{ 回転}} = \frac{60 \text{ s}}{15 \text{ 回転}} = 4.0 \text{ s}$$

$$n = \frac{1}{T} = \frac{1}{4.0} = 0.25 \text{ Hz}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4.0} = 0.50\pi \doteq 1.6 \text{ rad/s}$$

$$v = r\omega = 0.40 \times 0.50\pi \doteq 0.63 \text{ m/s}$$

p.67 問23

半径  $r = 5.0 \times 10^6$  m、速さ  $v = 60$  m/s より

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{60}{5.0 \times 10^6} = 0.12 \text{ rad/s}$$

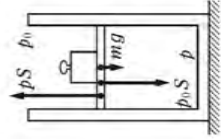
$$a = v\omega = 60 \times 0.12 = 7.2 \text{ m/s}^2$$

## 第2編 熱と気体

### 第1章 気体のエネルギーと状態変化

p.111 問1

気体の圧力を  $p$  [Pa]、大気圧を  $p_0$  [Pa]、おもりの質量を  $m$  [kg]、ピストンの断面積を  $S$  [m<sup>2</sup>]、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とすると、ピストンにはたらく力のつりあいより



$$pS - mg - p_0S = 0$$

$$\begin{aligned} p &= p_0 + \frac{mg}{S} = (1.0 \times 10^5) + \frac{10 \times 9.8}{4.9 \times 10^{-3}} \\ &= (1.0 \times 10^5) + (2.0 \times 10^4) \\ &= 1.2 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

## 第1編 力と運動

### 第3章 運動量の保存

p.42 問14

運動量の大きさ  $mv = 3.0 \times 1.5 = 4.5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$   
向きは東向き

p.43 問15

求める台車の速さを  $v'$  [m/s] とする。

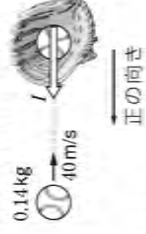
$$[mv' - mv = F\Delta t] \text{より}$$

$$2.0v' - 2.0 \times 1.0 = 2.5 \times 0.40$$

$$\text{よって } v' = 1.5 \text{ m/s}$$

p.44 問16

図のように、ボール 0.14 kg が受けた力積  $I$  [N·s] の向きを正の向きとする。



「運動量の変化 = 力積」より

$$0 - 0.14 \times (-40) = I$$

## 別紙 17-7

## 別紙 17-8

### 第3編 波

#### 第1章 光

p.185

##### 問題 7

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

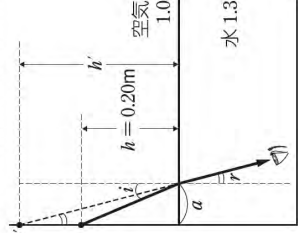
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1.3}{1.0}$$

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

観測者はPのほぼ真下から見ているので、角*i*、*r*はきわめて小さい。

図より  $\tan i = \frac{a}{h}$ ,  $\tan r = \frac{a}{h'}$  であるから  
 $1.0 \times \frac{a}{h} \doteq 1.3 \times \frac{a}{h'}$

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



水 1.3

空気 1.0

$h = 0.20 \text{ m}$

### 別紙 17-11

### 第4編 電気と磁気

#### 第1章 電場

p.225

##### 問題 1

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

$$N = \frac{Q}{e} = \frac{|-3.2 \times 10^{-8}|}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.0 \times 10^{11} \text{ 個}$$

p.226

##### 問題 2

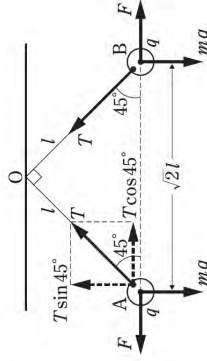
正の電荷と負の電荷が打ち消しあい、残りの正の電気量を等しく分けあう。よって、それぞれの金属球がもつ電気量は

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

p.227

##### 問題 1

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



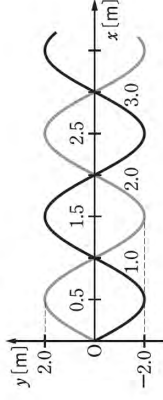
### 第3編 波

#### 第1章 波の伝わり方

p.148

##### 問題 1

波の速さは0.10 m/sなので、30秒間に波形の進む距離は  $0.10 \times 30 = 3.0 \text{ m}$  によって、波の進む正の向きに3.0 m 平行移動させればよい。



p.148

##### 問題 2

まず、振動の周期*T* [s]を求める。*y-x* 図より波長は  $\lambda = 6.0 \text{ m}$ 、波の速さは  $v = 1.5 \text{ m/s}$  である。「 $v = \frac{\lambda}{T}$ 」より

$$T = \frac{\lambda}{v} = \frac{6.0}{1.5} = 4.0 \text{ s}$$

次に、 $x = 6.0 \text{ m}$  の媒質がどのように時間変化するかを調べる。 $t = 0 \text{ s}$  での変位は *y-x* 図より  $y = 0 \text{ m}$  である。そして、その次の瞬間には上向きに動く。以上より、*y-t* 図をかく。

### 別紙 17-12

### 第3編 波

#### 第2章 音の伝わり方

p.174

##### 問題 12

ドップラー効果の式「 $f' = \frac{V - v_o}{V - v_s} f$ 」において、 $v_o = 0$ 、 $v_s > 0$  であるから、観測者が観測する振動数を  $f'$  [Hz] とすると

$$f' = \frac{V}{V - v_s} f > f \quad \text{.....①}$$

音源が時間  $t$  [s] の間に出した波の数は  $ft$  [個]。観測者が音波を観測した時間を  $t'$  [s] とすると、観測者が観測する波の数は  $f't'$  [個]。音源が出した波の数と観測者が観測する波の数は等しいので

$$ft = f't'$$

これと①式より  $t' < t$

よって、観測者が音波を観測する時間  $t'$  [s] は  $t$  [s] より短い。

## 第4編 電気と磁気

### 第4章 電磁誘導と電磁波

p. 321

問 45

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

p. 321

問 46

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

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

p. 321

類題 14

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

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

と表される。

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

② 0V

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

## 別紙 17-15

## 第4編 電気と磁気

### 第2章 電流

p. 267

問 20

$$[I = \frac{Q}{t}] \text{より}$$

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

p. 267

問 21

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

p. 268

問 22

$$[I = evS] \text{より}$$

$$1.7 = (1.6 \times 10^{-19}) \times (8.5 \times 10^{28}) \times v \times (1.0 \times 10^{-6})$$

よって

$$v = \frac{1.7}{(1.6 \times 10^{-19}) \times (8.5 \times 10^{28}) \times (1.0 \times 10^{-6})} \approx 1.3 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

## 別紙 17-16

## 第5編 原子

### 第1章 電子と光

p. 370

問 1

円運動の向心力はローレンツ力  $evB$  だから

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

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

p. 371

類題 1

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



(2) (1)の向きに磁場を加えると、電場による力  $eE$  [N] とローレンツ力  $evB$  [N] がつりあうとき、電子は直進する。よって  $eE - evB = 0$

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

## 別紙 17-13

## 第4編 電気と磁気

### 第3章 電流と磁場

p. 297

問 37

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

磁場の強さ  $H$  [N/Wb] は「 $F = mH$ 」より

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

p. 301

問 38

$$[H = \frac{I}{2\pi r}] \text{より}$$

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

p. 301

問 39

$$[H = N \frac{I}{2r}] \text{より}$$

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

## 別紙 17-14

第5編 原子

第2章 原子と原子核

p.400 問10

定常状態  $E_3 = -1.5\text{eV}$  から  $E_1 = -13.6\text{eV}$  へ移るとき、これらの差のエネルギーをもつ光子を放出する。よって、光子のエネルギーは  $E_3 - E_1 = -1.5 - (-13.6) = 12.1\text{eV}$  波長を  $\lambda$  [m] とする。

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

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

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

p.403 問11

陽子の数 = 原子番号

中性子の数 = 質量数 - 原子番号

(1) 陽子の数: 1個

中性子の数:  $3 - 1 = 2$  個

(2) 陽子の数: 2個

中性子の数:  $4 - 2 = 2$  個

(3) 陽子の数: 17個

中性子の数:  $35 - 17 = 18$  個

(4) 陽子の数: 17個

中性子の数:  $37 - 17 = 20$  個

資料編

本文資料

p.454 問1

$v = h^2 g^2$  の両辺の単位を比較すると

$$\text{m/s} = \text{m}^4 \cdot (\text{m/s}^2)^2 = \text{m}^4 \cdot \text{m}^2 / \text{s}^4$$

$$= \text{m}^6 / \text{s}^2$$

よって  $x + y = 1$

$$2y = 1$$

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

思考学習

p.39

糸巻き車の転がり方

考察1 糸巻きと床との接点を P とすると、糸巻きにはたらく力は図 a のようになる。

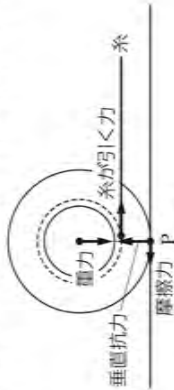


図 a

点 P を回転中心と考える。この点のまわりにおける、重力、垂直抗力、摩擦力のモーメントは 0 なので、糸が引く力のモーメントだけが 0 でない値をもち、回転運動に常与している。糸が引く力のモーメントは時計回りであるから、糸巻きはこの点を軸に時計回りに回転し、右向きに転がる。

