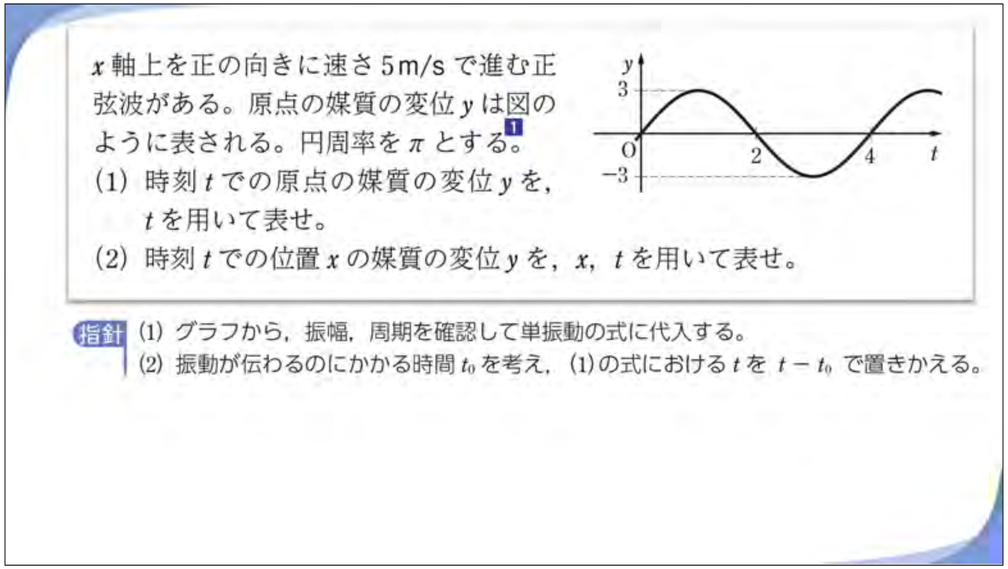
別紙 8-9



x 軸上を正の向きに速さ 5m/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 π とする。[1]

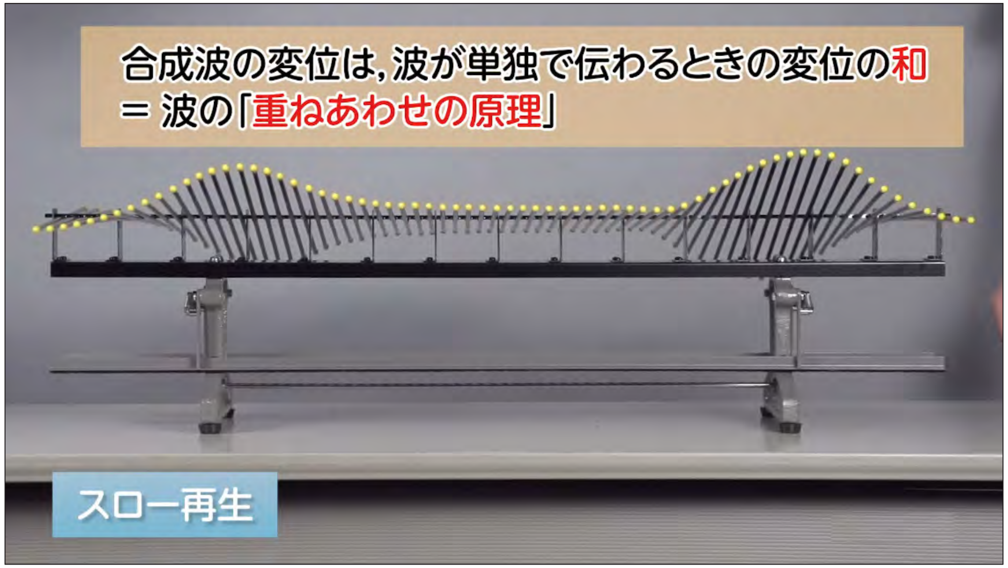
(1) 時刻 t での原点の媒質の変位 y を，t を用いて表せ。

(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。

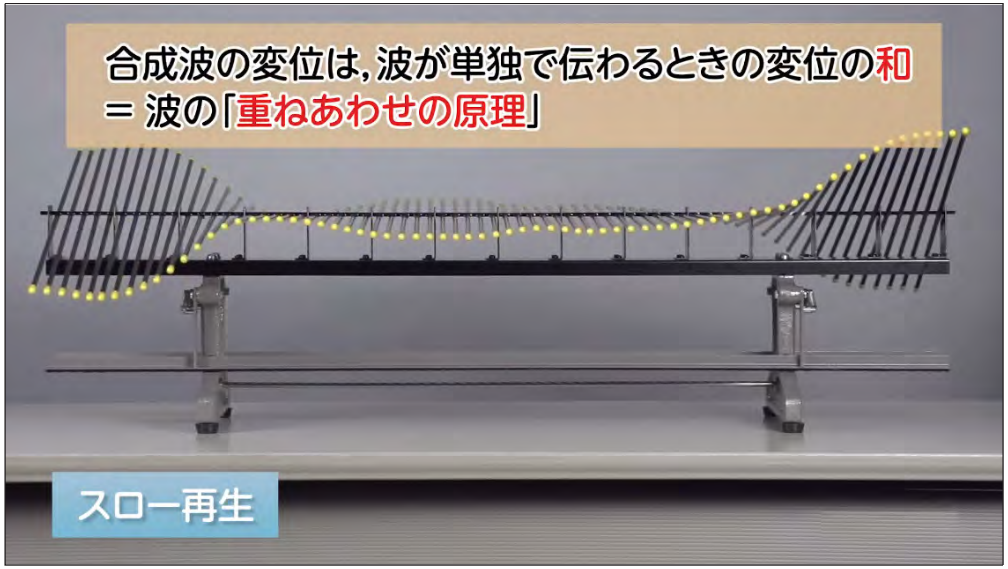
指針 (1) グラフから，振幅，周期を確認して単振動の式に代入する。

(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。

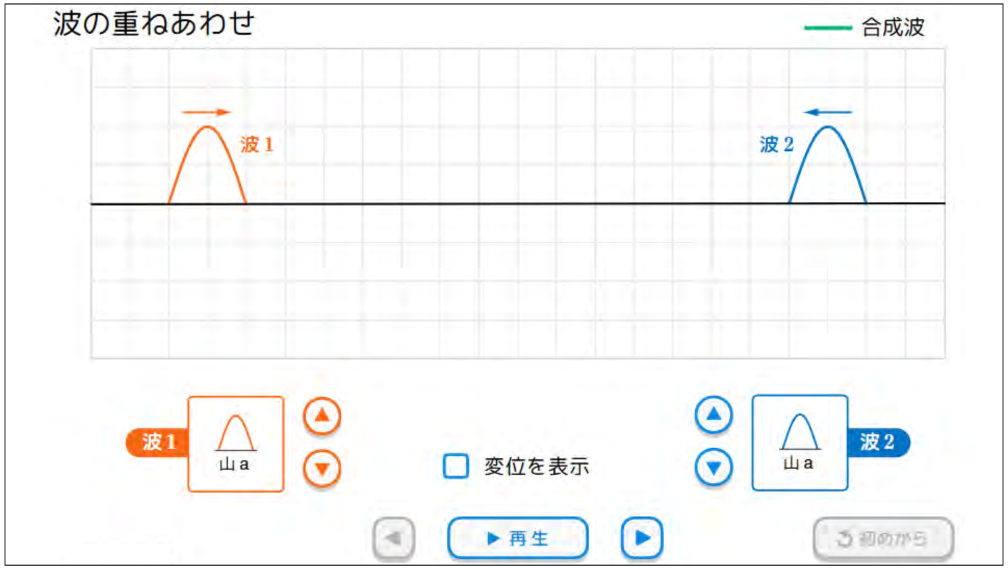
別紙 8-10



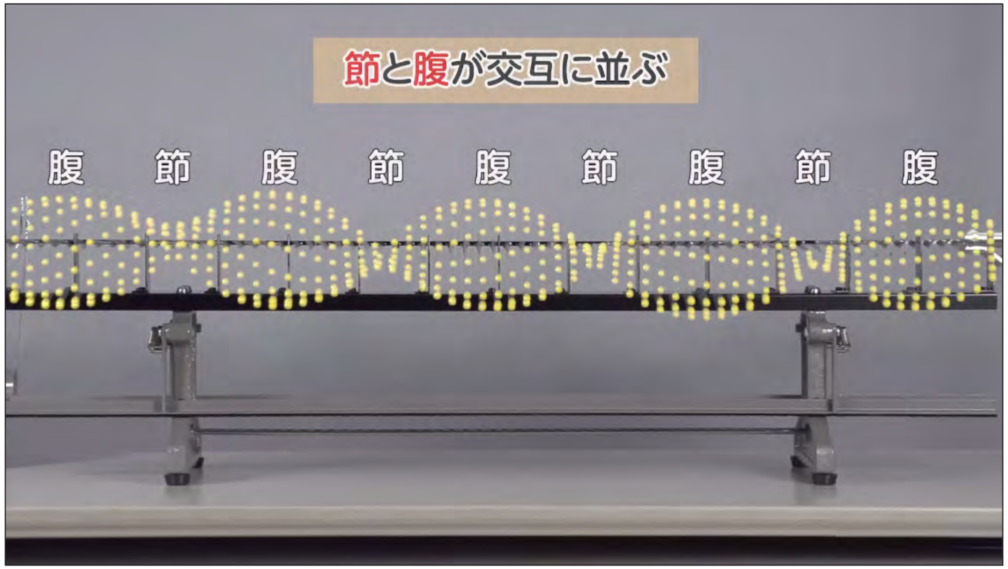
別紙 8-11



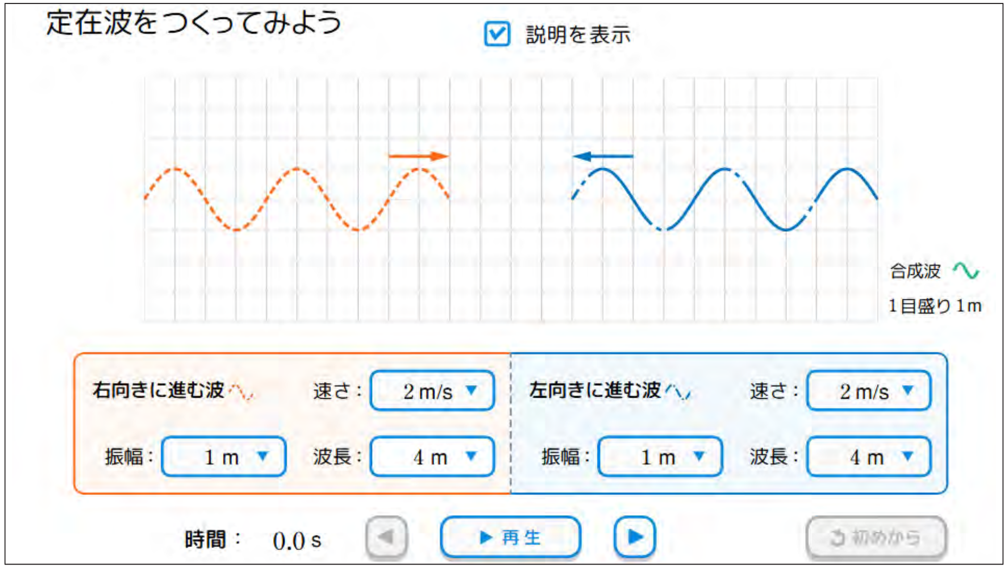
別紙 8-12



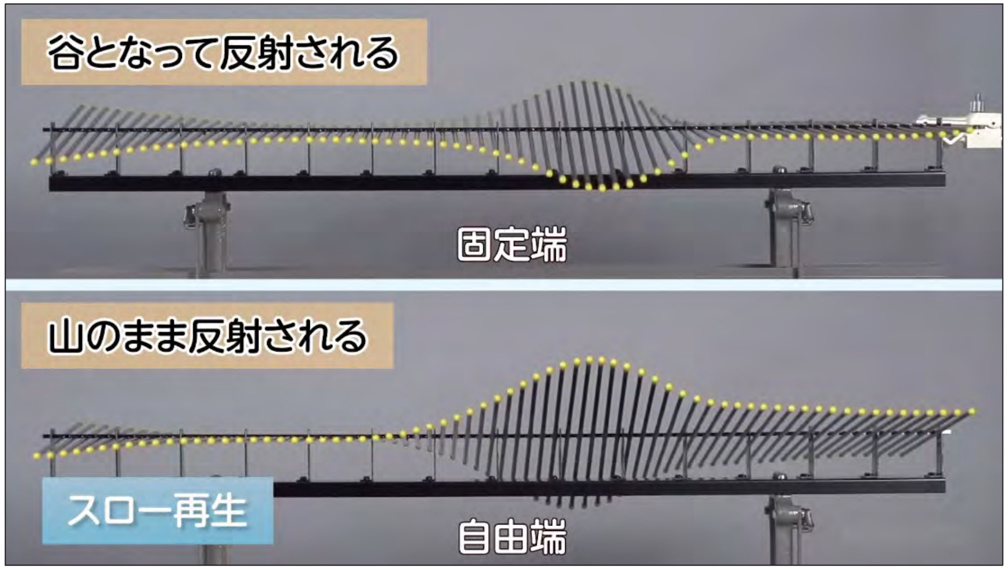
別紙 8-13



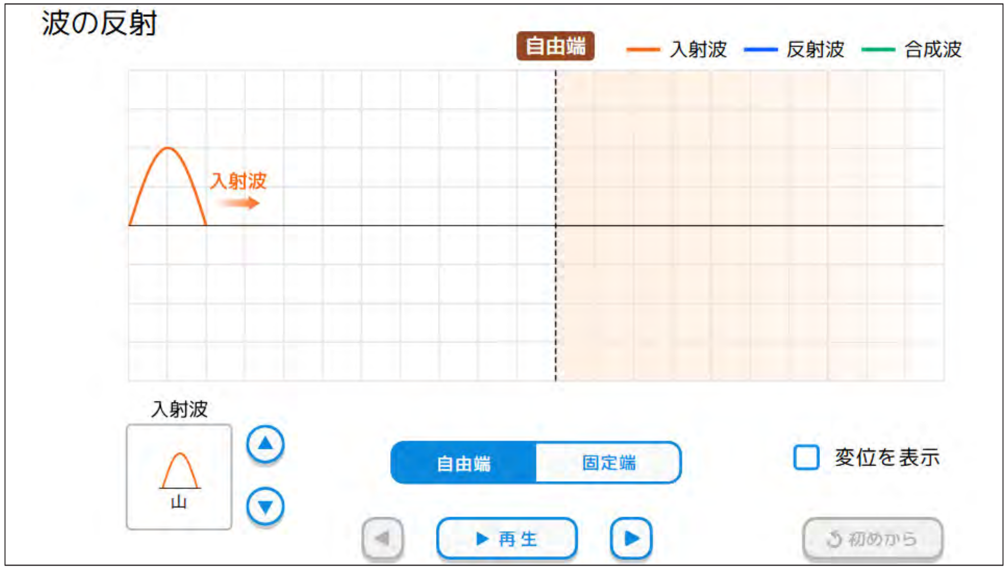
別紙 8-14



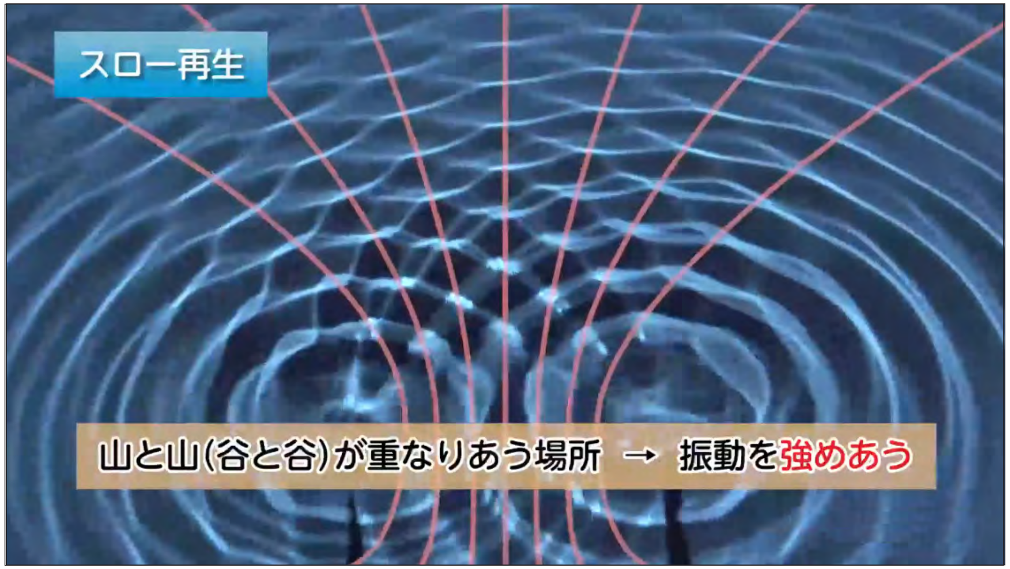
別紙 8-15



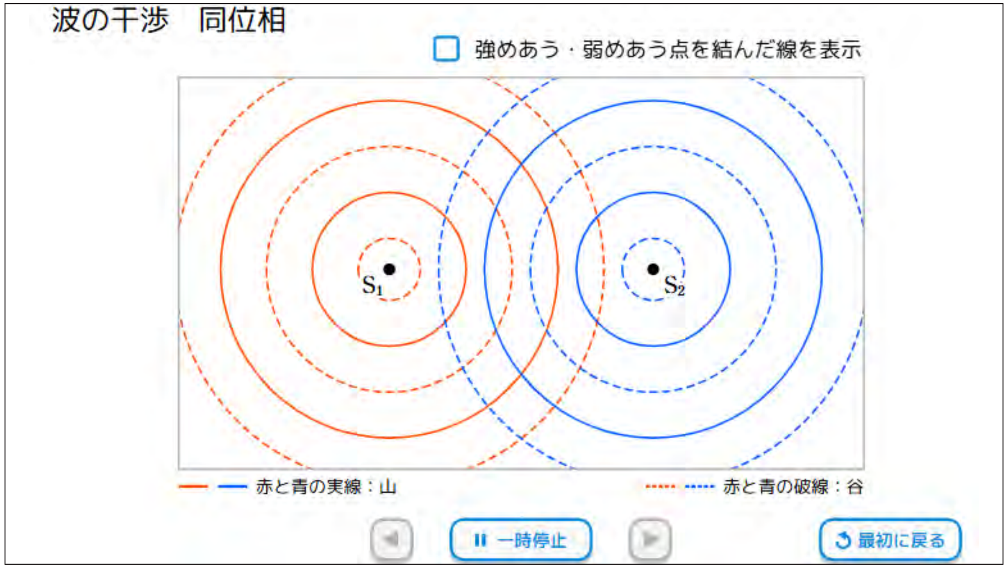
別紙 8-16



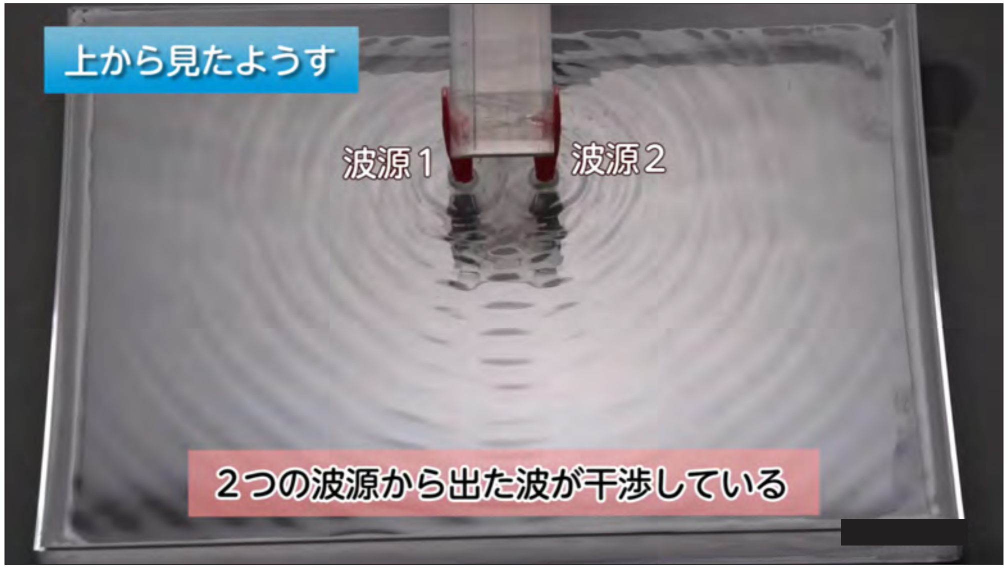
別紙 8-17



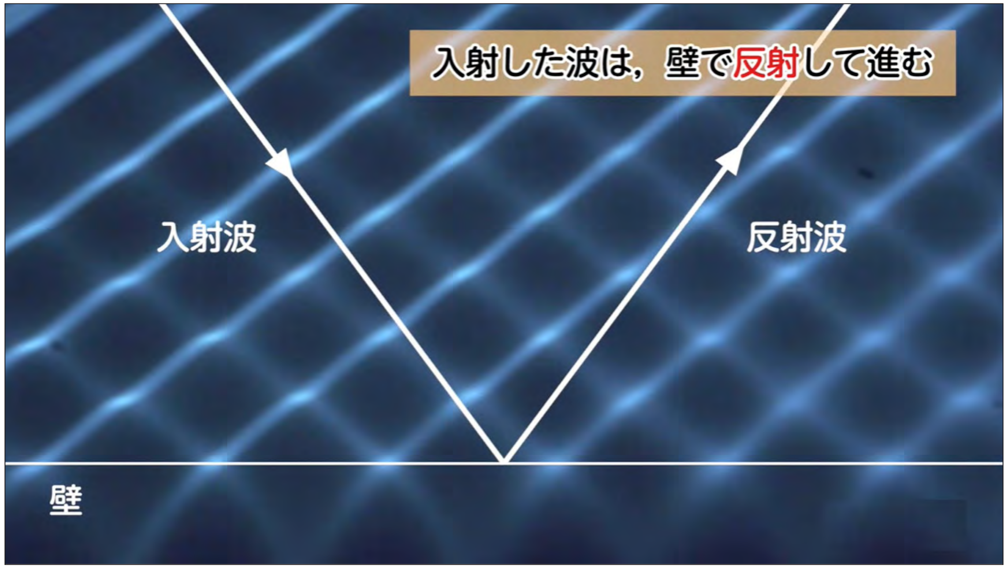
別紙 8-18



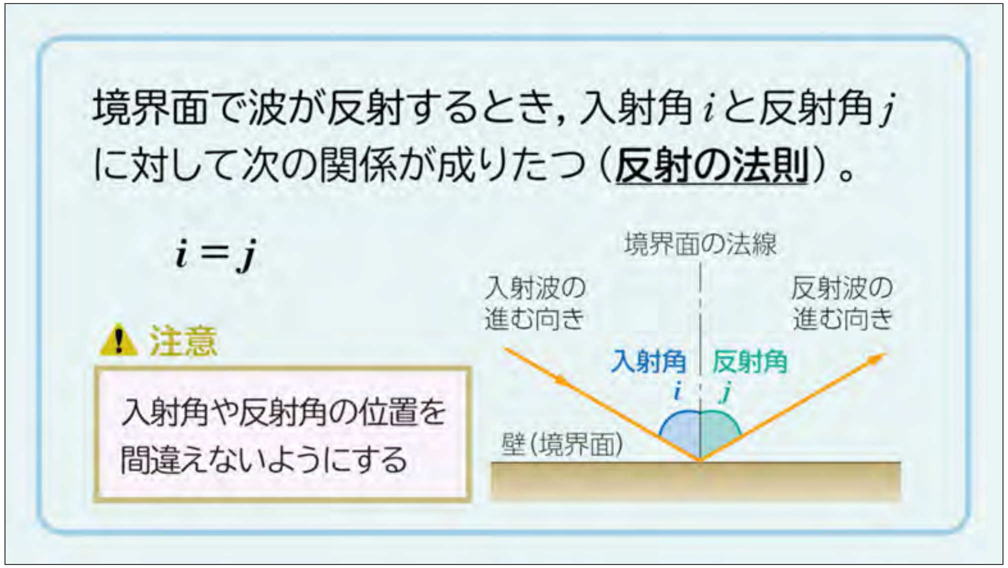
別紙 8-19



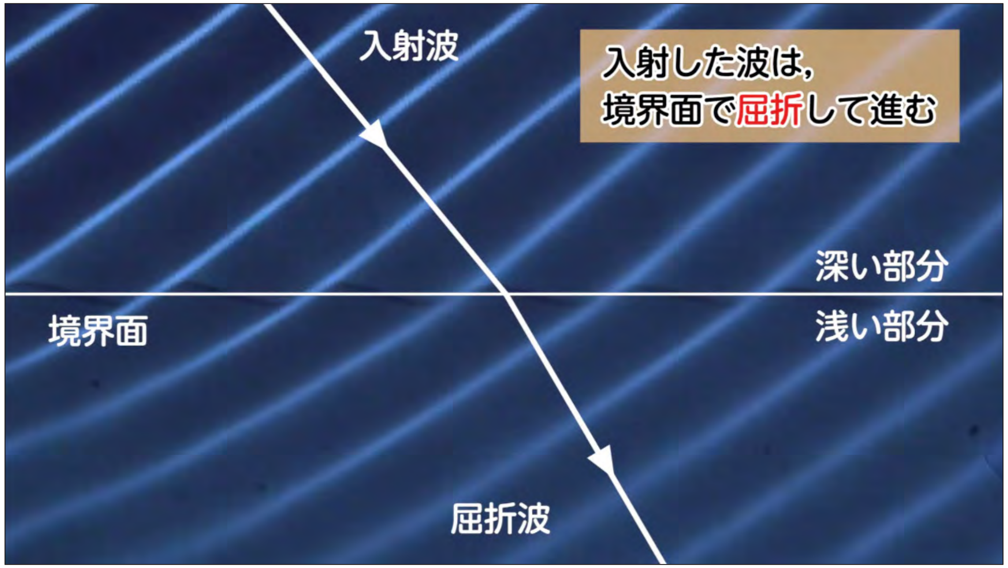
別紙 8-20



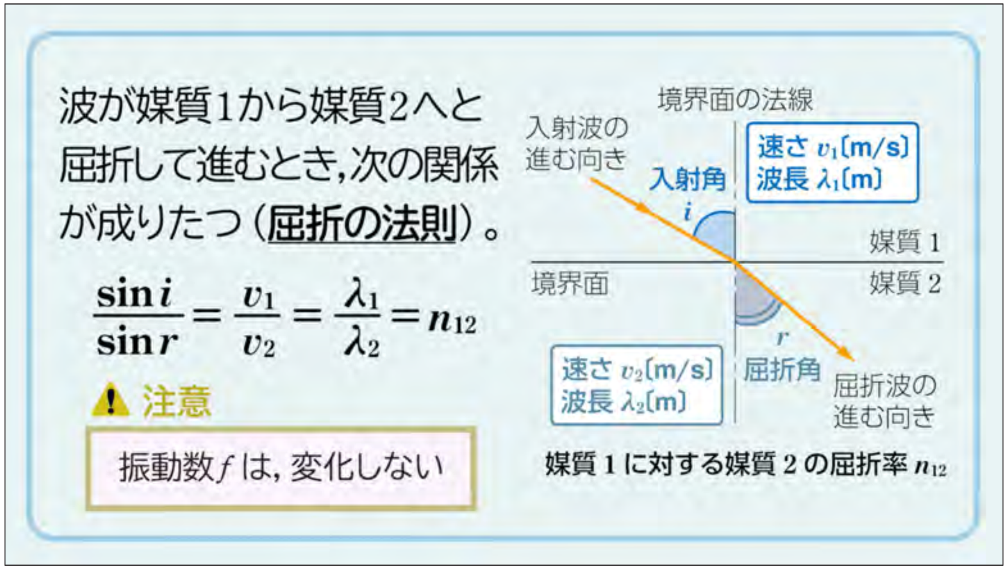
別紙 8-21



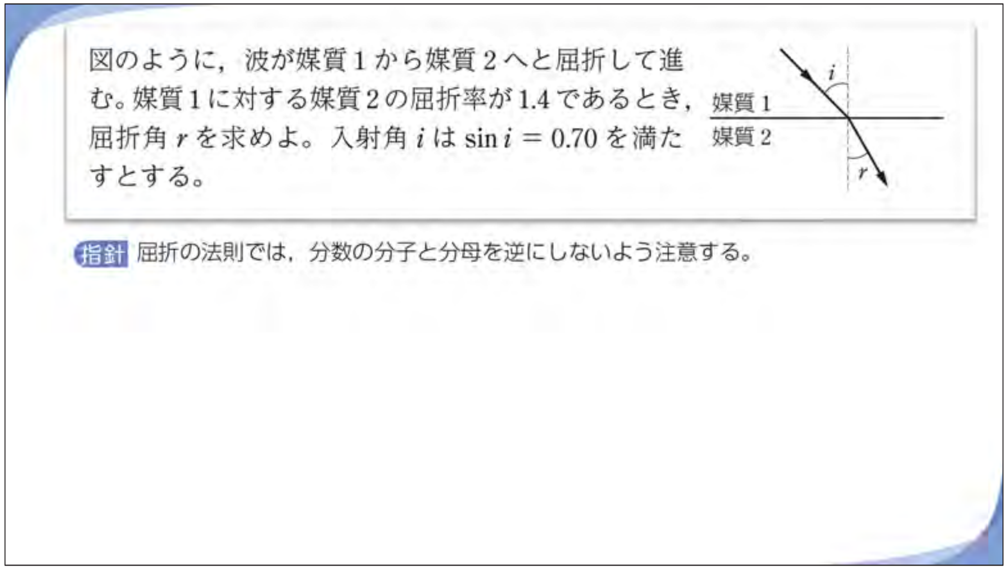
別紙 8-22



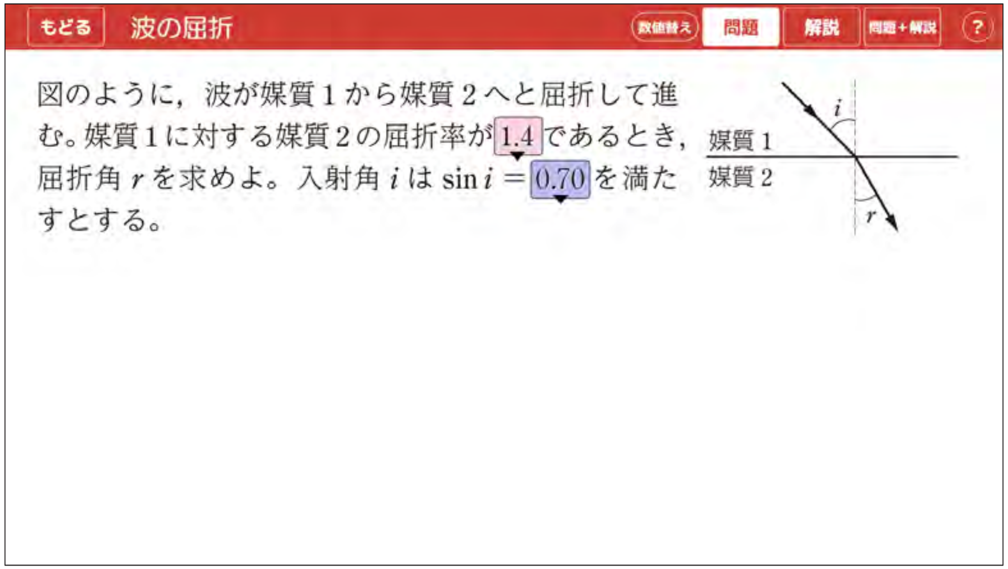
別紙 8-23



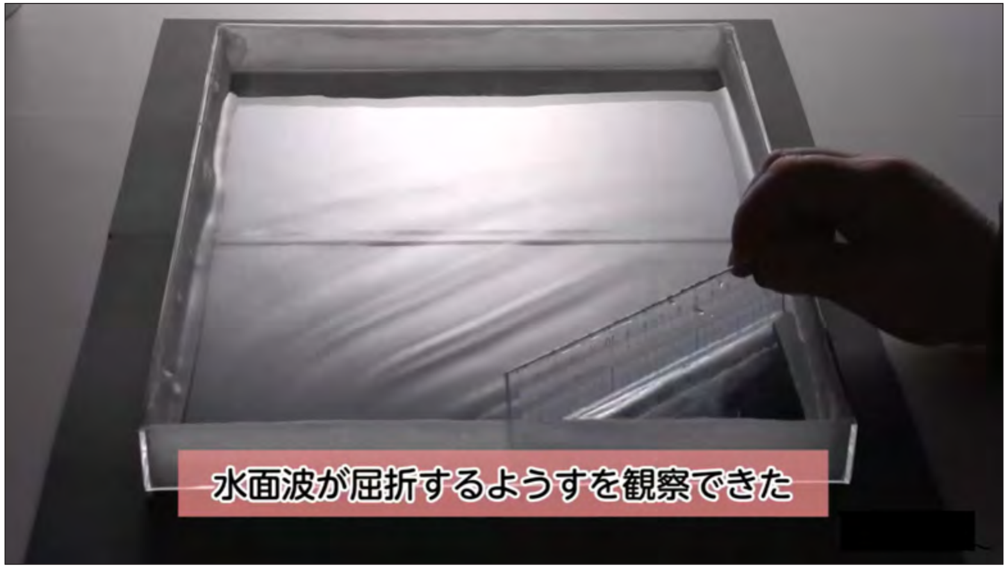
別紙 8-24



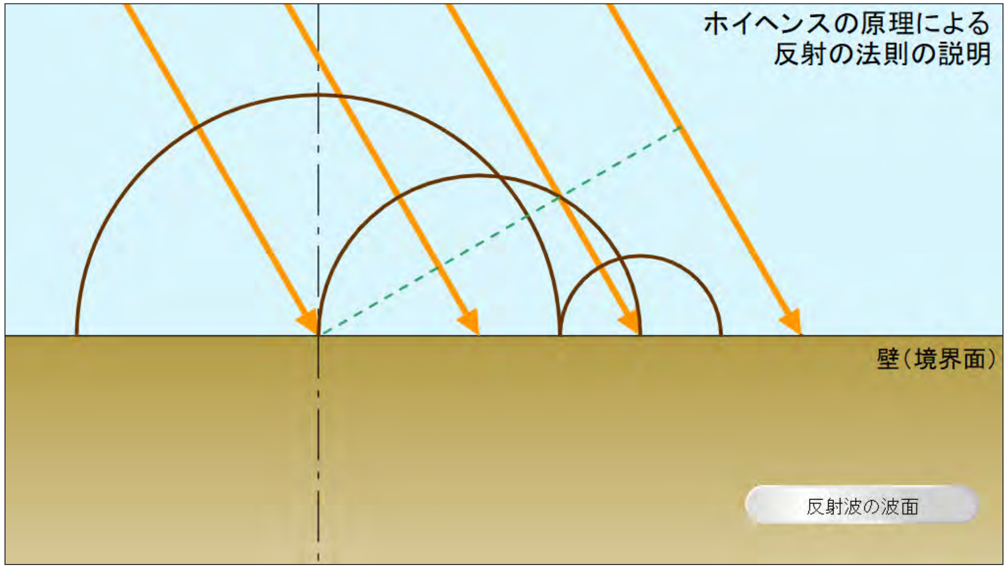
別紙 8-25



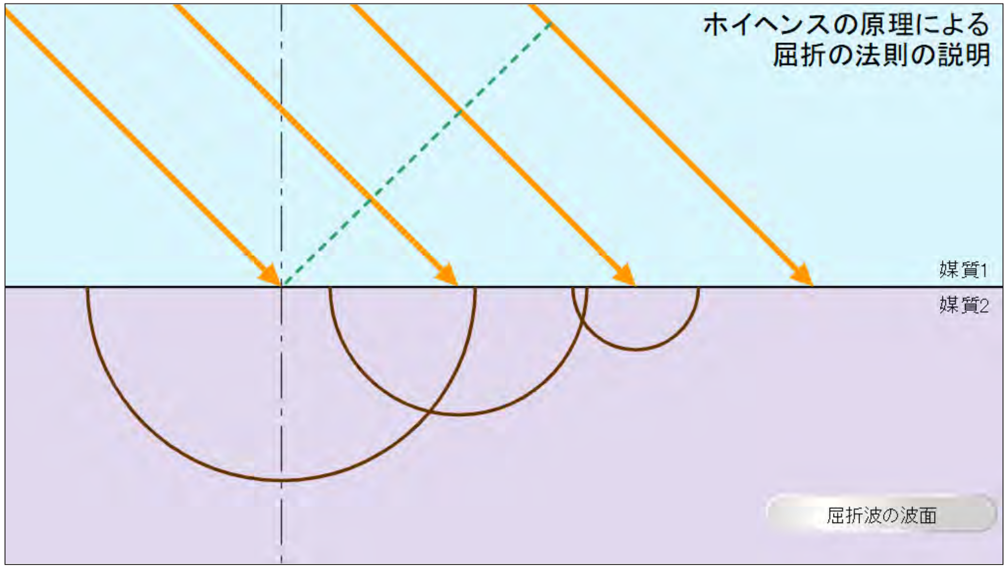
別紙 8-26



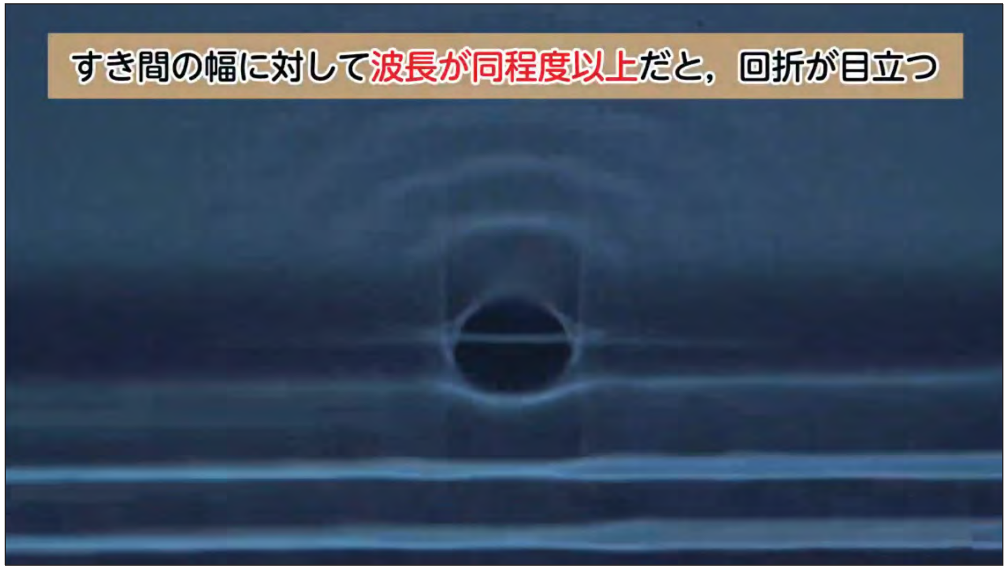
別紙 8-27



別紙 8-28

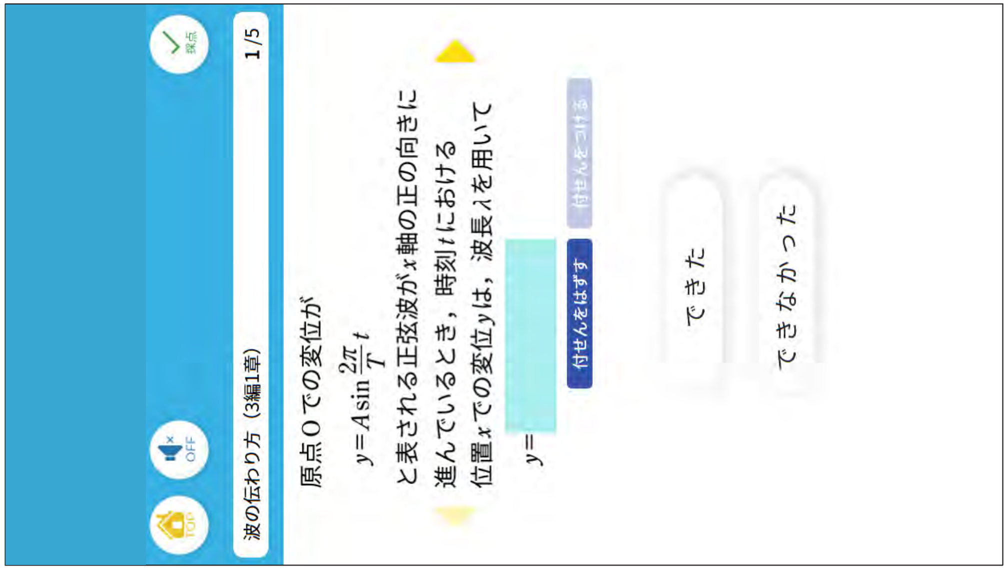


別紙 8-29



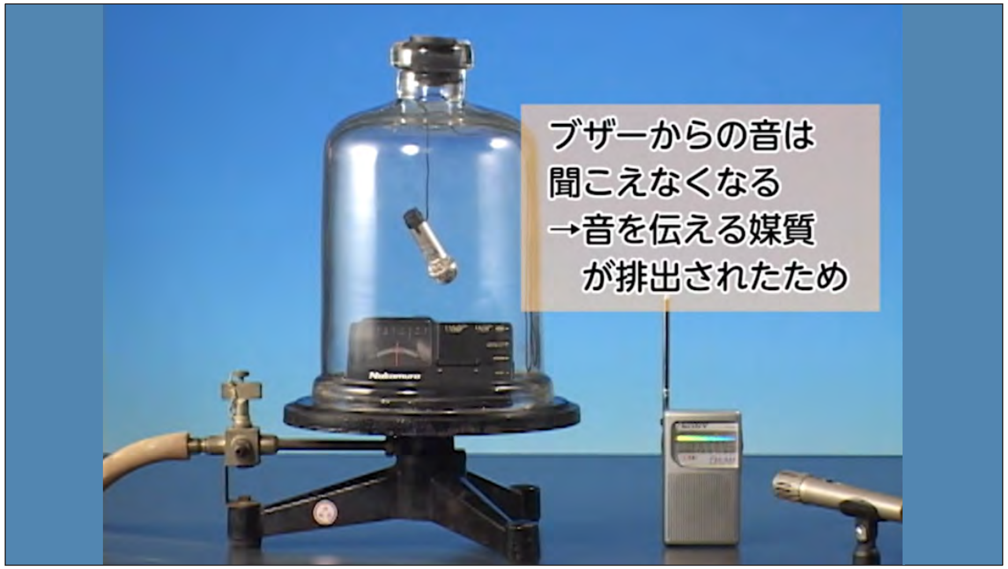
別紙 8-30

別紙 8-31



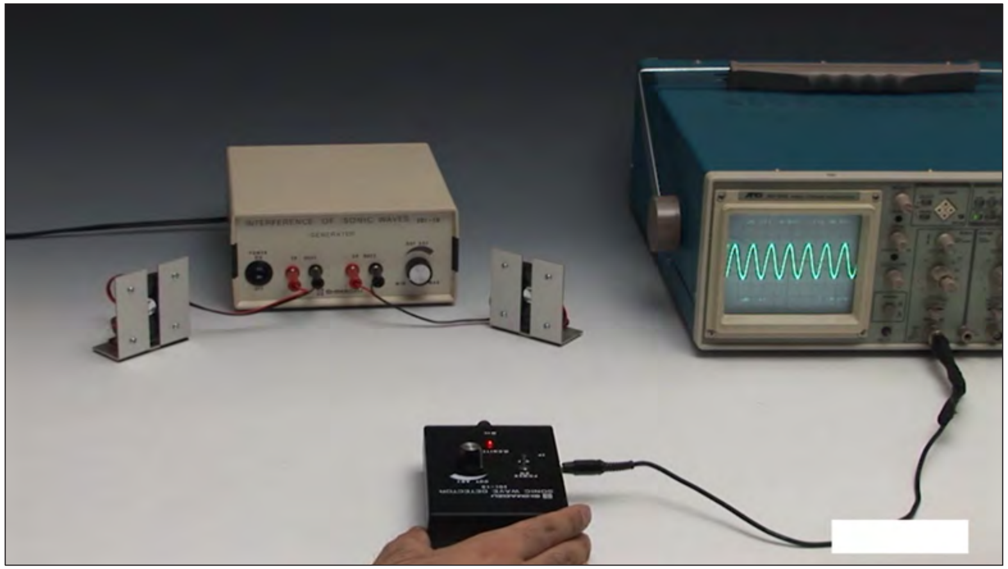
別紙 9-1

別紙 9-2



別紙 9-3

別紙 9-4

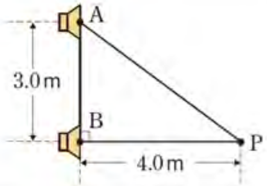


別紙 9-5

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

(1) 音の波長 λ[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。

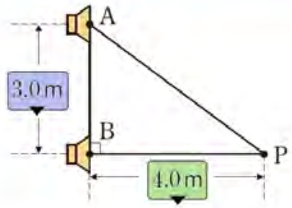
別紙 9-6

もどる 音の干渉 数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

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

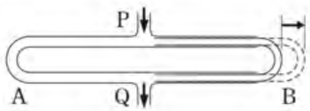
(1) 音の波長 λ[m]を求めよ。

(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 m 引き出したときに初めて最小になった。音の波長 λ[m]を求めよ。

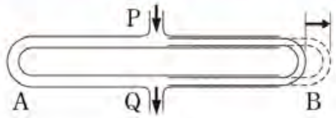


指針 音が最小になるのは，経路の差が半波長となる位置であることをふまえて考える。

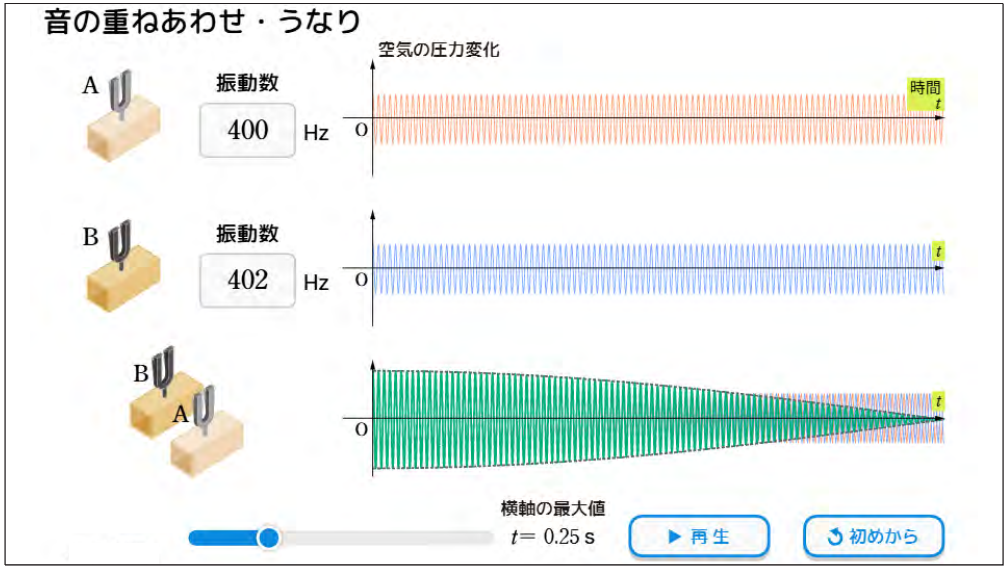
別紙 9-8

もどる 音の干渉 数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

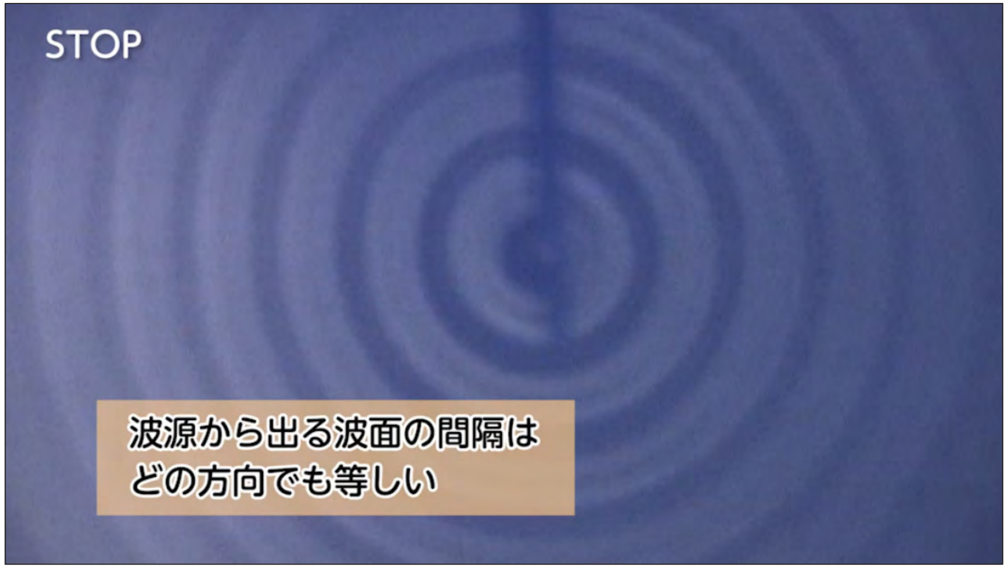
図のように，点 P から音を入れ，左右2つの経路(PAQ と PBQ)を通った音を干渉させて点 Q で音を聞く装置(クインケ管という)がある。初めは管 B を完全に入れた状態であり，このとき2つの経路の長さは等しい。点 P から一定の振動数の音を入れながら，管 B を徐々に引き出したところ，音が小さくなっていき，0.10 m 引き出したときに初めて最小になった。音の波長 λ[m]を求めよ。



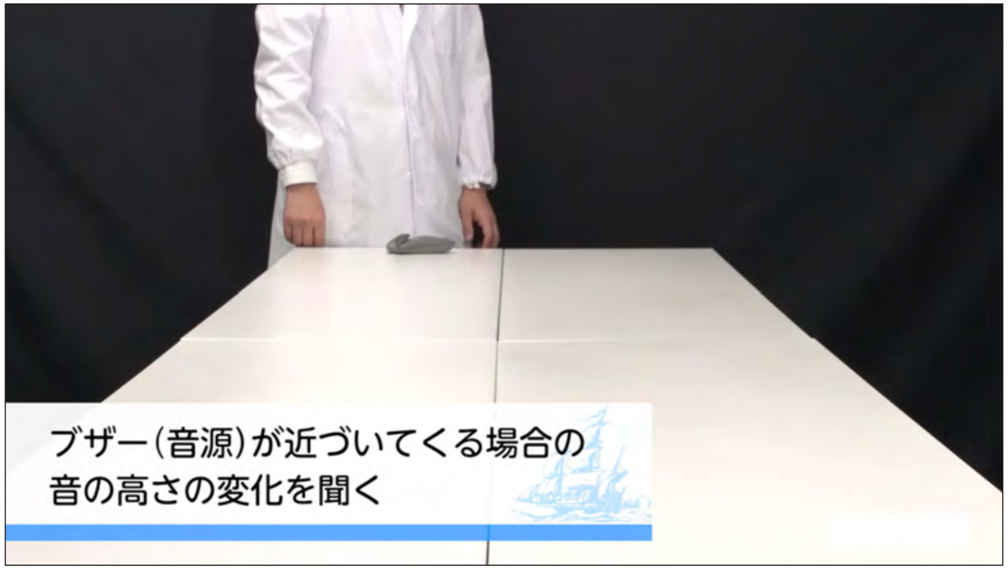
別紙 9-9



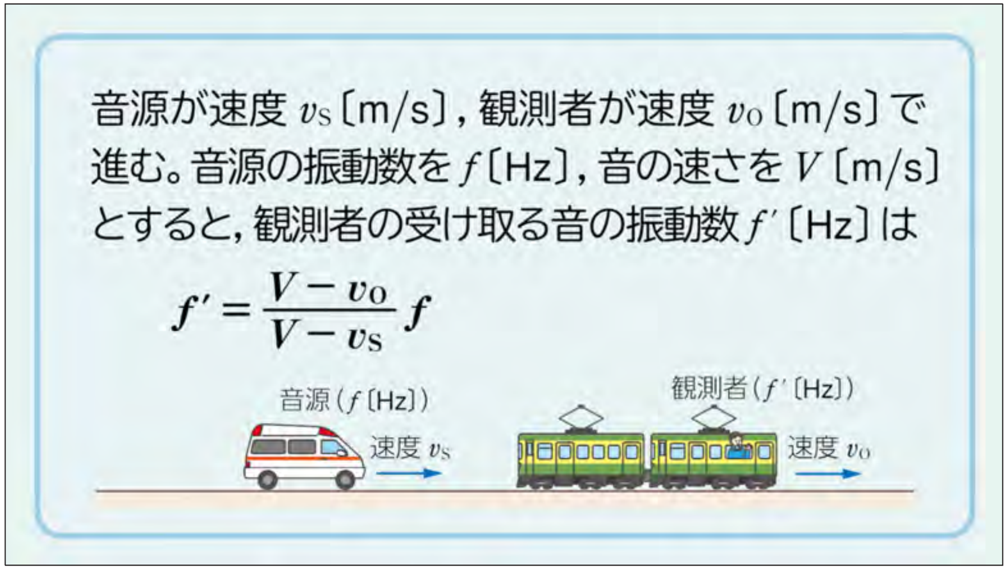
別紙 9-10



別紙 9-11



別紙 9-12



別紙 9-13

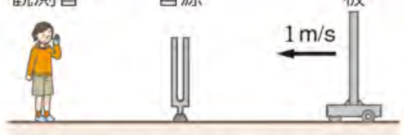
図のように，観測者，音源，板が一直線上に並んでいる。板は 1m/s の速さで音源に近づいている。このとき，音源から直接伝わる音と板で反射した音によって，観測者が聞く 1 秒間のうなりの回数 N を求めよ。音源の振動数を $f=678\,\mathrm{Hz}$，音の速さを $V=340\,\mathrm{m/s}$ とする。

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

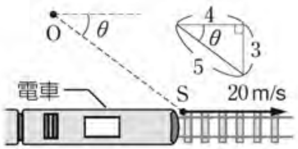
もどる　反射板がある場合のドップラー効果　数値替え　問題　解説　問題＋解説　?

図のように，観測者，音源，板が一直線上に並んでいる。板は 1m/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 $f=678\,\mathrm{Hz}$，音の速さを $V=340\,\mathrm{m/s}$ とする。



別紙 9-15

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

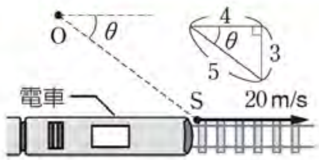


指針 速度の SO 方向の成分を求めて，「$f'=\dfrac{V}{V-v_S}f$」(p.172 (16) 式) に代入する。

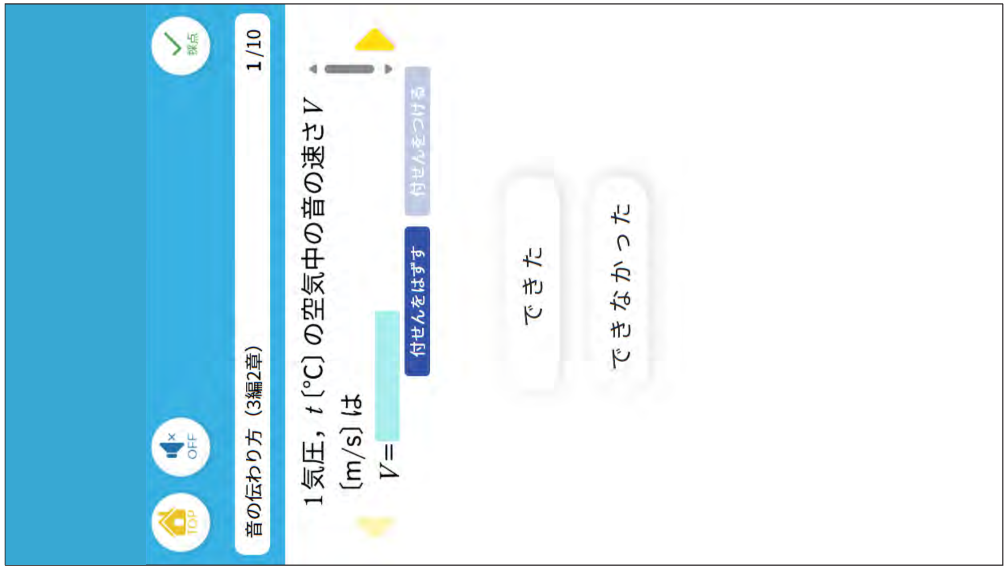
別紙 9-16

もどる　斜め方向のドップラー効果　数値替え　問題　解説　問題＋解説　?

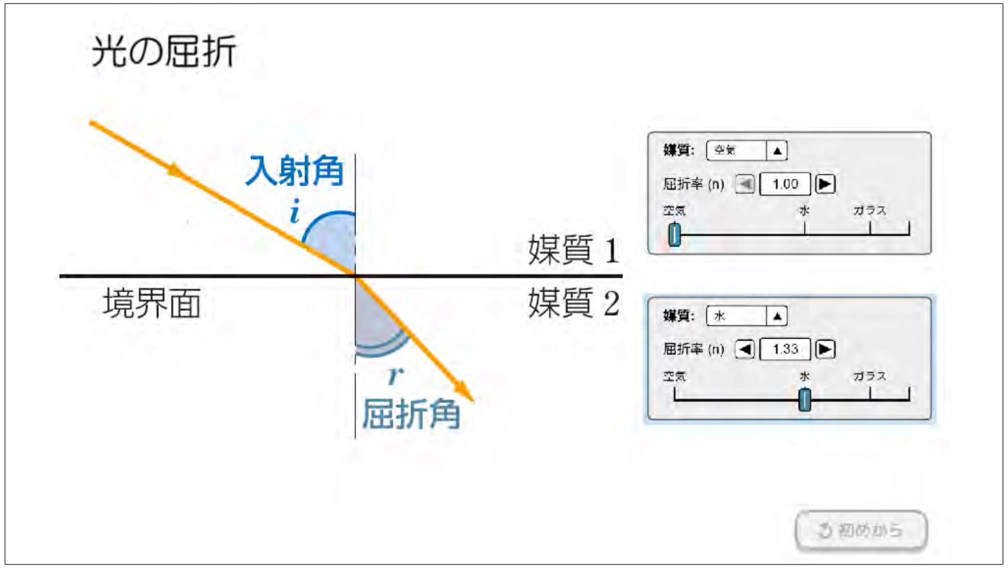
図のように，速さ 20m/s で進む電車の先端が点 S を通過するときに鳴らした警笛を，静止している観測者が点 O で聞くときの振動数 f'〔Hz〕を求めよ。音源の振動数を $f=712\,\mathrm{Hz}$，音の速さを $V=340\,\mathrm{m/s}$ とする。



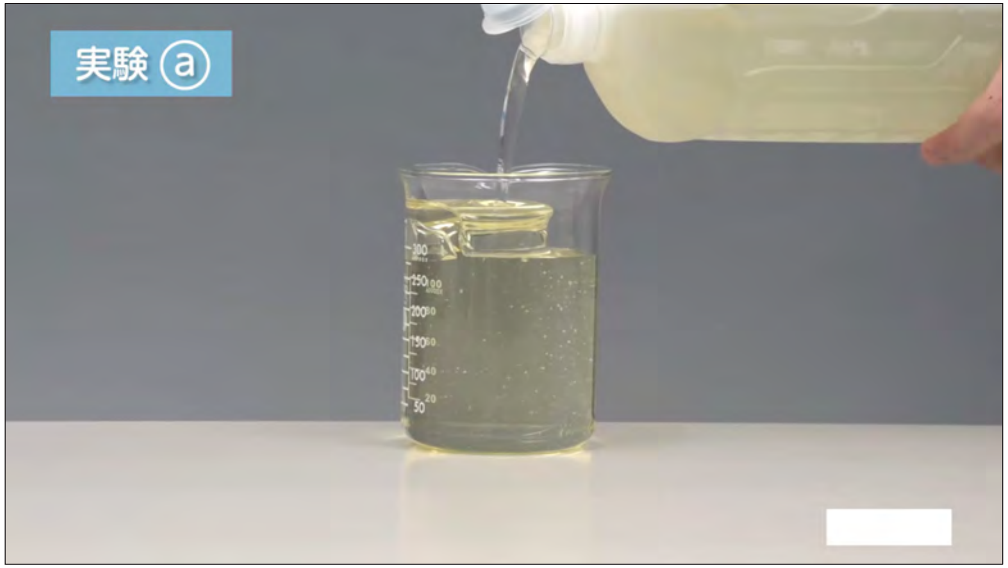
別紙 9-17


採点
1/10
OFF
TOP
音の伝わり方（3編2章）
1気圧，t〔°C〕の空気中の音の速さV
〔m/s〕は
V=
付せんをつける
付せんをはずす
できた
できなかった

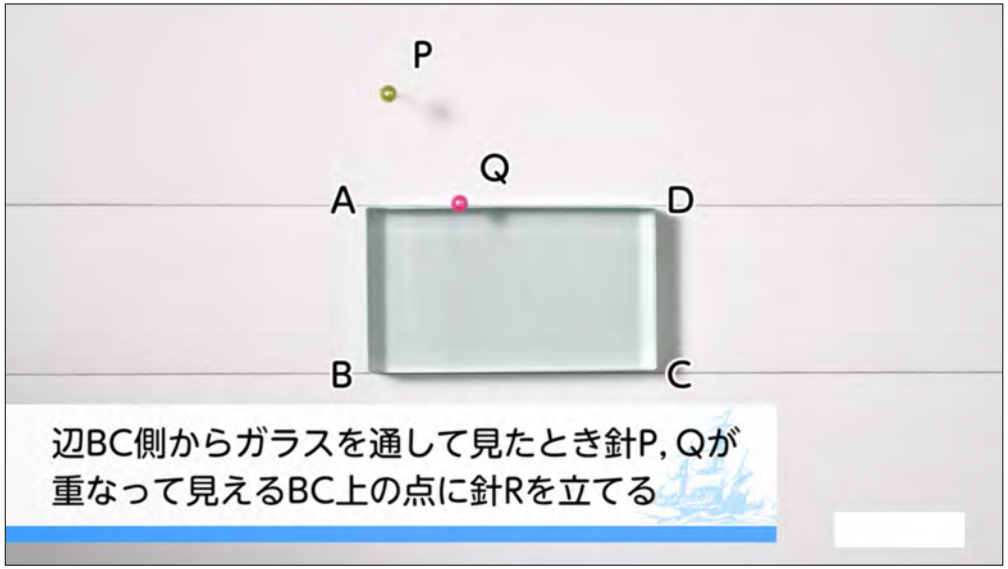
別紙 10-1



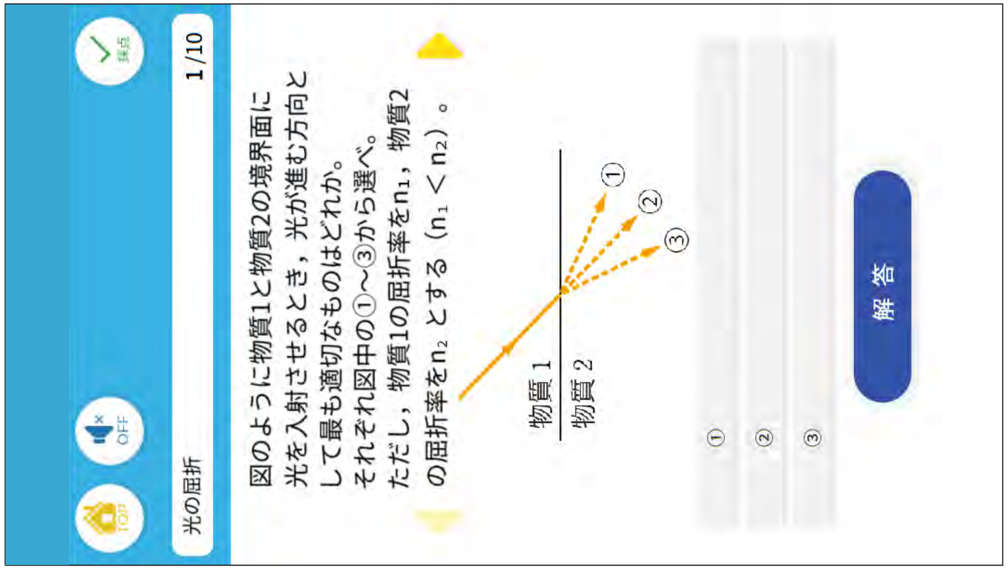
別紙 10-2



別紙 10-3



別紙 10-4

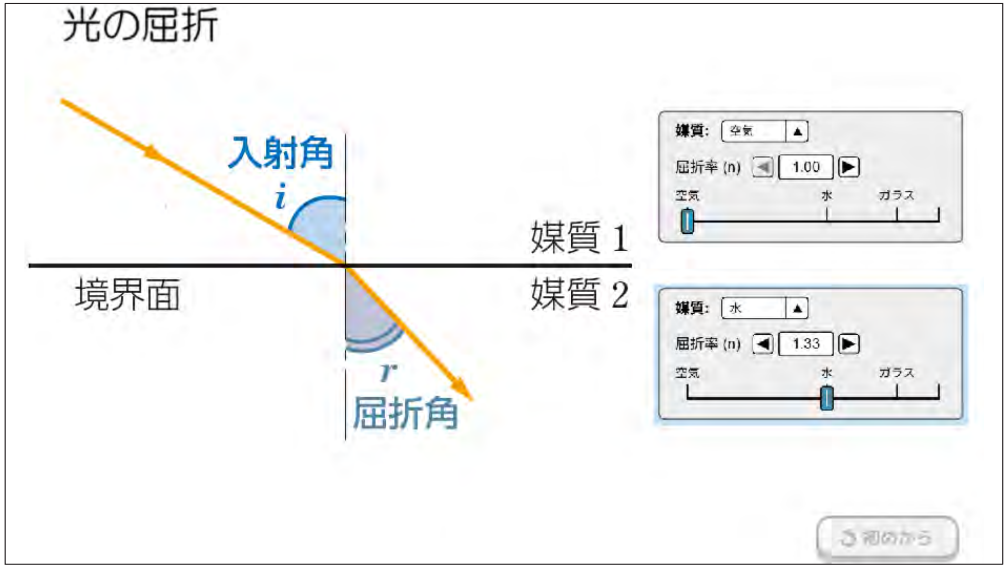


別紙 10-5

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 θ がきわめて小さいとき，$\sin\theta \fallingdotseq \tan\theta$ が成りたつとする。

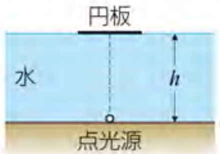
指針 点 P から出た光は，水面で屈折して空気中に進む。このとき，観測者の目に届く光は，屈折光線の延長線上の点 P′ から出たように見える。

別紙 10-6



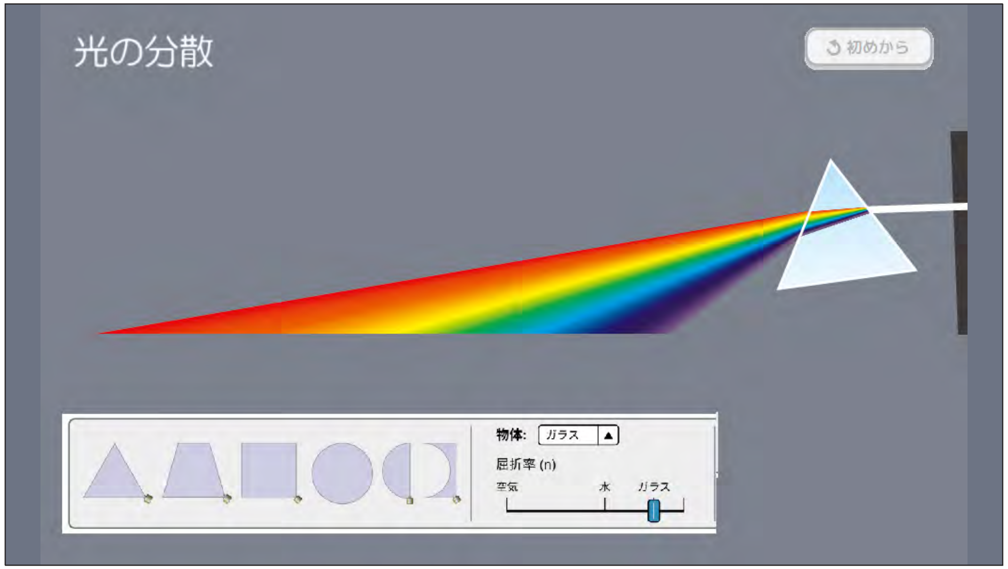
別紙 10-7

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。

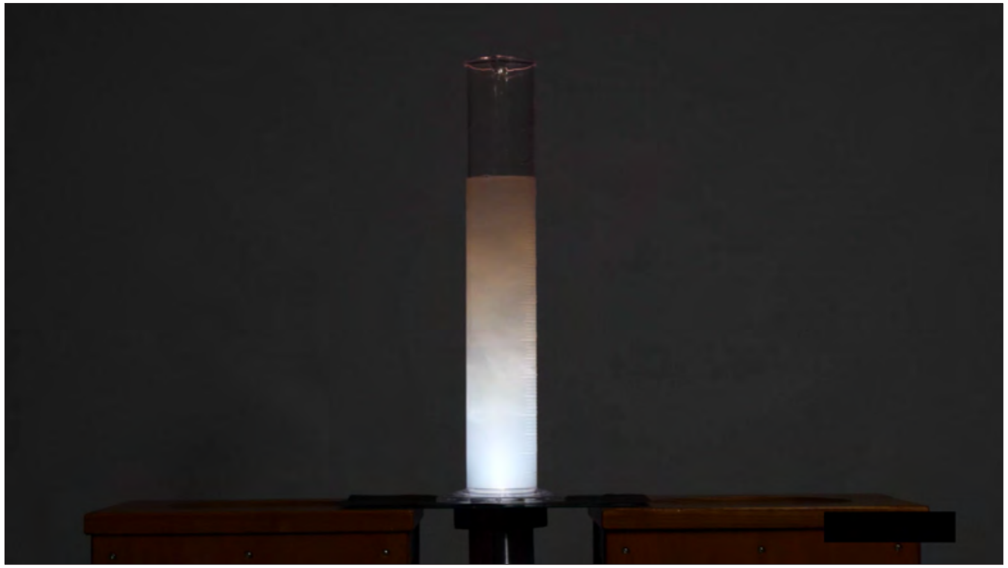


指針 円板の外側では，点光源から出た光が全反射するようにすればよい。

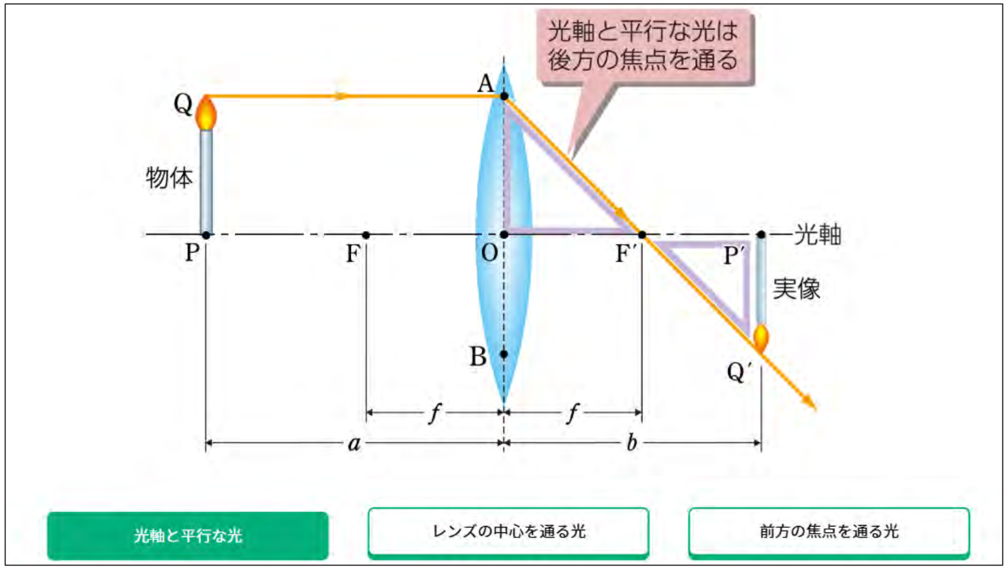
別紙 10-8



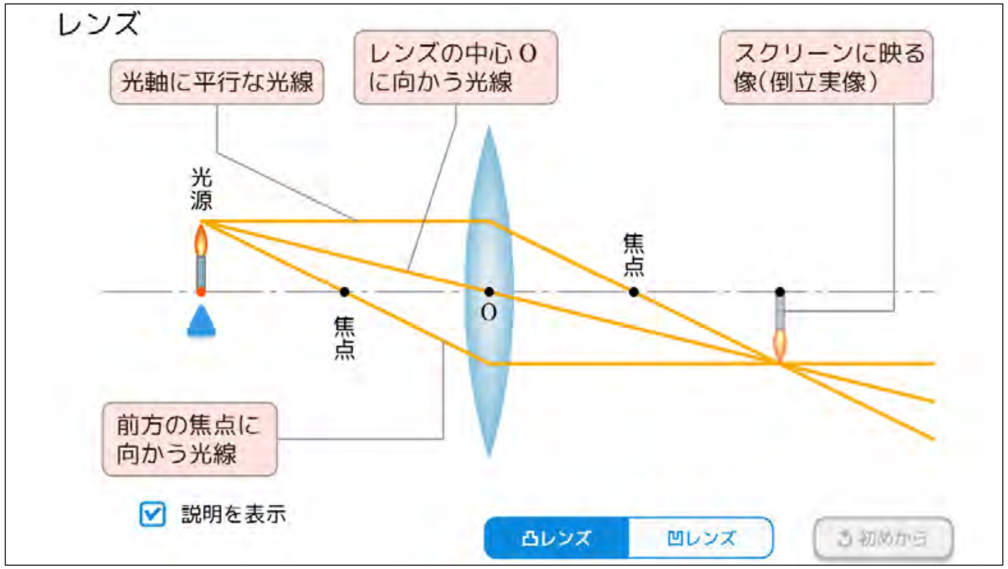
別紙 10-9



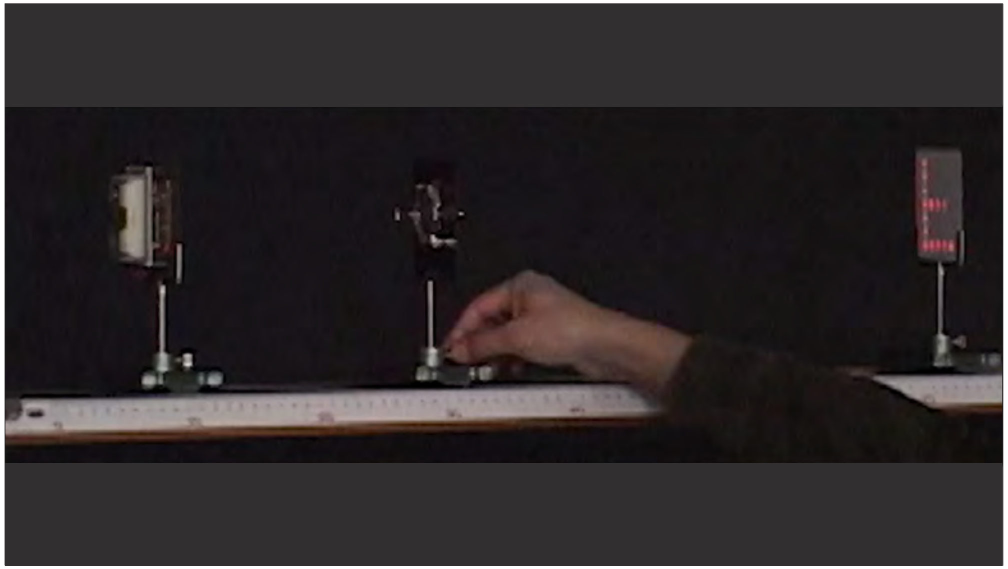
別紙 10-10



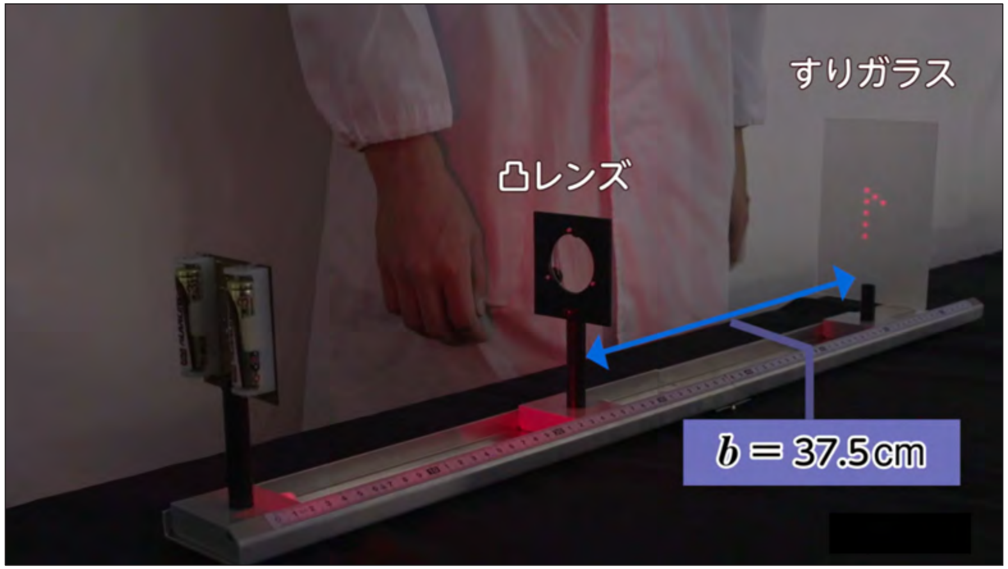
別紙 10-11



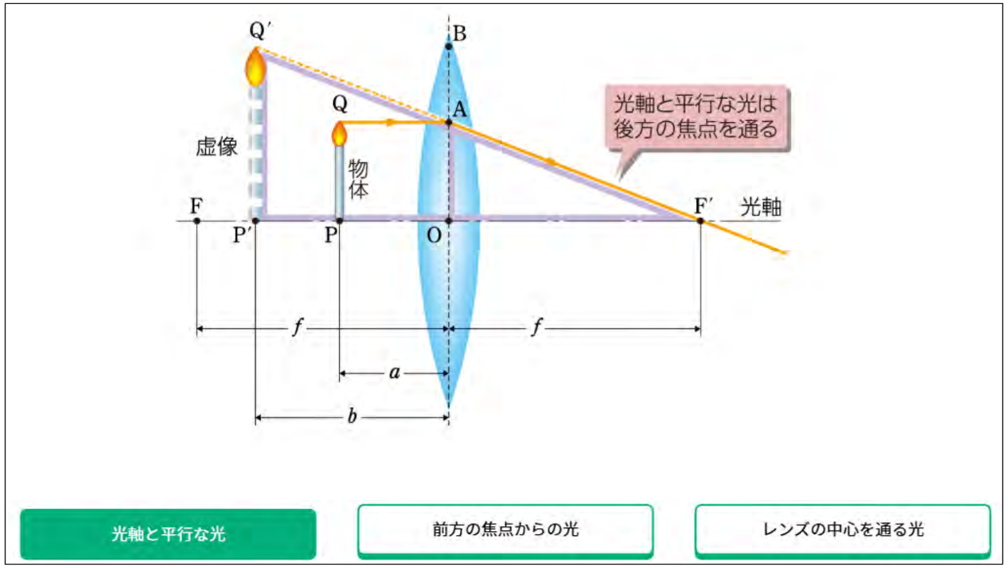
別紙 10-12



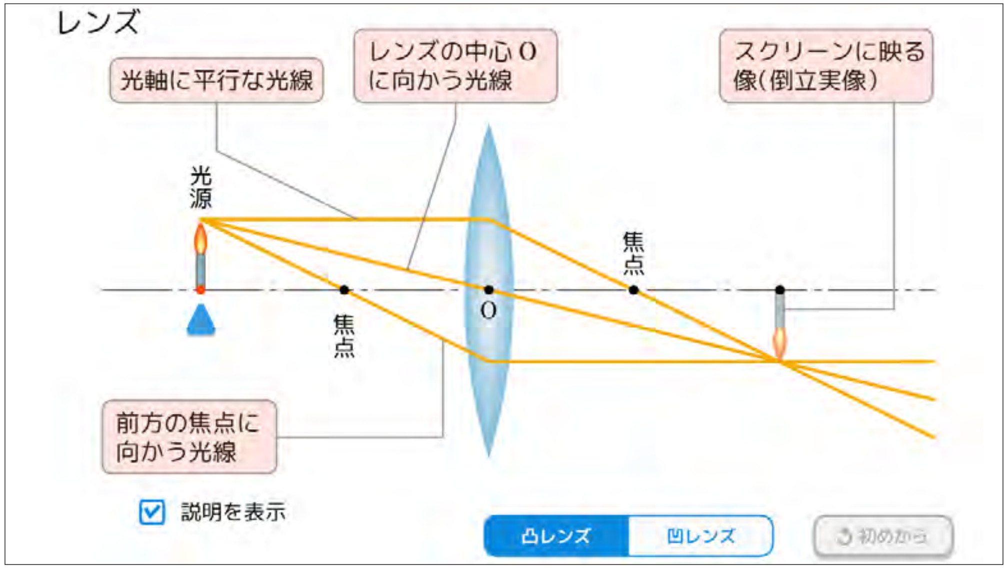
別紙 10-13



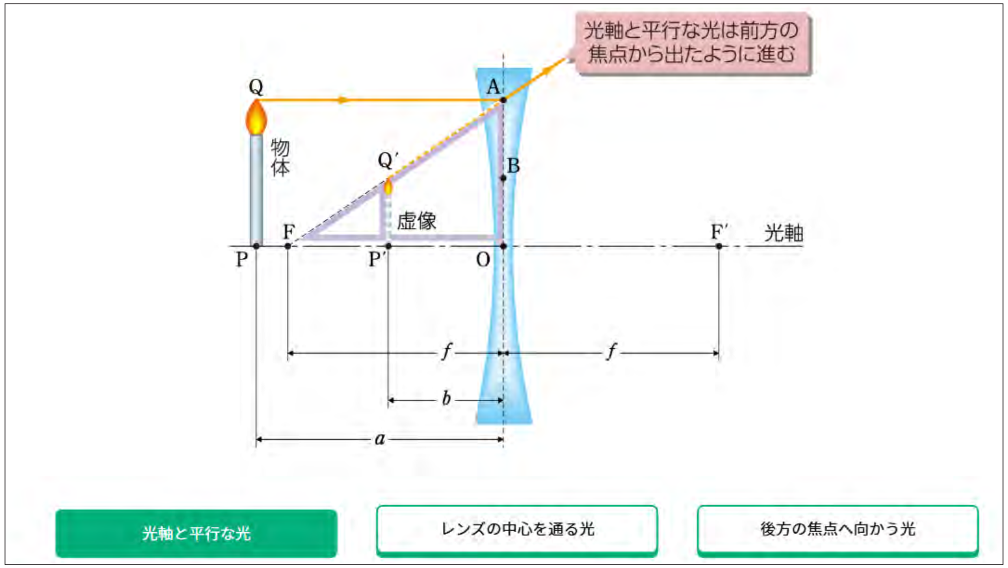
別紙 10-14



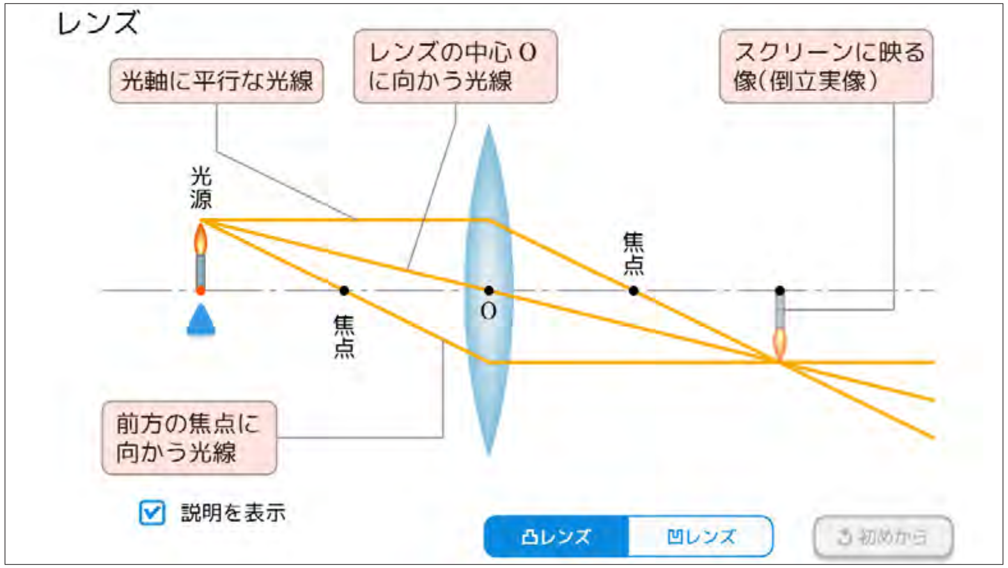
別紙 10-15



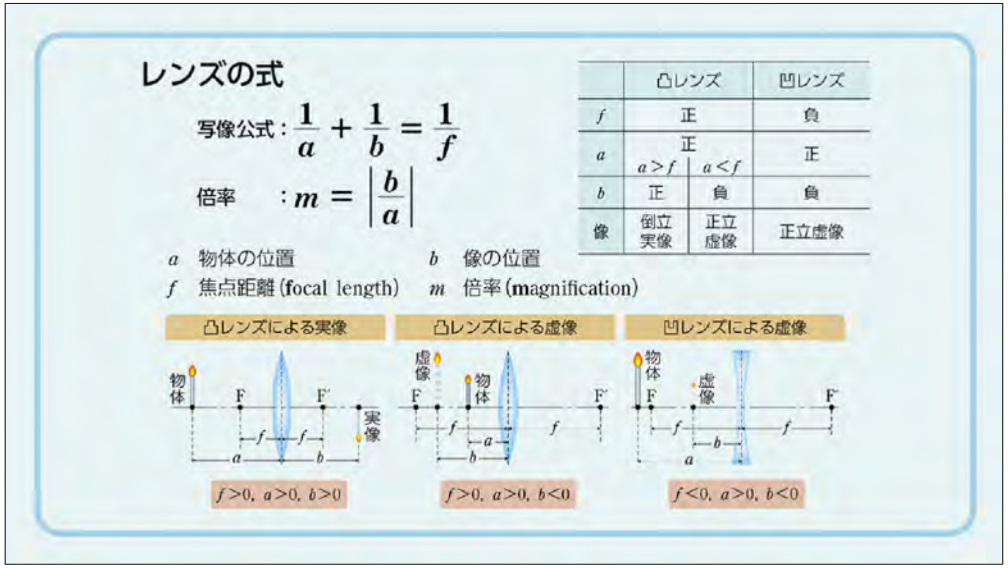
別紙 10-16



別紙 10-17



別紙 10-18



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。

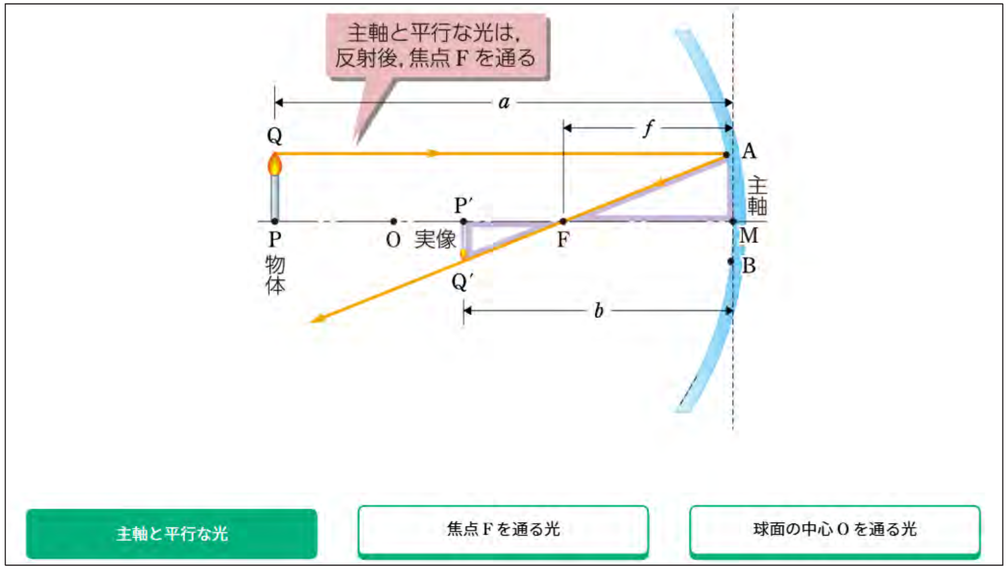
指針 写像公式「$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$」に，$f=8.0$cm，$a=10.0$cm を代入して，$b$〔cm〕を求める。

別紙 10-20

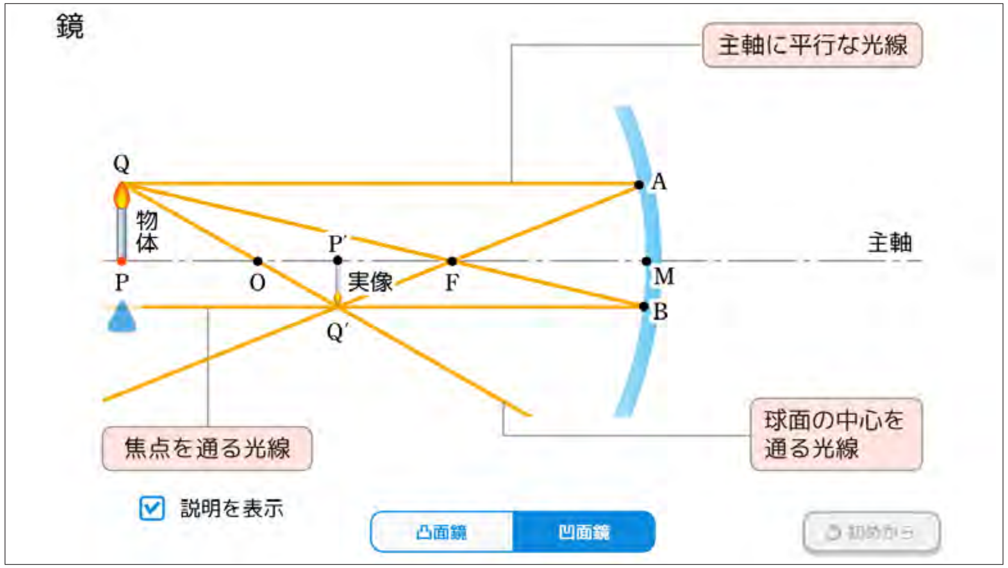
もどる　レンズによる像　数値替え　問題　解説　問題+解説　?

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。

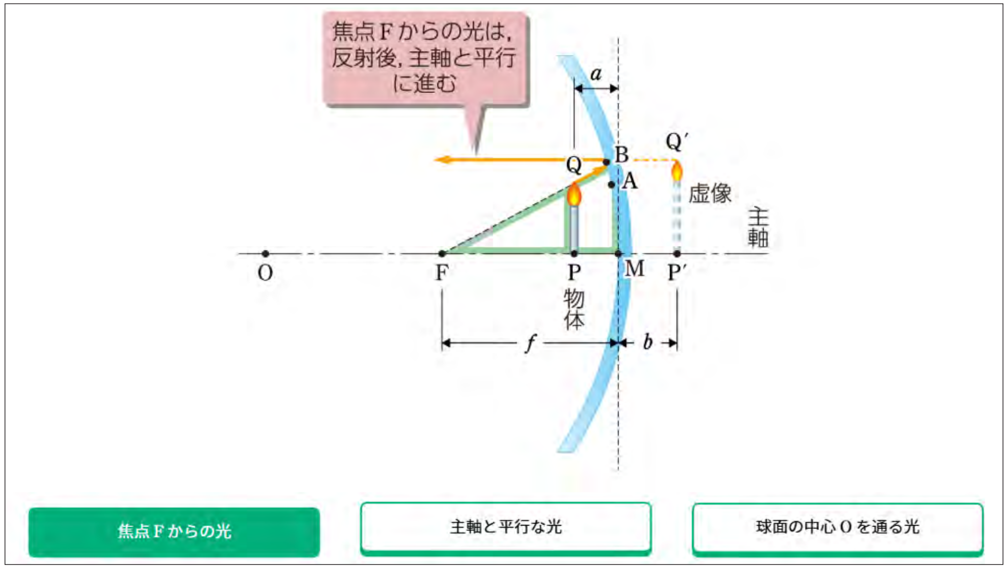
別紙 10-21



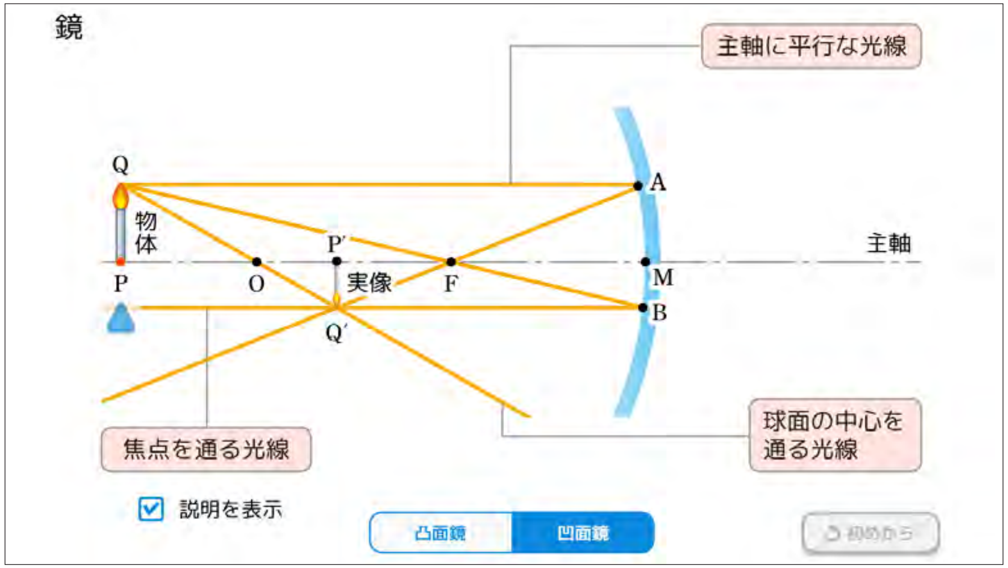
別紙 10-22



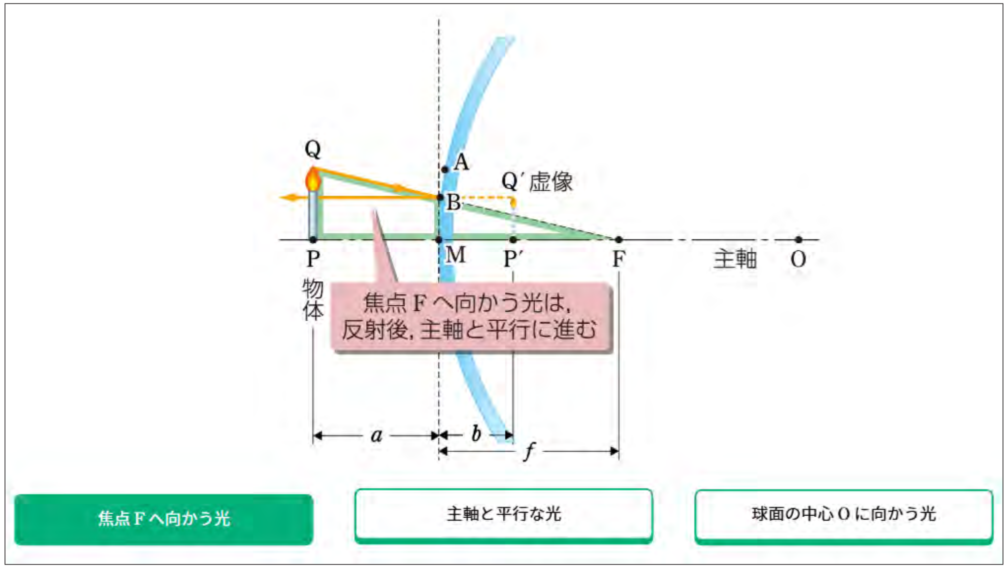
別紙 10-23



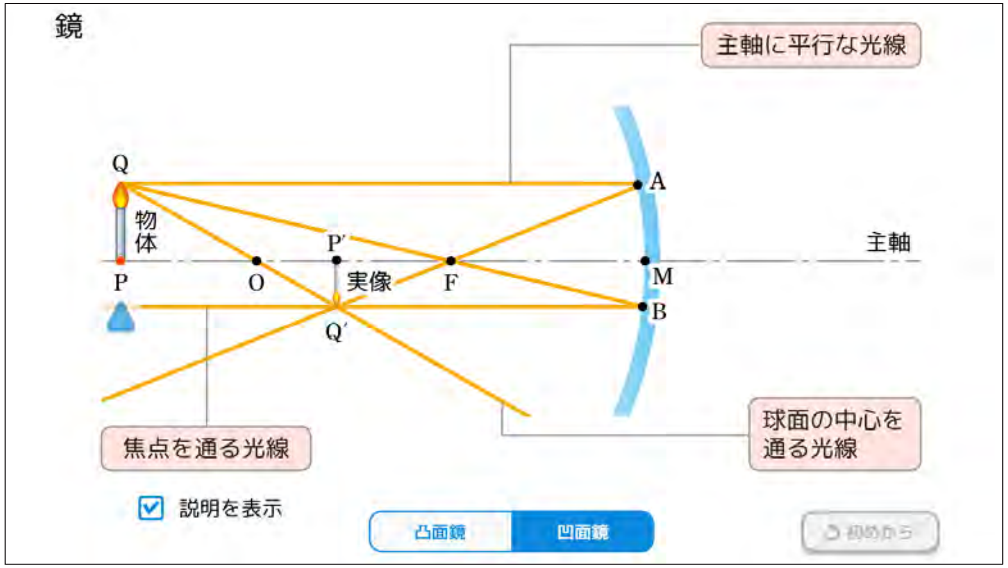
別紙 10-24



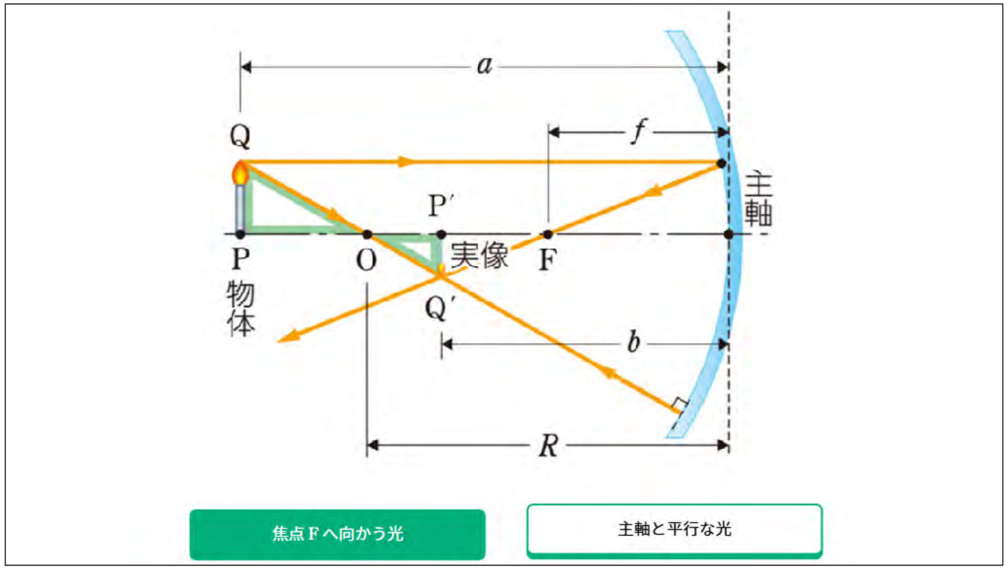
別紙 10-25



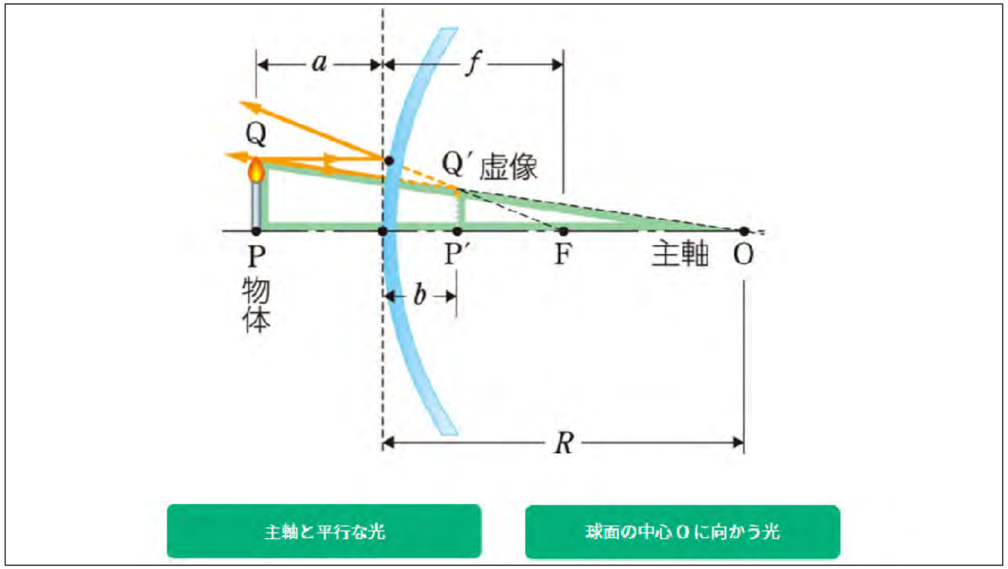
別紙 10-26



別紙 10-27



別紙 10-28



別紙 10-29

球面鏡の式

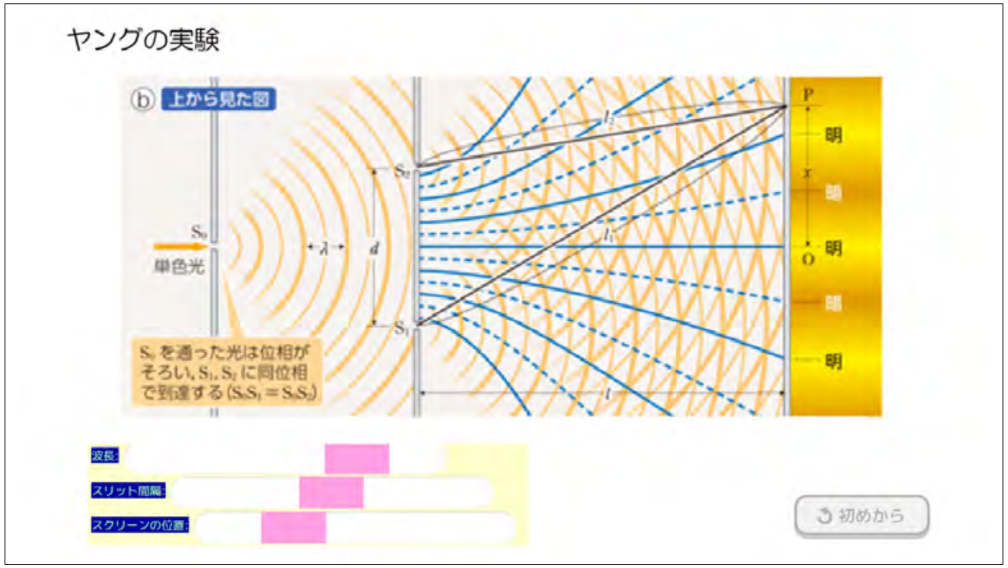
写像公式：$\dfrac{1}{a}+\dfrac{1}{b}=\dfrac{1}{f}$

倍率　：$m=\left|\dfrac{b}{a}\right|$

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

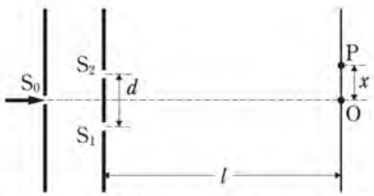
a　物体の位置
b　像の位置
f　焦点距離 (focal length)
m　倍率 (magnification)

別紙 10-30



別紙 10-31

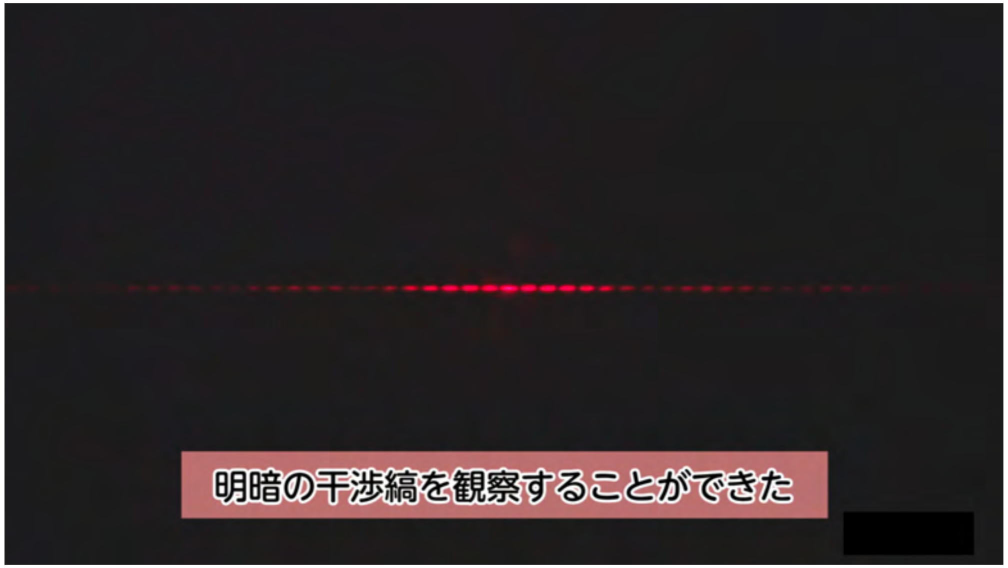
図のように，スリット S_0 と複スリット S_1，S_2 に波長 λ[m] の単色光を通すと，スクリーン上に明暗の縞ができた。S_1 と S_2 は間隔が d[m] で，S_0 から等距離にある。複スリットとスクリーンの距離を l[m]，スクリーンの中央 O ($S_1O=S_2O$) から距離 x[m] の位置にある点を P とすると，S_1P と S_2P の距離の差は $\dfrac{d}{l}x$ とみなせる。



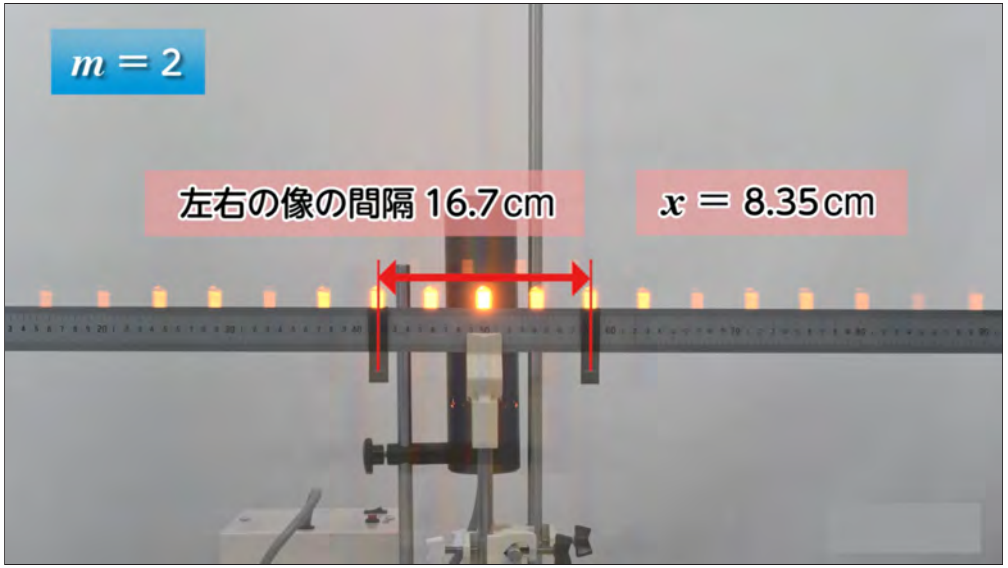
(1) 隣りあう暗線の間隔 Δx[m] を求めよ。
(2) l を大きくすると，暗線の間隔は小さくなるか，大きくなるか。
(3) d を小さくすると，暗線の間隔は小さくなるか，大きくなるか。

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 $\Delta x=x'-x$

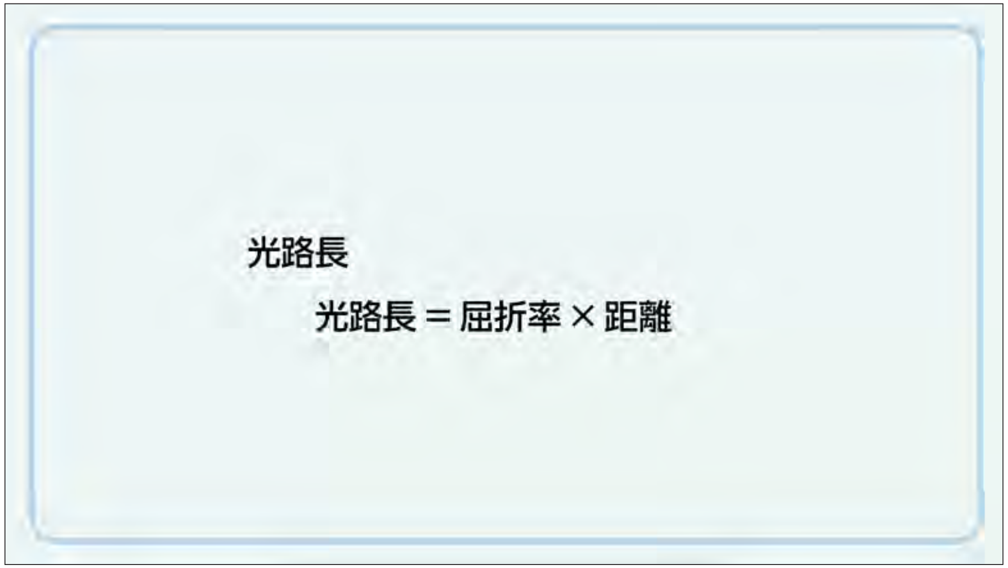
別紙 10-32



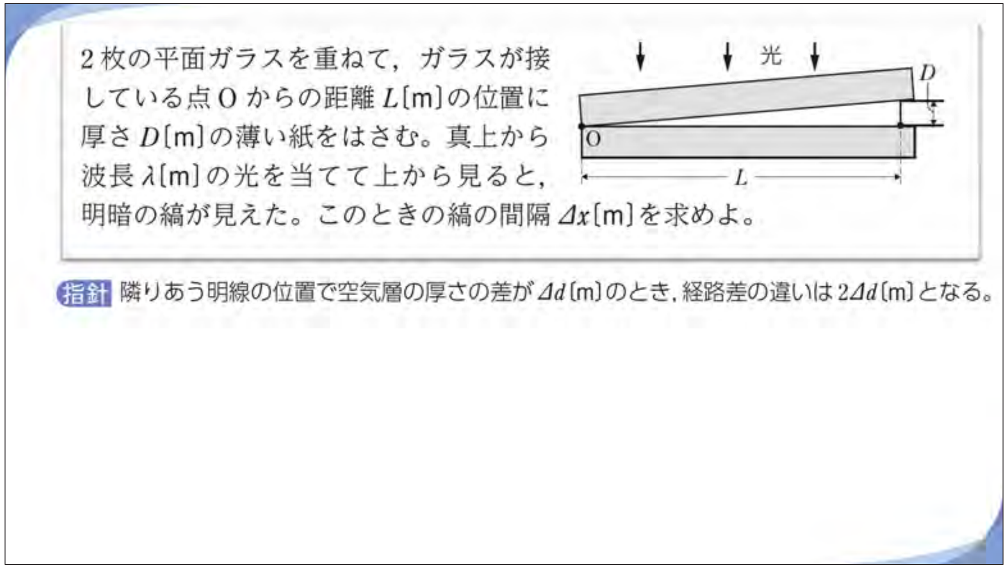
別紙 10-33



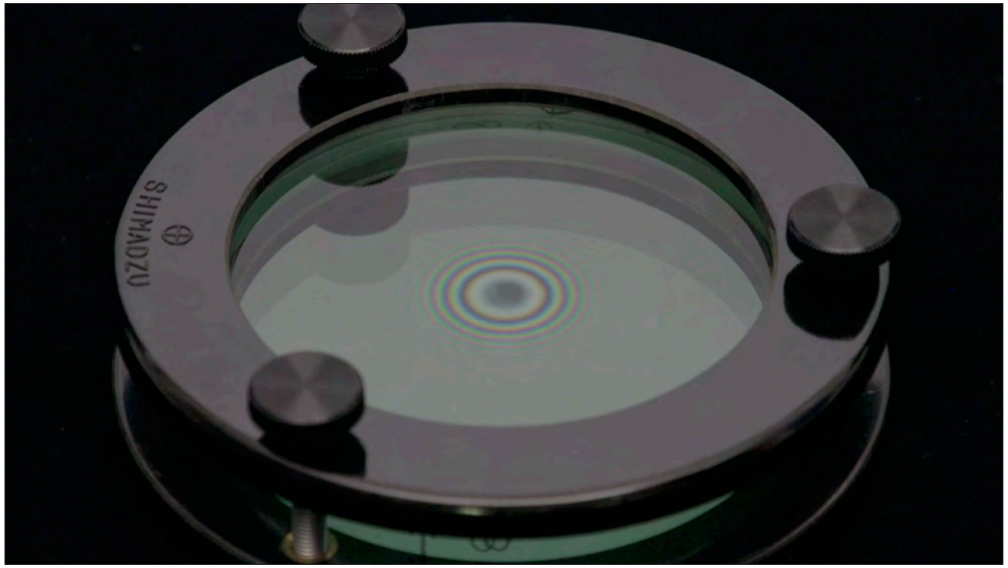
別紙 10-34



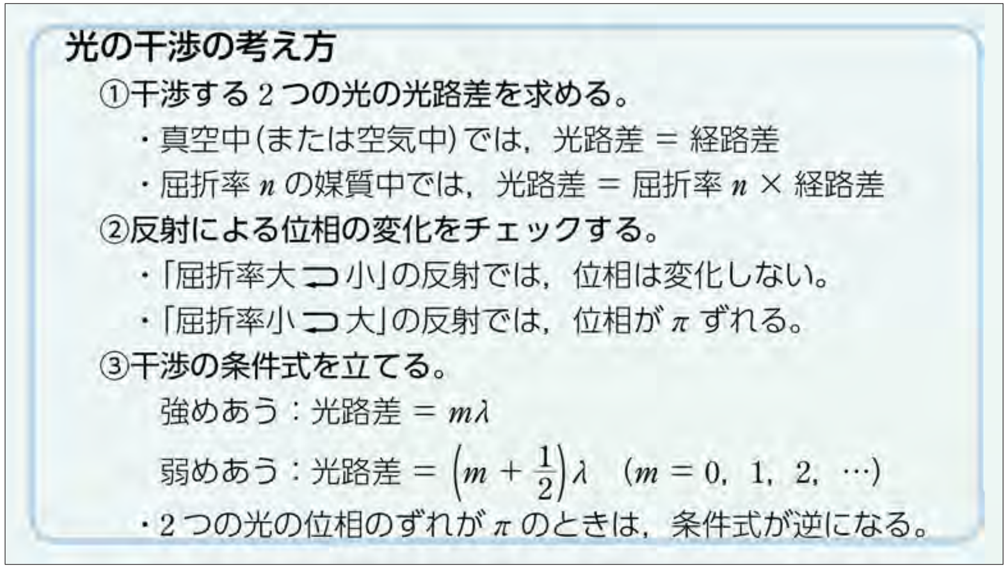
別紙 10-35



別紙 10-36



別紙 10-37



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 × 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 ⊃ 小」の反射では，位相は変化しない。
- 「屈折率小 ⊃ 大」の反射では，位相が π ずれる。

③干渉の条件式を立てる。

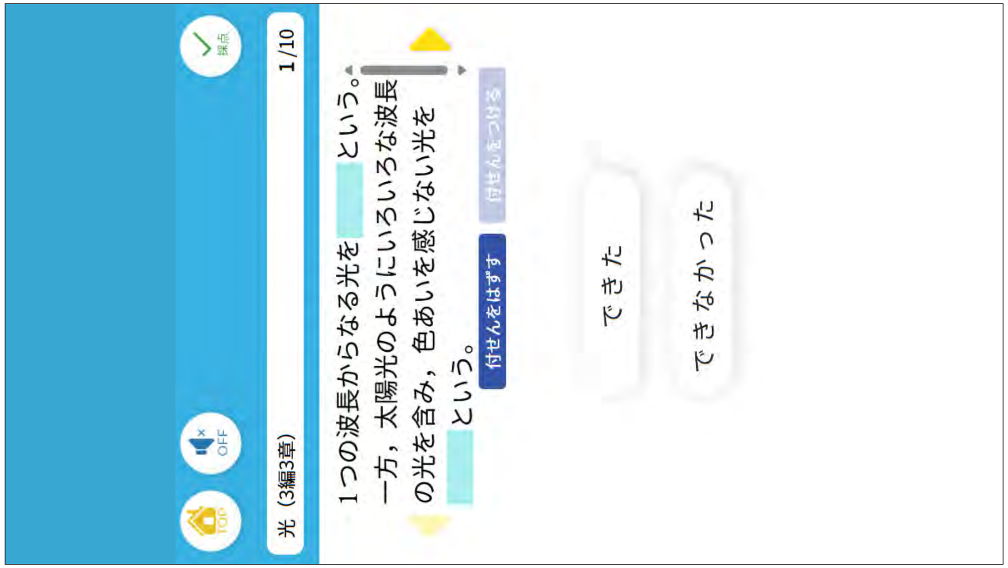
強めあう：光路差 $= m\lambda$

弱めあう：光路差 $= \left(m + \dfrac{1}{2}\right)\lambda \quad (m = 0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$

- 2 つの光の位相のずれが π のときは，条件式が逆になる。

別紙 10-38

別紙 10-39

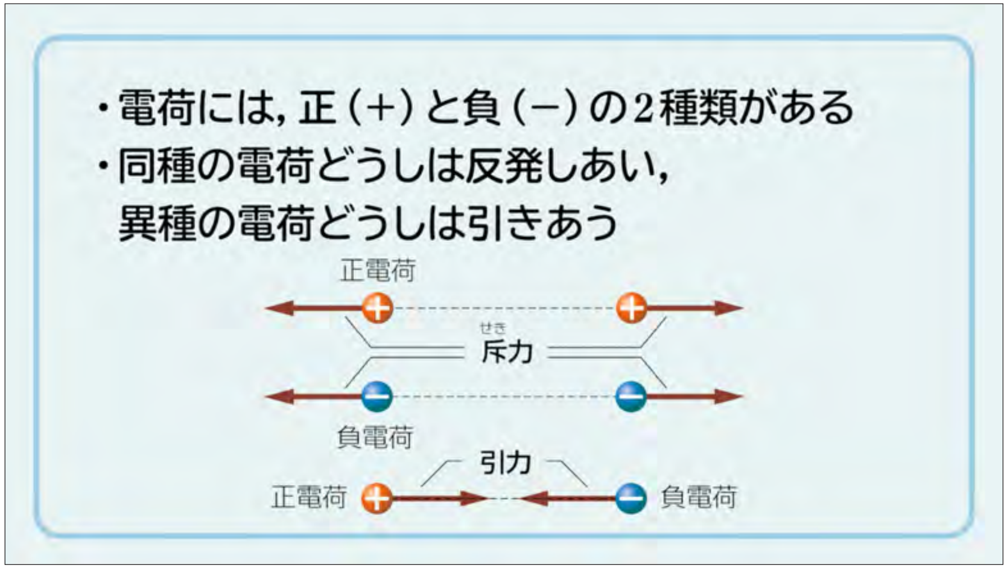


別紙 10-40

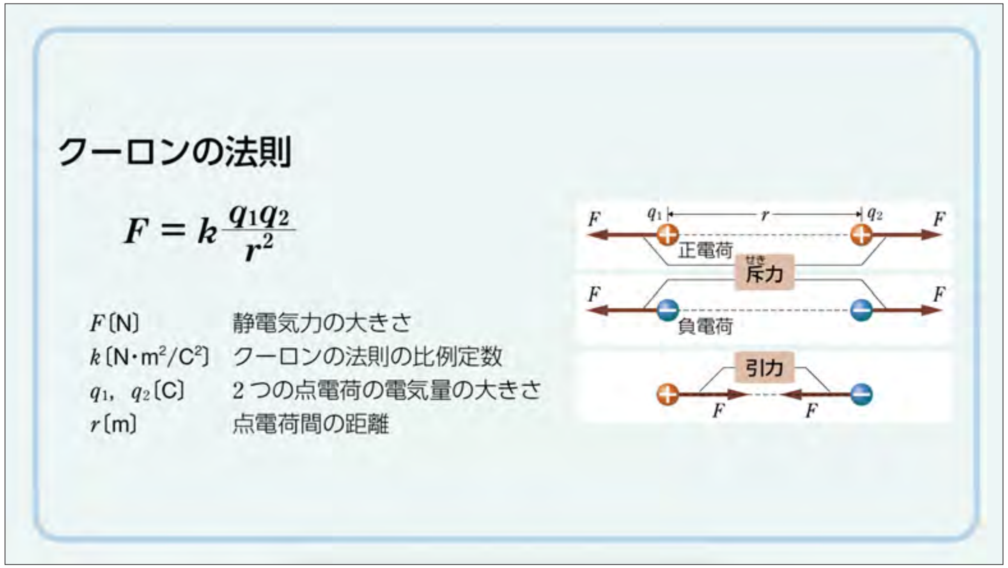
別紙 11-1

別紙 11-2

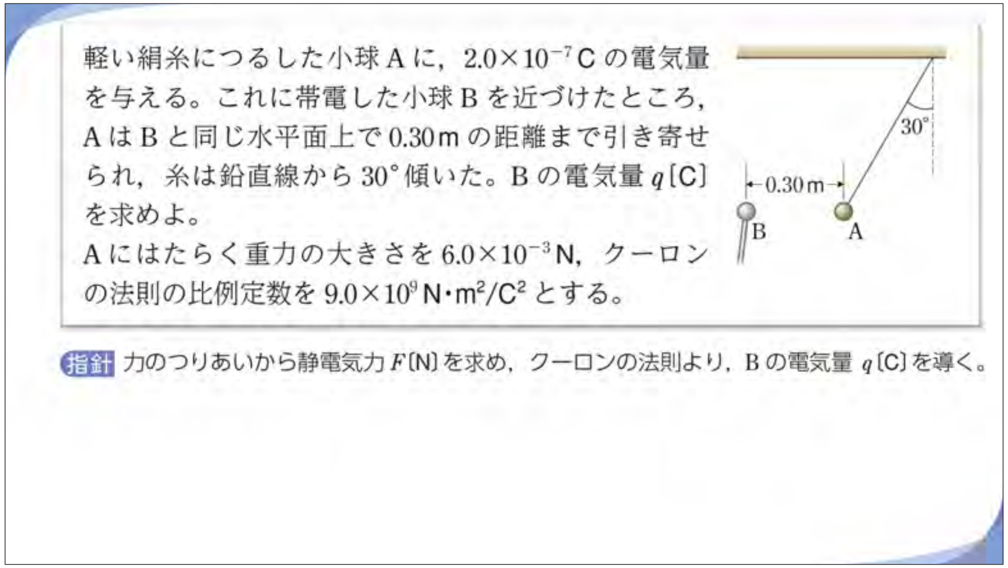
別紙 11-3



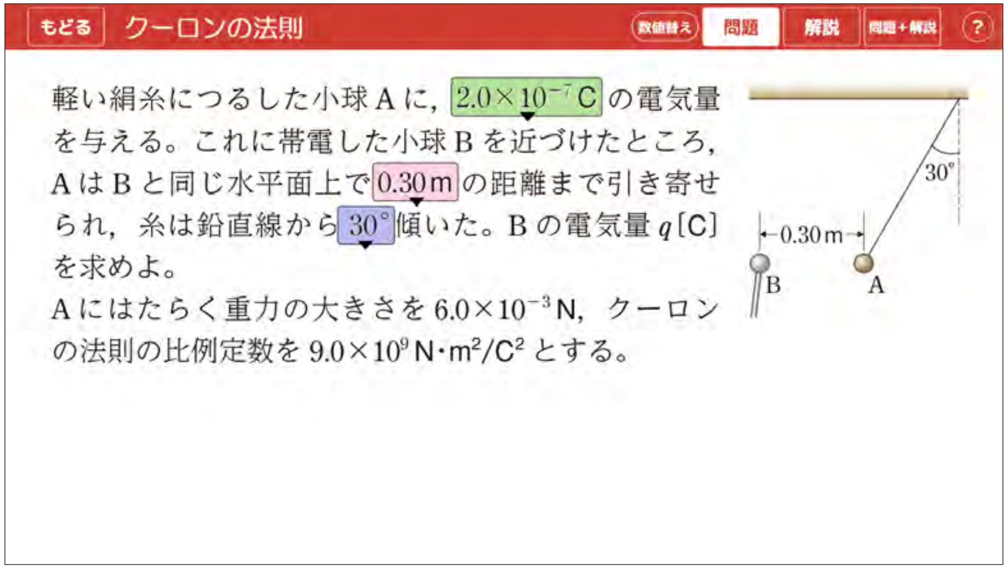
別紙 11-4



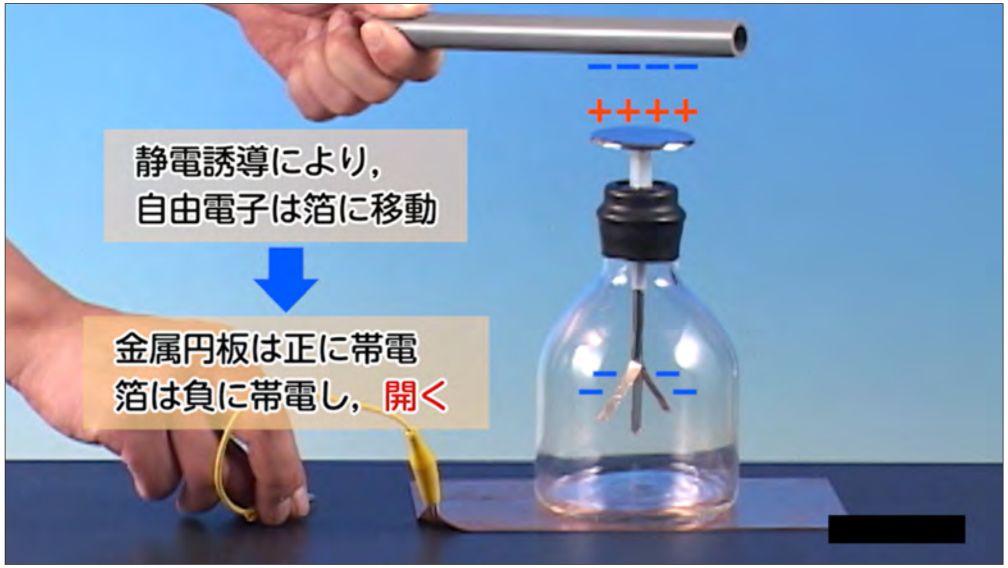
別紙 11-5



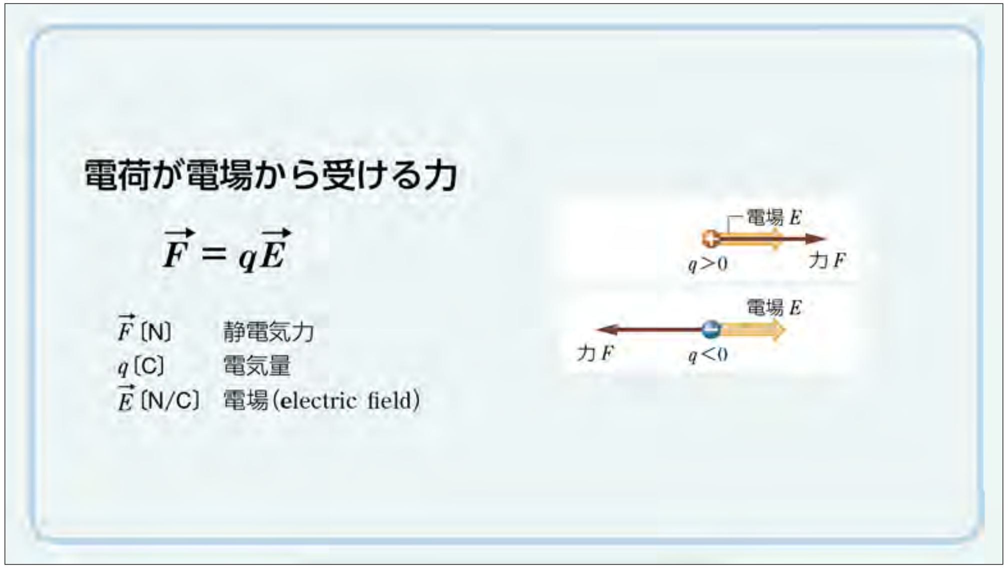
別紙 11-6



別紙 11-7



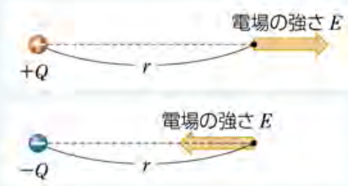
別紙 11-8



別紙 11-9

点電荷のまわりの電場

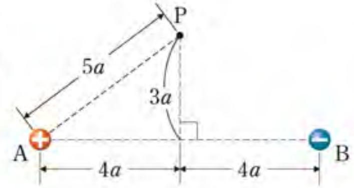
$$E = k\frac{Q}{r^2}$$



E〔N/C〕	電場(electric field)の強さ
k〔N·m²/C²〕	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〔N·m²/C²〕とする。

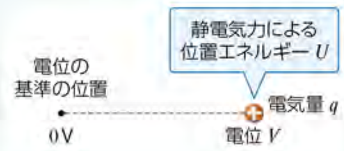


指針 電場はベクトルであり，正電荷と負電荷がつくる電場は向きが異なる点に注意。

別紙 11-11

静電気力による位置エネルギー

$$U = qV$$

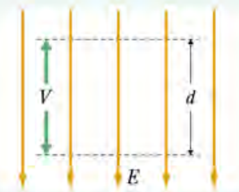


U〔J〕	静電気力による位置エネルギー
q〔C〕	電気量
V〔V〕	電位

別紙 11-12

一様な電場 と 電位差

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



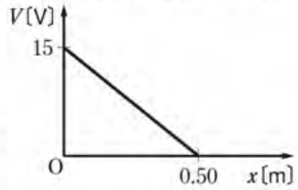
V〔V〕	電位差
E〔V/m〕	一様な電場の強さ
d〔m〕	距離(distance)

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。

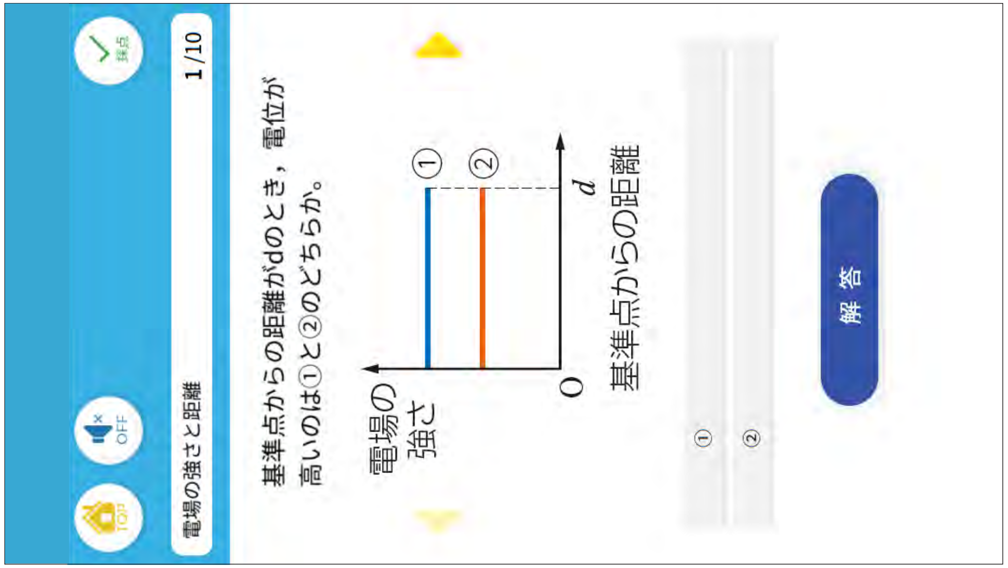
(1) 電場の向きと強さ E〔V/m〕を求めよ。

(2) この電場内に $+2.4\times10^{-7}$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。

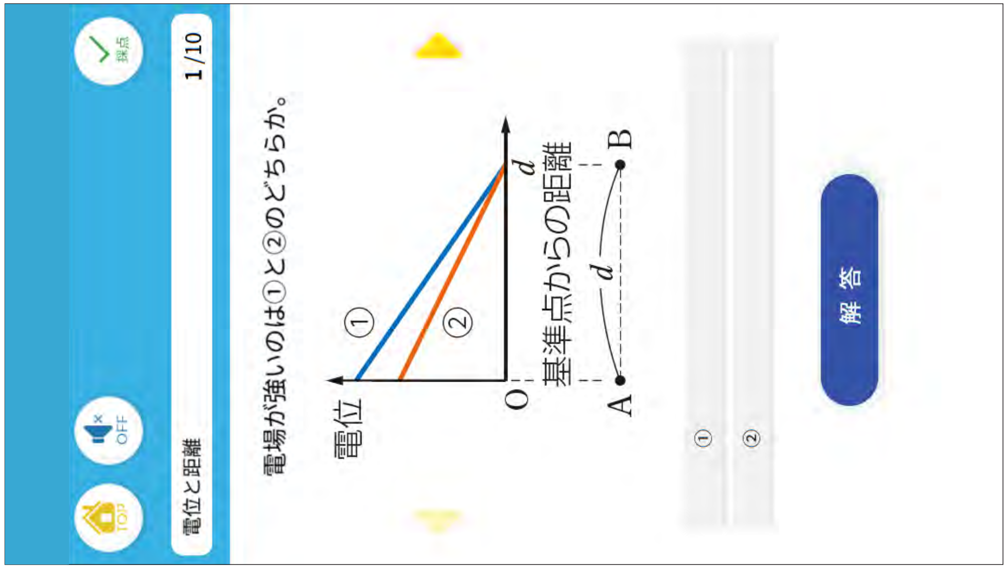


指針 電場は電位の高いほうから低いほうへ向かう。電場の強さは V-x 図の傾きからわかる。

別紙 11-14



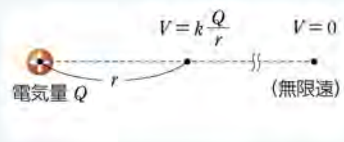
別紙 11-15



別紙 11-16

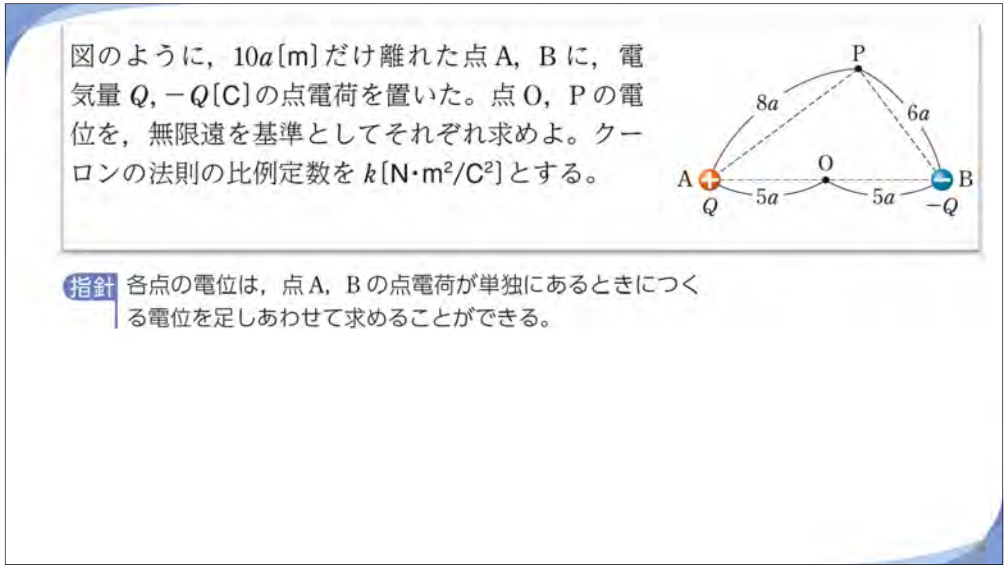
点電荷のまわりの電位

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

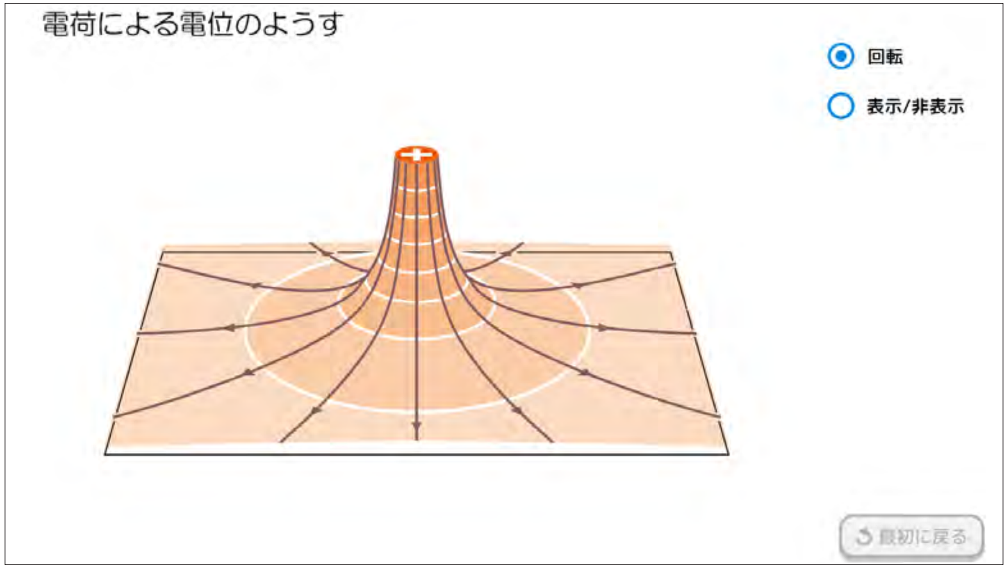


V〔V〕	電位
k〔N·m²/C²〕	クーロンの法則の比例定数
Q〔C〕	点電荷の電気量
r〔m〕	点電荷からの距離

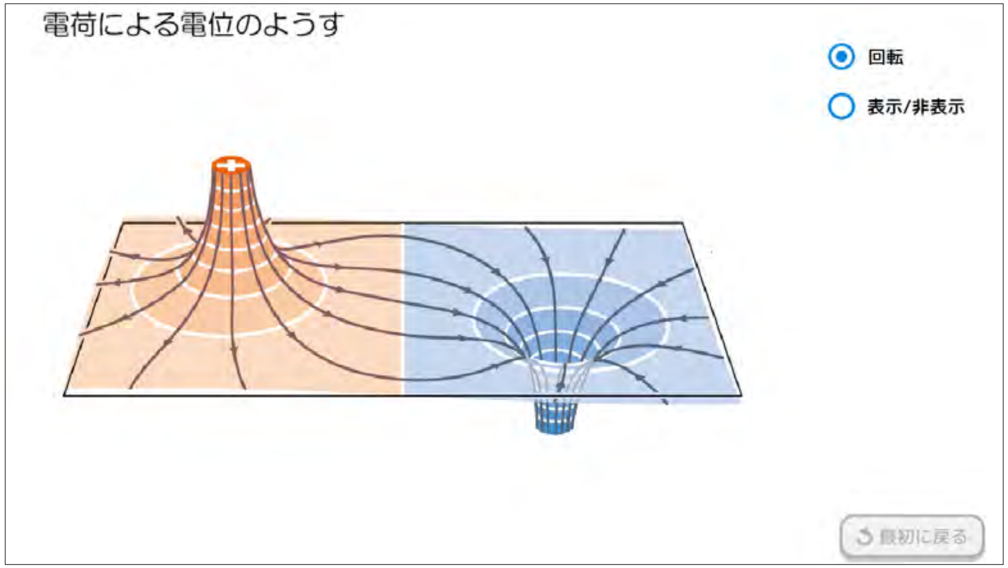
別紙 11-17



別紙 11-18



別紙 11-19



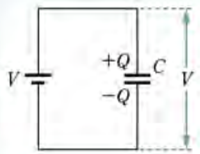
別紙 11-20

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

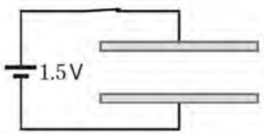
コンデンサーの電気容量

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

C〔F〕 コンデンサーの電気容量(electric capacity)
ε〔F/m〕 誘電率, S〔m^2〕 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。



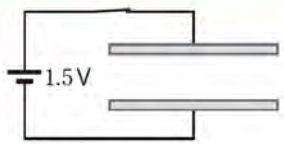
(1) 電池を外した状態で，極板の間隔を半分にした。このときの極板間の電位差 V'〔V〕を求めよ。
(2) 電池に接続した状態で，極板の間隔を半分にした。このときのコンデンサーの電気量 Q'〔C〕を求めよ。

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

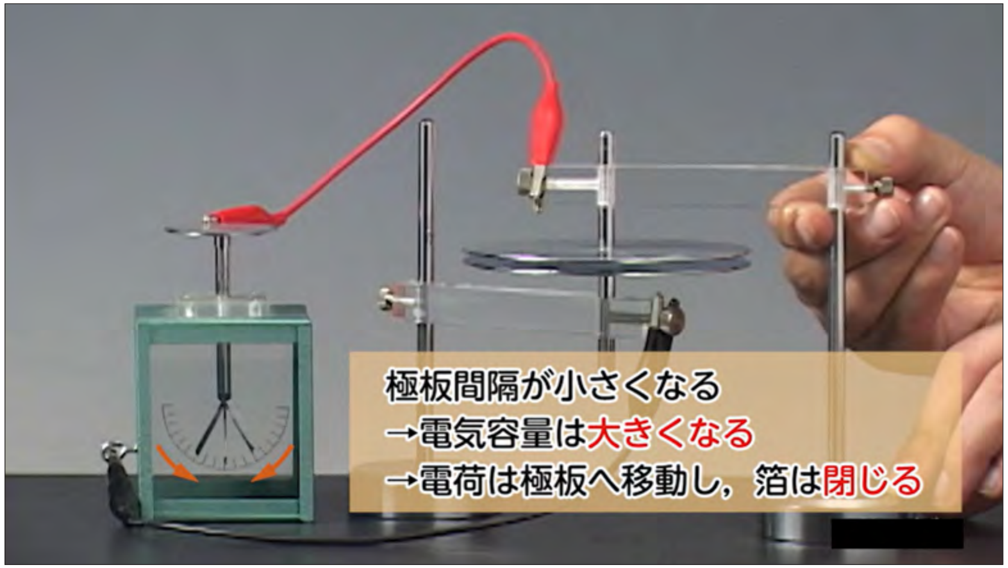
もどる 平行板コンデンサー 数値替え 問題 解説 問題+解説 ?

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。

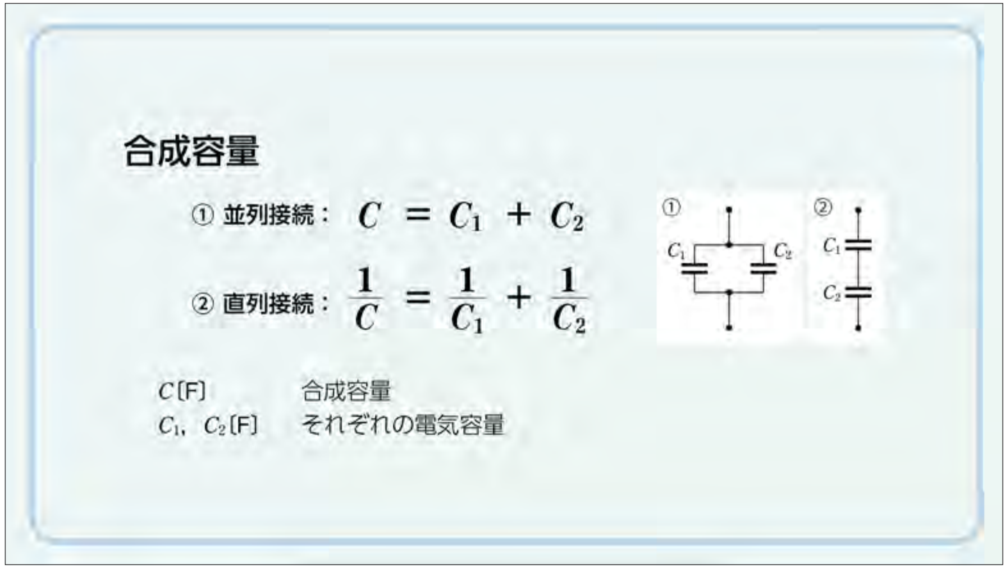


(1) 電池を外した状態で，極板の間隔を半分にした。このときの極板間の電位差 V'〔V〕を求めよ。
(2) 電池に接続した状態で，極板の間隔を半分にした。このときのコンデンサーの電気量 Q'〔C〕を求めよ。

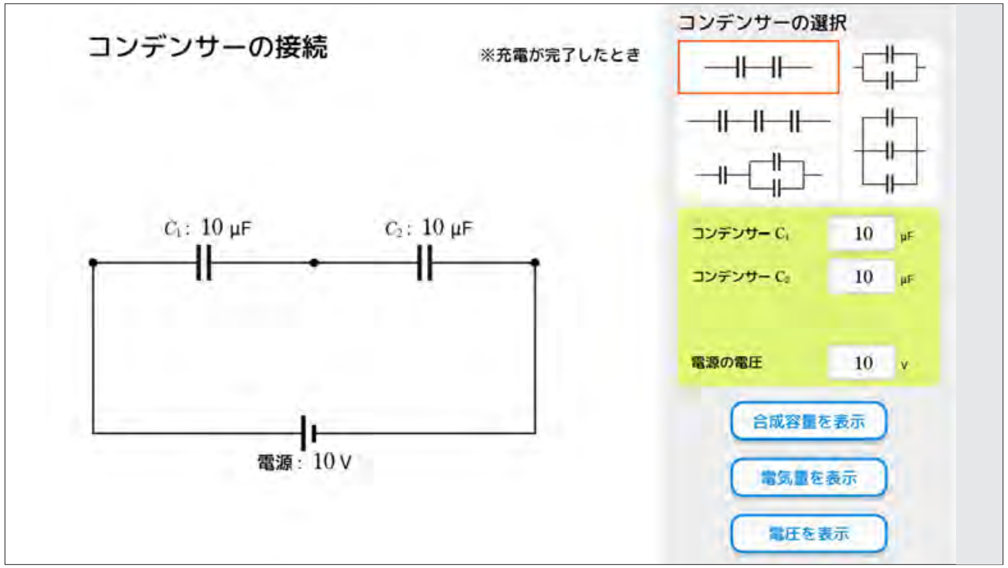
別紙 11-25



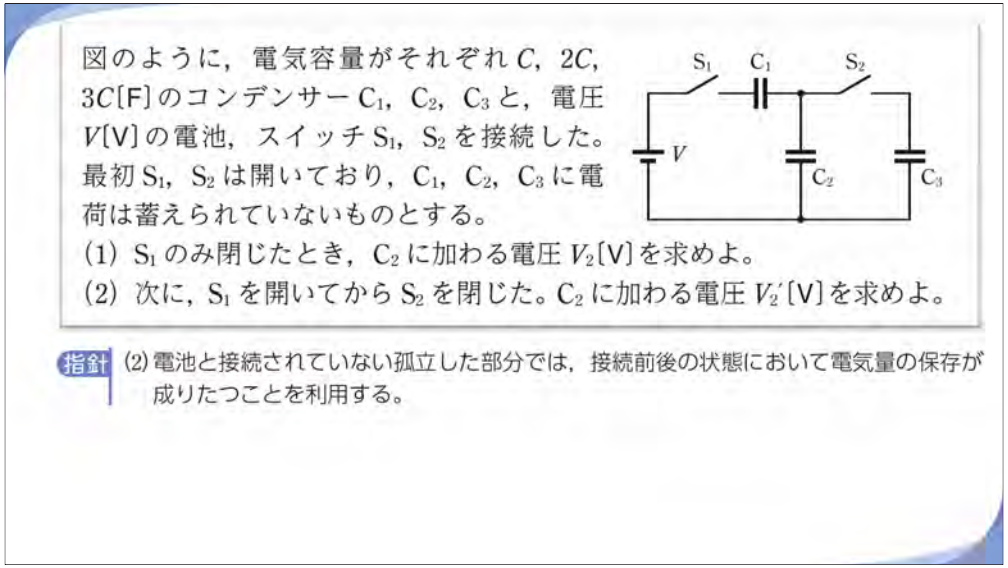
別紙 11-26



別紙 11-27



別紙 11-28



別紙 11-29

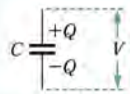
極板の面積 S[m²]，極板の間隔 $3d$[m]，極板間が真空の平行板コンデンサーを考える。極板と同じ面積で厚さ d[m]の金属板を，極板間の中央に，極板と平行にして入れる。このコンデンサーの電気容量 C[F]を求めよ。真空の誘電率を ε_0[F/m]とする。

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

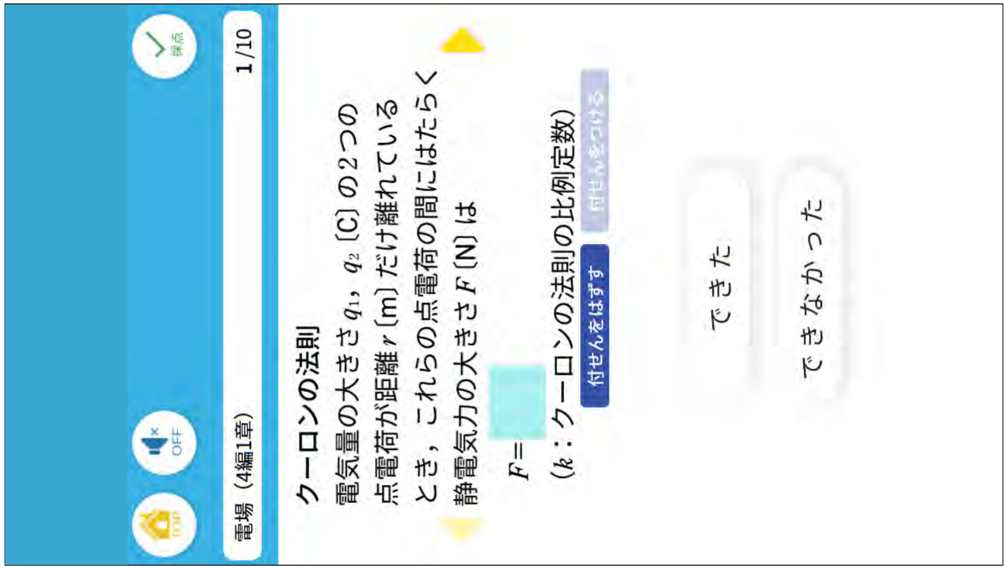
$$U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{Q^2}{2C}$$



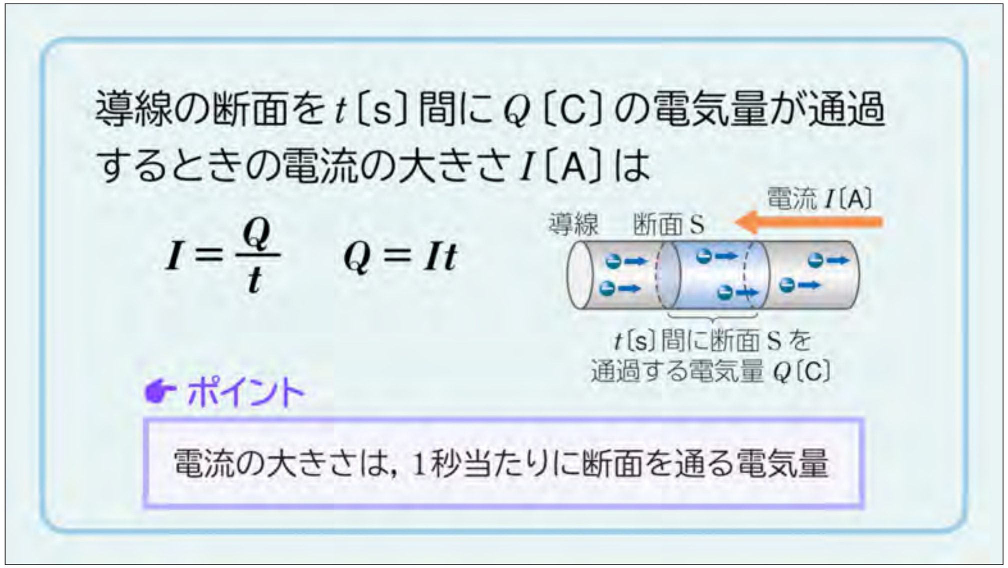
U[J] コンデンサーに蓄えられる静電エネルギー
Q[C] コンデンサーの電気量
V[V] 極板間の電位差
C[F] コンデンサーの電気容量(electric capacity)

別紙 11-31

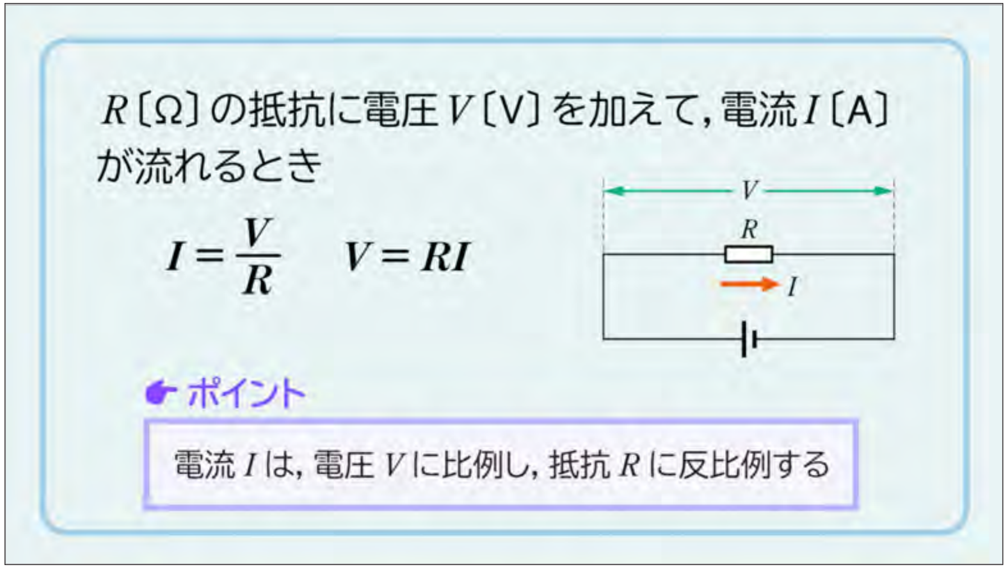
別紙 11-32



別紙 12-1

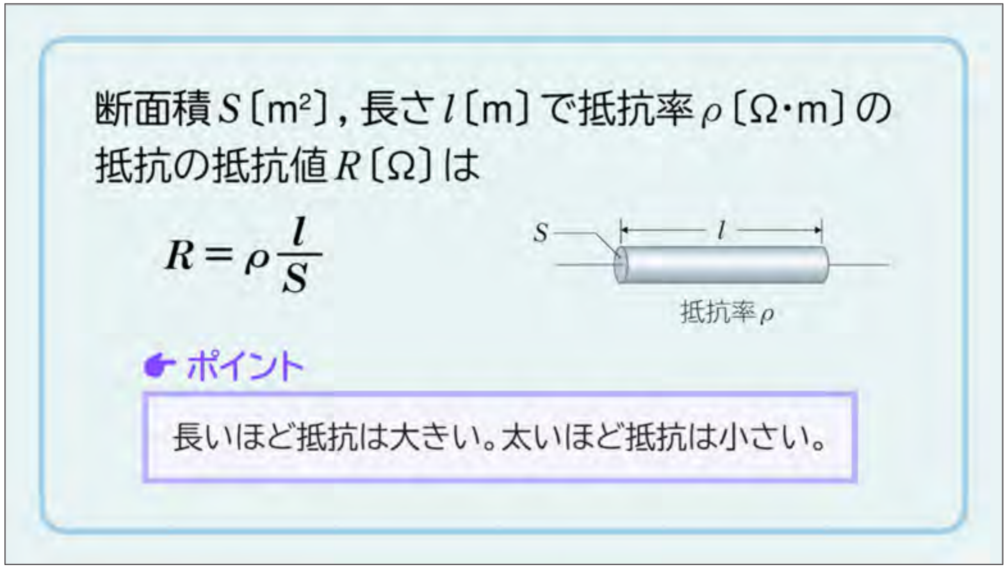


別紙 12-2

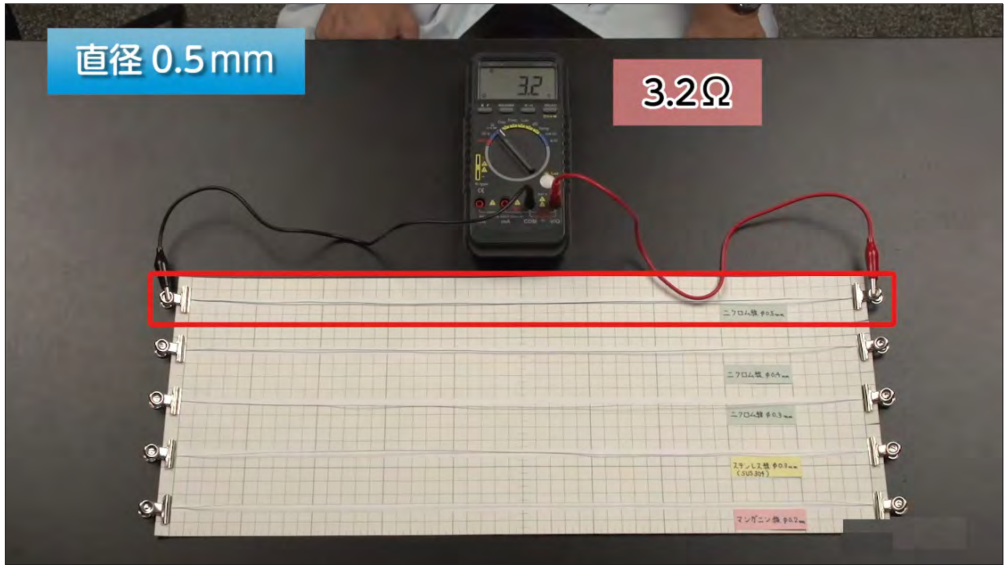


別紙 12-3

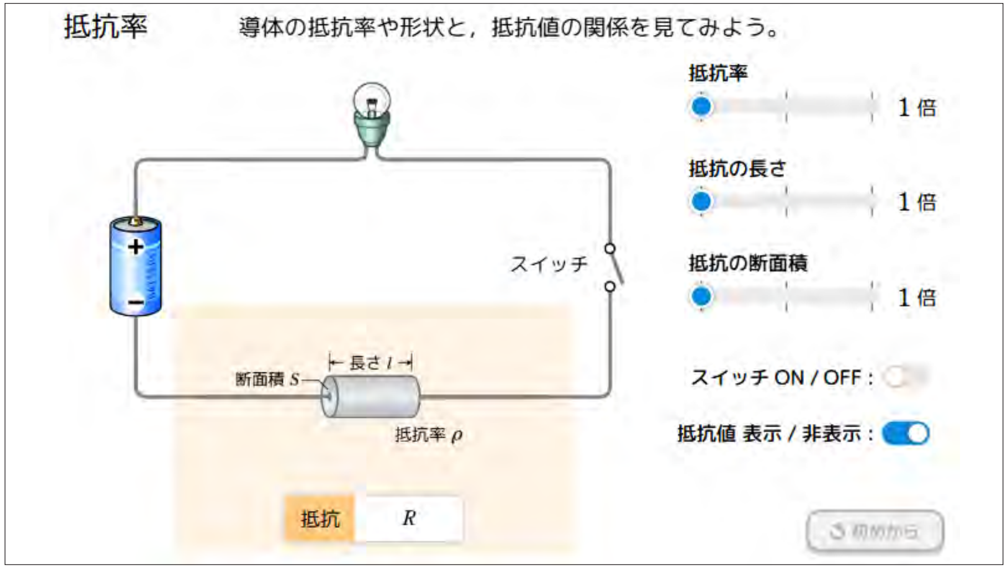
別紙 12-4



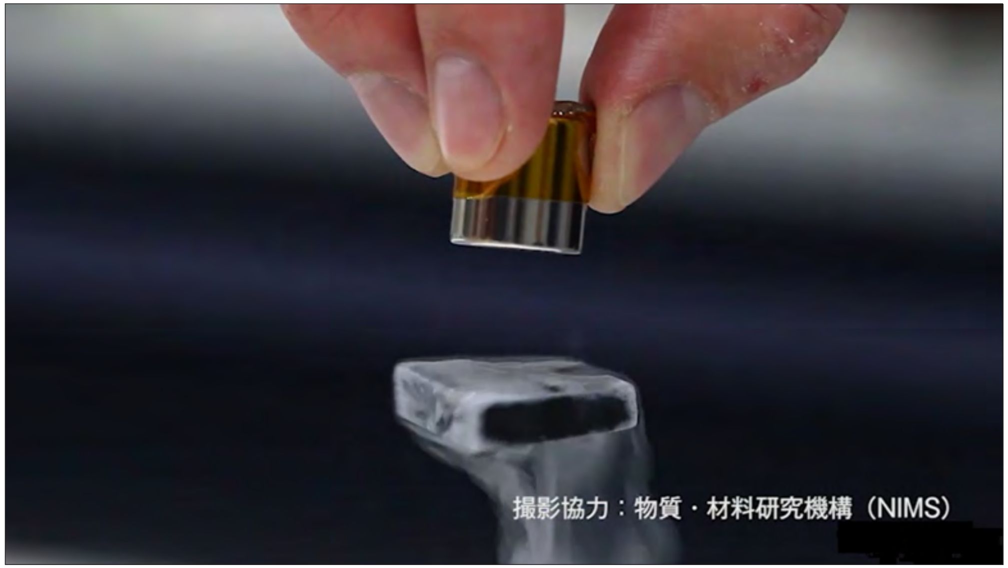
別紙 12-5



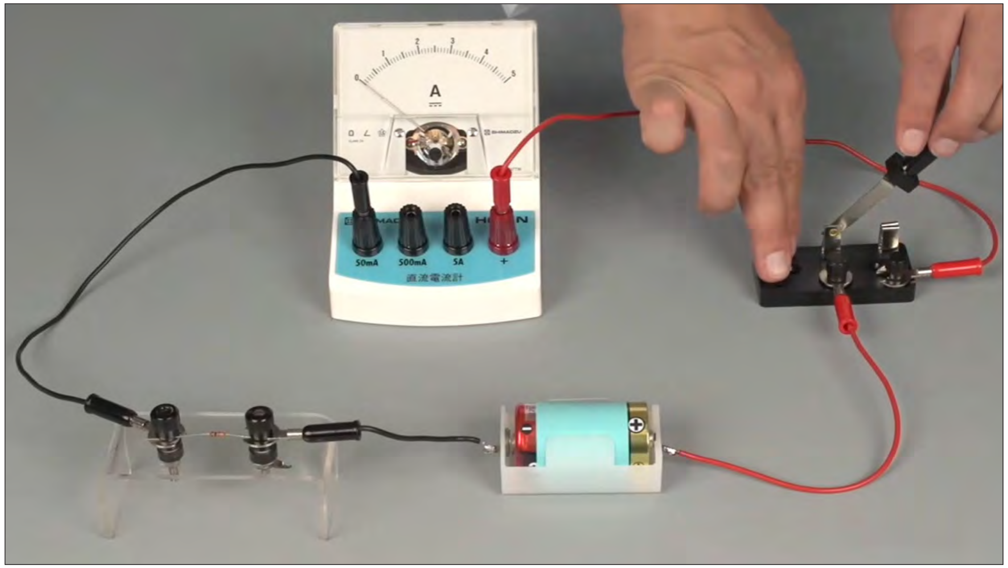
別紙 12-6



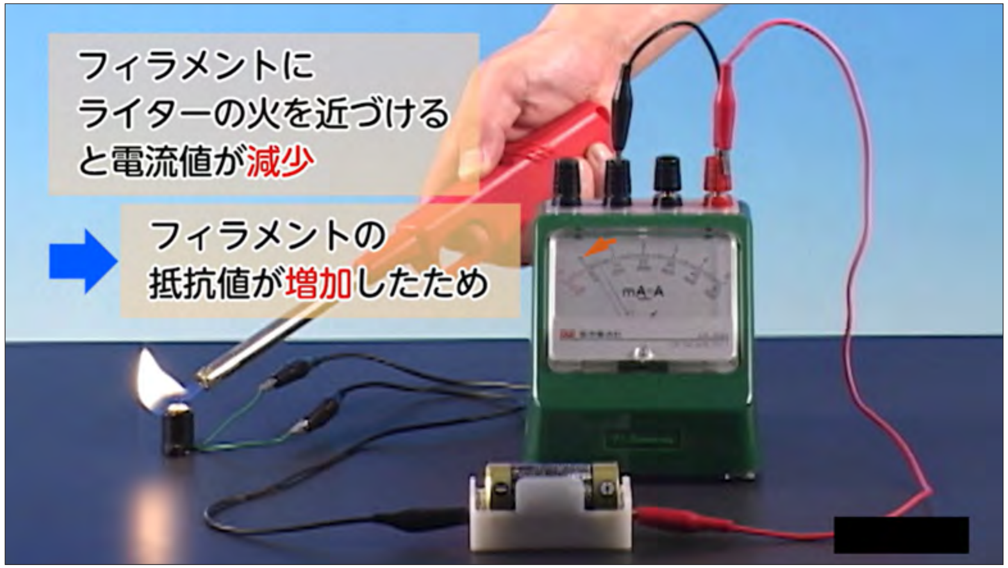
別紙 12-7



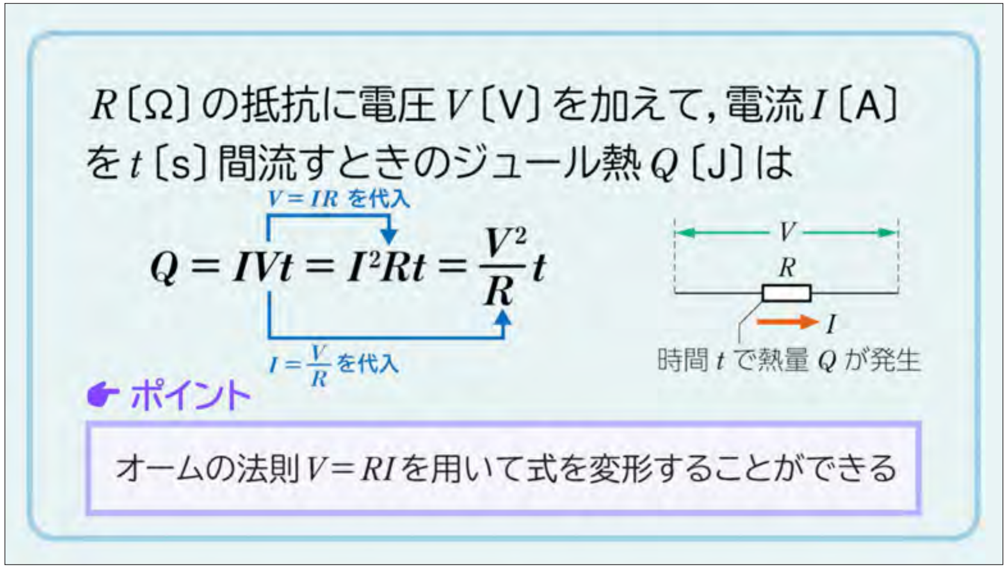
別紙 12-8



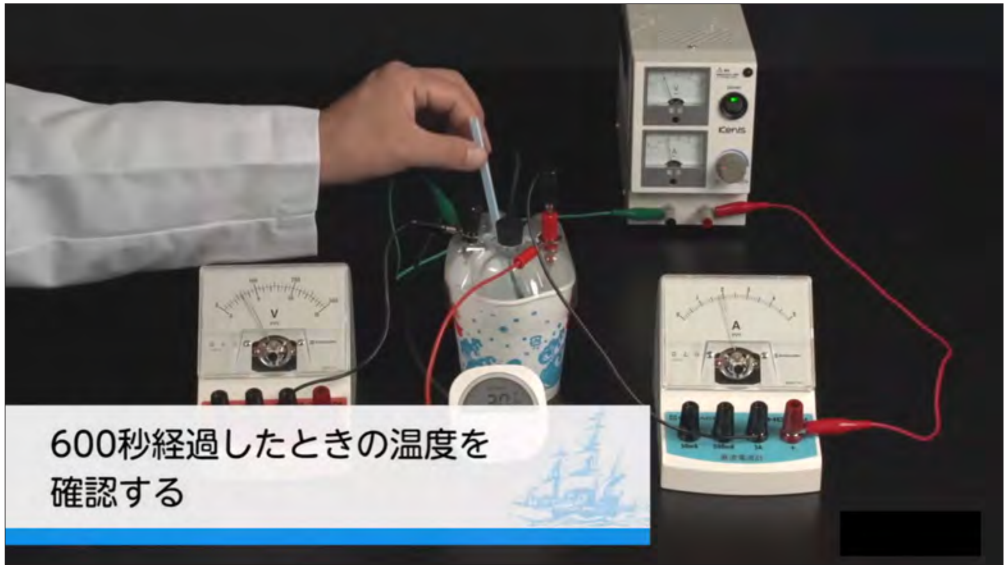
別紙 12-9



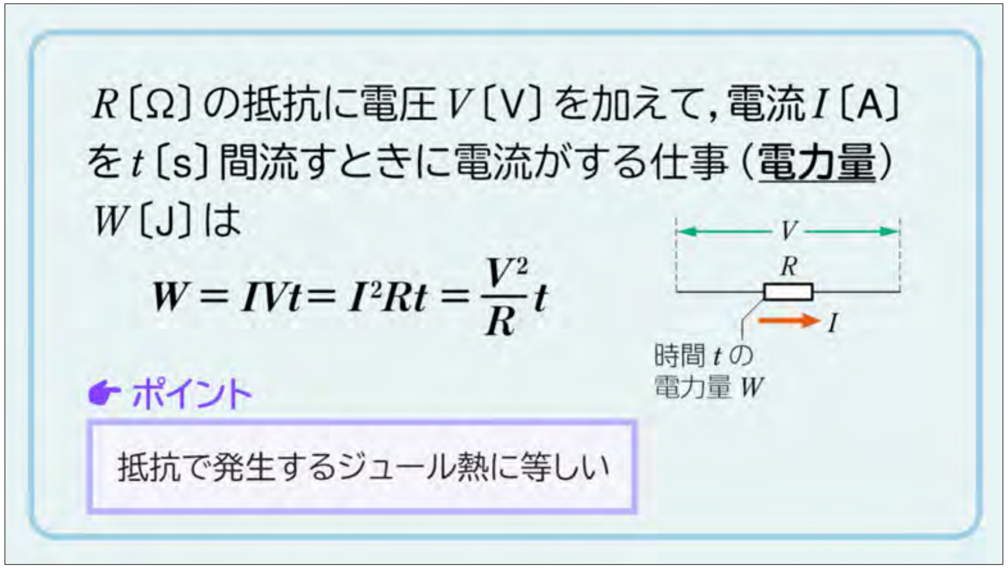
別紙 12-10



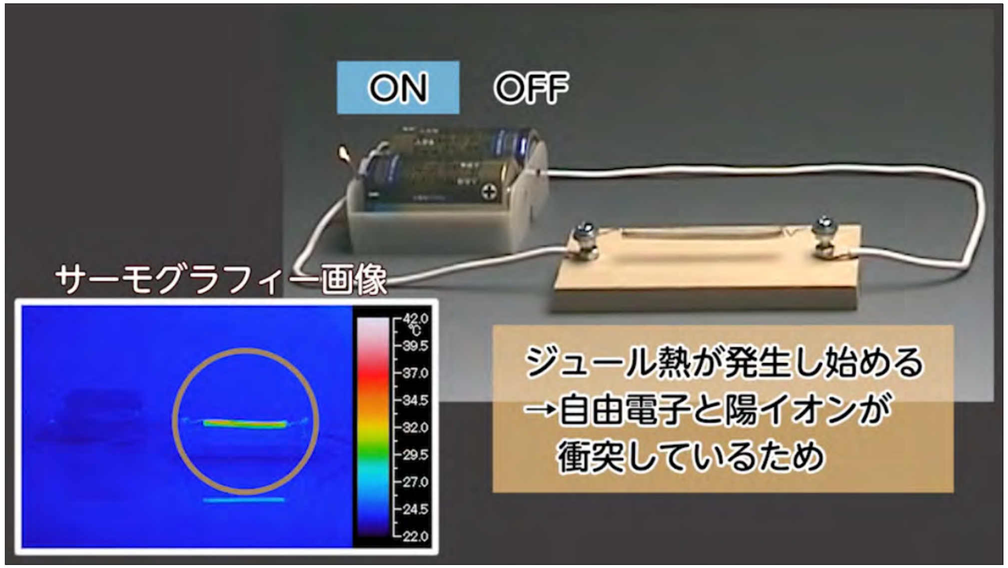
別紙 12-11



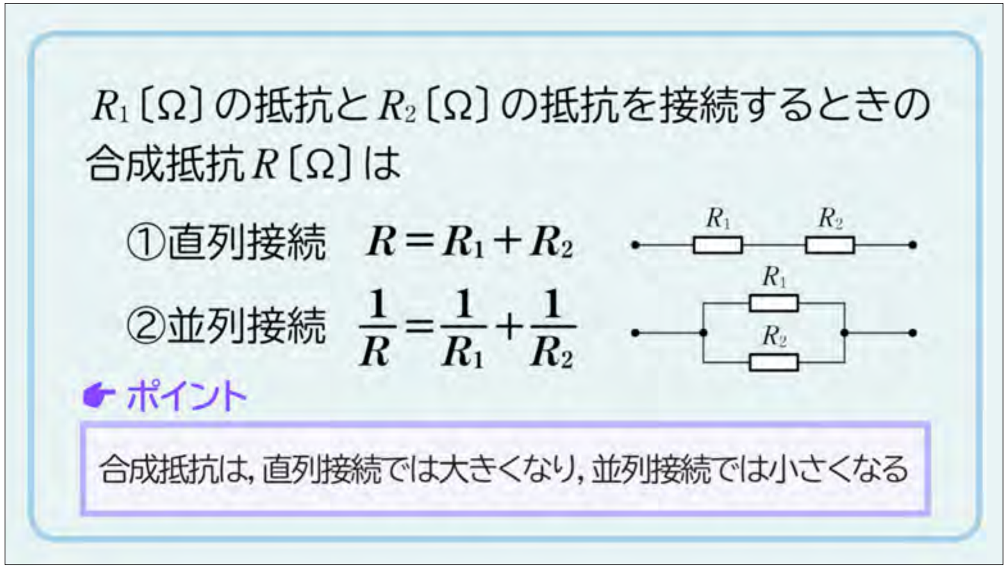
別紙 12-12



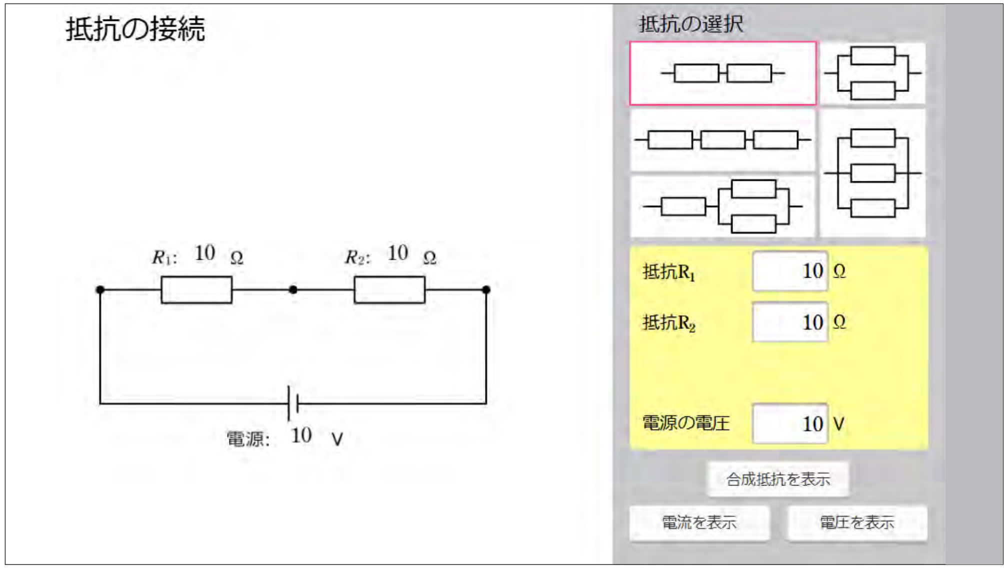
別紙 12-13



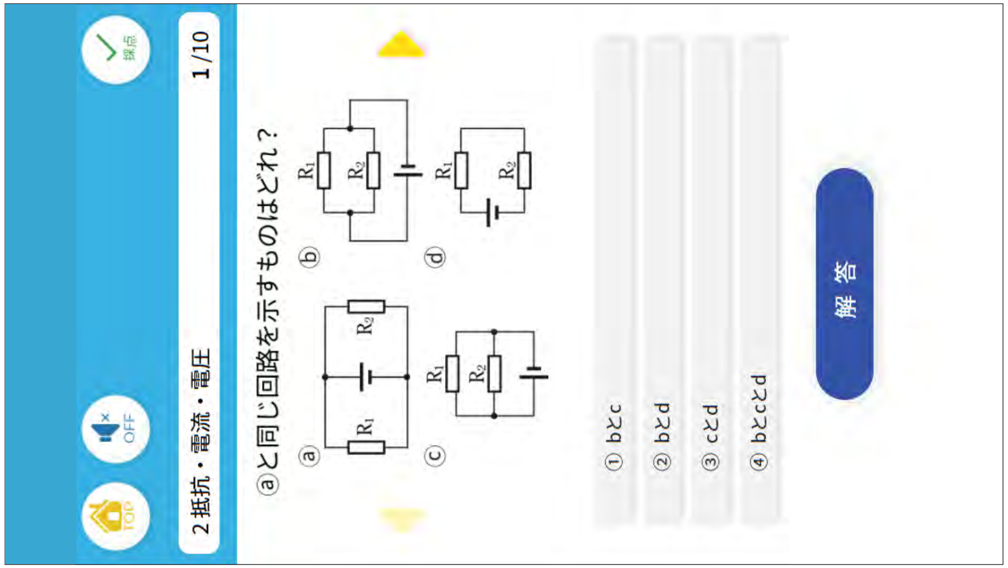
別紙 12-14



別紙 12-15



別紙 12-16



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

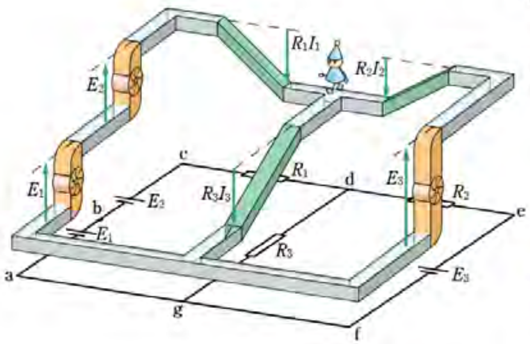
キルヒホッフの法則 II

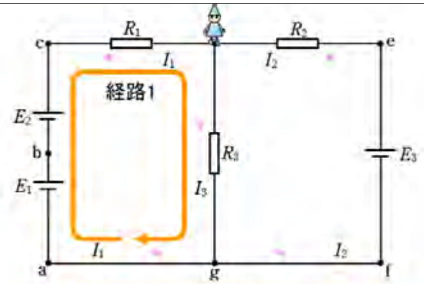
回路中の一回りの閉じた経路について

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 $E_1+E_2=R_1I_1+R_3I_3$

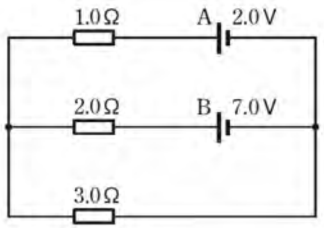
経路2 に適用すると $E_3=R_2I_2+R_3I_3$

経路3 に適用すると $E_1+E_2-E_3=R_1I_1-R_2I_2$

もどる　キルヒホッフの法則 I

別紙 12-19

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

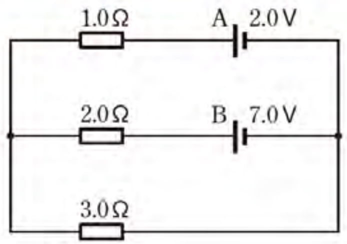


指針 キルヒホッフの法則 I，II を適用する。

別紙 12-20

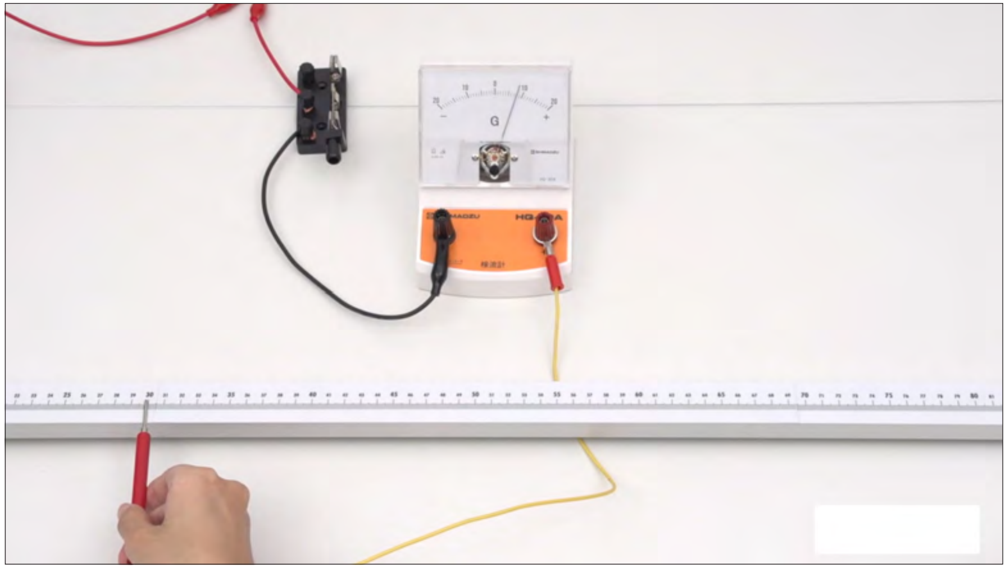
もどる　キルヒホッフの法則　数値替え　問題　解説　問題＋解説　?

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



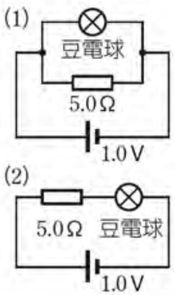
別紙 12-21

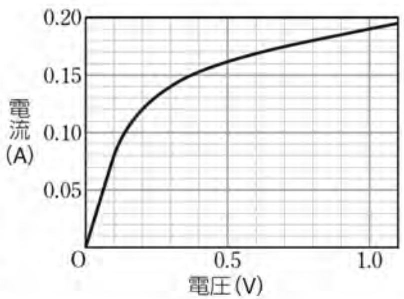
別紙 12-22



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。



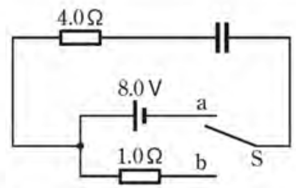


指針 豆電球に加わる電圧と流れる電流の関係がどのような式で表されるかを考える。

別紙 12-24

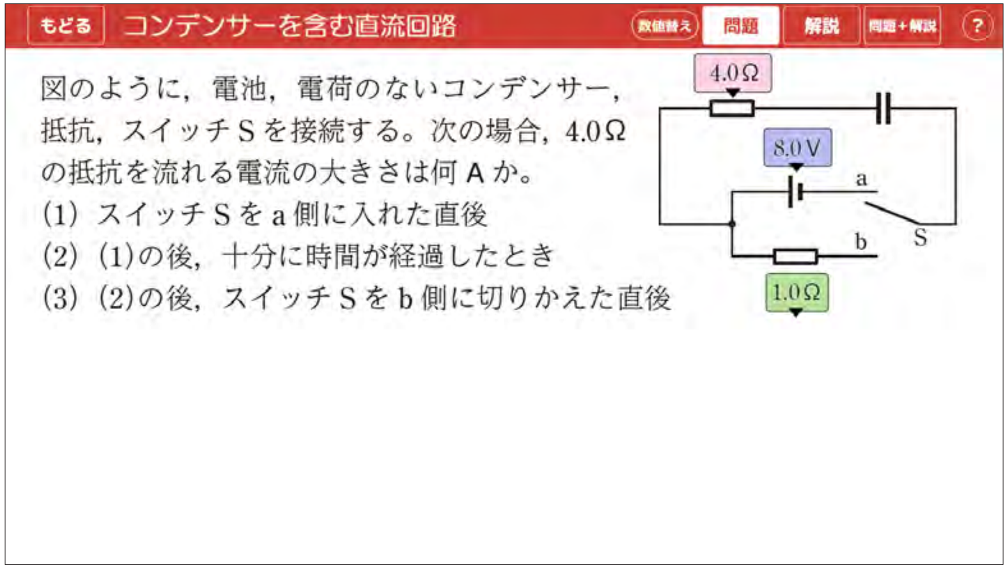
図のように，電池，電荷のないコンデンサー，抵抗，スイッチ S を接続する。次の場合，4.0Ω の抵抗を流れる電流の大きさは何 A か。

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

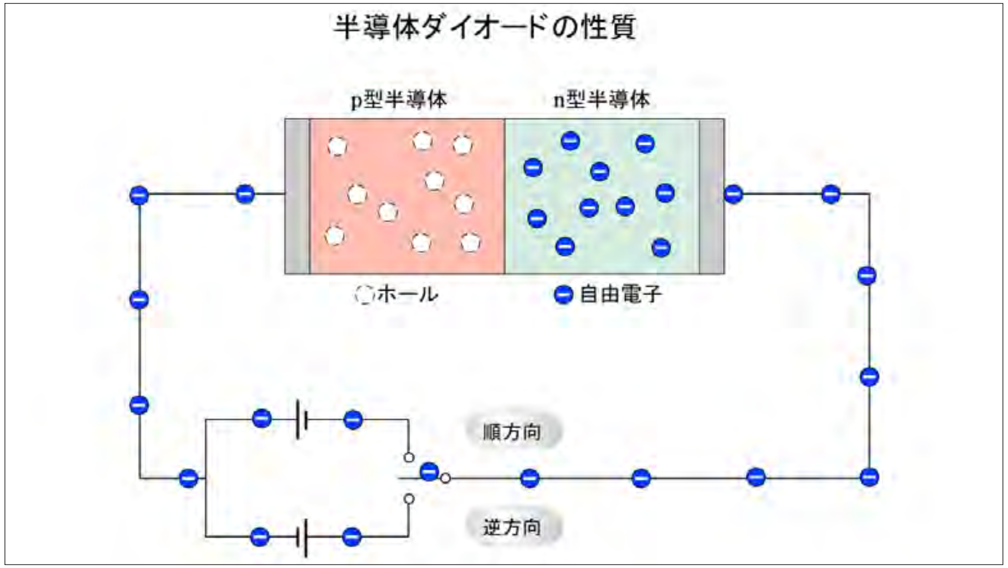


指針 コンデンサーの充電・放電をするときの電流の変化をふまえて考える。

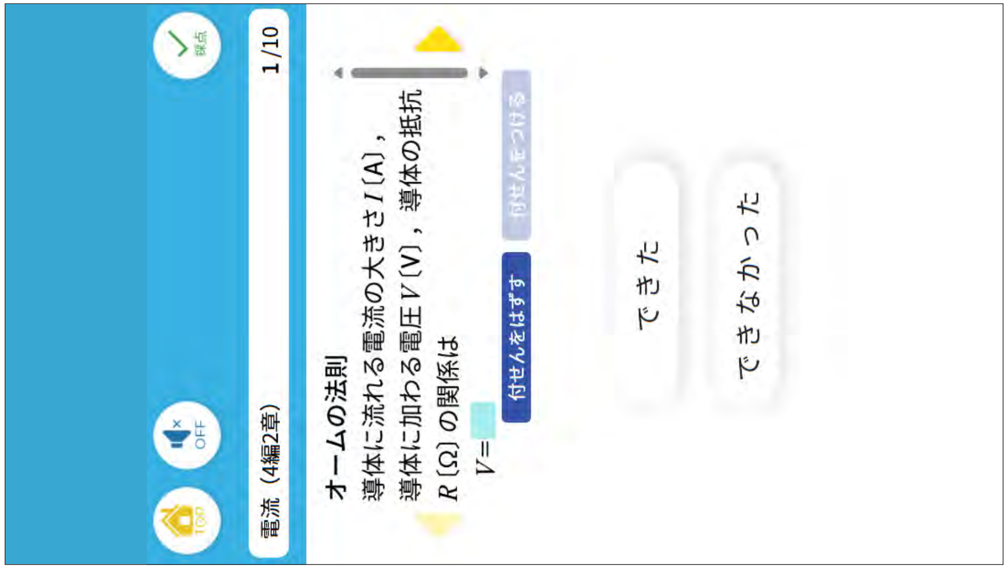
別紙 12-25



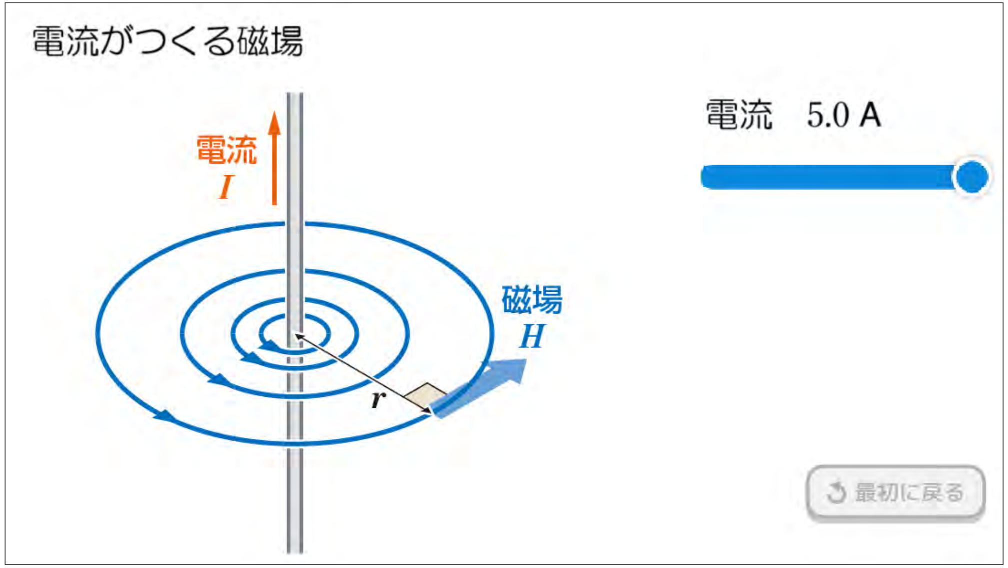
別紙 12-26



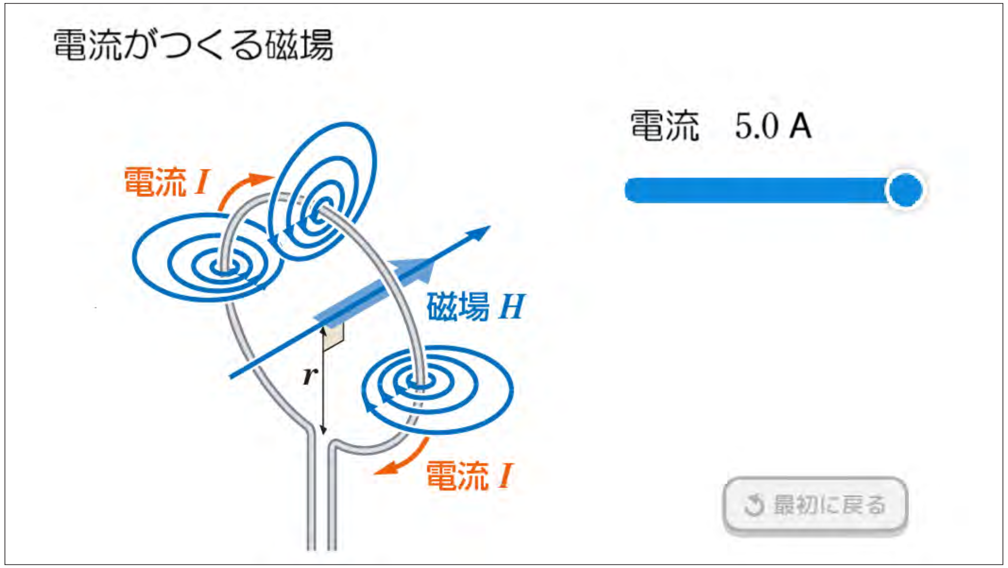
別紙 12-27



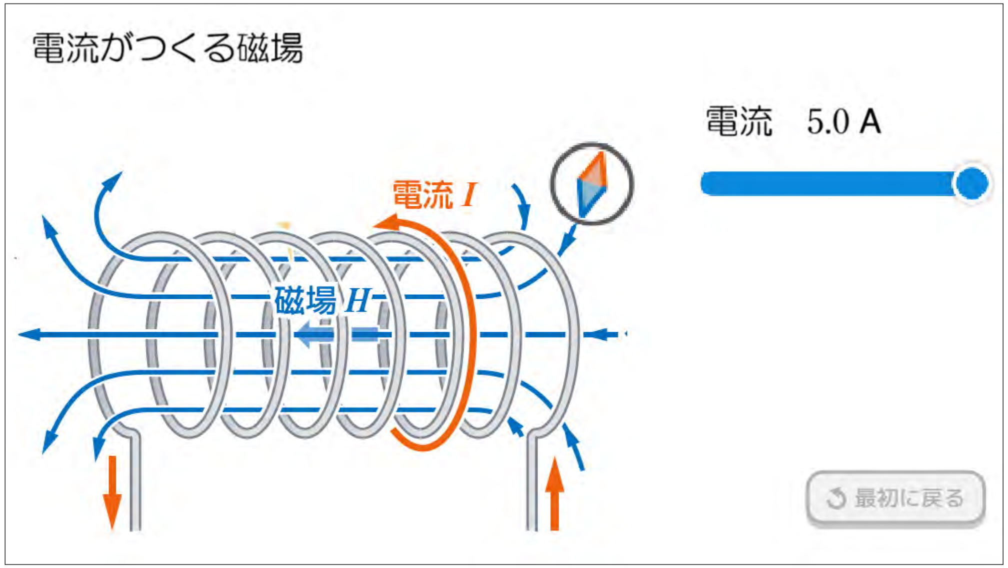
別紙 13-1



別紙 13-2

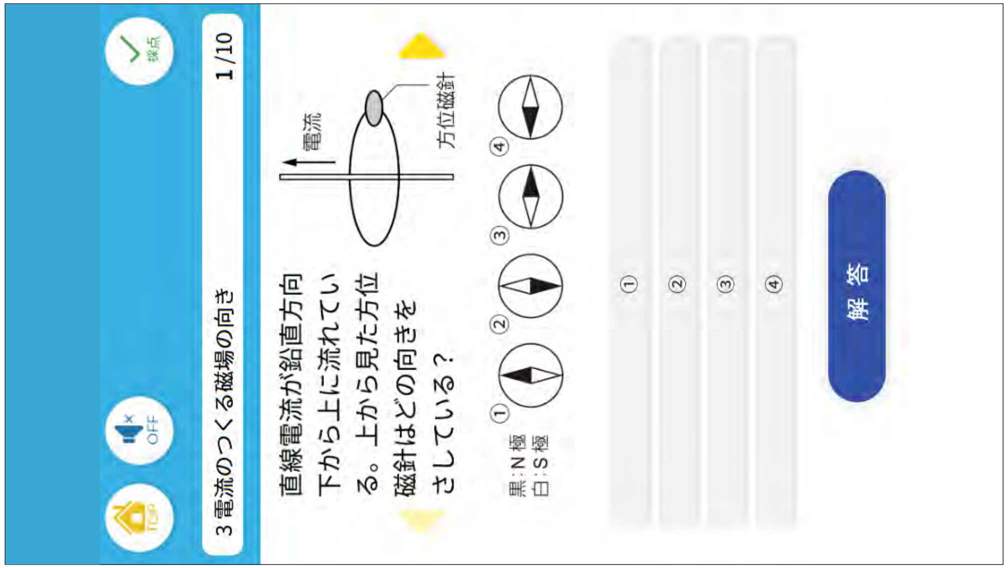


別紙 13-3

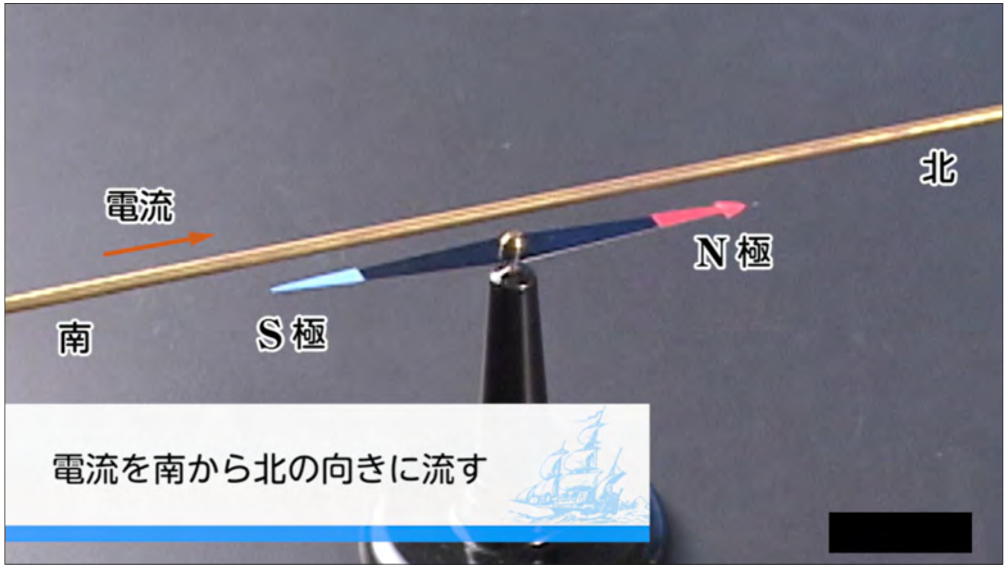


別紙 13-4

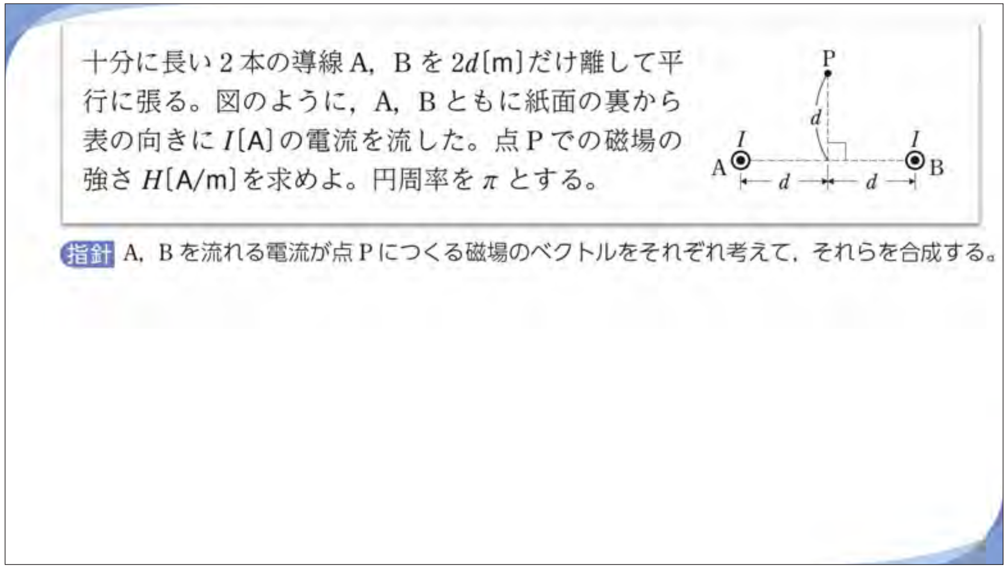
別紙 13-5



別紙 13-6

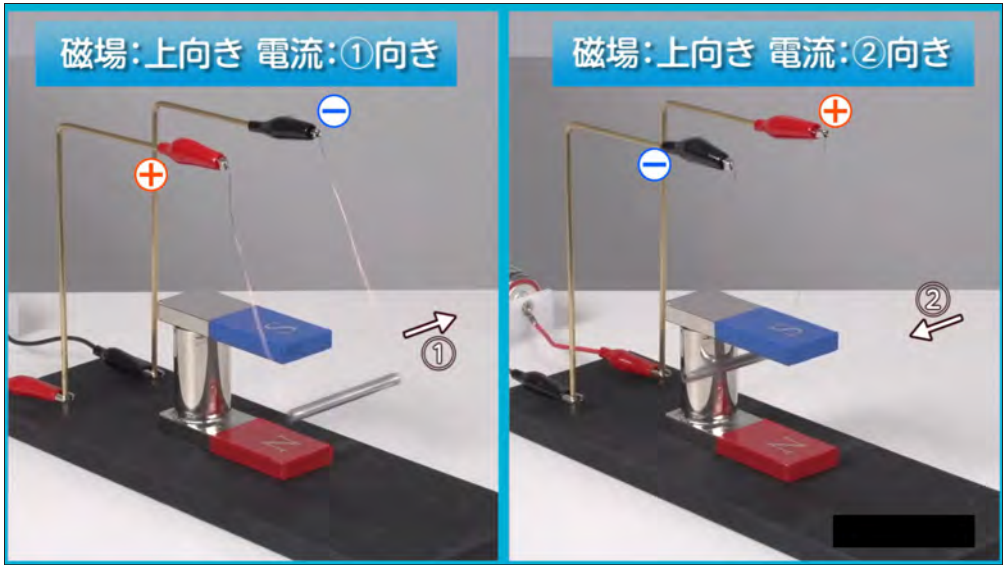


別紙 13-7

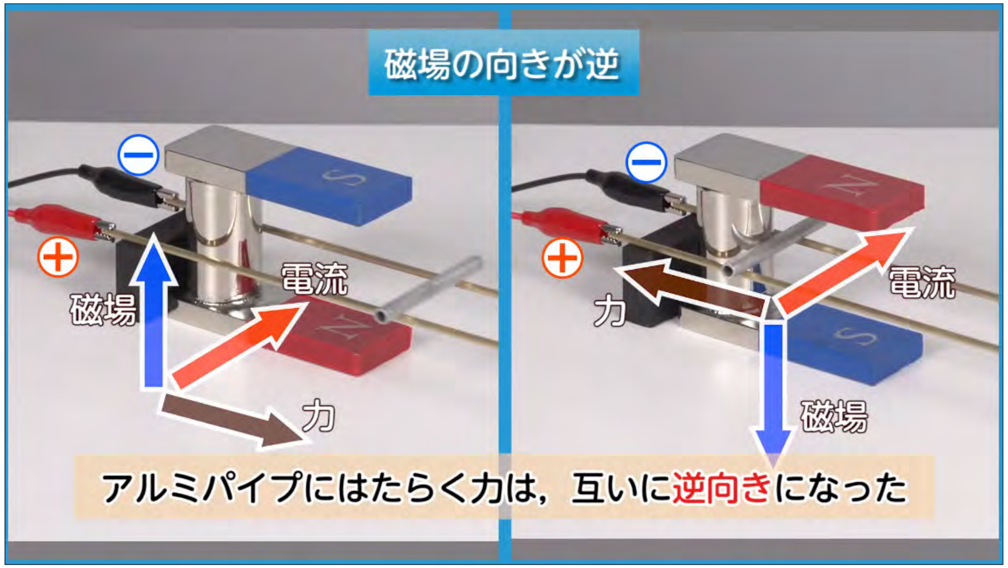

十分に長い 2 本の導線 A，B を $2d$[m]だけ離して平行に張る。図のように，A，B ともに紙面の裏から表の向きに I[A]の電流を流した。点 P での磁場の強さ H[A/m]を求めよ。円周率を π とする。

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

別紙 13-8

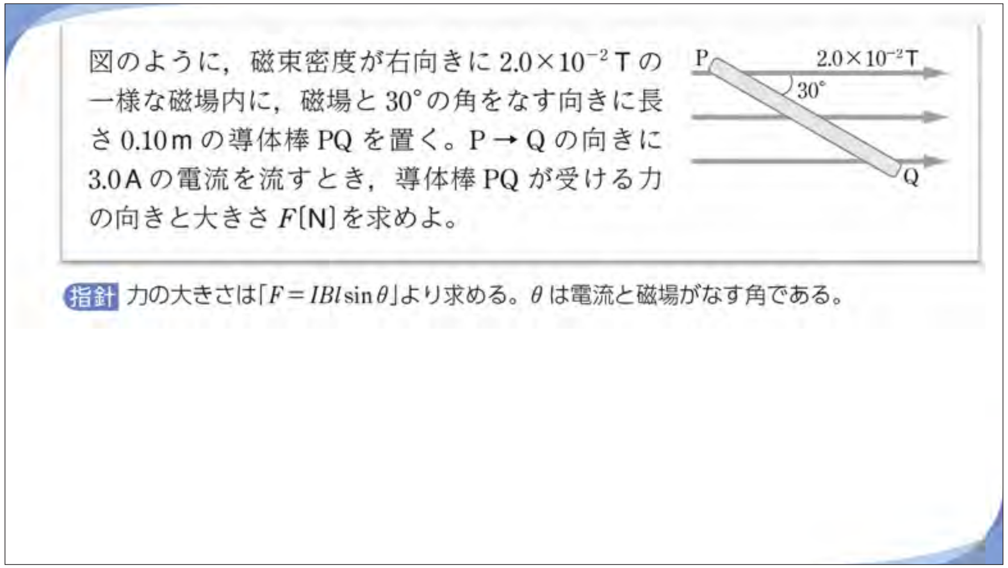


別紙 13-9

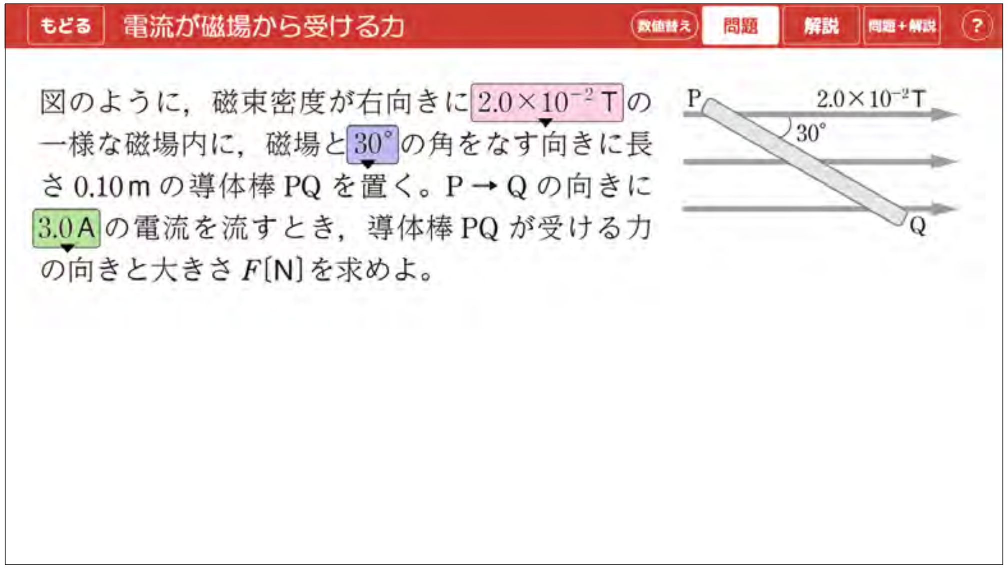


別紙 13-10

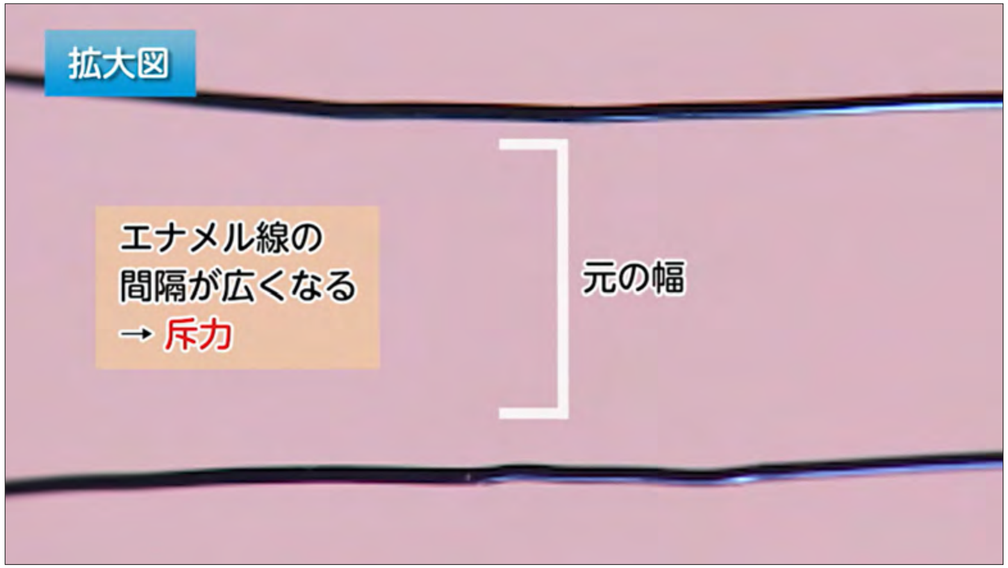
別紙 13-11



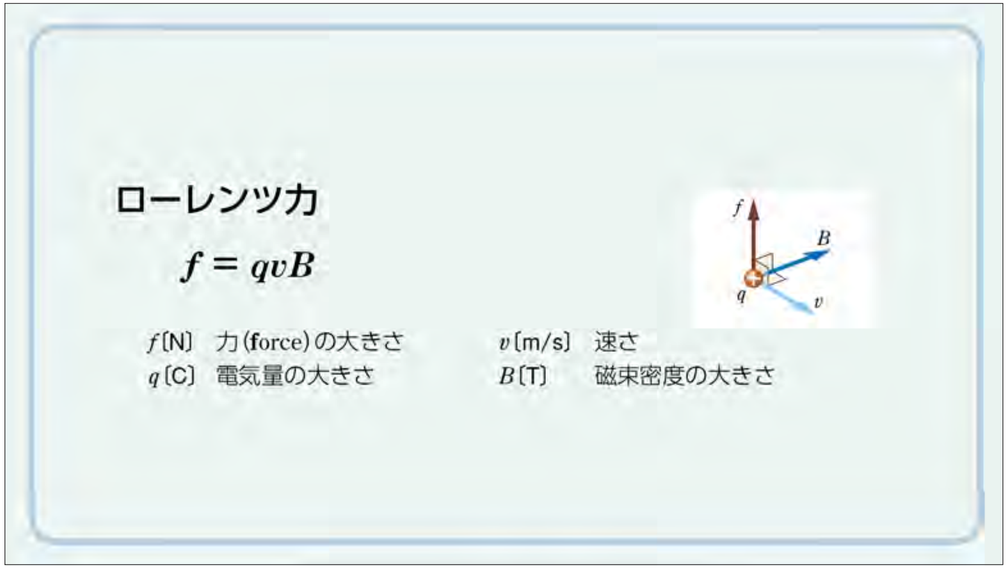
別紙 13-12



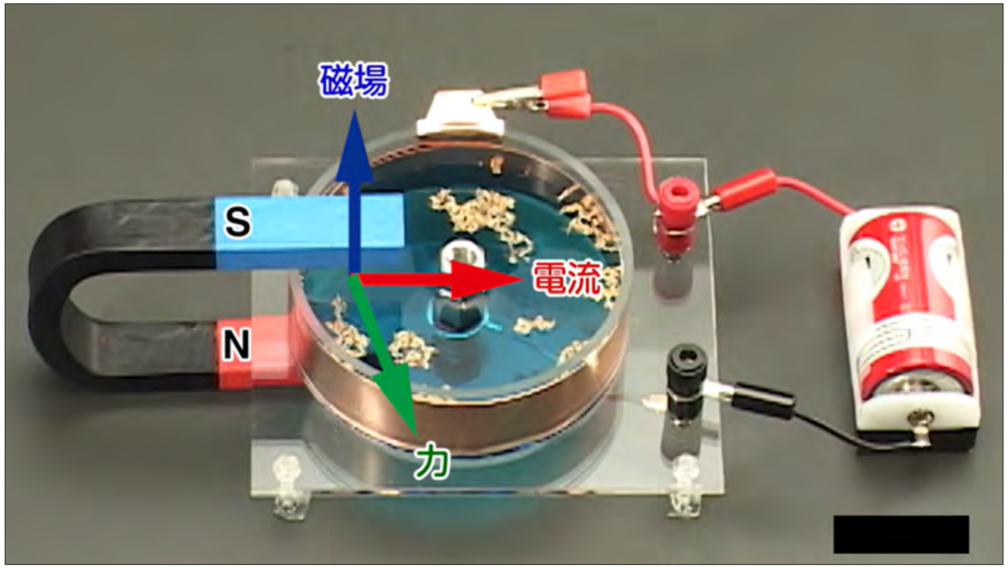
別紙 13-13



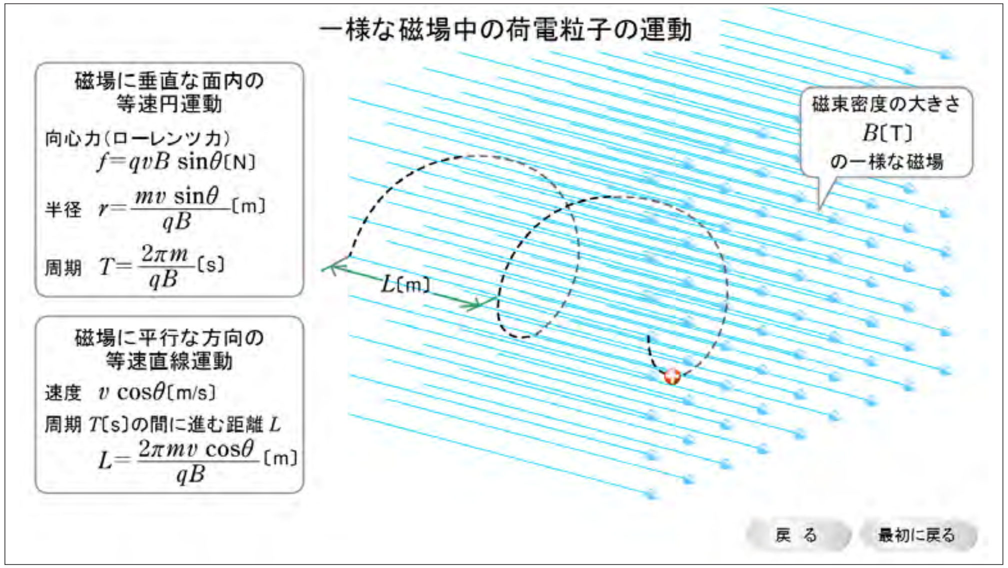
別紙 13-14



別紙 13-15

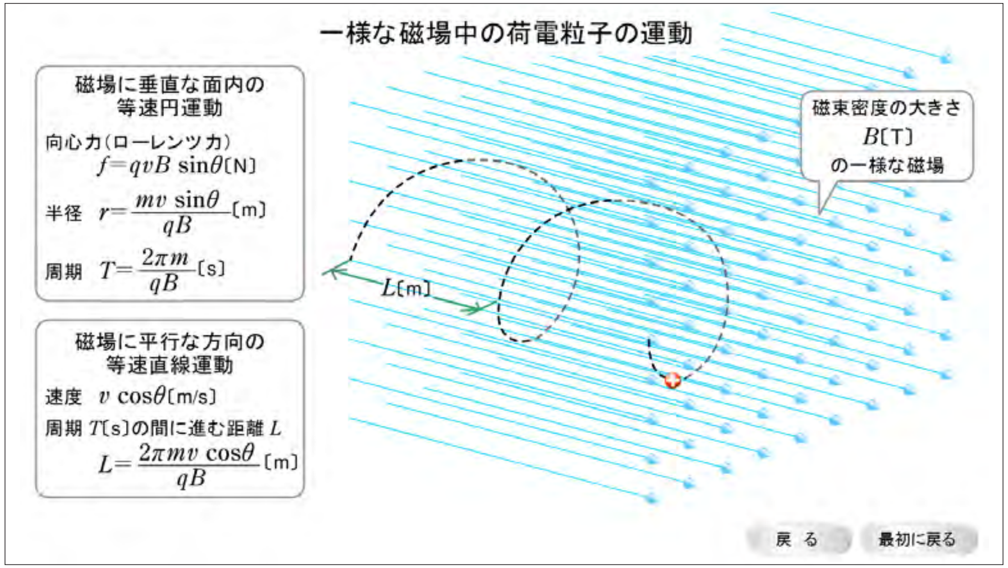


別紙 13-16

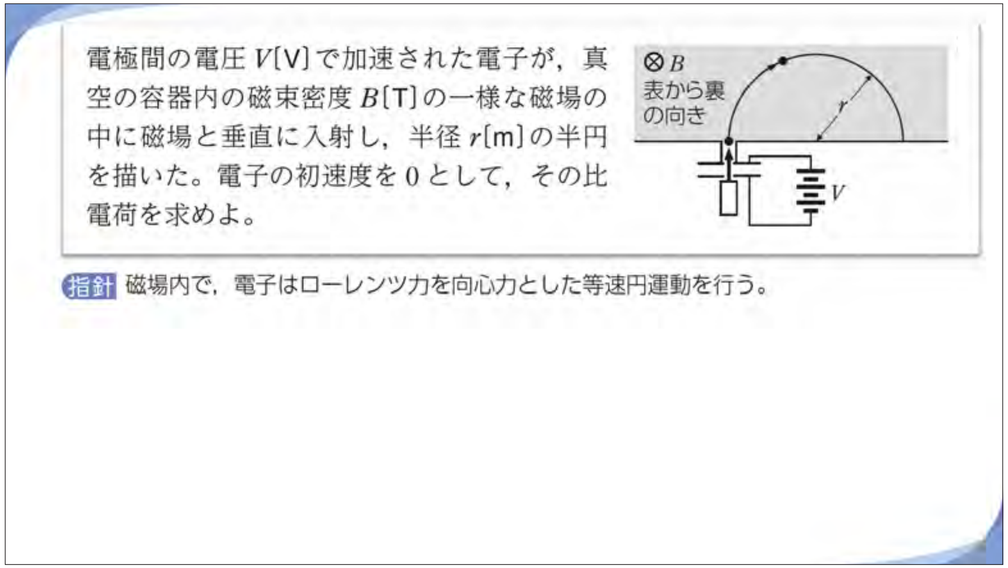


別紙 13-17

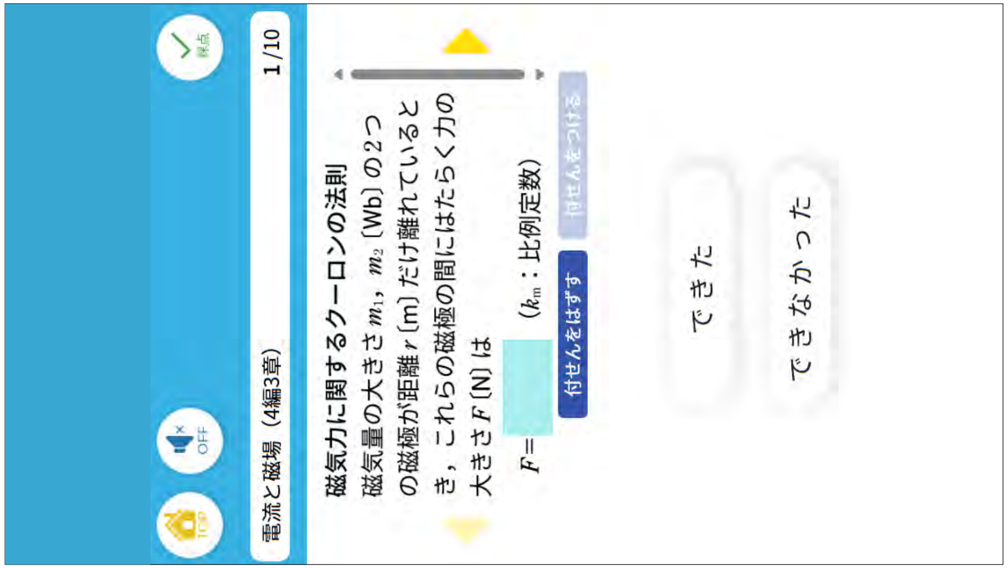
別紙 13-18



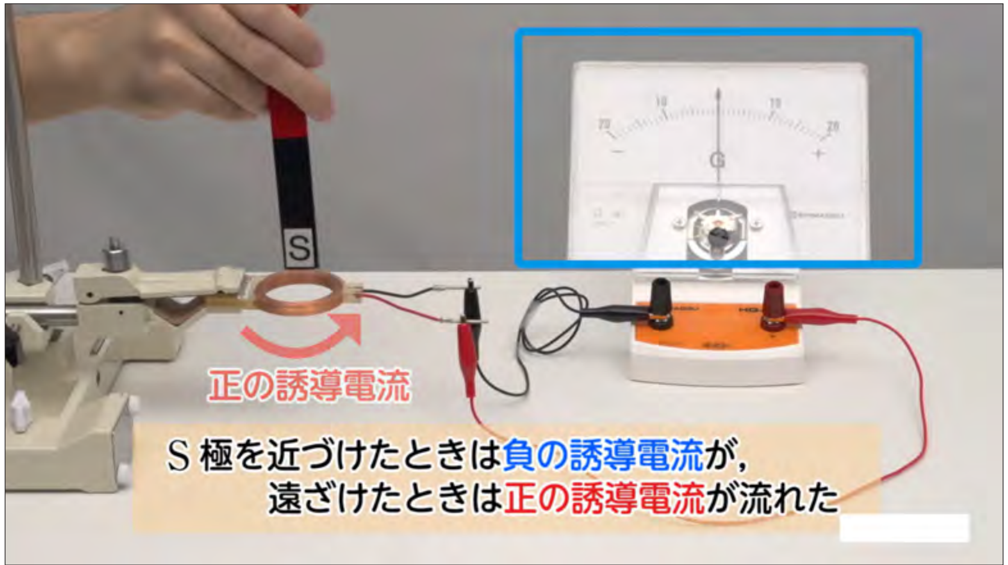
別紙 13-19



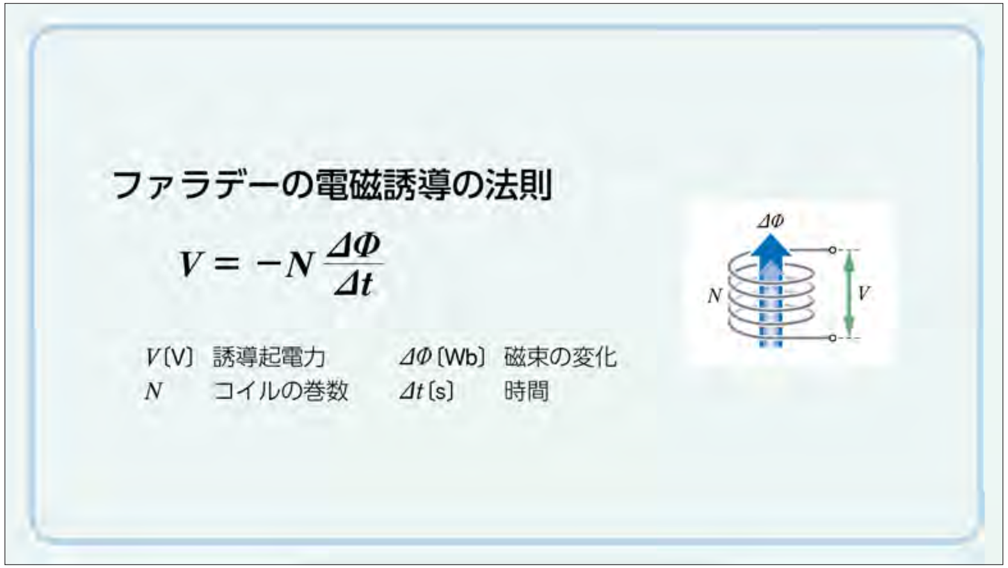
別紙 13-20



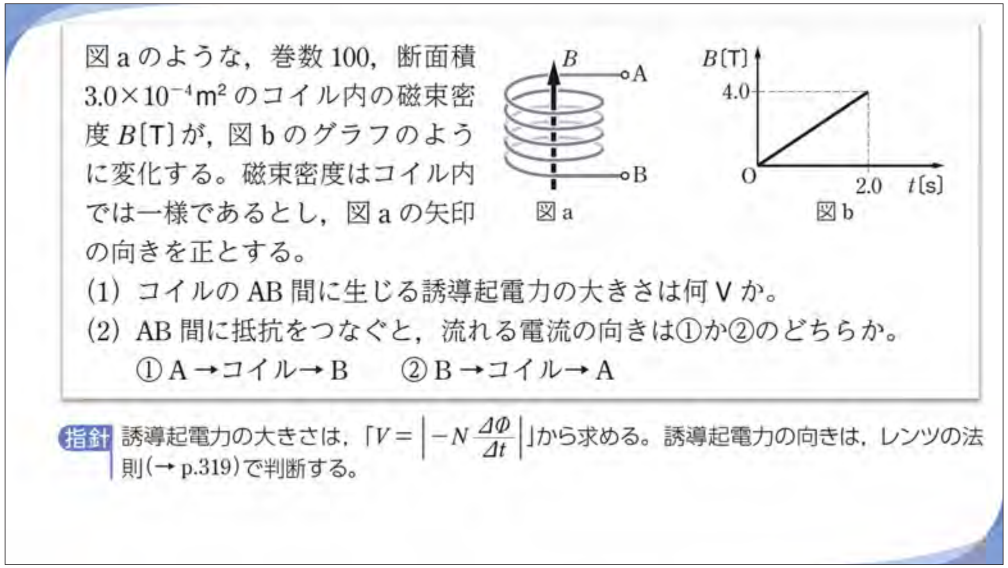
別紙 14-1



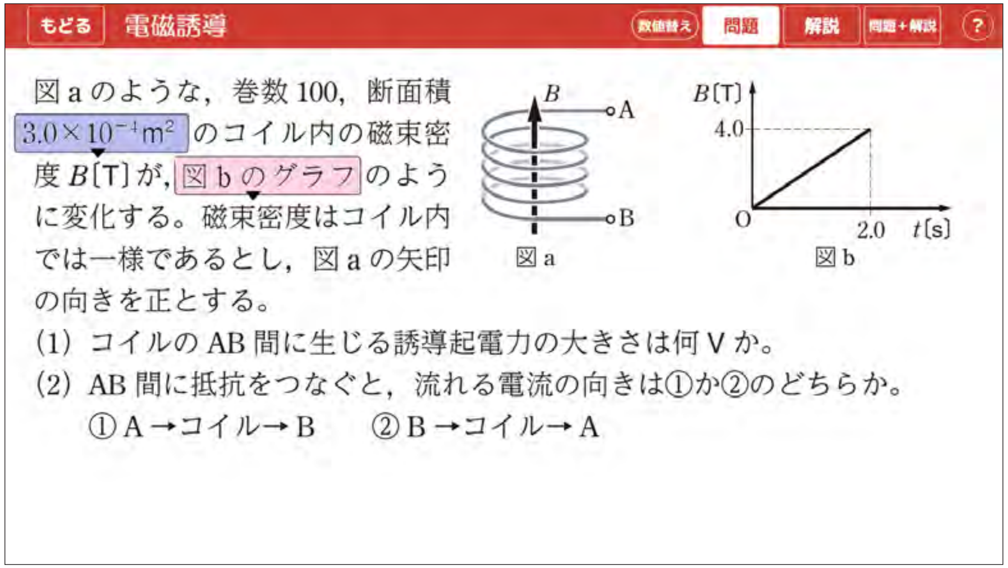
別紙 14-2



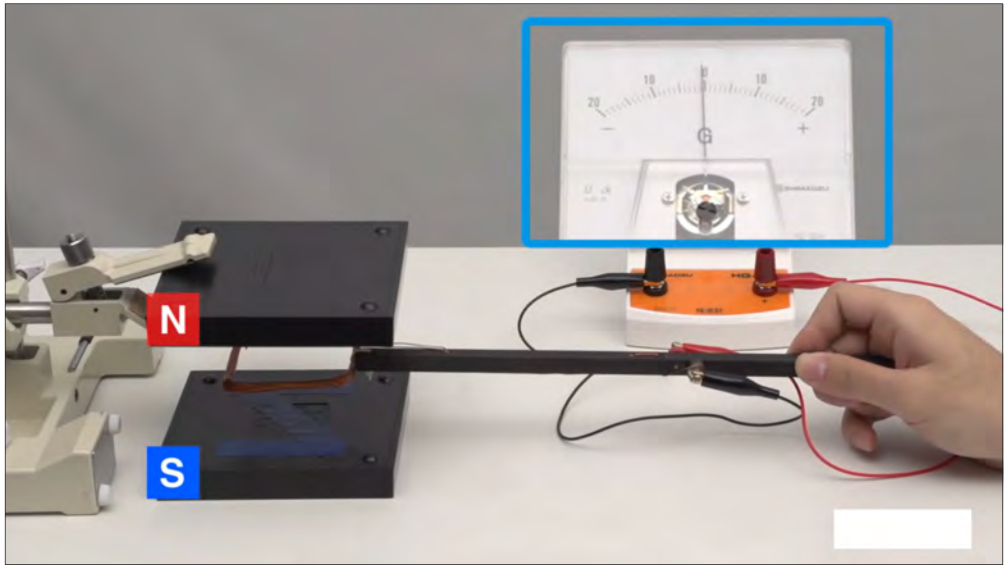
別紙 14-3



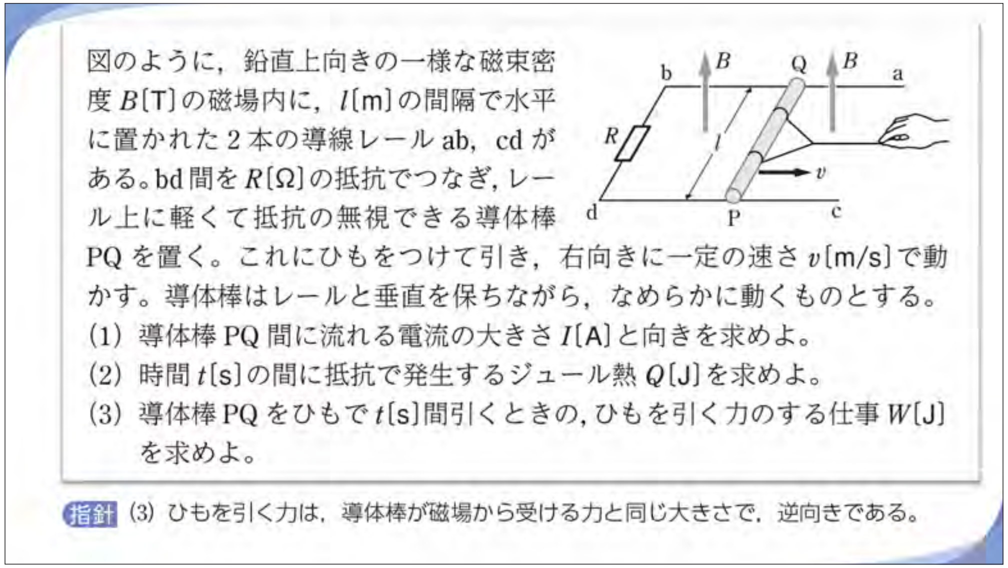
別紙 14-4



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[Ω]の抵抗でつなぎ，レール上に軽くて抵抗の無視できる導体棒 PQ を置く。これにひもをつけて引き，右向きに一定の速さ v[m/s]で動かす。導体棒はレールと垂直を保ちながら，なめらかに動くものとする。

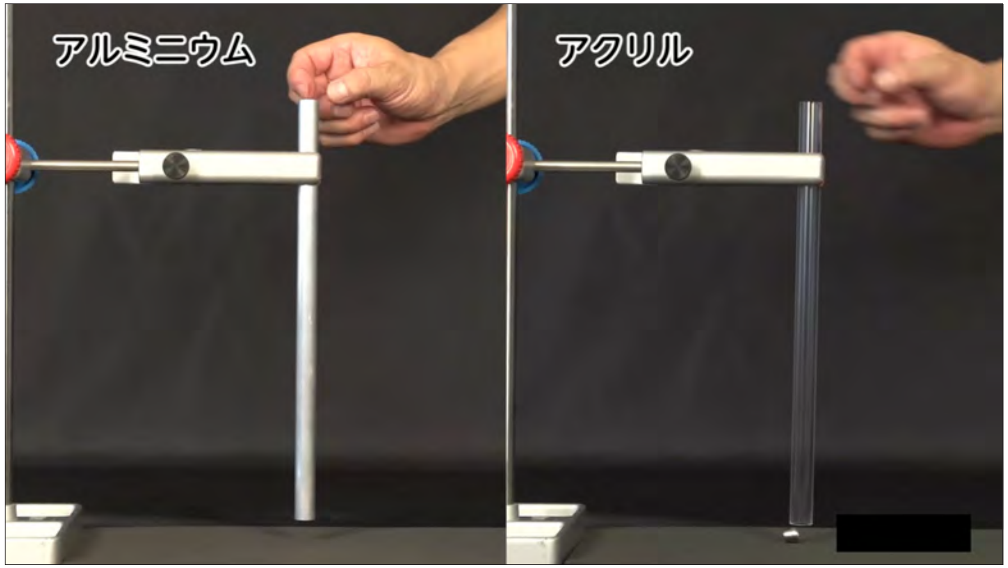
(1) 導体棒 PQ 間に流れる電流の大きさ I[A]と向きを求めよ。

(2) 時間 t[s]の間に抵抗で発生するジュール熱 Q[J]を求めよ。

(3) 導体棒 PQ をひもで t[s]間引くときの，ひもを引く力のする仕事 W[J]を求めよ。

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

別紙 14-7

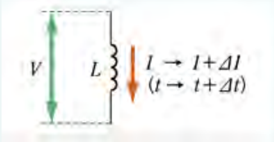


別紙 14-8

別紙 14-9

自己誘導

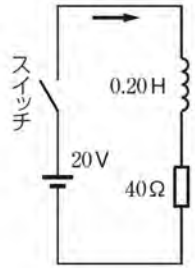
$$V = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$



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 0.20 H のコイル，抵抗値 40 Ω の抵抗，起電力 20 V の電源，スイッチが接続された回路がある。
(1) 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。
(2) 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。

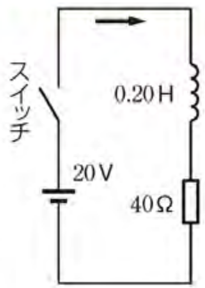


指針　スイッチを閉じた直後は，コイルの自己誘導によって，コイルに流れる電流が増加するのを妨げる向きの誘導起電力が生じる。

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 0.20 H のコイル，抵抗値 40 Ω の抵抗，起電力 20 V の電源，スイッチが接続された回路がある。
(1) 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。
(2) 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

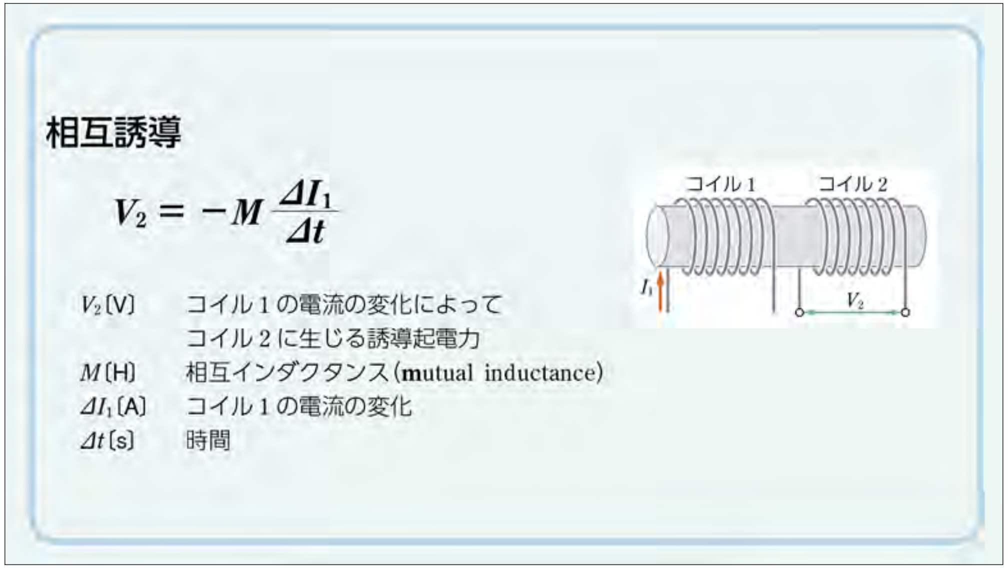
コイルに蓄えられるエネルギー

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

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 14-13

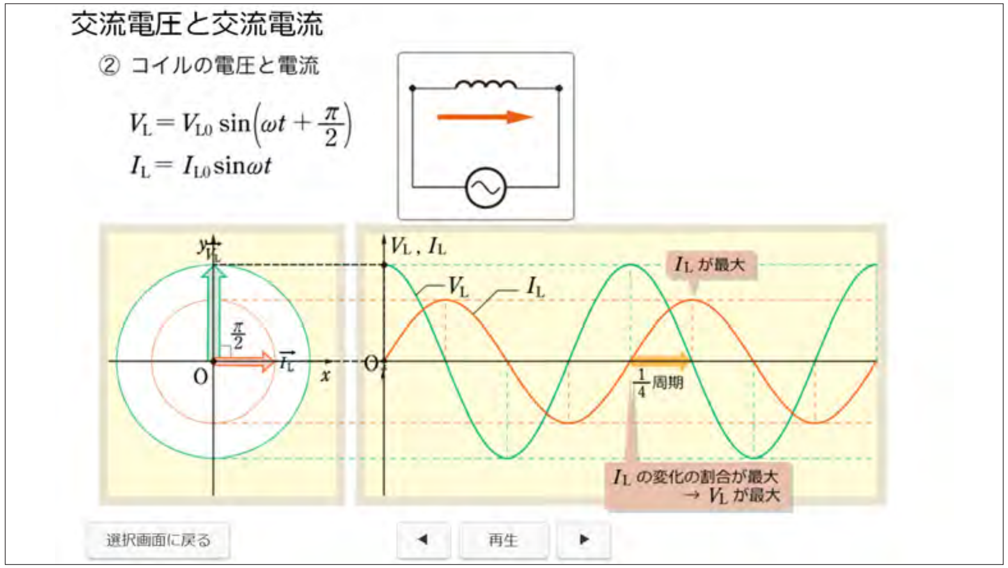
別紙 14-14



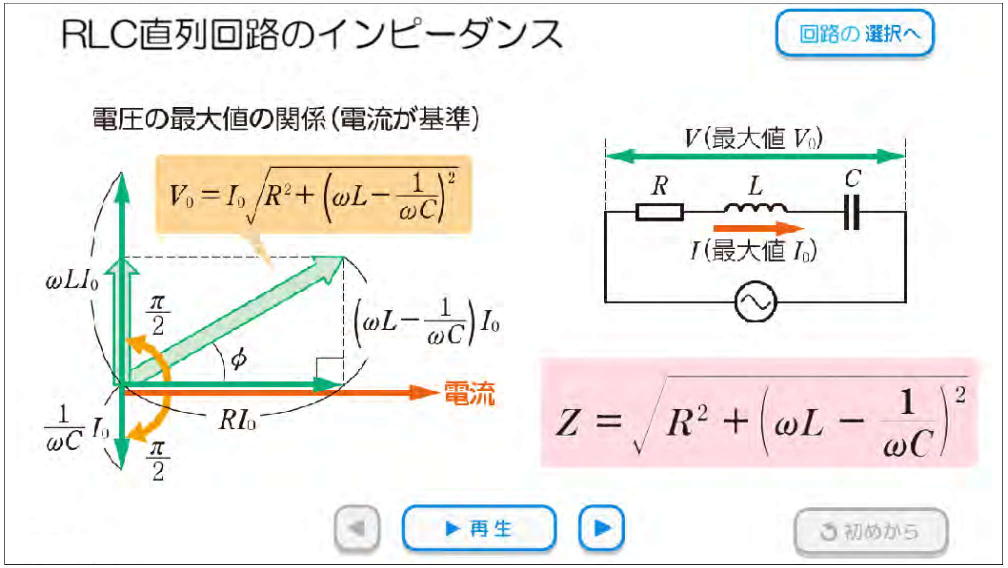
別紙 14-15

別紙 14-16

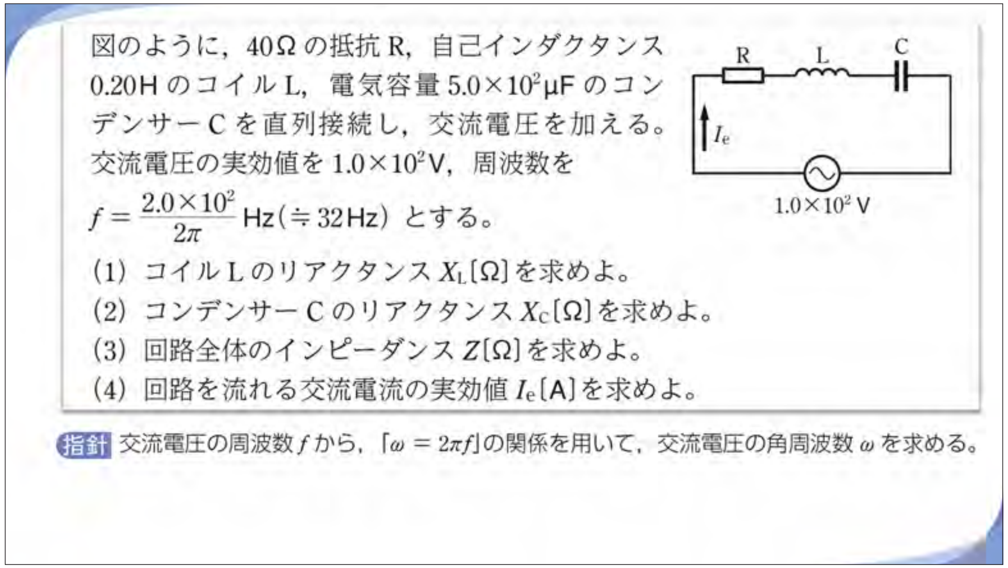
別紙 14-17



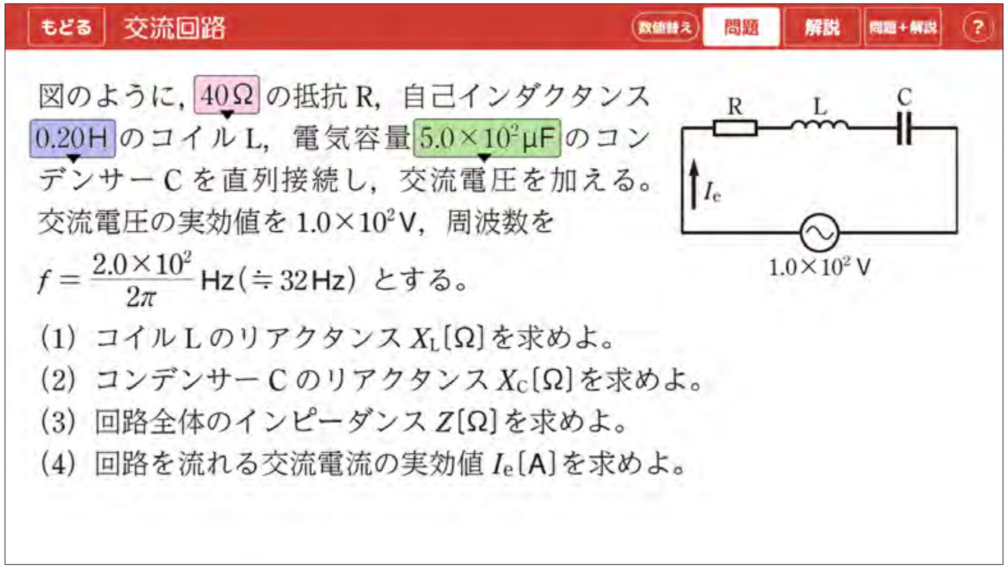
別紙 14-18



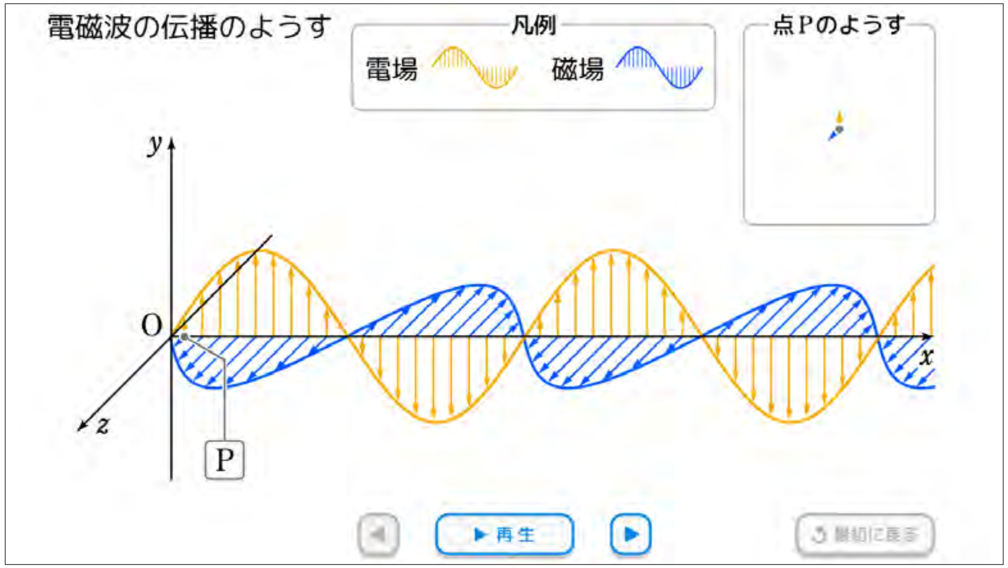
別紙 14-19



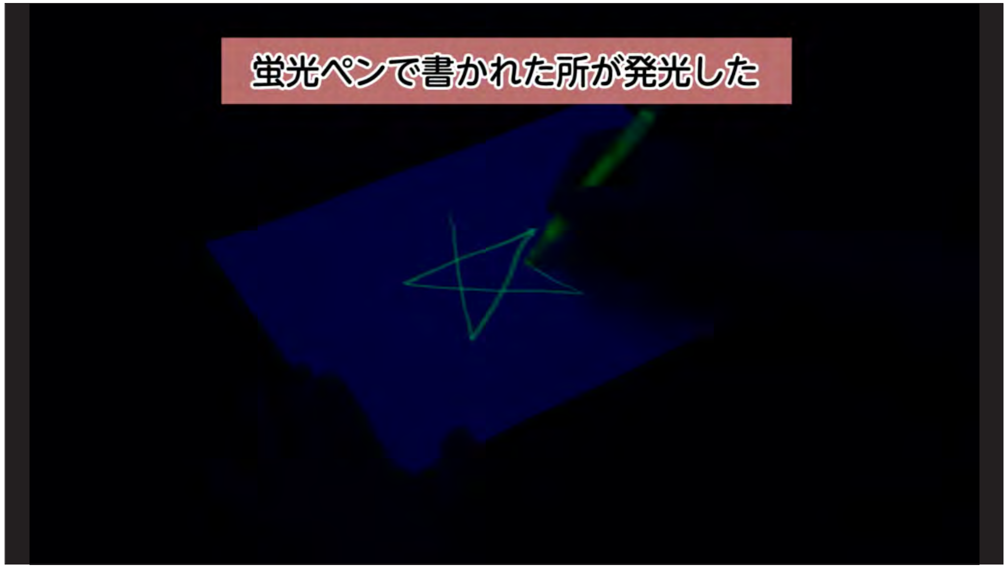
別紙 14-20



別紙 14-21

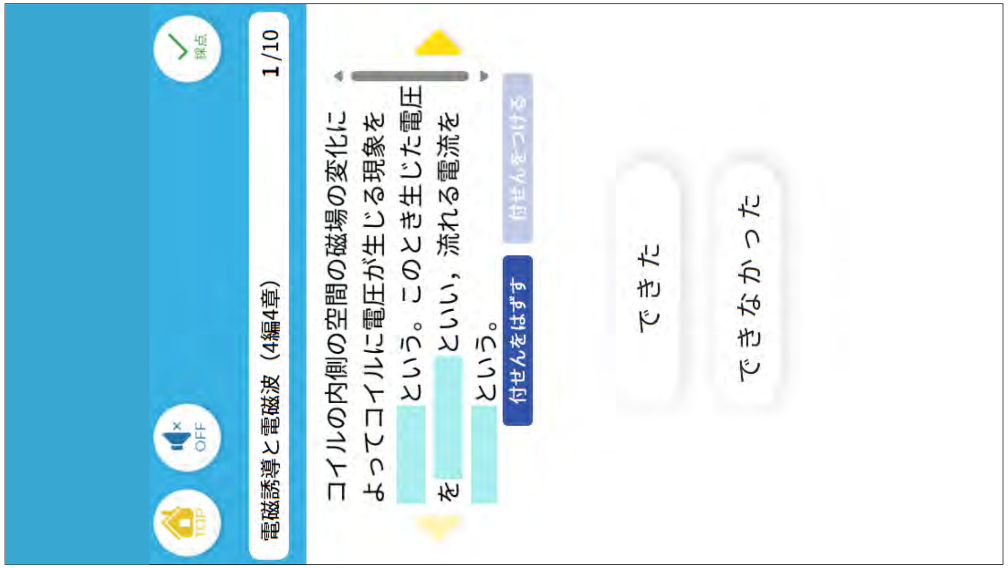


別紙 14-22



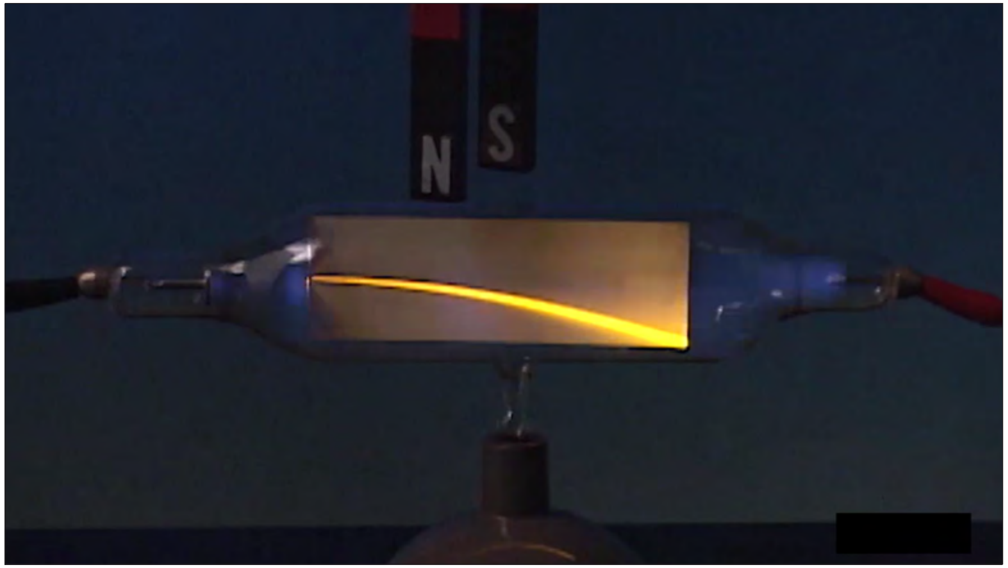
別紙 14-23

別紙 14-24



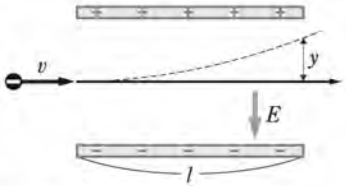
別紙 15-1

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。



(1) 電場内での電子の加速度の大きさ a[m/s²]を求めよ。

(2) 電子が電場を通過する時間 t[s]を求めよ。電子は極板に当たることなく電場を通過するものとする。

(3) 電子が電場を通過する間に，電場と平行な方向に距離 y[m]だけずれたとする。電子の比電荷 $\frac{e}{m}$ を，E，v，l，y を用いて表せ。

(4) $l = 2.5\times10^{-2}$m，$E = 2.0\times10^{3}$V/m，$v = 1.0\times10^{7}$m/s の条件で実験を行い，$y = 1.1\times10^{-3}$m の結果が得られた。比電荷の値を求めよ。

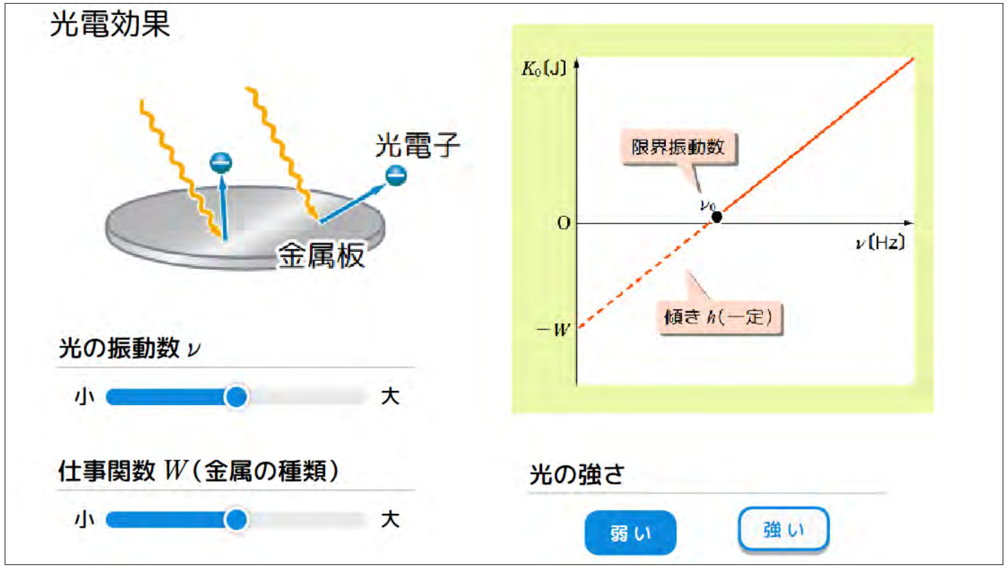
別紙 15-4

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。

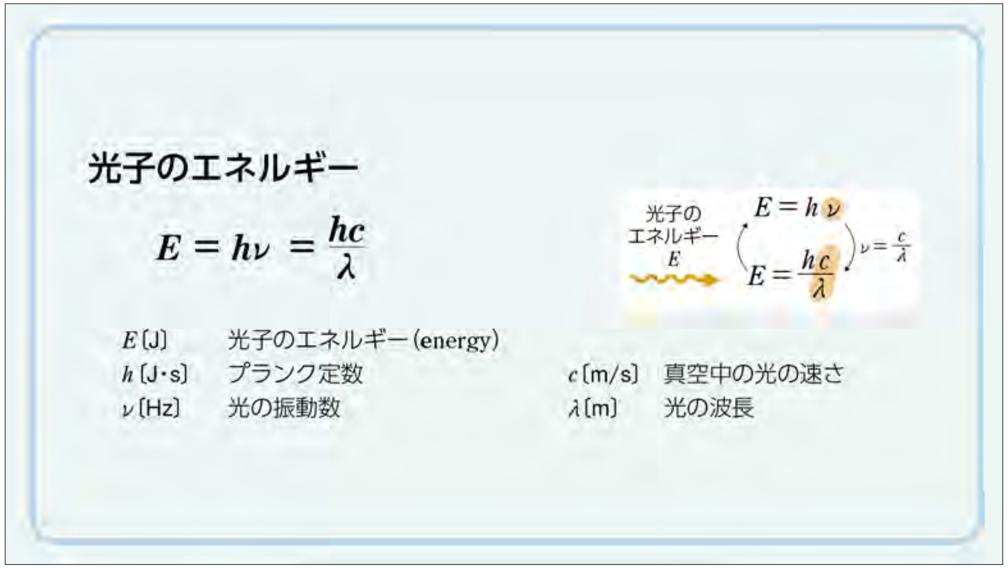
指針 大きさの順で隣りあう 2 つの測定値の差は，e の整数倍に相当する。

別紙 15-5

別紙 15-6

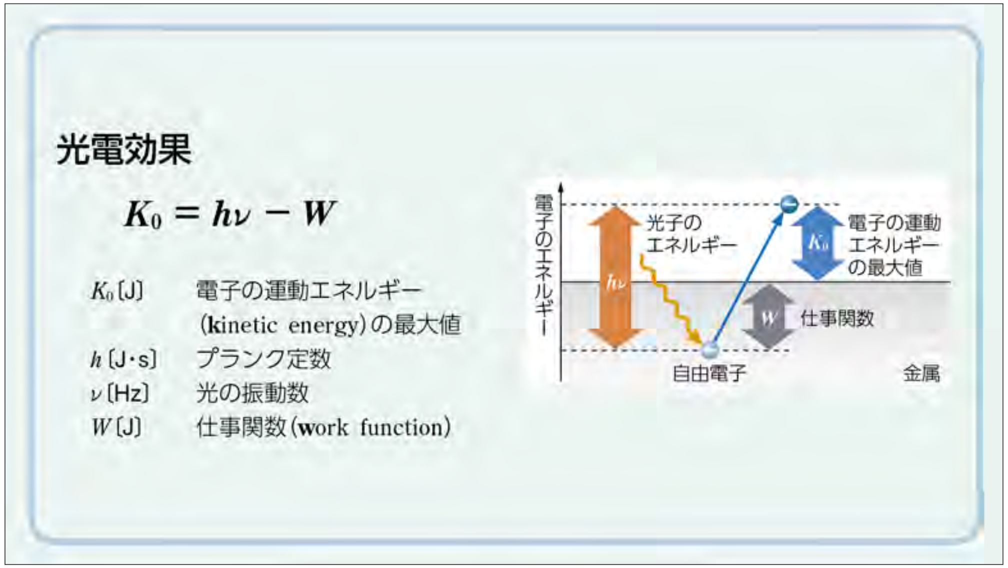


別紙 15-7

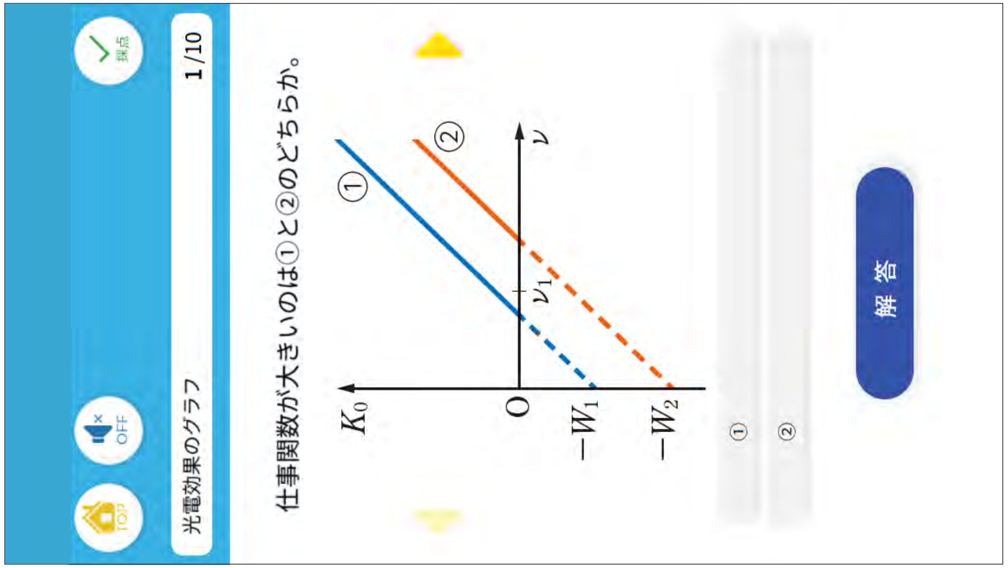


別紙 15-8

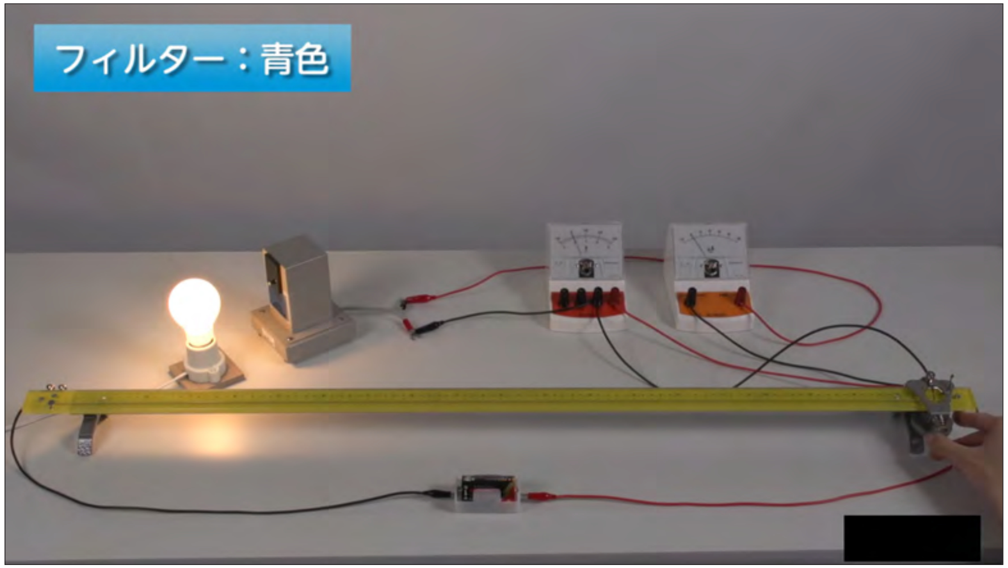
別紙 15-9



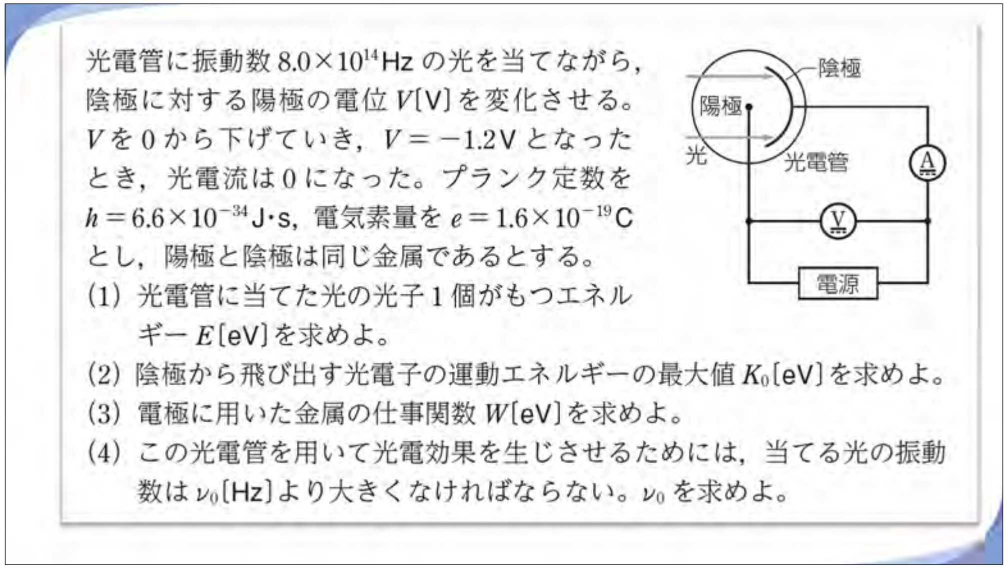
別紙 15-10



別紙 15-11



別紙 15-12


光電管に振動数 8.0×10^{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 $h=6.6\times10^{-34}$J・s，電気素量を $e=1.6\times10^{-19}$C とし，陽極と陰極は同じ金属であるとする。

(1) 光電管に当てた光の光子 1 個がもつエネルギー E[eV]を求めよ。

(2) 陰極から飛び出す光電子の運動エネルギーの最大値 K_0[eV]を求めよ。

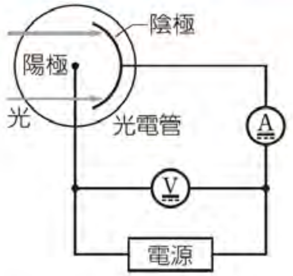
(3) 電極に用いた金属の仕事関数 W[eV]を求めよ。

(4) この光電管を用いて光電効果を生じさせるためには，当てる光の振動数は ν_0[Hz]より大きくなければならない。ν_0 を求めよ。

別紙 15-13

もどる　光電効果　数値替え　問題　解説　問題＋解説　?

光電管に振動数 8.0×10^{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 $h=6.6\times10^{-34}$ J·s，電気素量を $e=1.6\times10^{-19}$ C とし，陽極と陰極は同じ金属であるとする。



(1) 光電管に当てた光の光子 1 個がもつエネルギー E[eV] を求めよ。

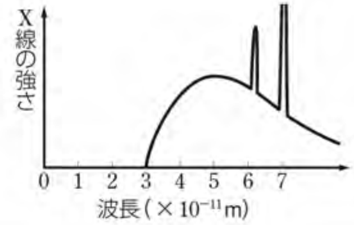
(2) 陰極から飛び出す光電子の運動エネルギーの最大値 K_0[eV] を求めよ。

(3) 電極に用いた金属の仕事関数 W[eV] を求めよ。

(4) この光電管を用いて光電効果を生じさせるためには，当てる光の振動数は ν_0[Hz] より大きくなければならない。ν_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[V] を求めよ。プランク定数を $h=6.6\times10^{-34}$ J·s，真空中の光の速さを $c=3.0\times10^{8}$ m/s，電気素量を $e=1.6\times10^{-19}$ 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 $E=\dfrac{hc}{\lambda}$ 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　$E=h\nu=\dfrac{hc}{\lambda}$

光子の運動量　$p=\dfrac{h\nu}{c}=\dfrac{h}{\lambda}$

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

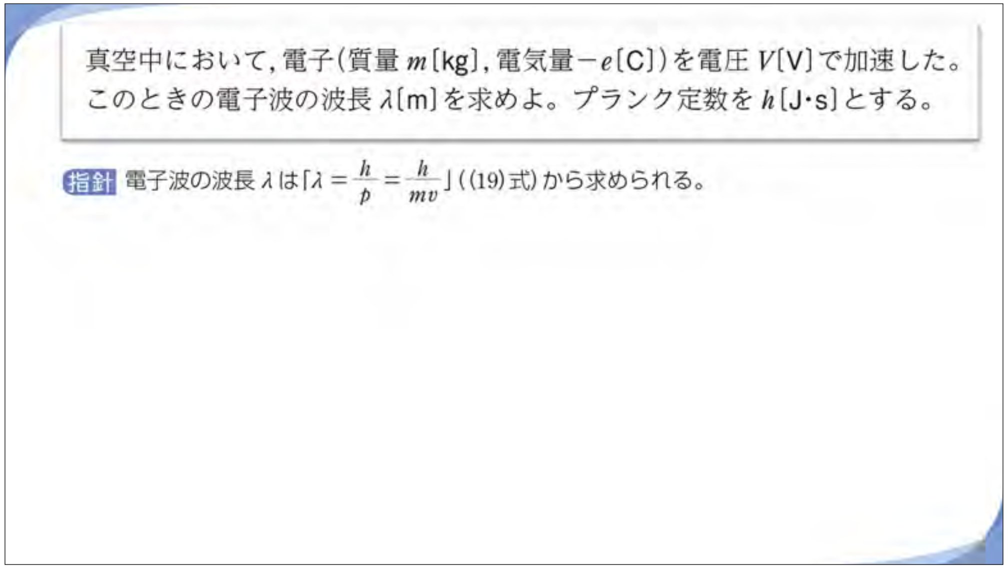
別紙 15-16

ド・ブロイ波長

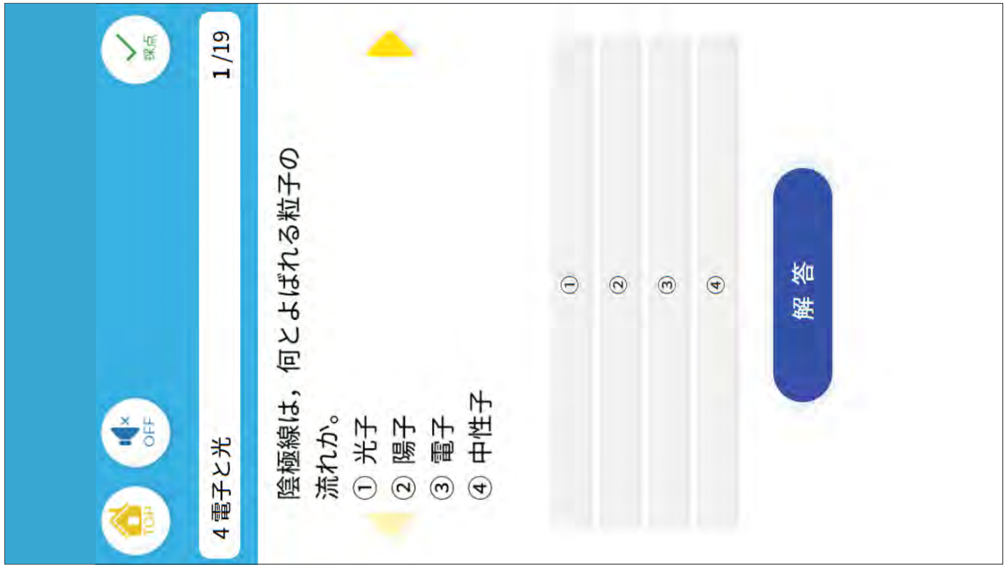
$$\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}$$

λ [m]	ド・ブロイ波長	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



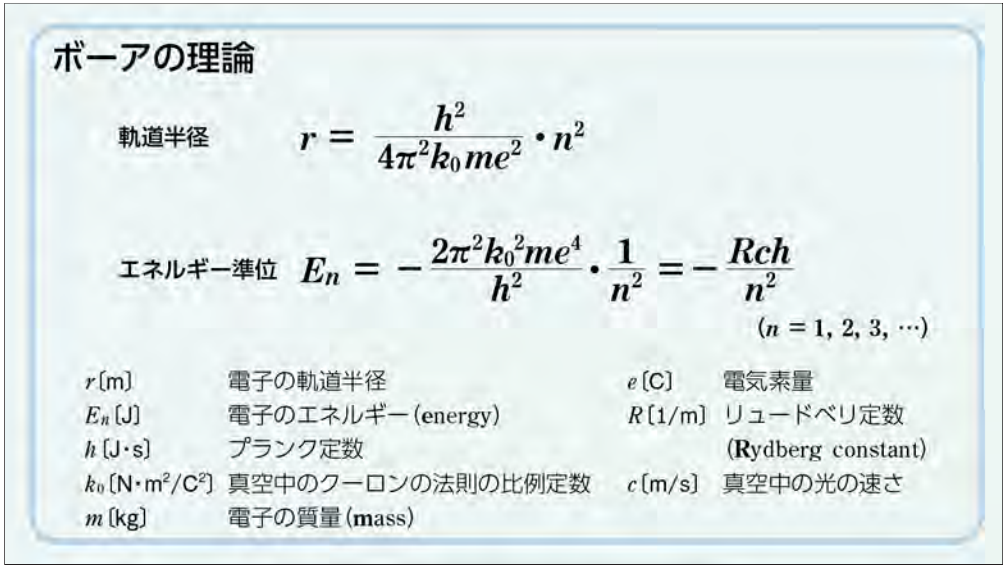
別紙 15-18



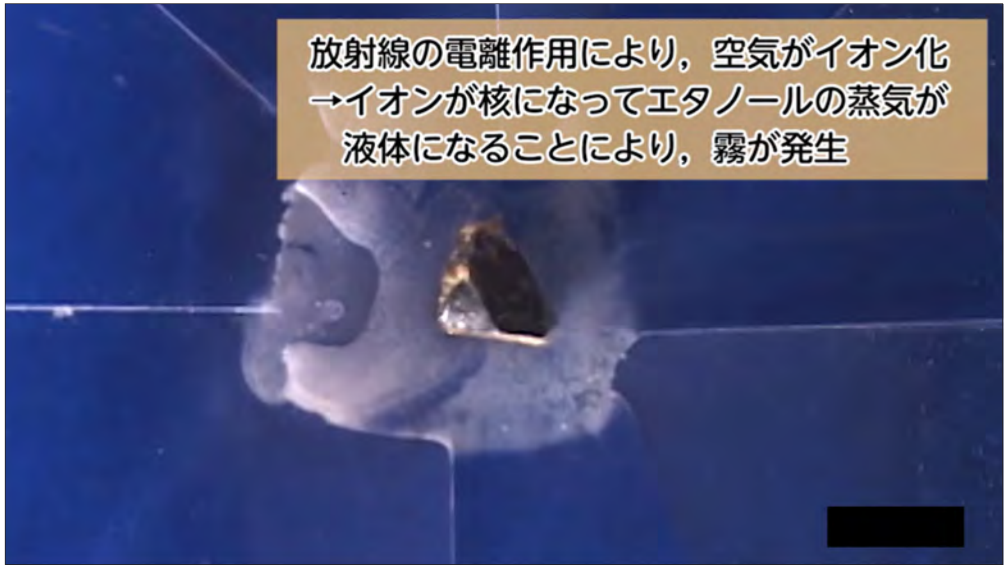
別紙 15-19

別紙 16-1

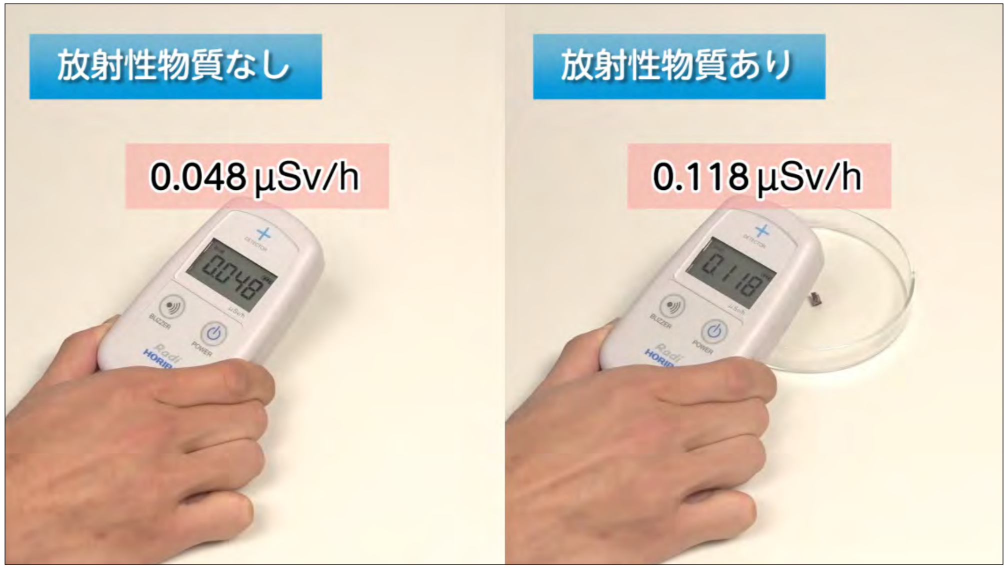
別紙 16-2



別紙 16-3



別紙 16-4



別紙 16-5

$^{235}_{92}$U は，α 崩壊を 7 回，β 崩壊を 4 回行って，安定な原子核になる。この原子核の原子番号 Z と質量数 A を求めよ。

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

別紙 16-6

もどる　放射性崩壊　数値替え　問題　解説　問題＋解説　?

$^{235}_{92}$U は，α 崩壊を 7 回，β 崩壊を 4 回行って，安定な原子核になる。この原子核の原子番号 Z と質量数 A を求めよ。

別紙 16-7

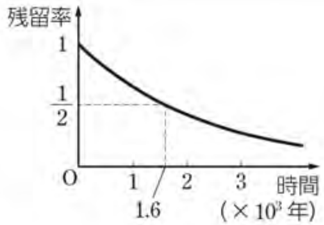
半減期

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

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 $^{226}_{88}$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。



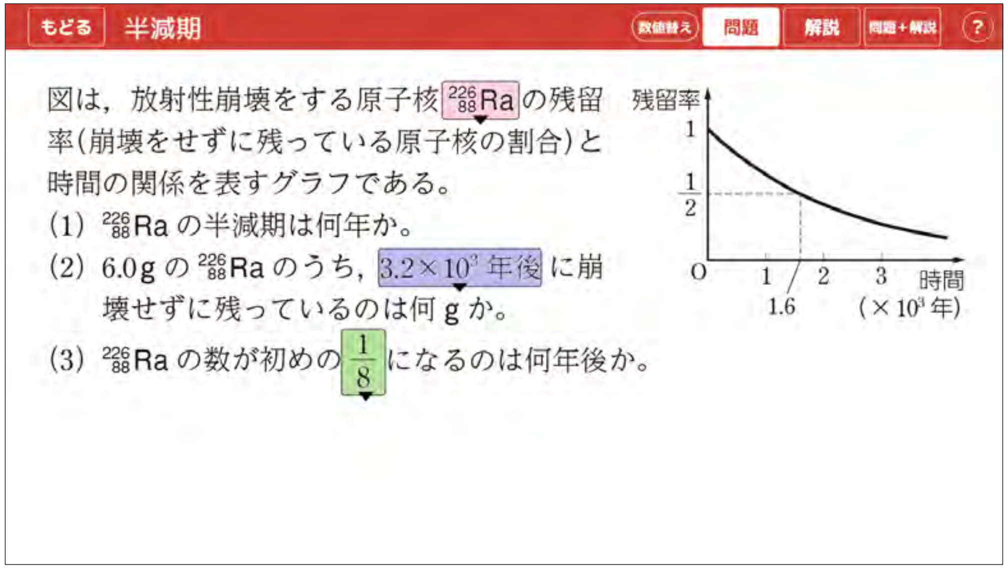
(1) $^{226}_{88}$Ra の半減期は何年か。

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

(3) $^{226}_{88}$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。

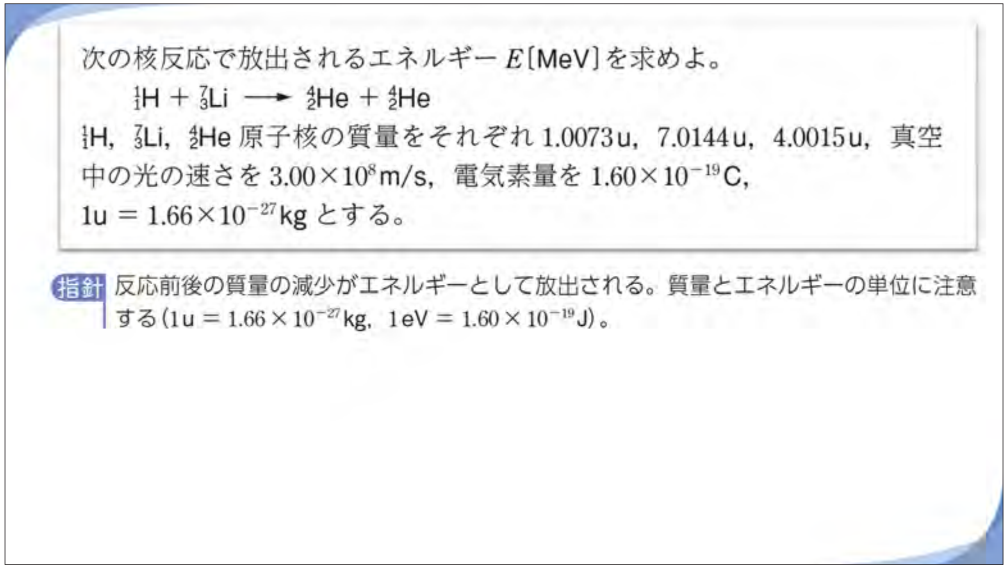
別紙 16-9



別紙 16-10

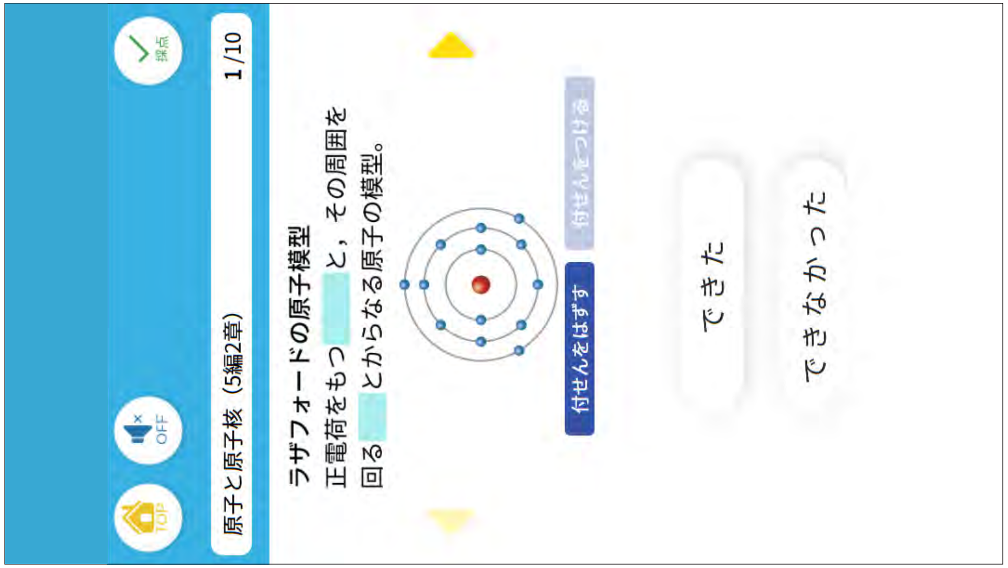
別紙 16-11

別紙 16-12



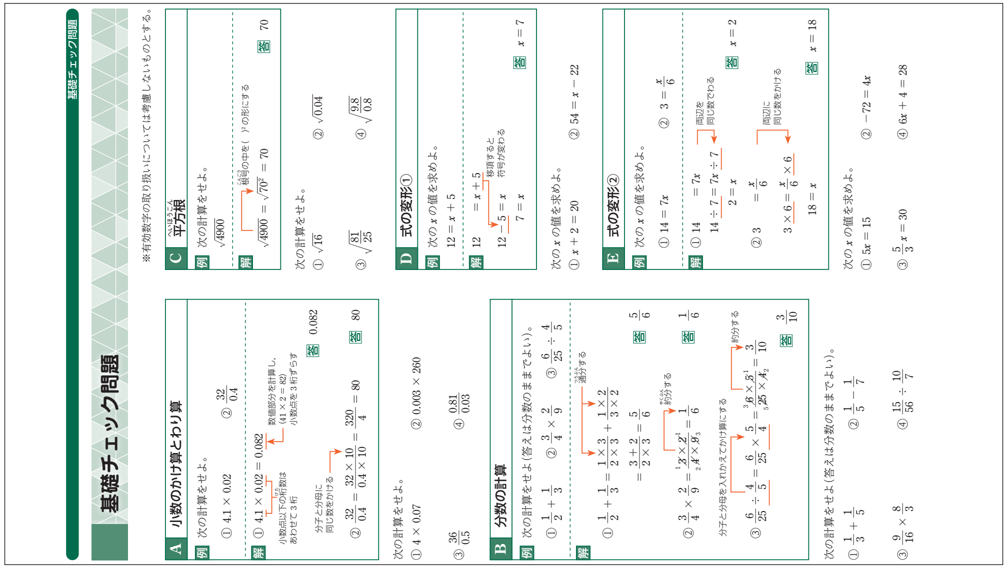
別紙 16-13

別紙 16-14

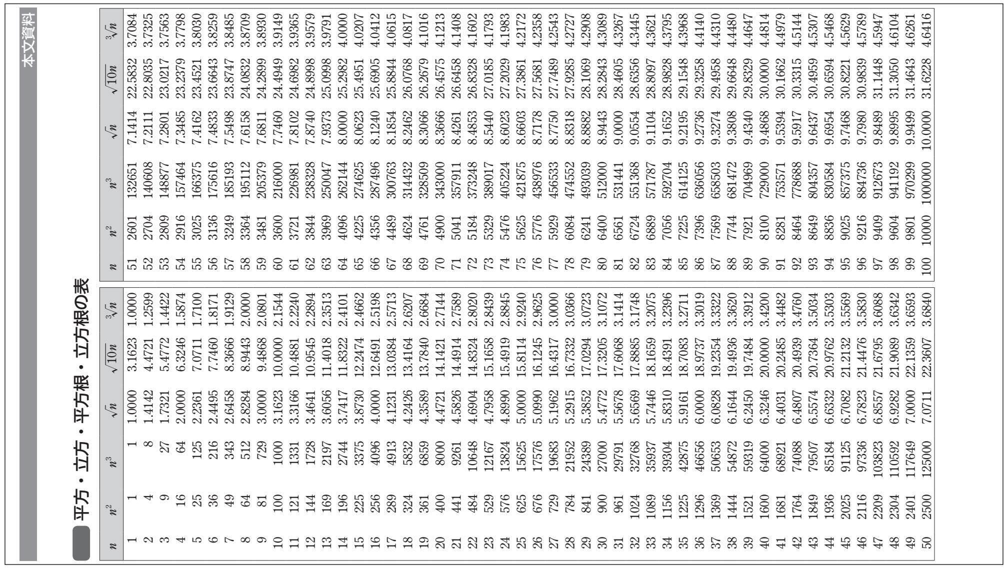


別紙 17-1

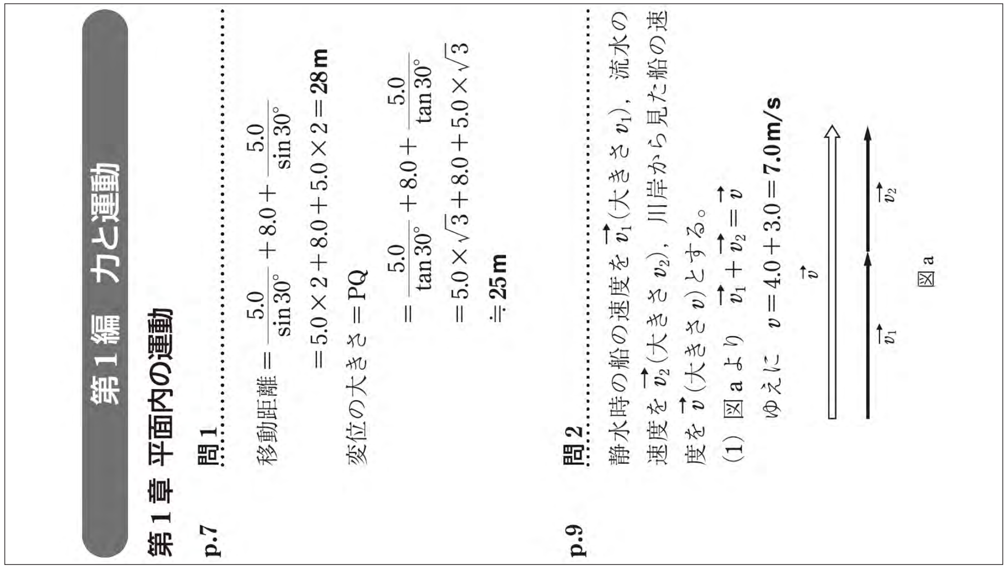
別紙 17-2



別紙 17-3



別紙 17-4



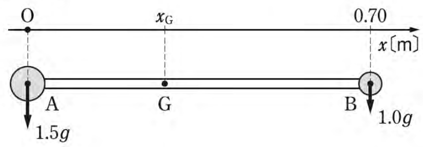
別紙 17-5

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。



「$x_G = \dfrac{m_1x_1 + m_2x_2}{m_1 + m_2}$」より

$$x_G = \frac{1.5 \times 0 + 1.0 \times 0.70}{1.5 + 1.0}$$
$$= \mathbf{0.28\,m}$$

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 17-6

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 $mv = 3.0 \times 1.5 = \mathbf{4.5\,kg \cdot m/s}$

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。

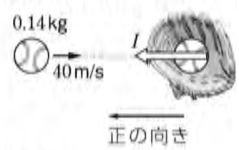
「$mv' - mv = F\Delta t$」より

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

よって　$v' = \mathbf{1.5\,m/s}$

p.44　**問 16**

図のように，ボールが受けた力積 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

第1編　力と運動

第4章 円運動と万有引力

p.65　**問 21**

$t = 5.0\,\mathrm{s}$ 間で，$\theta = 180° = \pi\,\mathrm{rad}$ だけ回転したので，半径 $r = 8.0\,\mathrm{m}$ より

角速度　$\omega = \dfrac{\theta}{t} = \dfrac{\pi}{5.0} = 0.20\pi \fallingdotseq \mathbf{0.63\,rad/s}$

速さ　$v = r\omega = 8.0 \times 0.20\pi \fallingdotseq \mathbf{5.0\,m/s}$

p.66　**問 22**

$$T = \frac{1\,分間}{15\,回転} = \frac{60\,\mathrm{s}}{15\,回転} = \mathbf{4.0\,s}$$

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

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4.0} = 0.50\pi \fallingdotseq \mathbf{1.6\,rad/s}$$

$$v = r\omega = 0.40 \times 0.50\pi \fallingdotseq \mathbf{0.63\,m/s}$$

p.67　**問 23**

半径 $r = 5.0 \times 10^2\,\mathrm{m}$，速さ $v = 60\,\mathrm{m/s}$ より

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{60}{5.0 \times 10^2} = \mathbf{0.12\,rad/s}$$

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

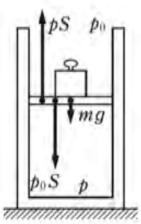
別紙 17-8

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〔m²〕，重力加速度の大きさを g〔m/s²〕とすると，ピストンにはたらく力のつりあいより



$$pS - mg - p_0S = 0$$

$$p = p_0 + \frac{mg}{S} = (1.0 \times 10^5) + \frac{10 \times 9.8}{4.9 \times 10^{-3}}$$
$$= (1.0 \times 10^5) + (2.0 \times 10^4)$$
$$= \mathbf{1.2 \times 10^5\,Pa}$$

別紙 17-9

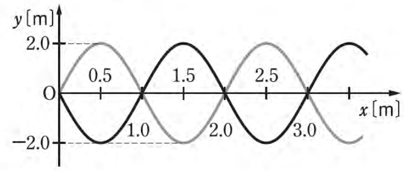
第3編　波

第1章 波の伝わり方

p.148　**問1**

波の速さは 0.10m/s なので，30 秒間に波形の進む距離は $0.10 \times 30 = 3.0$m

よって，波の進む正の向きに 3.0m 平行移動させればよい。



p.148　**問2**

まず，振動の周期 T〔s〕を求める。y-x 図より波長は $\lambda = 6.0$m，波の速さは $v = 1.5$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，$x = 6.0$m の媒質がどのように時間変化するかを調べる。$t = 0$s での変位は y-x 図より $y = 0$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 17-10

第3編　波

第2章 音の伝わり方

p.174　**問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

$$f' = \frac{V}{V - v_S} f > f \qquad \cdots\cdots①$$

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**。

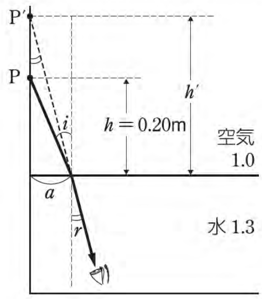
別紙 17-11

第3編　波

第3章 光

p.185　**類題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

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

よって　$h' \fallingdotseq 1.3 \times h = 1.3 \times 0.20$

$= \mathbf{0.26m}$

別紙 17-12

第4編　電気と磁気

第1章 電場

p.225　**問1**

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

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

$$= \mathbf{2.0 \times 10^{11}}\ \textbf{個}$$

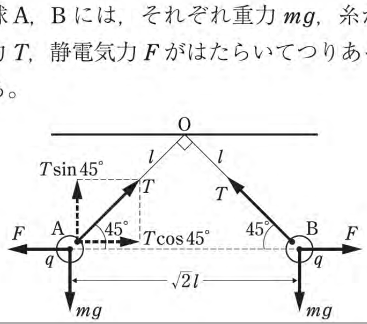
p.226　**問2**

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

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

p.227　**類題1**

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



別紙 17-13

第4編　電気と磁気

第2章 電流

p.267　**問 20**

「$I=\dfrac{Q}{t}$」より

$$I=\frac{9.6}{30}=\mathbf{0.32\,A}$$

p.267　**問 21**

「$V=RI$」より　$R=\dfrac{V}{I}=\dfrac{10}{0.40}=\mathbf{25\,\Omega}$

p.268　**問 22**

「$I=envS$」より

$$1.7=(1.6\times10^{-19})\times(8.5\times10^{28})\times v\times(1.0\times10^{-6})$$

よって

$$v=\frac{1.7}{(1.6\times10^{-19})\times(8.5\times10^{28})\times(1.0\times10^{-6})}$$

$\fallingdotseq\mathbf{1.3\times10^{-4}\,m/s}$

別紙 17-14

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

$$H=\frac{1.2\times10^{-2}}{1.0\times10^{-3}}=\mathbf{12\,N/Wb}$$

p.301　**問 38**

「$H=\dfrac{I}{2\pi r}$」より

$$H=\frac{4.0}{2\times3.14\times0.50}\fallingdotseq\mathbf{1.3\,A/m}$$

p.301　**問 39**

「$H=N\dfrac{I}{2r}$」より

$$H=10\times\frac{0.50}{2\times0.10}=\mathbf{25\,A/m}$$

別紙 17-15

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**

「$V=-N\dfrac{\varDelta\Phi}{\varDelta t}$」より

$$|V|=100\times\frac{2.5\times10^{-4}}{0.10}=\mathbf{0.25\,V}$$

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

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

と表される。

① $V=\left|-N\dfrac{B_0S}{T}\right|=\boldsymbol{\dfrac{NB_0S}{T}}$〔V〕

② **0V**

③ $V=\left|-N\dfrac{(-B_0)S}{2T}\right|=\boldsymbol{\dfrac{NB_0S}{2T}}$〔V〕

別紙 17-16

第5編　原子

第1章 電子と光

p.370　**問 1**

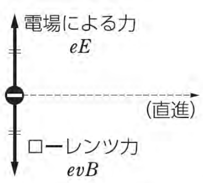
円運動の向心力はローレンツ力 evB だから

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

よって　$\boldsymbol{\dfrac{e}{m}=\dfrac{v}{Br}}$〔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

$$eE-evB=0$$

ゆえに　$\boldsymbol{v=\dfrac{E}{B}}$〔m/s〕

別紙 17-17

第5編　原子

第2章 原子と原子核

p.400　**問 10**

定常状態 $E_3 = -1.5\,\mathrm{eV}$ から $E_1 = -13.6\,\mathrm{eV}$ 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

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

波長を λ〔m〕とする。

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

「$E = \dfrac{hc}{\lambda}$」より

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

$$\fallingdotseq \mathbf{1.0 \times 10^{-7}\,m}$$

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**

別紙 17-18

資料編

本文資料

p.454　**問 1**

$v = h^x g^y$ の両辺の単位を比較すると

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

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

よって　$x + y = 1$

$2y = 1$

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

別紙 17-19

思考学習

p.39　**糸巻きの転がり方**

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。

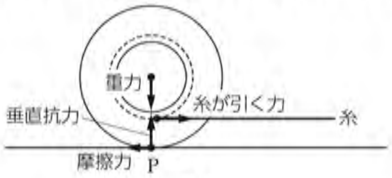


図 a

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，回転運動に寄与している。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。

別紙 17-20