

アクリル棒を近づけたまま、金属棒をはねのけ、アクリル棒を遠ざけます

実験3 箔検電器の実験

総合2 p.117

【目的】 箔検電器の箔が開いたり閉じたりする理由を自由電子の移動から考える。

【準備】 箔検電器 (2 個), アクリル棒, ポリエチレンの袋, 塩化ビニル棒, 紙, 金属棒, 絶縁棒

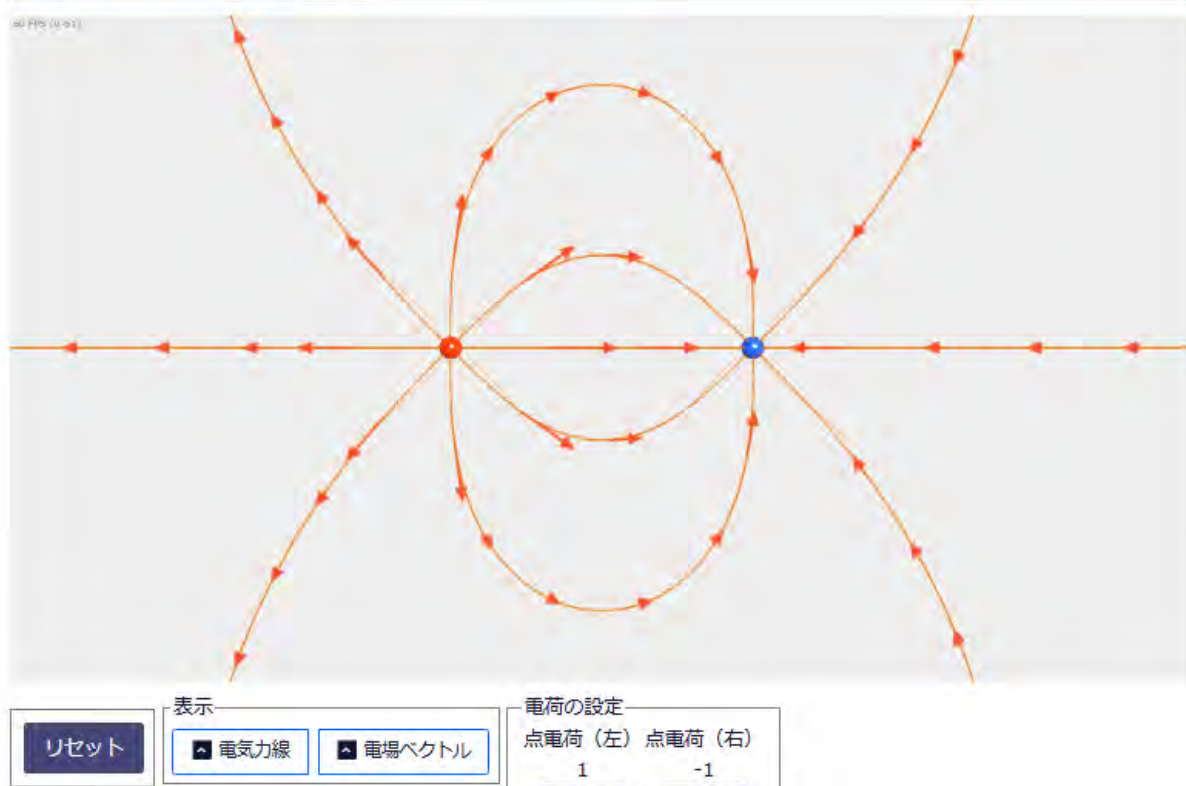
【方法と結果】 ① ポリエチレンの袋でこすったアクリル棒や, 紙でこすった塩化ビニル棒を箔検電器に上から近づけると, 箔はそれぞれどうなるかを調べる。

(結果)

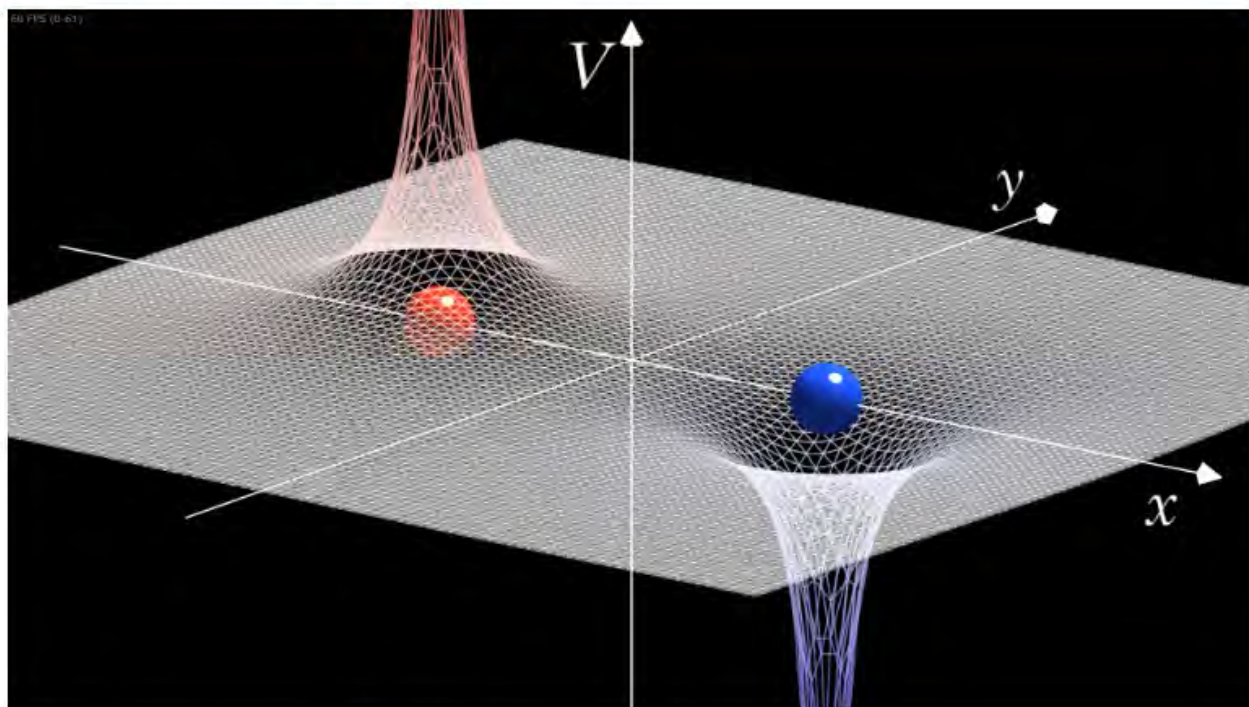
② 教科書の図 i のように, ポリエチレンの袋でこすったアクリル棒を箔検電器の金属板に近づけたまま, 箔検電器の金属板に指を触れると, 箔はどうなるかを調べる。またその状態で, 指を離してからアクリル棒を遠ざけると, 箔はどうなるかを調べる。

別紙82-2

点電荷で生じる電場と電気力線



点電荷で生じる電場の電位



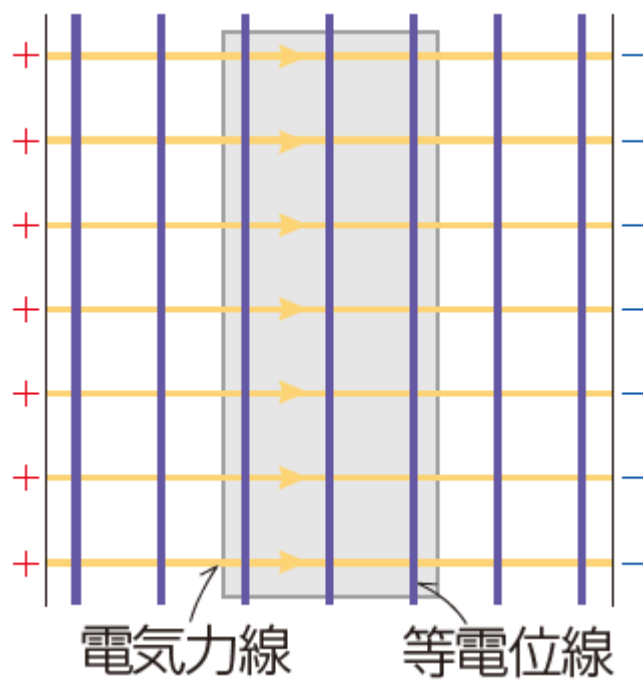
電荷の設定

点電荷 (左) 点電荷 (右)

視点操作

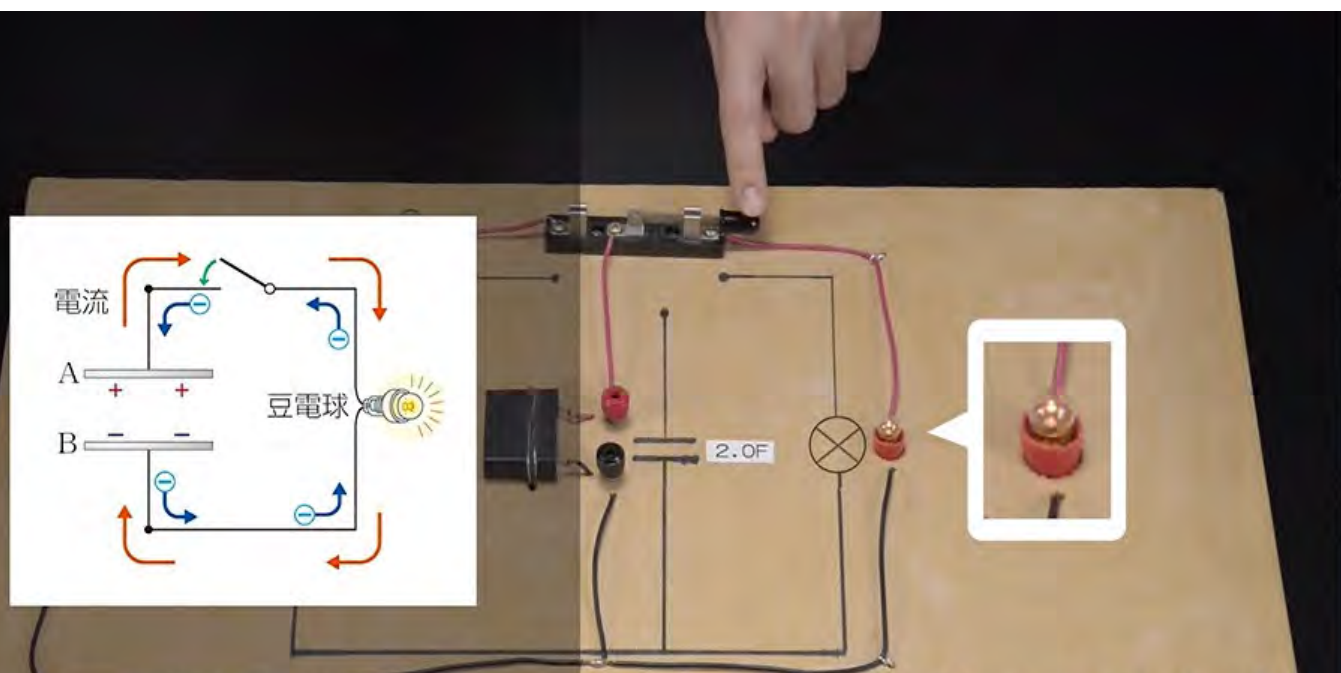
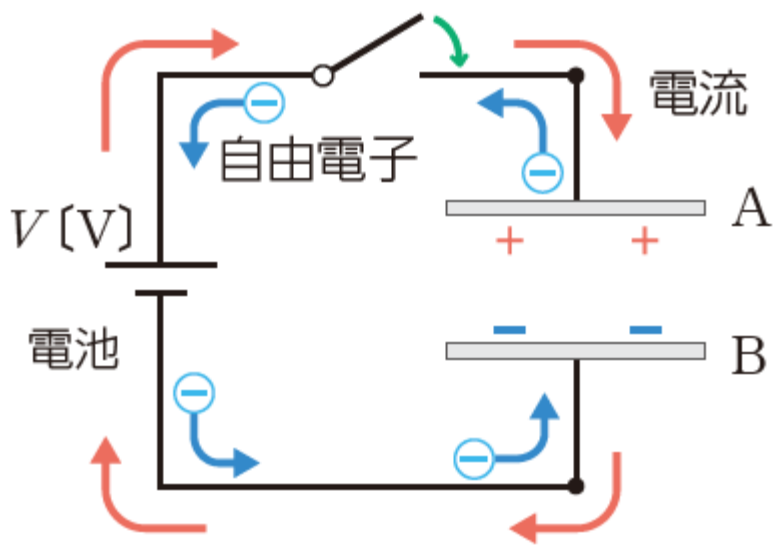
立体図



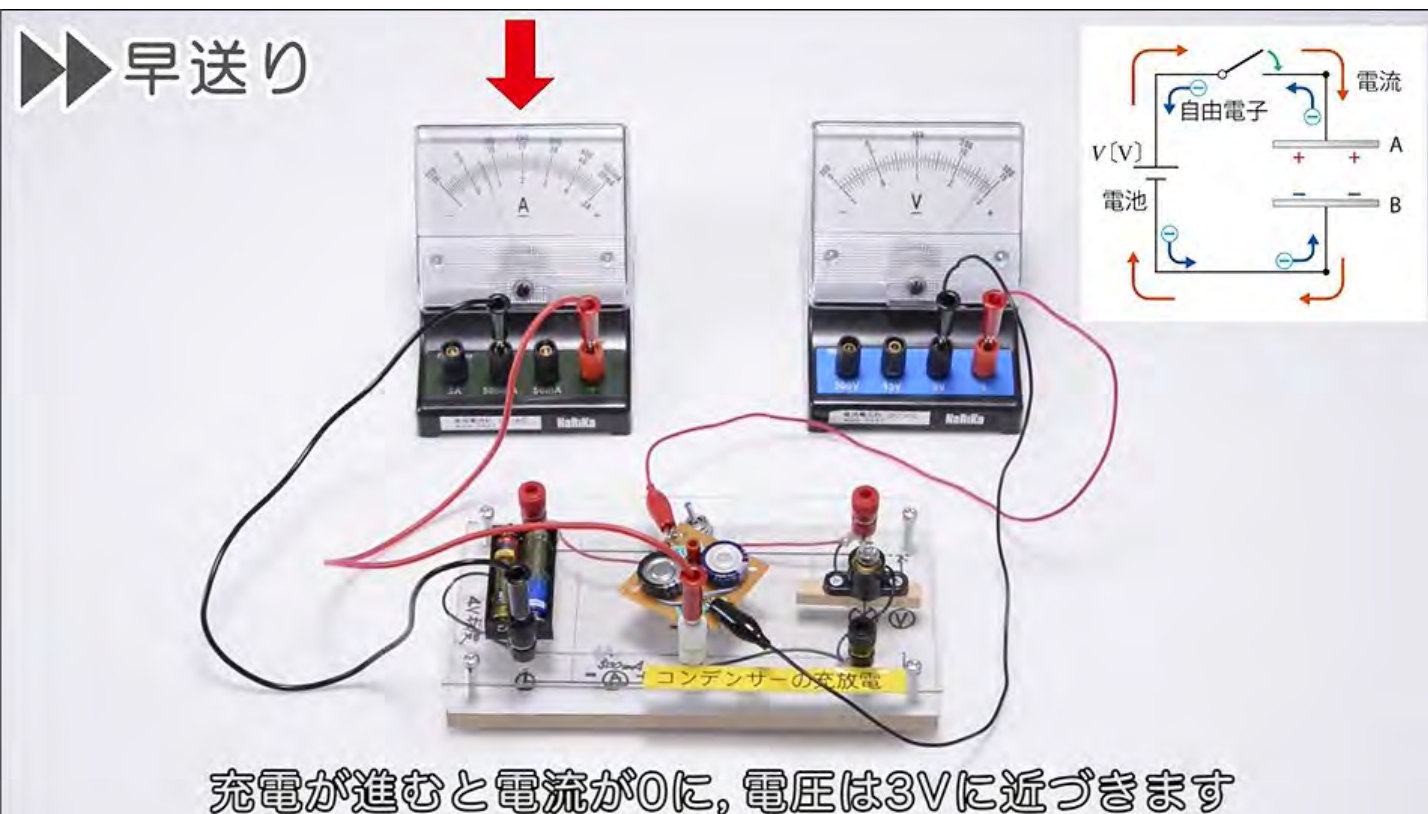


①プラスチックの取っ手を持った場合





スイッチを入れると、コンデンサーに蓄えた電荷が電流として流れ出るため、右の電球が光ります。



実験4 コンデンサーの電気容量

総合2 p.141

【目的】 コンデンサーに充電される電気量と電気容量，電圧の関係を調べる。

【準備】 コンデンサー（電気容量数百 μF ，耐電圧25Vのものを数個），抵抗（100k Ω 程度），直流電源（または電池），直流電流計，直流電圧計，スイッチ，導線，時計

【方法と結果】 ① 教科書の図のように回路を組む。

② 電圧計の指示値 V を読み取る。

③ コンデンサーを流れる電流 I を，スイッチを入れてから 5.0s ごとに読み取り，横軸に時間 t ，縦軸に電流 I をとってグラフを描く。

④ 直流電源の電圧を変えたり，電気容量 C の異なるコンデンサーに取り換えたりして，③と同様の実験をする。

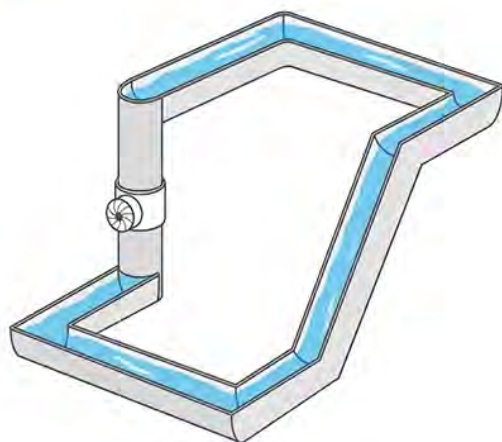
《実験I》 電気容量 $C =$ _____ μF 抵抗 $R =$ _____ $\text{k}\Omega$ 電圧 $V =$ _____ V

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

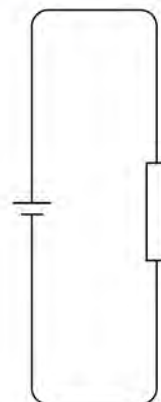
【中学校・物理基礎の復習】電流
正しいものを選ぼう。

▶ スタート

モデル図



回路図

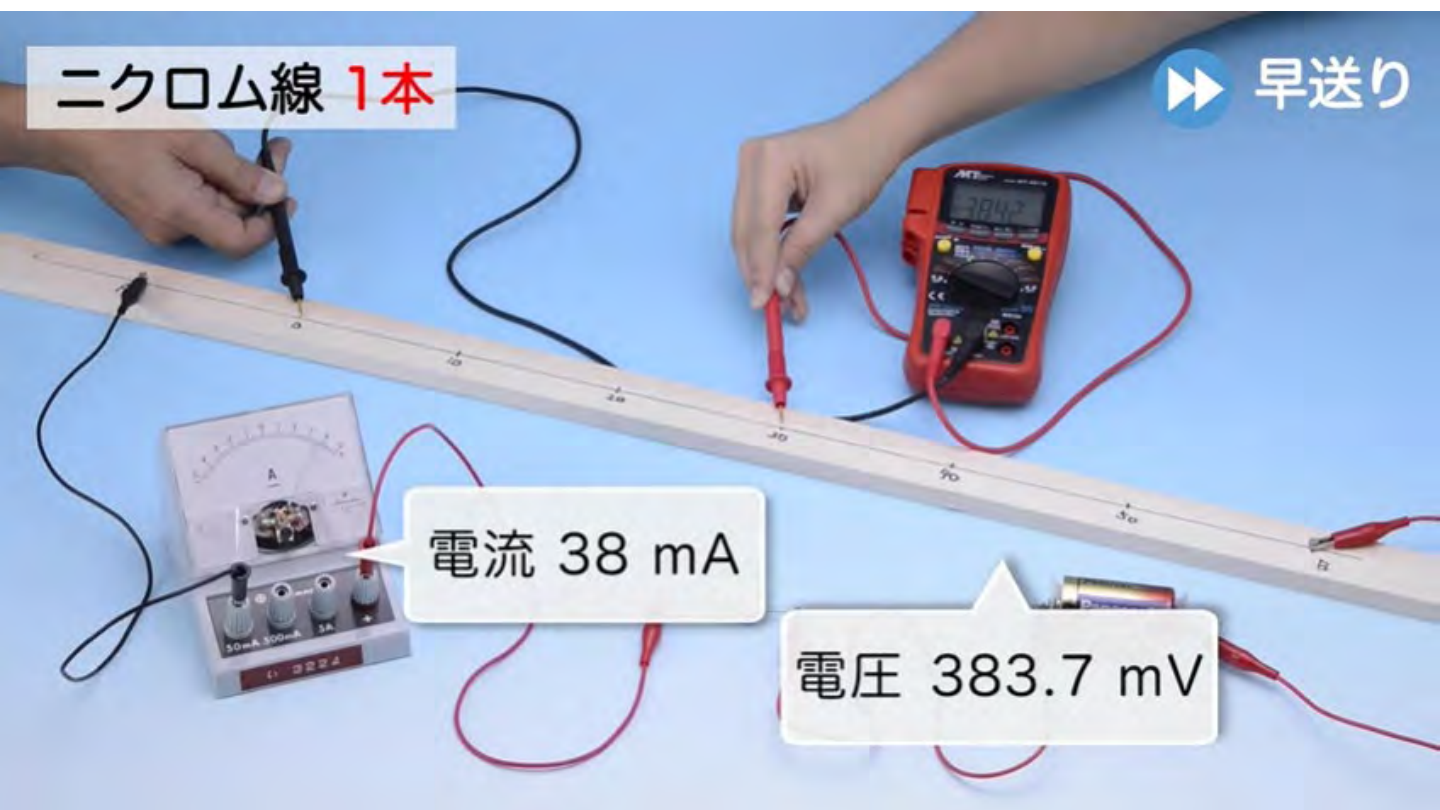


ニクロム線 1本

▶▶ 早送り

電流 38 mA

電圧 383.7 mV



探究1 導体の長さや断面積による電気抵抗の違い

総合2 p.157

電流の流れやすさは、導体の長さや断面積とどのような関係があるのだろうか。また、導体の種類によってどのような違いがあるのだろうか。

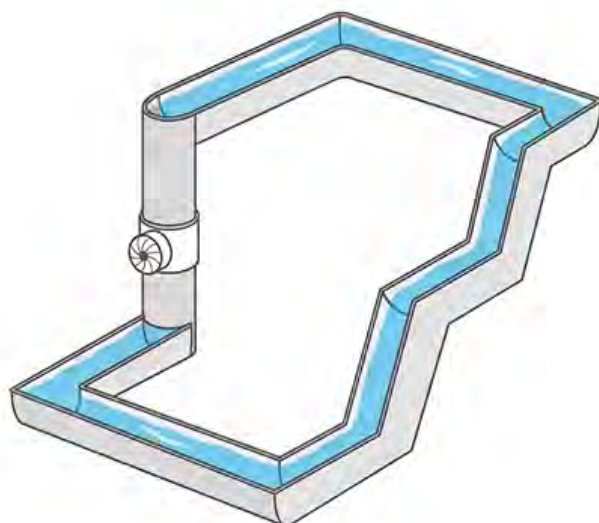
自分の考え

導体の長さや断面積による電気抵抗の違いを実験で調べるために、次のステップで実験の準備をしよう。

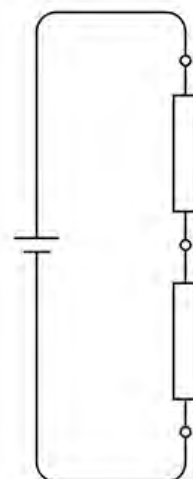
仮説の設定 電気抵抗は、導体の長さや断面積を変えるとどのように変わるだろうか。予想をして仮説を立ててみよう。

別紙89-2

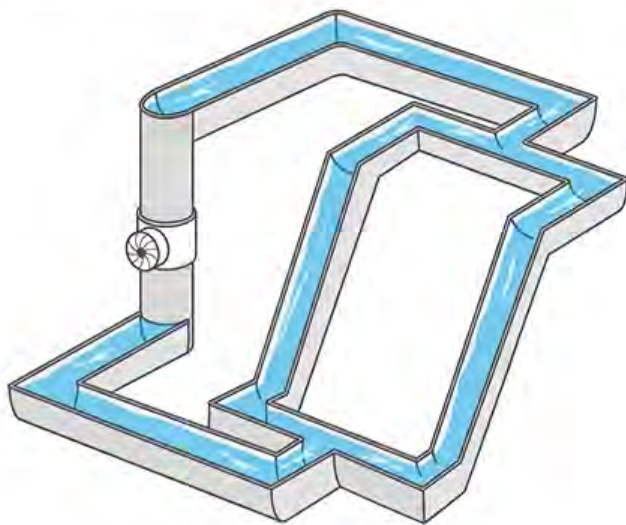
モデル図



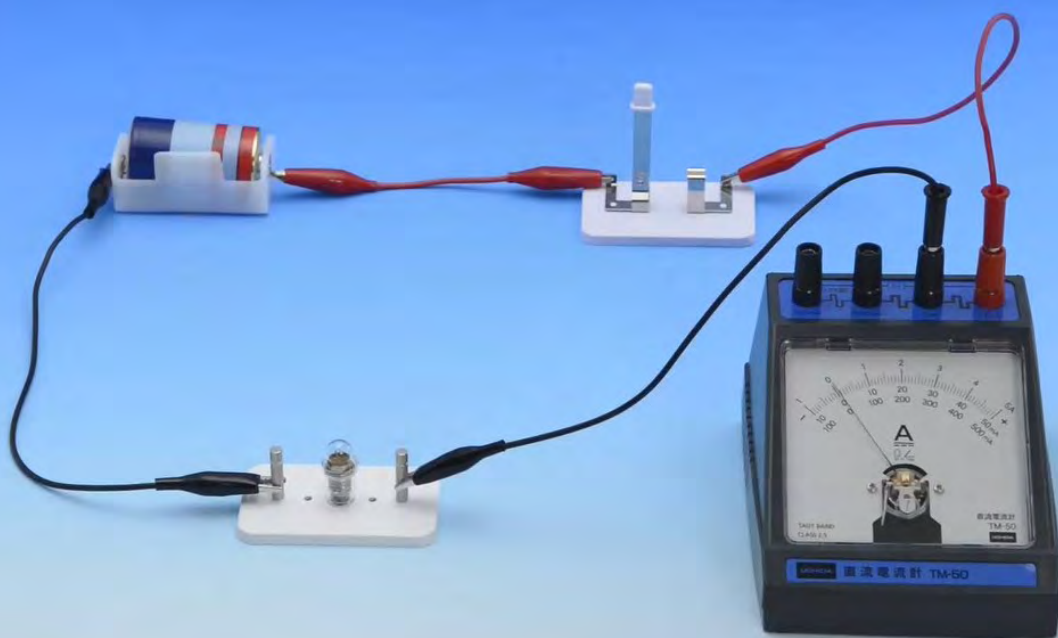
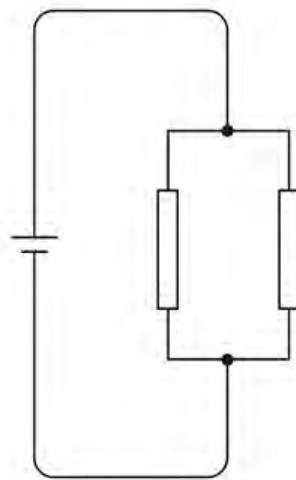
回路図

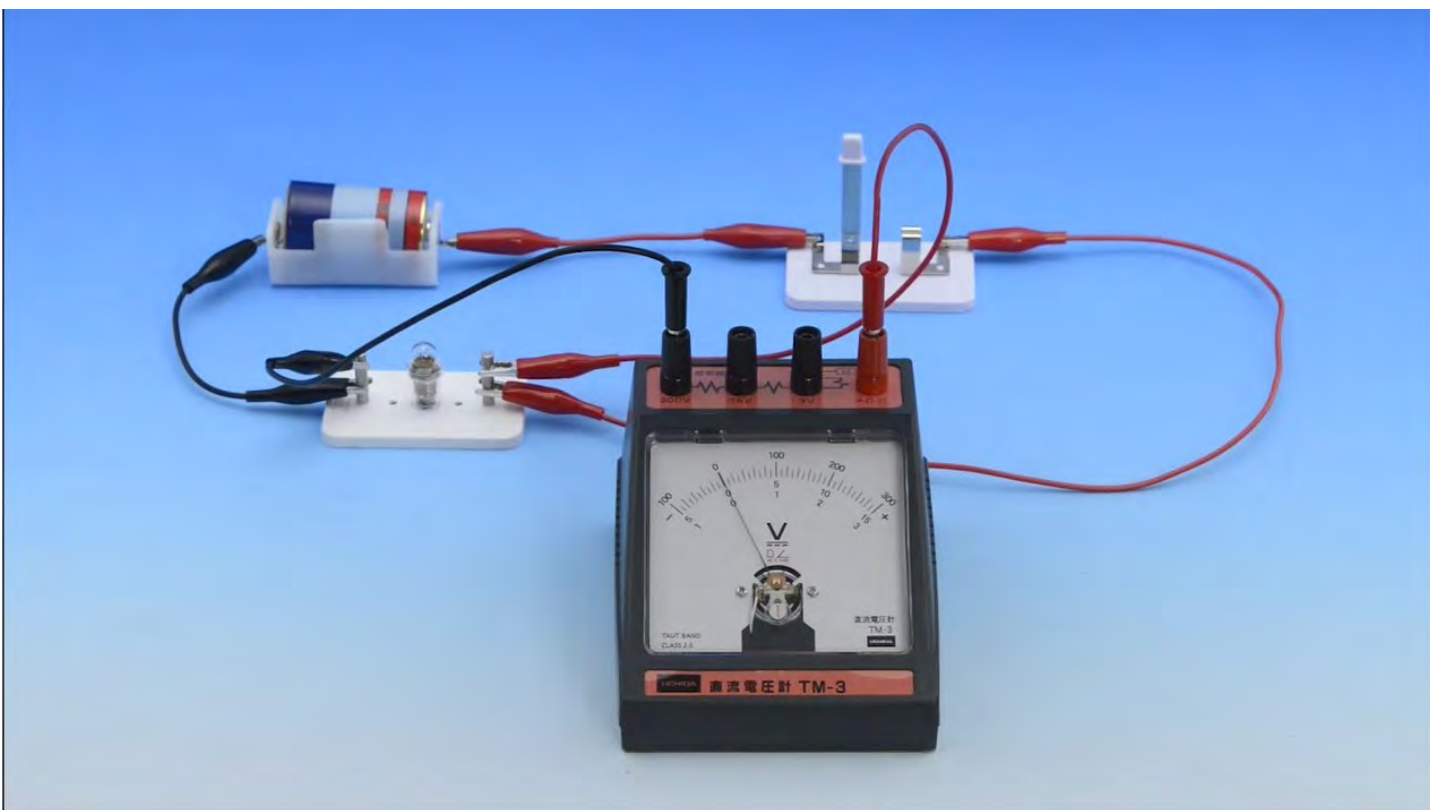


モデル図

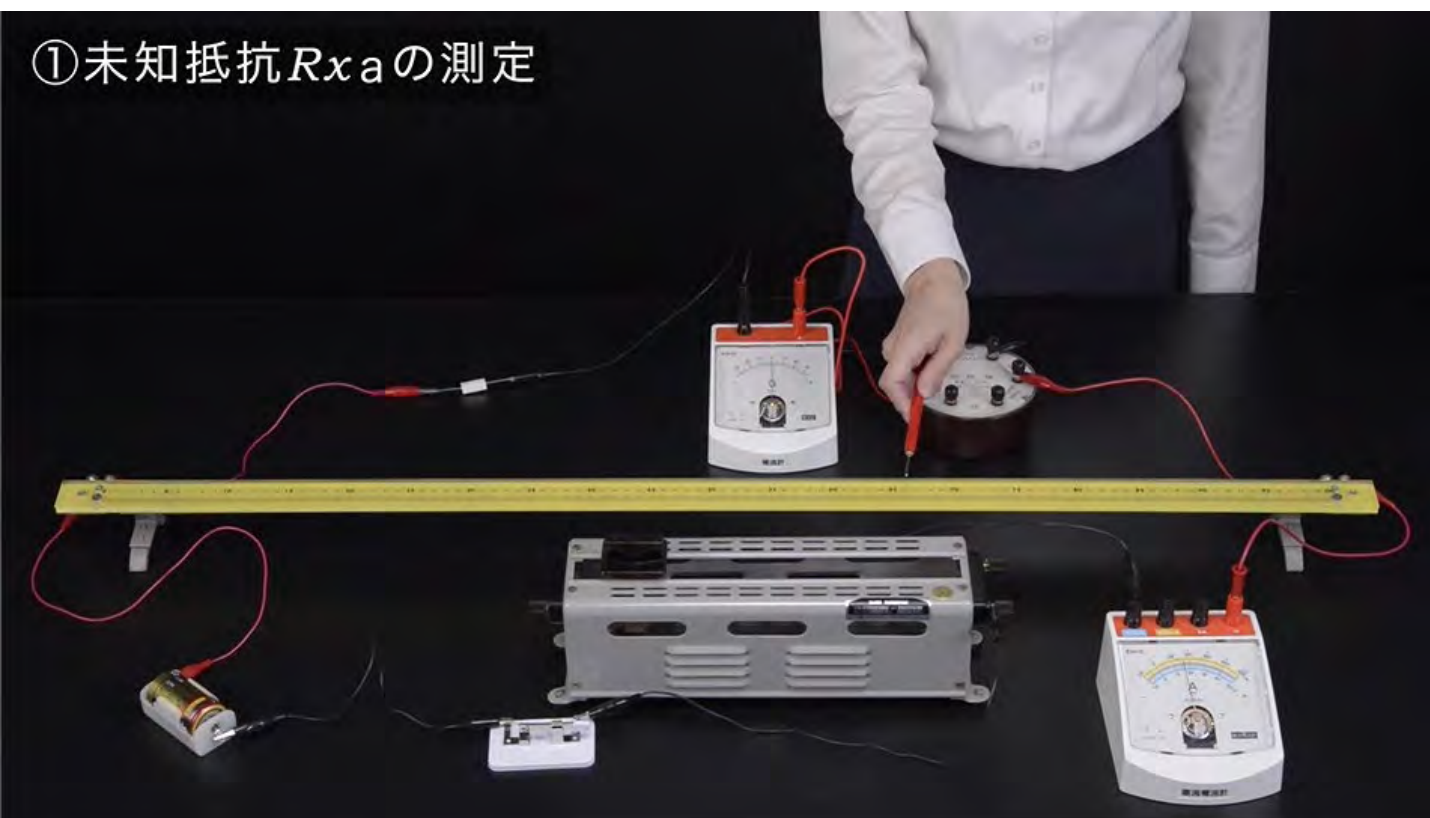


回路図





①未知抵抗 $R_x a$ の測定



実験 5 抵抗値の精密測定

総合 2 p.171

【目的】 ホイートストンブリッジを用いて、未知抵抗の抵抗値の精密測定を行う。

【準備】 メートルブリッジ（長さ1mのものさしに一樣な太さの抵抗線を張ったもの）、接触棒、スイッチ、すべり抵抗器、乾電池（単1）、標準抵抗、未知抵抗、導線、検流計、直流電流計、テスター

【原理】 教科書の図で、ABは長さ1mのものさしに一樣な太さの抵抗線を張ったもので、メートルブリッジという。接触棒をAB上の適当な位置に接触させ、検流計の針が0を示す位置Pを探し、そのときのAP、BPの長さを読み取る。

標準抵抗の抵抗値を R 、AP間の抵抗値を R_1 、BR間の抵抗値を R_2 とし、APとBPの長さの比が R_x と R の比になることを利用すると、 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_x}{R}$ より、次のような関係が成り立つ。

別紙92-2



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

【中学校・物理基礎の復習】電流と磁場
正しいものを選ぼう。

スタート

電流

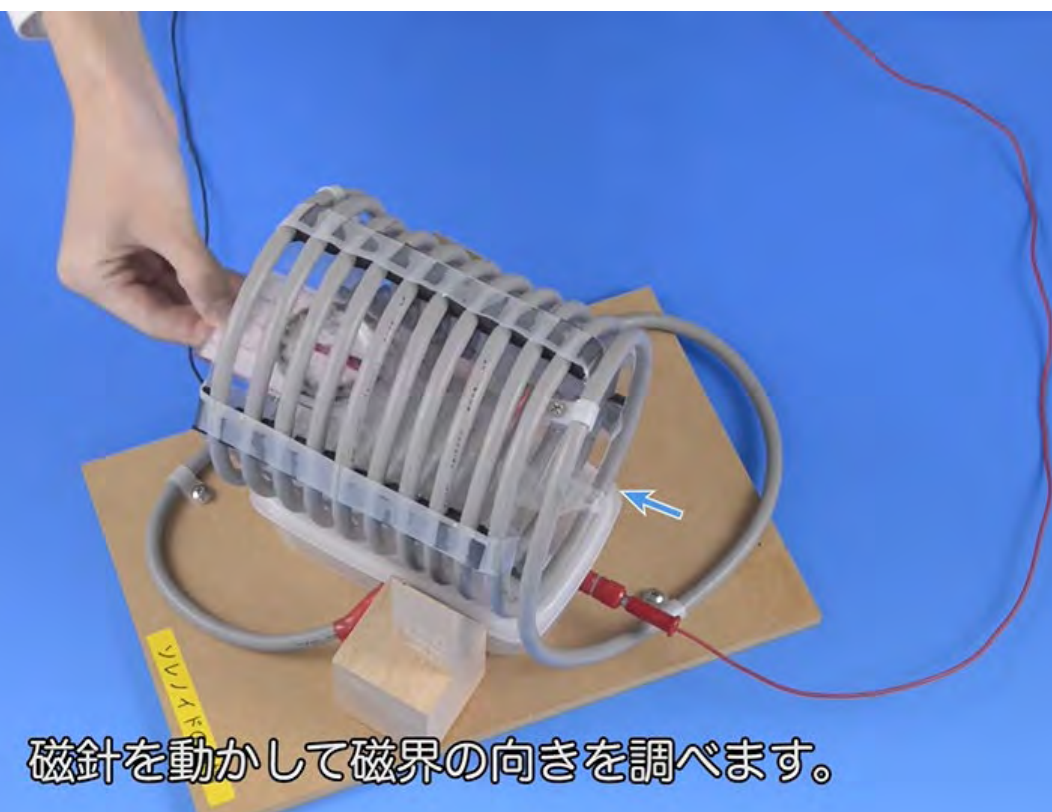
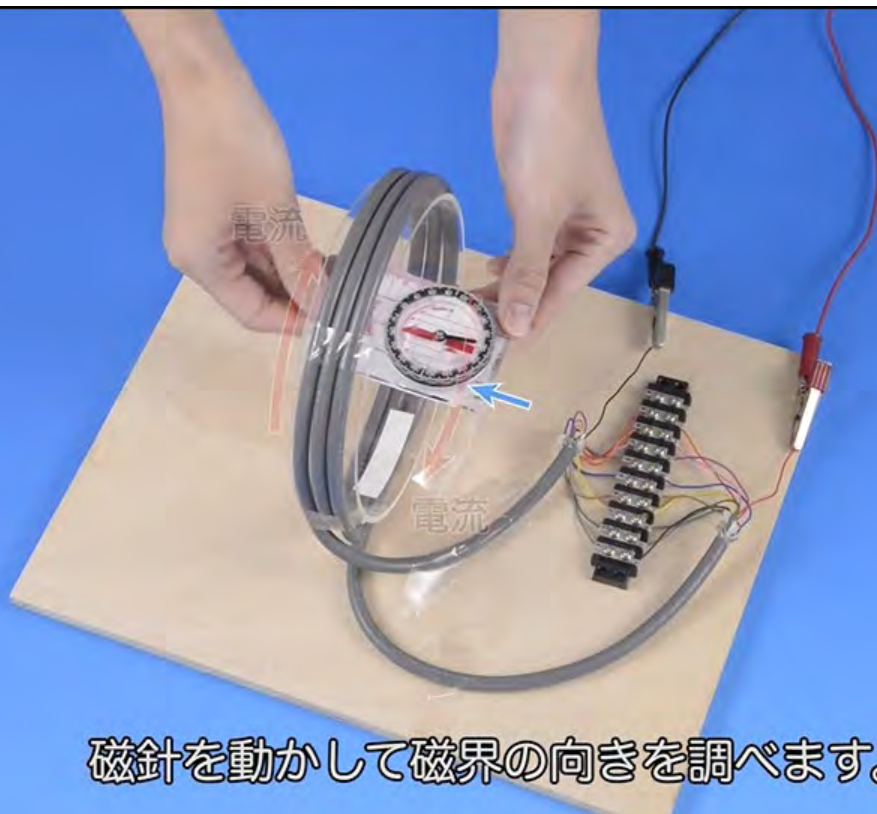


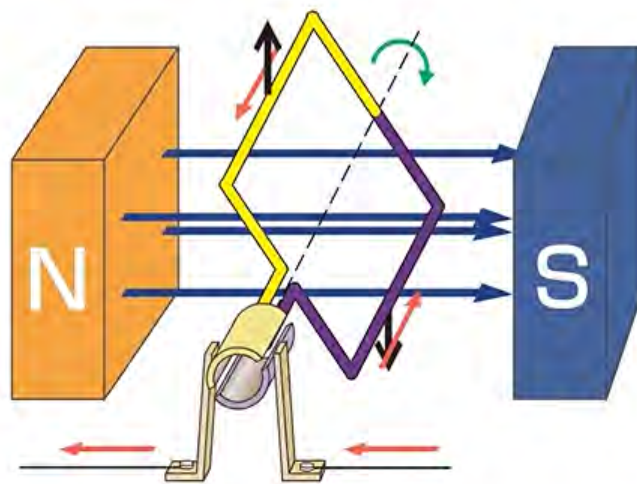
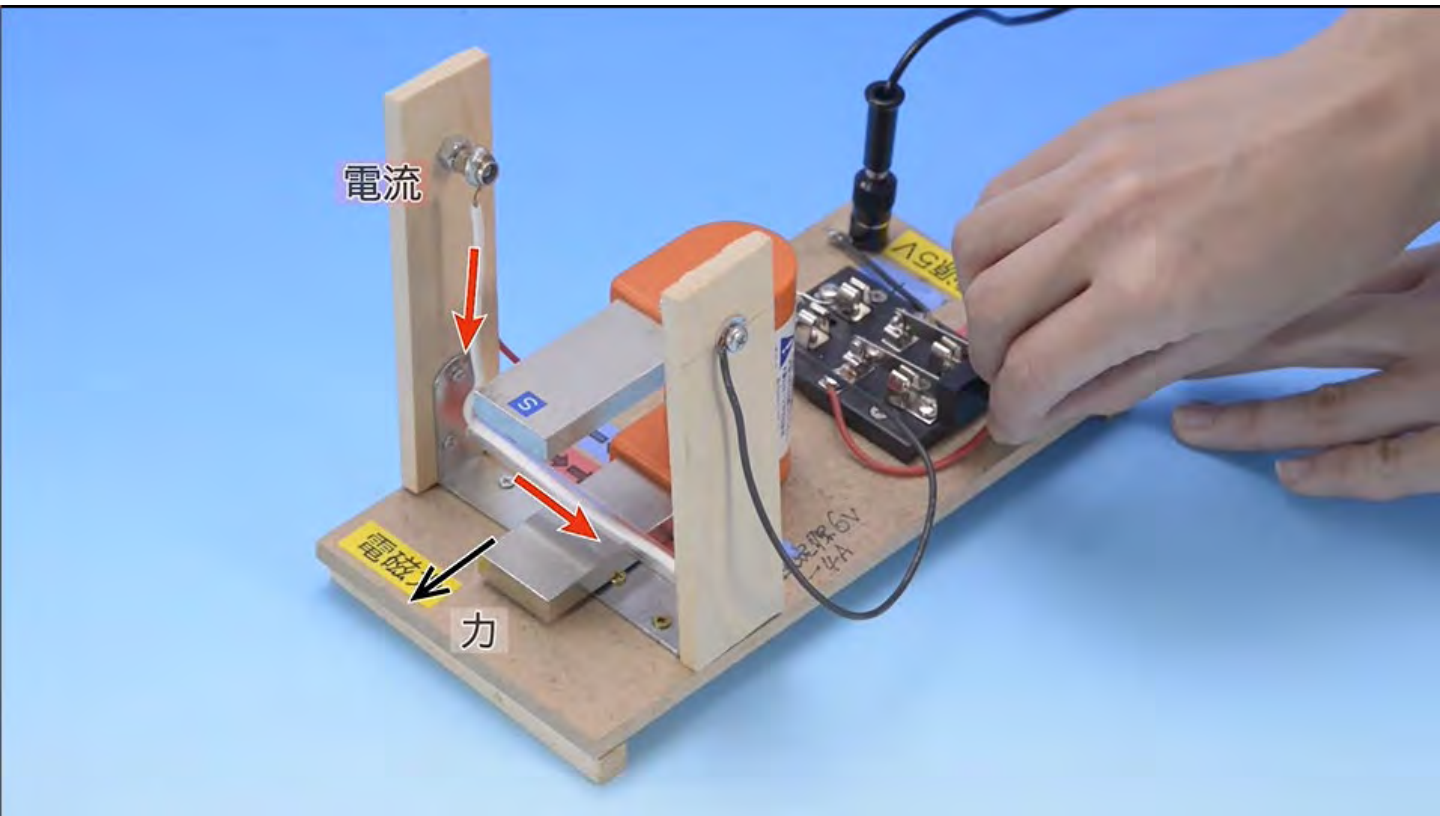
右ねじが
進む向き

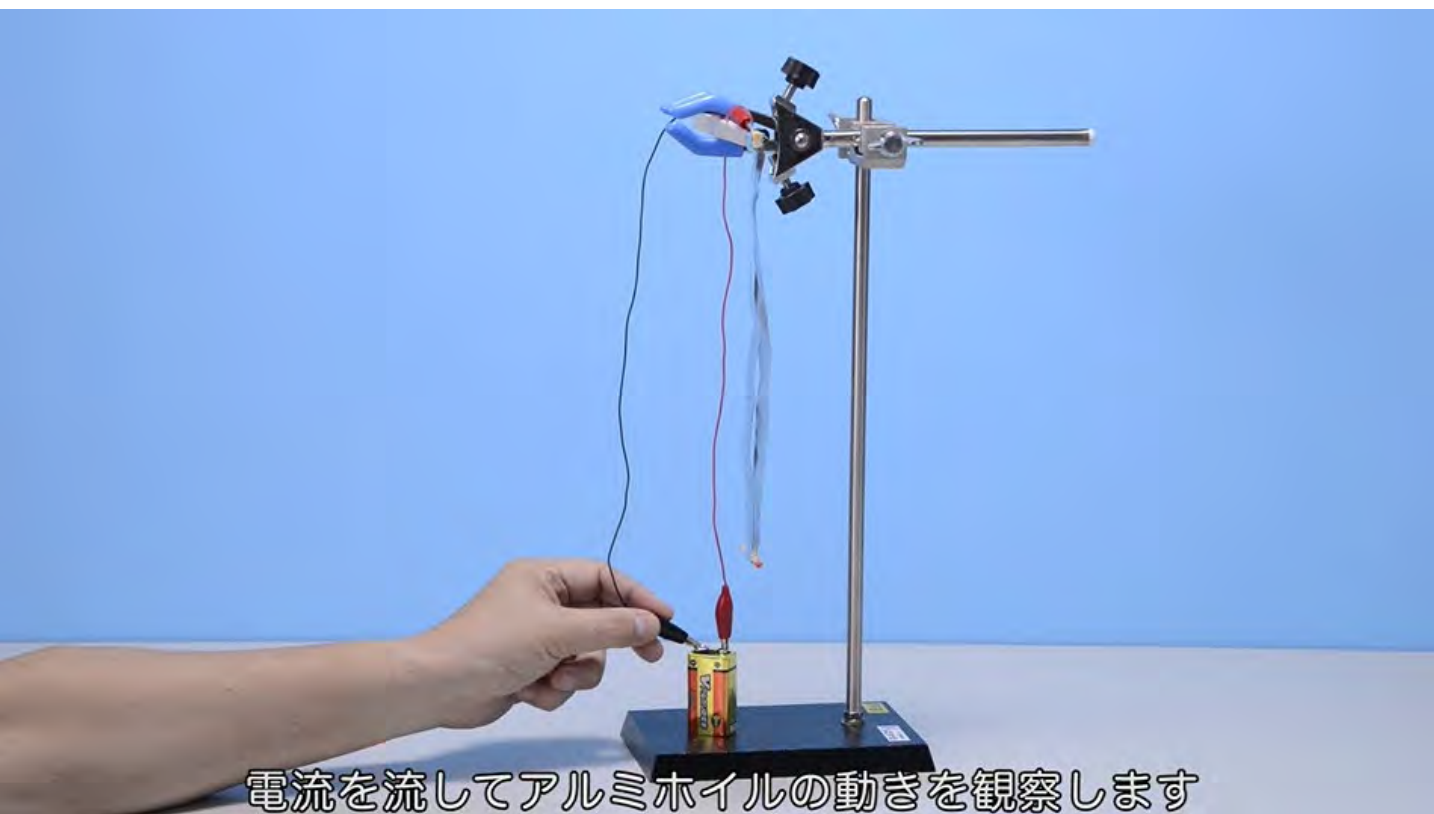


右ねじを
回す向き

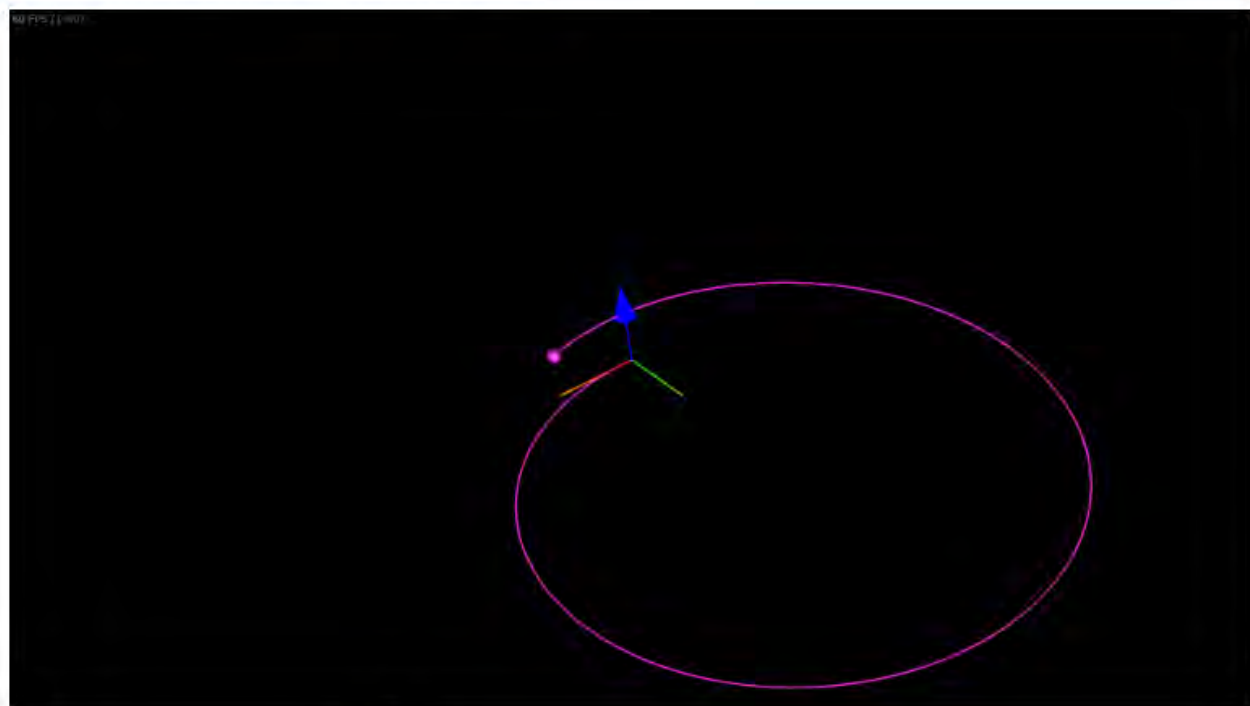
磁界の向きは、右ねじの法則によります。







磁場中の荷電粒子の運動 (サイクロトロン運動)



磁界中の荷電粒子の運動（サイクロトロン運動）

64 Fps (550Hz)



説明

- 本シミュレーションは、初速度が同じで、異なる電荷をもつ4個の荷電粒子が一樣磁場中を運動する時の軌道を表示します。


パラメータ

磁界の強さ	粒子速度のz成分
1	0
- +	- +

粒子1	粒子2	粒子3	粒子4
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
表示	表示	表示	表示
電荷	電荷	電荷	電荷
-1	1	0	0
- +	- +	- +	- +

一時停止 拡大 縮小 初期化 条件リセット

このような性質を利用して、荷電粒子を電界や磁界によって加速させる装置を加速器という。


 中学校・物理基礎の復習

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

【中学校・物理基礎の復習】電磁誘導と電磁波
正しいものを選ぼう。

 スタート



バルブの中にネオジム磁石を入れ、中央付近にエナメル線を巻いて、2個のLEDを、順方向が互いに逆になるように並列に接続した

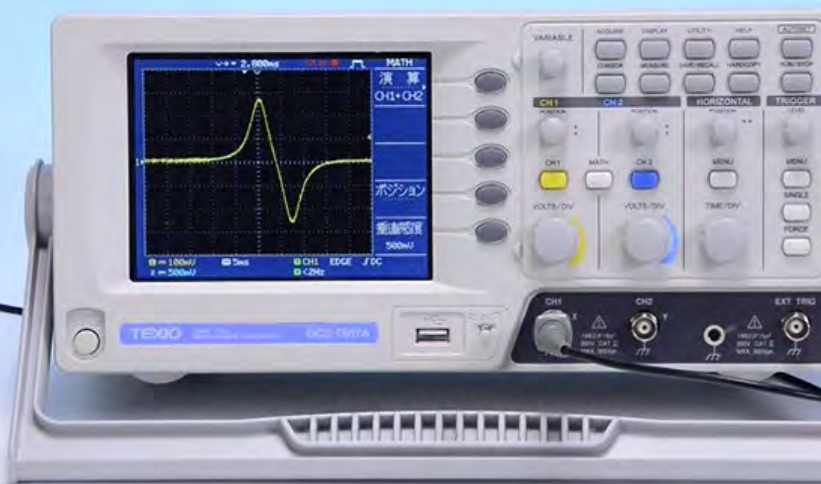
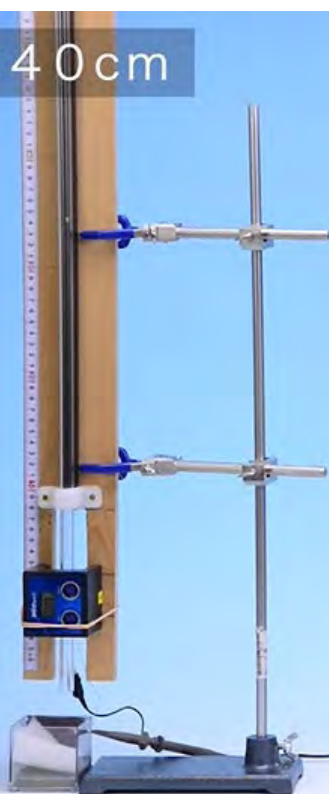


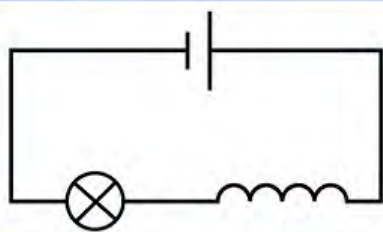
N極のときとは逆向きの電流が流れます。

▶ スロー再生

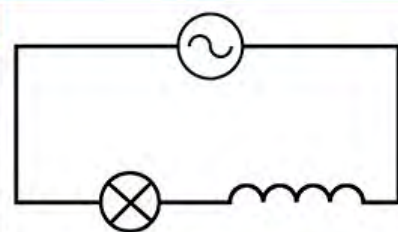


高さ40cm





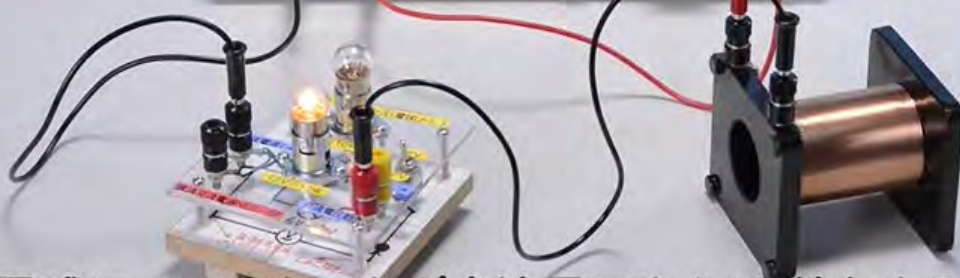
直流



交流



電球にコイルをつなぎ直流電圧をかけたときと交流電圧をかけたときの、電球の明るさを比較します



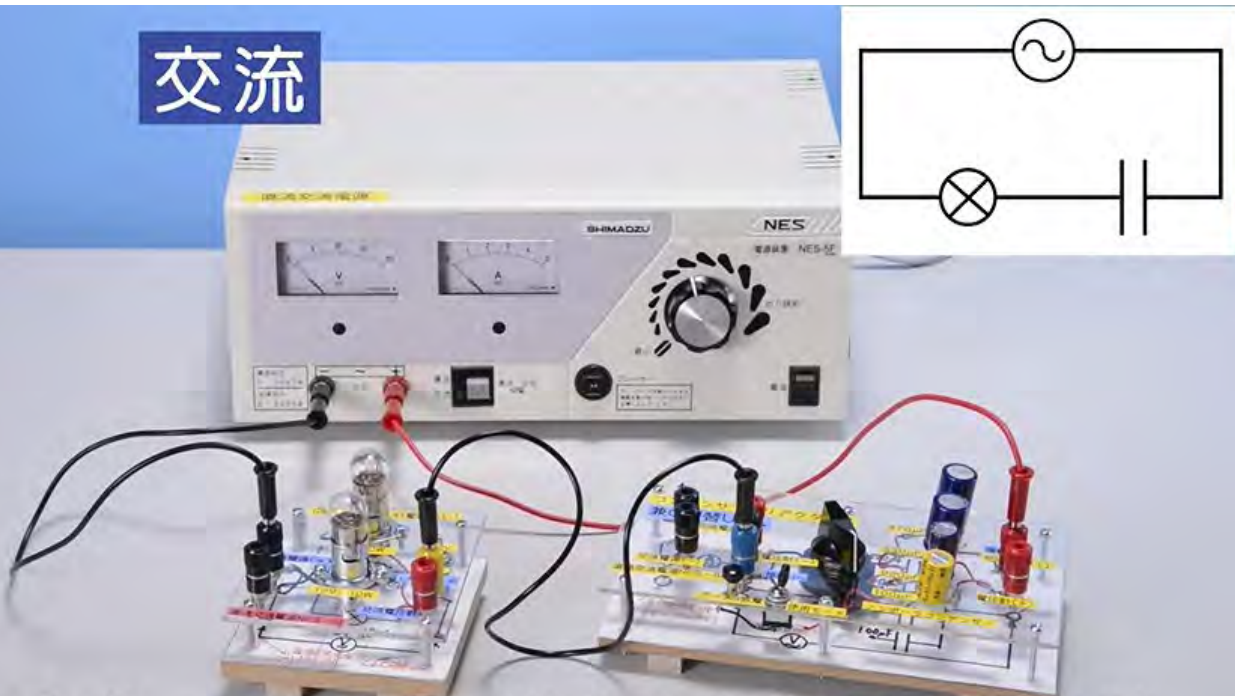
電球にコイルをつなぎ交流電圧をかけ、鉄心を入れて電球の明るさを観察します

交流

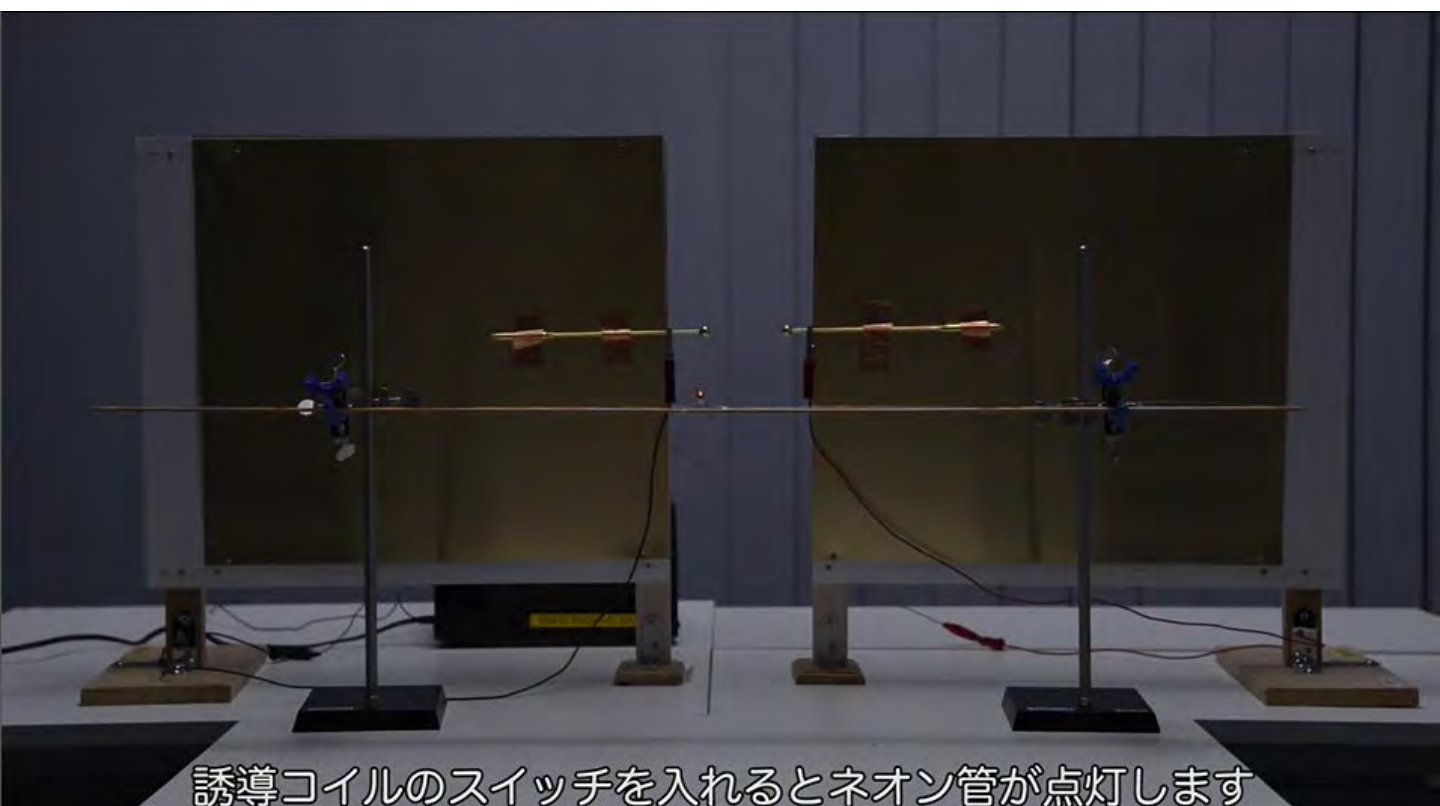
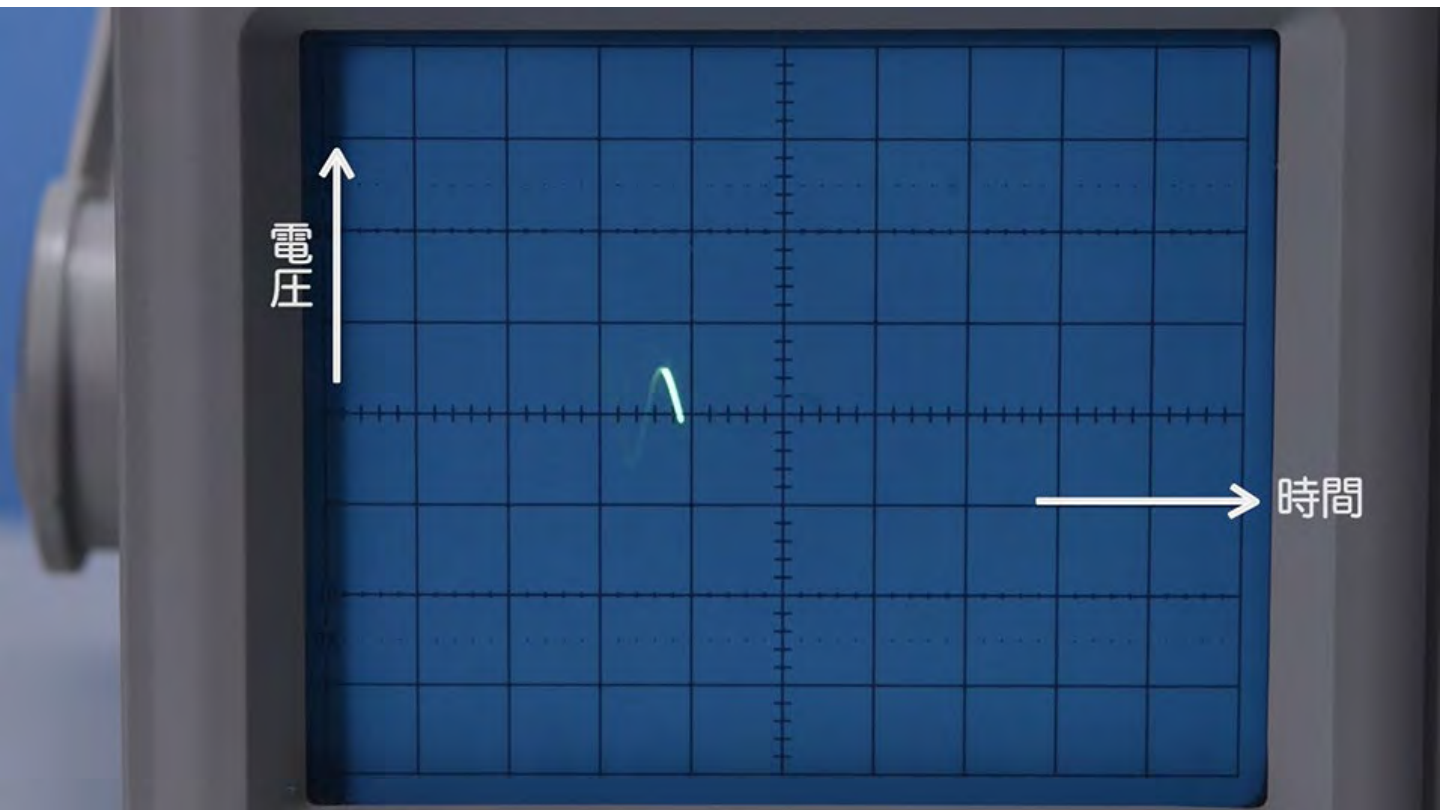


直流のとき電流は流れませんが、交流では流れます

交流



コンデンサーの電気容量は、 $100\mu\text{F}$ 、 $220\mu\text{F}$ 、 $330\mu\text{F}$ 、 $480\mu\text{F}$ と切り替えることができます。



実験6 ヘルツの実験

総合2 p.248

【目的】 電磁波を発生させ、受信する。

【準備】 誘導コイル，電源装置，ネオン管，銅線，金属球，金属板，木の板

【方法】 ① 教科書の図iのように，電磁波発生装置を組み立てる。

【注】 感電しないように注意すること。電磁波の影響を受けやすい電子機器などは遠ざけておくこと。

② ネオン管を使って，図iiのような電界用受信アンテナを作る。

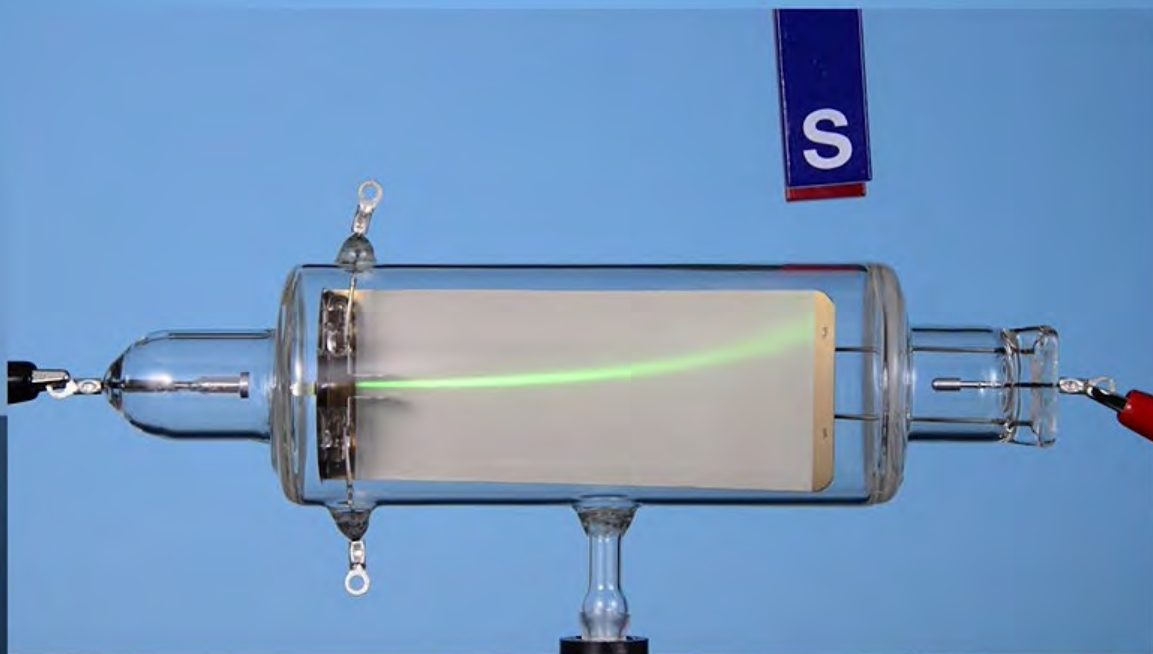
③ 金属球に火花放電を起こして電磁波を発生させる。

④ 図iiのような電界用受信アンテナを電磁波発生装置に向けて，電磁波が受信できるか（ネオン管が光るか）を観察する。

電波が弱い場合，火花放電を起こす隙間の間隔を2～15mm程度の範囲で変えて，受信用アンテナを遠ざけてみて，できるだけ遠くまで電磁波が届くような間隔にする。

【中学校・物理基礎の復習】電子と光
正しいものを選ぼう。

スタート



実験 7 陰極線の観察
教 p.257

【目的】 クルックス管を使って、陰極線の性質を調べる。

【準備】 誘導コイル、電源装置、ネオン管、銅線、金属球、金属板、木の板

【方法】 ① クルックス管の蛍光板のスリットがある側の端子に誘導コイルの負極を、他方の端子に正極を接続する。

② U字形磁石を上から近づけ、陰極線の様子を調べる。また、磁石の極を逆にして調べる。

③ 直流電源装置を使い、上の偏向用電極が正になるように数15百Vの電圧を加え、陰極線の様子を調べる。また、電極の正負を逆にして調べる。

【注】微弱だが鳳線が発生するので、短時間で観察を済ませる。

【考察】 陰極線がもつ電荷は正と負のどちらといえるだろうか。



【中学校・物理基礎の復習】原子・原子核・素粒子
正しいものを選ぼう。

▶ スタート





原子核の大きさ



フランク・ヘルツの実験

原子の構造とその表し方

サイズ: 小 大
マスタ: 閉じる 閉じる

中性子
原子核

4
2 He

=陽子の数+中性子の数
=陽子の数=電子の数
元素記号

わかったかな?
?<

わかったかな?
>



陽子と中性子の発見

放射線の種類と透過力

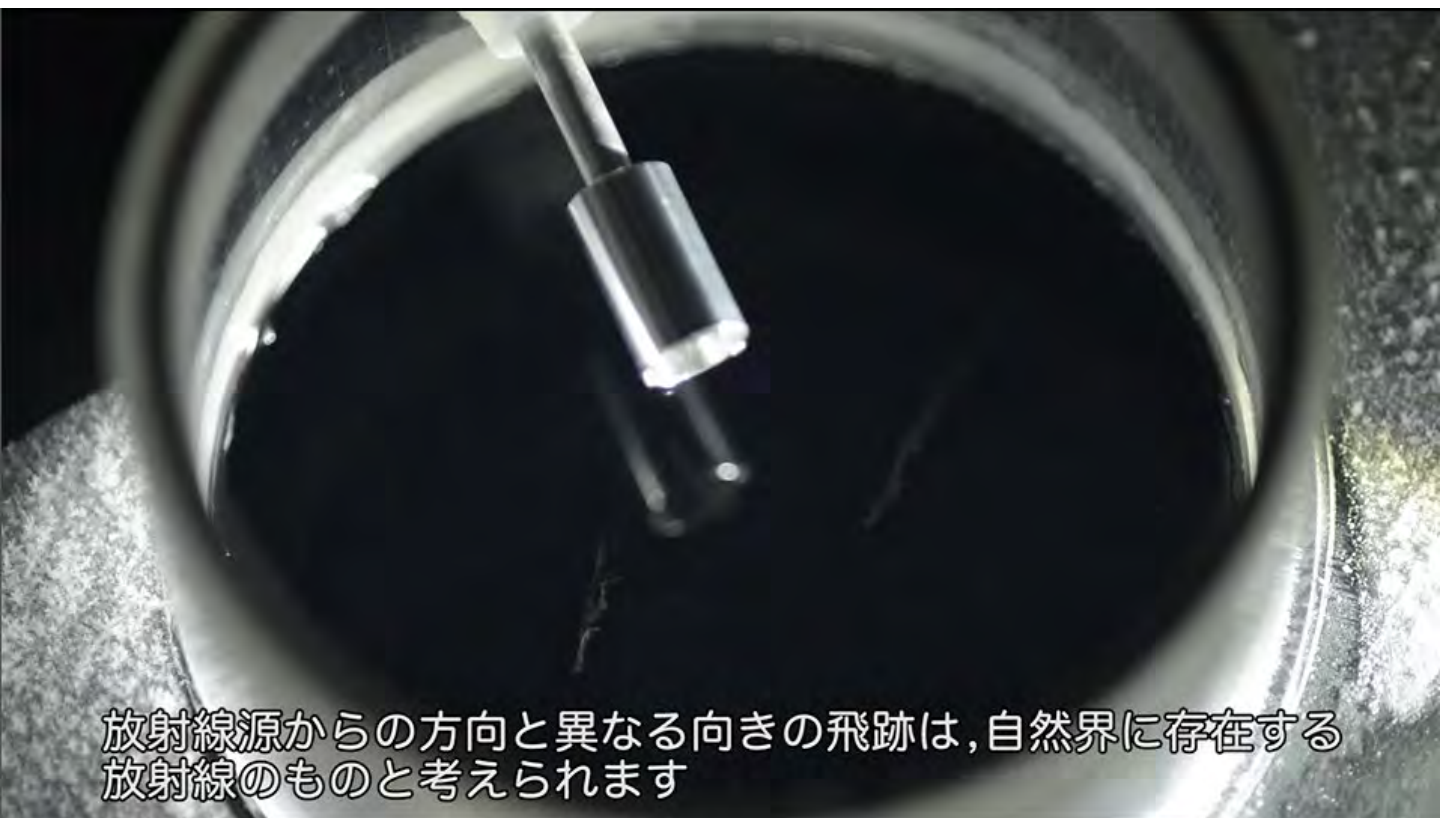
放射線の透過力



α線
β線
紙
アルミニウムなどの
薄い金属板
鉛や鉄の
厚い板
水などの水素
を含む物質

サイズ: 小
マスク: かくす 両解る

わかったかな?
わかったかな?



放射線源からの方向と異なる向きの飛跡は,自然界に存在する放射線のものと考えられます



宇宙線



反粒子



中間子論と核力



ヒッグス粒子



星の一生

第3部 波

下巻 第1章 波の性質 →p.8~41

問1 (1) 図の状態から波が2.0 m 進んだとき、点Pは振動を開始する。したがって、求める時刻 t [s]は、

$$t = \frac{2.0 \text{ m}}{1.0 \text{ m/s}} = 2.0 \text{ s} \quad \text{答} \quad 2.0 \text{ s}$$

(2) 図の状態から波が4.0 m 進んだとき、点Pの変位は2.0 mになる。したがって、求める時刻 t [s]は、

$$t = \frac{4.0 \text{ m}}{1.0 \text{ m/s}} = 4.0 \text{ s} \quad \text{答} \quad 4.0 \text{ s}$$

(3) 図の状態から波が7.0 m 進んだとき、点Pの変位は-1.0 mになる。したがって、求める時刻 t [s]は、

$$t = \frac{7.0 \text{ m}}{1.0 \text{ m/s}} = 7.0 \text{ s} \quad \text{答} \quad 7.0 \text{ s}$$

問2 周期 T [s]は、「 $T = \frac{1}{f}$ 」より、

(3) $t = 1.0 \text{ s}$ を式①に代入すると、

$$\begin{aligned} y &= 3.0 \text{ m} \times \sin 2\pi \left(\frac{1.0 \text{ s}}{4.0 \text{ s}} + \frac{x}{10 \text{ m}} \right) \\ &= 3.0 \text{ m} \times \sin \left(\frac{\pi}{2.0 \text{ s}} + \frac{\pi}{5.0 \text{ m}} x \right) \\ &= 3.0 \text{ m} \times \cos \frac{\pi}{5.0 \text{ m}} x \end{aligned}$$

$$\text{答} \quad y = 3.0 \text{ m} \times \cos \frac{\pi}{5.0 \text{ m}} x$$

問3 (1) 原点の媒質 P_0 の変位 y は、時刻 $t = 0, T, 2T, \dots$ で $y = A$ となることから、次式で表される。

$$y = A \cos \frac{2\pi}{T} t \quad \dots\dots \text{①}$$

ここで、この単振動は、 x 軸の正の向きに速さ

$v = \frac{\lambda}{T}$ で伝わる。位置 x の媒質 P の時刻 t にお

ける変位 y は、時刻 $t - \frac{x}{v} = t - \frac{xT}{\lambda}$ における P_0 の変位に等しいことから、次式のように表される。

別紙113-2

下巻 第2章 音 →p.42~71

問1 気温 25°C での空気中の音速を V [m/s] とすると、

$$V = (331.5 + 0.6 \times 25) \text{ m/s} = 346.5 \text{ m/s}$$

花火までの距離 L [km] は、

$$L = 346.5 \text{ m/s} \times 4.6 \text{ s} = 1.5939 \times 10^3 \text{ m} \approx 1.6 \text{ km}$$

光速は音速に比べて十分に速いため、光が届く時間は無視してよい。

答 1.6 km

問2 室内と室外の音速をそれぞれ V_1 [m/s]、 V_2 [m/s] とし、振動数 $f = 450 \text{ Hz}$ とおくと、

$$V_1 = (331.5 + 0.6 \times 20) \text{ m/s} = 343.5 \text{ m/s}$$

$$V_2 = (331.5 + 0.6 \times 5.0) \text{ m/s} = 334.5 \text{ m/s}$$

室内と室外の波長をそれぞれ λ_1 [m]、 λ_2 [m] とすると、波長の変化は、

$$\begin{aligned} \lambda_2 - \lambda_1 &= \frac{V_2 - V_1}{f} = \frac{334.5 \text{ m/s} - 343.5 \text{ m/s}}{450 \text{ Hz}} \\ &= -0.020 \text{ m} = -2.0 \text{ cm} \end{aligned}$$

波長の変化が負であるから、波長は2.0 cm だけ短く

類題1 クインケ管のCを引き出す長さが x [m] までに、音が m 回だけ強め合うことを繰り返したとすると、経路ACBとADBとの差 $2x$ [m] は、波長 λ [m] の m 倍(半波長の $2m$ 倍)であるから、

$$2x = m\lambda \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

ここで、音速 V [m/s] と波長 λ [m]、振動数 f [Hz] について、 $\lambda = \frac{V}{f}$ であるから、上の式に代入して x に

ついてまとめると、 $x = \frac{mV}{2f}$ となる。

振動数 f [Hz] は一定であるから、Cを引き出す長さ x [m] は音速 V [m/s] に比例する。また、「 $V = 331.5 + 0.6t$ 」より、気温が上昇すると音速は大きくなる。

このことから、気温 t [$^\circ\text{C}$] が上昇すると音速 V [m/s] の値が大きくなり、Cを引き出す長さ x [m] は長くなることがわかる。

答 長くなる。

問6 このような問題では、下図のように振動数につ

下巻 第3章 光 →p.72~107

問1 「 $c=4Lkn$ 」にそれぞれの値を代入すると、
 $c=4 \times 8.6 \times 10^3 \text{ m} \times 720 \times 12.6 \text{ 回/s}$
 $=3.12 \dots \times 10^8 \text{ m/s} = 3.1 \times 10^8 \text{ m/s}$
答 $3.1 \times 10^8 \text{ m/s}$

問2 水の屈折率を n 、水中での光速を $v[\text{m/s}]$ とすると、「 $n = \frac{c}{v}$ 」より、
 $v = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.3330} = 2.250 \dots \times 10^8 \text{ m/s}$
 $= 2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$ **答** $2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$

問3 下巻 p.75 表1より、波長 $5.893 \times 10^{-7} \text{ m}$ の光の水に対する屈折率 $n_1 = 1.3330$ であり、空気に対する屈折率 $n_2 = 1.0003$ である。臨界角を i_0 とすると、
 「 $\sin i_0 = n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$ 」より、
 $\dots = 1.0003$

問6 凸レンズでは、物体がレンズの前方にあるとき、
 ㉞ 光軸に平行な光は、レンズを通過後、後方の焦点を通る。
 ㉟ 前方の焦点を通る光は、レンズを通過後、光軸に平行に進む。
 ㊱ レンズの中心を通る光は、直進する。
 このうち2つを用いて作図すればよい。
 凹レンズでは、物体がレンズの前方にあるとき、
 ㉞ 光軸に平行な光は、レンズを通過後、前方の焦点から出たように進む。
 ㉟ 後方の焦点に向かって入射した光は、レンズを通過後、光軸に平行に進む。
 ㊱ レンズの中心を通る光は、直進する。
 このうち2つを用いて作図すればよい。
 図の方眼の1目盛りを1として、凸レンズは $a=6$ 、 $f=3$ より、レンズの式「 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ 」を用いて $b=6$ となり、レンズの後方6の位置に実像ができる。

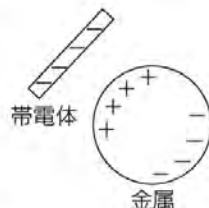


第4部 電気と磁気

下巻 第1章 電場と電位 →p.112~153

問1 同じ材質、同じ大きさの2つの金属球なので、接触後の電気量は同じになる。これを $q[\text{C}]$ とすると、電気量保存の法則より、
 $+8.0 \times 10^{-7} \text{ C} - 1.6 \times 10^{-7} \text{ C} = 2q$
 よって、 $q = 3.2 \times 10^{-7} \text{ C}$ **答** ともに $+3.2 \times 10^{-7} \text{ C}$

問2 負の帯電体を金属に近づけると、金属内の自由電子は帯電体から遠い側に移動し、帯電体に近い側は自由電子が不足して正に帯電する。この正の電荷と負の帯電体が及ぼし合う力のために両者は引き合う。



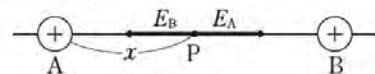
問3 求める電気力の大きさを $F[\text{N}]$ とすると、クーロンの法則より、

問5 電場の強さを $E[\text{N/C}]$ とすると、「 $E = k \frac{|Q|}{r^2}$ 」より、

$$E = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2 \times \frac{5.0 \times 10^{-8} \text{ C}}{(0.30 \text{ m})^2}$$

$$= 5.0 \times 10^3 \text{ N/C} \quad \text{答} \quad 5.0 \times 10^3 \text{ N/C}$$

類題2



上の図で、AB間で合成電場が0になる点をPとし、 $AP=x$ とおく。また、クーロンの法則の比例定数を k とおく。

点Aの電荷からの電場はA→Bの向きで、その強さを E_A とすると、

$$E_A = k \frac{q}{x^2}$$

点Bの電荷からの電場はB→Aの向きで、その強さを E_B とすると、

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

下巻 第2章 電流 →p.154~182

問1 必要なニクロム線の長さを L [m] とすると、[$R = \rho \frac{L}{S}$] より、

$$L = \frac{10 \Omega \times \pi \times (0.10 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{1.1 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}} = 0.285 \dots \text{ m} \approx 0.29 \text{ m}$$

[答] 0.29 m

問2 3000℃での抵抗値を R [Ω], $\alpha = 7.2 \times 10^{-3}/\text{K}$, $t = 3000^\circ\text{C}$ とする。[$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$] より、抵抗値は $1 + \alpha t$ 倍になるから、

$$\begin{aligned} R &= 4.0 \Omega \times (1 + 7.2 \times 10^{-3}/\text{K} \times 3000^\circ\text{C}) \\ &= 90.4 \Omega \approx 90 \Omega \end{aligned}$$

[答] 90 Ω 問3 電熱線で発生したジュール熱を Q [J] とすると、

$$Q = 25 \Omega \times (4.0 \text{ A})^2 \times 5.0 \times 60 \text{ s} = 1.2 \times 10^5 \text{ J}$$

[答] $1.2 \times 10^5 \text{ J}$ 問4 合成抵抗は、 $20 \Omega + 30 \Omega = 50 \Omega$ 問7 電流計に直列に接続する抵抗値を R [Ω] とすると、オームの法則より、

$$(5.0 \Omega + R) \times 0.100 \text{ A} = 10 \text{ V}$$

$$5.0 \Omega + R = 100 \Omega$$

よって、 $R = 95 \Omega$ 倍率器の抵抗値を R' [Ω] とすると、オームの法則より、

$$(5.0 \Omega + R + R') \times 0.100 \text{ A} = 100 \text{ V}$$

$$5.0 \Omega + 95 \Omega + R' = 1000 \Omega$$

よって、 $R' = 900 \Omega$ [答] 95 Ω , 900 Ω 問8 電池の起電力を E [V], 内部抵抗を r [Ω] とすると、

$$1.53 \text{ V} = E - r \times 0.100 \text{ A}$$

$$1.52 \text{ V} = E - r \times 0.200 \text{ A}$$

これを解いて、 $r = 0.10 \Omega$, $E = 1.54 \text{ V}$ [答] 1.54 V, 0.10 Ω 類題1 電池の起電力を V [V], 豆電球に流れる電流

下巻 第3章 電流と磁場 →p.183~206

問1 磁極間にはたらく力の大きさを F [N] とすると、

$$\begin{aligned} F &= 6.3 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{Wb}^2 \\ &\quad \times \frac{4.0 \times 10^{-5} \text{ Wb} \times 4.0 \times 10^{-5} \text{ Wb}}{(0.10 \text{ m})^2} \end{aligned}$$

$$\approx 1.0 \times 10^{-2} \text{ N} \quad \text{[答]} 1.0 \times 10^{-2} \text{ N, 斥力}$$

問2 西向きを正として、磁場を H [N/Wb] とすると、

$$H = \frac{6.0 \times 10^{-4} \text{ N}}{-2.0 \times 10^{-5} \text{ Wb}} = -30 \text{ N/Wb}$$

[答] 東向きに 30 N/Wb

問3 磁場の強さを H [A/m] とすると [$H = \frac{I}{2\pi r}$]

より、

$$H = \frac{6.28 \text{ A}}{2 \times 3.14 \times 0.20 \text{ m}} = 5.0 \text{ A/m} \quad \text{[答]} 5.0 \text{ A/m}$$

類題1 電流 A, B による磁場をそれぞれ \vec{H}_A , \vec{H}_B よって、点Pでの合成磁場の大きさ H_P は、

$$H_P = \sqrt{2} \times H_A = \sqrt{2} \times \frac{I}{2\pi\sqrt{2}a} = \frac{I}{2\pi a}$$

[答] 点O: $\frac{I}{\pi a}$, 点P: $\frac{I}{2\pi a}$ 問4 磁場の強さを H [A/m] とすると [$H = N \frac{I}{2r}$]

より、

$$H = 10 \times \frac{0.72 \text{ A}}{2 \times 0.15 \text{ m}} = 24 \text{ A/m} \quad \text{[答]} 24 \text{ A/m}$$

問5 磁場の強さを H [A/m] とすると [$H = nI$] より、

$$H = \frac{500}{0.10 \text{ m}} \times 2.0 \text{ A} = 1.0 \times 10^4 \text{ A/m}$$

[答] $1.0 \times 10^4 \text{ A/m}$ 問6 力の大きさを F [N] とすると、[$F = \mu I H l$] より、

下巻 第4章 電磁誘導と電磁波 →p.207~253

問1 レンツの法則より、コイルには磁石の側から見て左回りに誘導起電力が生じる。よって、a端が高電位となり、a-bに抵抗をつなぐと、誘導電流は抵抗をa→bの向きに流れる。 **答** a端 a→bの向き

問2 誘導起電力の大きさをV[V]とすると、

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

$$V = 100 \times \frac{4.0 \times 10^{-4} \text{ Wb}}{0.20 \text{ s}} = 0.20 \text{ V} \quad \text{答} \quad 0.20 \text{ V}$$

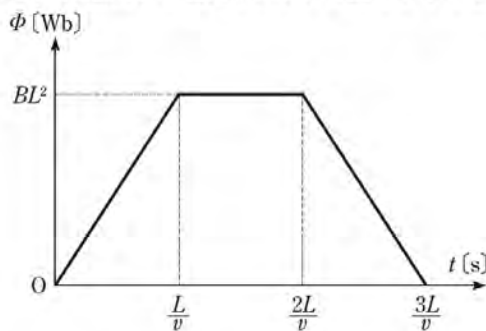
類題1 ① 辺abだけが $0 < x < L$ の範囲

$\left(0 < t < \frac{L}{v}\right)$ にあるとき、磁束が貫く面積は Lvt だから、

$$\text{磁束 } \phi = BLvt$$



よって、磁束 ϕ の変化のグラフは図のようになる。



また、起電力は $V = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ より、磁束 ϕ の変化のグラフの傾きに、-の符号をつけたものである。

① $-BvL$ [V] ② 0V ③ BvL [V]

よって、起電力 V [V] の変化のグラフは図のようになる。



第5部 原子・分子の世界

下巻 第1章 電子と光 →p.256~277

類題1 各測定値の差をとると、次のようになる。

$$3.29 - 1.70 = 1.59$$

$$4.89 - 3.29 = 1.60$$

$$8.02 - 4.89 = 3.13$$

$$12.84 - 8.02 = 4.82$$

$$14.48 - 12.84 = 1.64$$

この表より、 $1.59 \sim 1.70 (\times 10^{-19} \text{ C})$ 程度が電気素量であると推定できる。電気素量を $e [10^{-19} \text{ C}]$ とすれば、各測定値はそれぞれ $e, 2e, 3e, 5e, 8e, 9e$ と考えられるので、

$$e + 2e + 3e + 5e + 8e + 9e$$

$$= 1.70 + 3.29 + 4.89 + 8.02 + 12.84 + 14.48$$

よって、 $e = 1.615$ **答** $1.615 \times 10^{-19} \text{ C}$

問1 光子1個がもっているエネルギーを E [J] とすると、 $[E = h\nu]$ より、

$$E = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 2.5 \times 10^{14} \text{ 1/s} = 1.65 \times 10^{-19} \text{ J}$$

類題2 陰極Cの仕事関数 W [J]は、例題2より、

$$W = 6.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

波長 $2.5 \times 10^{-7} \text{ m}$ の光を当てたときにCから飛び出す光電子の運動エネルギーの最大値を K_0 [J] とすると、 $[K_0 = h\nu - W]$ $[c = \nu\lambda]$ より、

$$K_0 = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times \frac{3.0 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.5 \times 10^{-7} \text{ m}} - 6.6 \times 10^{-19} \text{ J} \\ = 1.32 \times 10^{-19} \text{ J}$$

求める電位差を V [V] とすると、 $[K_0 = eV]$ より、

$$1.32 \times 10^{-19} \text{ J} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times V$$

よって、 $V = 0.825 \text{ V} \approx 0.83 \text{ V}$ **答** 0.83 V

問4 光速を c [m/s] とし、光子1個のエネルギー E [J] を真空中の光の波長 λ [m] で表すと、 $[E = h\nu]$ $[c = \nu\lambda]$ より、

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

となり、 λ が大きいほど E は小さくなる。したがって、可視光線の光子1個のエネルギーの最小値は、

$$E = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times \frac{3.0 \times 10^8 \text{ m/s}}{700 \times 10^{-9} \text{ m}} = 2.8 \times 10^{-19} \text{ J}$$

問1 バルマー系列は [下巻] p.280 式(2)で $n'=2$ の場合である。式(2)に $n'=2$ を代入し、変形して、

$$\lambda = \frac{1}{R\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)} \dots\dots ①$$

よって、波長 λ が最も長いということは、式①の右辺の分母が最も小さい、つまり、 $\frac{1}{n^2}$ が大きいことを意味する。したがって、 n が最も小さい $n=3$ を計算すればよい。

$$\lambda = \frac{1}{1.1 \times 10^7 / \text{m} \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)} = \frac{36}{1.1 \times 10^7 / \text{m} \times 5}$$

$$= 6.54 \dots \times 10^{-7} \text{ m} \doteq 6.5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

よって、最も長い波長は、 $6.5 \times 10^{-7} \text{ m}$ であり、水素のスペクトル H_α の輝線の波長と一致する。

次に、波長 λ が最も短いということは、式①の右辺の分母が最も大きい、つまり、 $\frac{1}{n^2}$ が最も小さいことを

$$E_n = -\frac{2.18 \times 10^{-18}}{n^2} \text{ J} \times \frac{1}{1.602 \times 10^{-19} \text{ J/eV}}$$

$$\doteq -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$$

となり、したがって、[下巻] p.283 式(11)で表すことができる。 [答] $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$

問3 [下巻] p.284 式③の $R = \frac{2\pi^2 k_0^2 m e^4}{ch^3}$ に、

$$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}, h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s},$$

$$k_0 = 8.99 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2, m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg},$$

$$e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C} \text{ を代入すると,}$$

$$R \doteq 1.09 \times 10^7 / \text{m}$$

よって、リュードベリ定数の値とほぼ一致する。

問4 量子数 n から n' (ただし、 $n > n'$) へ移ったときに放出される光子の振動数を ν とすると、振動数条件より、

$$E_n - E_{n'} = h\nu \dots\dots ①$$

p. 316 思考力を試す

1 (1) 点A：物体にはたらく力は重力と垂直抗力のみであるから、垂直抗力を N_A として鉛直方向に対して力のつり合いの式を立てると、

$$N_A - mg = 0 \quad \text{ゆえに、} N_A = mg$$

点B：円運動の軌道内に入っているため、遠心力を考慮し、この地点における速さを

v_B 、垂直抗力を N_B とすると、力のつり合いの式は、

$$N_B - m \frac{v_B^2}{R} - mg = 0$$

力学的エネルギーの保存の法則より、

$$mgH = \frac{1}{2} m v_B^2 + 0 \quad \text{ゆえに、} m \frac{v_B^2}{R} = \frac{2mgH}{R}$$

したがって、 $N_B = m \frac{v_B^2}{R} + mg = mg(1 + \frac{2H}{R})$

点C：遠心力を考慮し、この地点における速さを v_C 、垂直抗力を N_C とすると、水平方

向の力のつり合いの式は、

$$N_C - m \frac{v_C^2}{R} = 0$$

力学的エネルギーの保存の法則より、

$$mgH = \frac{1}{2} m v_C^2 + mgR \quad \text{ゆえに、} m \frac{v_C^2}{R} = \frac{2mg(H-R)}{R}$$

3 (1) ア：屈折の法則より、 $\sin i = n \sin r$
イ：同様に、屈折の法則より、光の進む向きはダイヤモンドから外側の空気へ向かう向きであることに注意すると、 $\sin \theta_C = \frac{1}{n}$

(2) ウ：ダイヤモンドにおいて、 $0^\circ < i < i_c$ のとき、 $\theta_C < \theta_{AC}$ より、全反射

エ：同じくダイヤモンドにおいて、 $i_c < i < 90^\circ$ のとき、 $\theta_C > \theta_{AC}$ より、部分反射

オ：ガラスにおいて、 $0^\circ < i < 90^\circ$ のとき、 $\theta_C > \theta_{AC}$ より、部分反射

4 (1) ローレンツ力が向心力となって円運動をするから、円の中心運動の運動方程式より、

$$m \frac{v^2}{R} = qvB \quad \text{ゆえに、} v = \frac{qBR}{m}$$

(2) 点電荷の円運動の半径が変化しないとみなすことができるとき、 $\Phi = BS$ より、

$$\Delta\Phi = \Delta B \times S = nR^2 \Delta B$$

(3) 円環コイルに沿って生じる誘導起電力の大きさを V とすると、 $V = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ より、

$$V = -nR^2 \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

学んでリトライ



年 組 番 氏名 _____

Q.1 どんな媒質中でも変わらない量は？ → p.39

波を表す量のうち、媒質によって変化しない量を次の①～③からすべて選び、その理由を説明しなさい。

- ① 波の速さ ② 波長 ③ 振動数

解答

- 1 上のように考えた理由を書きましょう。

学んでリトライ



年 組 番 氏名 _____

Q.1 どんな媒質中でも変わらない量は？ → p.39

対話例



ナツミさん

私は選択肢③だと思うわ。周波数は変わらないんじゃない？

②かな？波の波長は変化しないんじゃないかと思うんだけど。



ケントさん



早川先生

さあ、どうでしょうか。まずは、波が異なる媒質を通過するときどのように振る舞うかを考えてみましょう。例えば、教科書 p.166 のように、水面波が境界面で屈折して進むとき、波の速さ、波長、周波数のうちどれが変化するかを考えてみてください。

水深が深いところから浅いところに向かう水面波は、境界面に進行すると波の速さが変わるんではないかね。



Retry 学んでリトライ

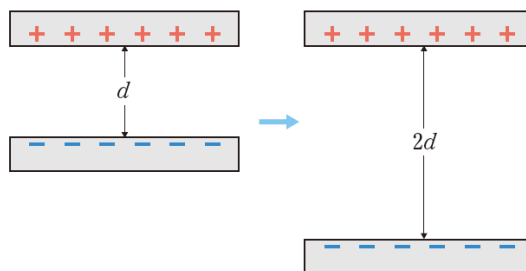


年 組 番 氏名 _____

Q.2 電場の強さはどう変わる？ → p.151

2枚の金属板に電源をつなぎ、十分に時間が経過した。その後、電源を切り、図のように極板間の距離を2倍に広げたとき、極板間の電場の強さは極板間の距離を広げる前と比べてどうなるか。

- ① 2倍になる ② 半分になる
③ 変わらない



解答

Retry 学んでリトライ



年 組 番 氏名 _____

Q.2 電場の強さはどう変わる？ → p.151

対話例

この問題はよく見かけます！極板は正と負に帯電していて、それを離すんだから電場は弱くなりそうだけど。ということは選択肢②かな？



でも、極板間は一様な電場ができるらしいから、それが正しいとすると電場は変わらない気もするなあ。そうだと選択肢③かな？

クーロンの法則で考えてみたらどうかな。正と負の電荷が引力で引き合っているものを離すから、誰か(外力)がした仕事の分だけ、位置エネルギーが増加して、電場が強くなる気もするね。となると選択肢①になるね。どれなんだろう…。



2人ともよく考えていますね。基本的なことから考えてみましょう。まず、点電荷と極板の場合で電場はどのようにつくられるかを整理してみましょう。

学んでリトライ



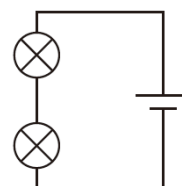
年 組 番 氏名 _____

Q.3 どちらの電球の方が明るく光る？ 復習 →p.180

同じ性質をもつ2つの電球を右の図のように直列接続した。

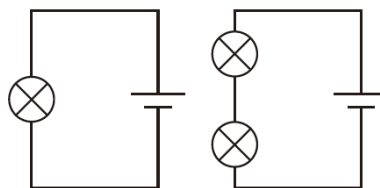
(1) どちらの電球の方が明るいだろうか。

- ① 上の電球 ② 下の電球 ③ どちらも明るさは同じ

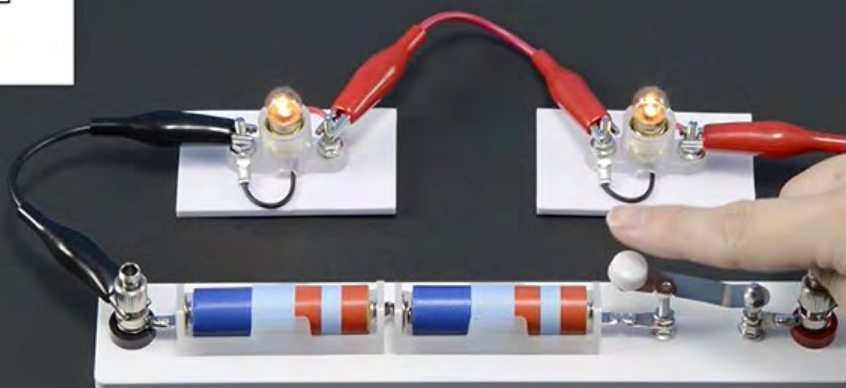
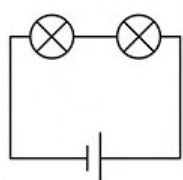


(2) 同様な回路で、電球が1個の場合と2個の場合とでは、それぞれの電球の明るさはどちらの方が明るいだろうか。

- ① 電球が1個の場合
② 電球が2個の場合
③ 電球の個数に関わらず明るさは同じ



別紙120-2



Retry 学んでリトライ

年 組 番 氏名 _____



Q.3 どちらの電球の方が明るく光る？ 復習 → p.180

対話例



ナツミさん

①のように、上の電球の方が明るいと思います。電流は+極から流れてきて、電球で仕事をして電球が明るくなりますよね。上の電球で仕事をする=エネルギーが消費されているので、下の電球をつけるためのエネルギーが減る。だから、①だと思います。

直列回路では、回路に流れる電流は一定と習いました。上の電球にも下の電球にも同じ大きさの電流が流れるので、明るさも同じだと思います。



早川先生

正解は③なんです。実験してみるとわかりますよ。



ケントさん



え！？なんだか納得できません！

別紙121-2

1 波の基本式

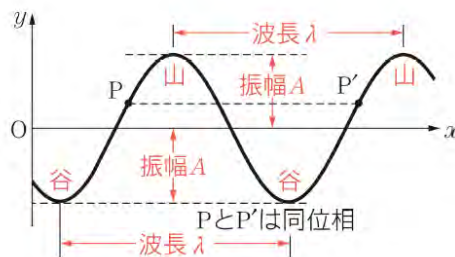
$$v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$$

v [m/s]: 波の速さ λ [m]: 波長
 T [s]: 周期 f [Hz]: 振動数

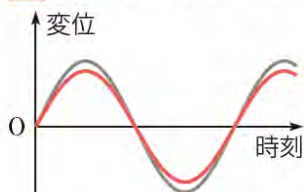
波長: 山と山(または谷と谷)の間の距離

周期: 媒質が1回振動するのに要する時間

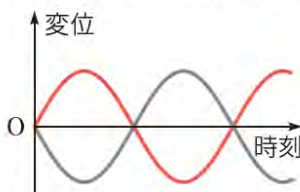
振動数: 媒質が1s間に振動する回数



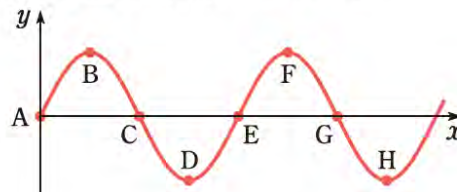
2 位相 媒質の各点の単振動の変位や速度の状態を表す量を波の位相という。



同位相の振動



逆位相の振動



AとE, BとF, CとG, DとHが同位相
A・EとC・G, B・FとD・Hが逆位相

3 横波 媒質の振動方向と波の伝わる方向が垂直である波

4 縦波(疎密波) 媒質の振動方向と波の伝わる方向が同じである波

1 空気中の音速 $V=331.5+0.6t$ V [m/s]: 空気中の音速 t [°C]: 温度

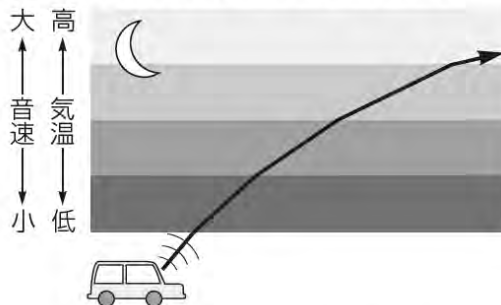
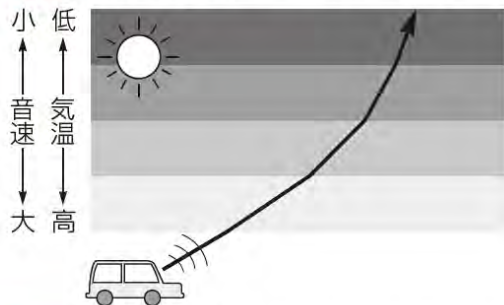
2 波の基本式 $v=\frac{\lambda}{T}=f\lambda$ v [m/s]: 波の速さ λ [m]: 波長
 T [s]: 周期 f [Hz]: 振動数

3 音の三要素 高さ(振動数), 大きさ(振幅), 音色(波形)

4 物理 音波の回折 音波が障害物の背後に回り込む現象

5 物理 音波の反射 音波は壁などに当たると反射する。例 やまびこ

6 物理 音波の屈折 音波は温度により伝わる速さが異なるため, 屈折を起こす。



7 物理 音波の干渉 2つ以上の音波が重なり合っ
 て, 音が大きく聞こえたり, 小さく聞こえたり



1 光速(光の速さ)

真空中の光速 $c \doteq 3.0 \times 10^8$ [m/s]

2 反射の法則 入射角 i = 反射角 j

3 屈折の法則 光が物質 I から物質 II へ進むと
 き, 入射角を i , 屈折角を r , 物質 I, II 中の光
 速を v_1 [m/s], v_2 [m/s], 波長を λ_1 [m], λ_2 [m], 絶対屈折率を n_1 , n_2 , 振動数を f

[Hz] とすると, 物質 I に対する物質 II の相対屈折率 n_{12} は,

$$n_{12} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{f\lambda_1}{f\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

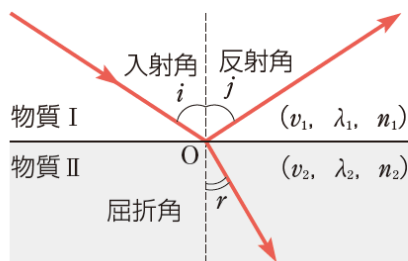
真空中の光速を c [m/s], 波長を λ_0 [m], 物質中の光速を v [m/s], 波長を λ [m] と
 すると, 物質の絶対屈折率(真空中から物質中へ進むときの屈折率) n は,

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

補 反射光, 屈折光の振動数は入射光と等しい。

4 全反射 絶対屈折率の大きい物質から, 小さい物質へ光が向かうとき ($n_1 > n_2$), 臨
 界角(屈折角が 90° になるときの入射角) i_0 より大きい入射角で光が入射すると, 入

射光は全反射する 臨界角: $i_0 = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$ 入射角が i_0 より大きいとき



- 1 **静電気** 摩擦などによって生じる電気で、物体に蓄えられたままで静止している状態のもの。電気には2種類あり、同種の電気は互いに反発し合い、異種の電気は互いに引き合う。
- 2 **物理 電荷と電気量** 帯電している物体がもつ電気を電荷といい、電荷の量を電気量という。外部と電荷のやりとりがなければ、電気量の総和は常に一定である(電気量保存の法則)。
- 3 **導体・不導体・半導体** 電気をよく通すものを**導体**、ほとんど通さないものを**不導体**(絶縁体、誘電体)、両者の中間程度のものを**半導体**という。
- 4 **物理 静電誘導** 外部の帯電体の影響によって物体の電荷の分布に偏りができる現象。不導体に起こる静電誘導を**誘電分極**という。

2. 電界 **物理**

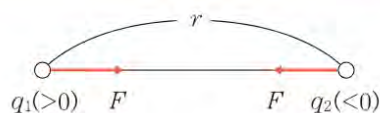
5 **クーロンの法則(点電荷の場合)**

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

F [N]: 電気力(静電気力)の大きさ
 k [N·m²/C²): クーロンの法則の比例定数

(真空中や空気中では $k_0 \approx 9.0 \times 10^9$ [N·m²/C²)

q_1 [C], q_2 [C]: 点電荷の電気量 r [m]: 点電荷の間の距離



q_1, q_2 が同種の場合は斥力(反発力) 異種の場合は引力

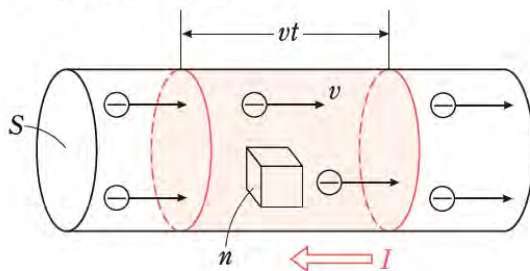
1 **電流の強さ** 導体の断面を単位時間に通過する電気量の大きさ

$$I = \frac{q}{t}$$

I [A]: 電流の強さ
 q [C]: 電気量 t [s]: 時間

$$I = enSv$$

$-e$ [C]: 電子の電気量
 n [個/m³): 自由電子の数密度(単位体積あたりの個数)
 v [m/s]: 自由電子が移動する平均の速さ
 S [m²): 導体の断面積



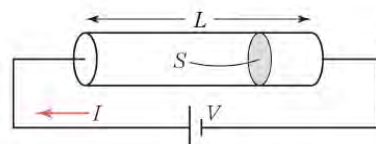
2 **オームの法則**

$$V = RI \quad V$$
[V]: 電圧 R [Ω]: 電気抵抗 I [A]: 電流の強さ

3 **電気抵抗(または単に、抵抗)**

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

R [Ω]: 電気抵抗 ρ [Ω·m]: 抵抗率
 L [m]: 導体の長さ S [m²): 導体の断面積



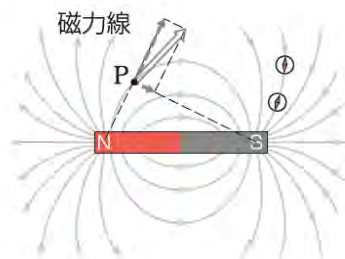
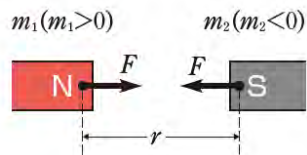
1 磁気力に関するクーロンの法則

$$F = k_m \frac{|m_1| \cdot |m_2|}{r^2} \quad F[\text{N}] : \text{磁極間にはたらく力の大きさ}$$

$k_m = \frac{10^7}{(4\pi)^2} \doteq 6.33 \times 10^4 [\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{Wb}^2]$: 磁気力に関するクーロンの法則の比例定数(真空中)

$m_1, m_2 [\text{Wb}]$: 磁気量(N極:正, S極:負)

$r [\text{m}]$: 磁極間の距離



磁極が同種るとき斥力(反発力), 異種るとき引力

2 磁気力と磁界(磁場)との関係

$$\vec{F} = m\vec{H} \quad \vec{F}[\text{N}] : \text{磁気力}$$

$$m[\text{Wb}] : \text{磁気量} \quad \vec{H}[\text{N/Wb}] : \text{磁界}$$

3 磁力線 空間の磁界の様子を表すものが磁力線で, 各点での接線の方向がその点での磁界の方向を表す。電界の様子を表す電気力線と類似の性質がある。

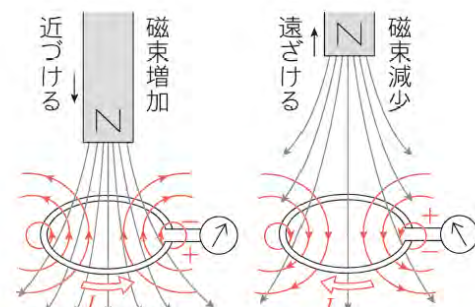
1 磁束

$$\Phi = BS \quad \Phi[\text{Wb}] : \text{磁束}$$

$$B[\text{T}] : \text{磁束密度の大きさ}$$

$$S[\text{m}^2] : \text{磁界に垂直な面積}$$

2 レンツの法則 誘導起電力は, 誘導電流のつくる磁束がコイルを貫く外部からの磁束の変化を妨げる向きに生じる。



増加を妨げる向きに 減少を妨げる向きに
(赤色の磁束線は誘導電流のつくる磁界)

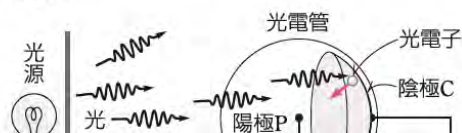
3 ファラデーの電磁誘導の法則 N 回巻きのコイルを貫く磁束 $\Phi [\text{Wb}]$ が, $\Delta t [\text{s}]$ 間に $\Delta\Phi [\text{Wb}]$ だけ変化したとき, コイルの両端に発生する誘導起電力 $V [\text{V}]$ は,

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

4 渦電流 金属板の上で磁



- 1 **真空放電** ごく低圧力の気体を通して起こる放電
- 2 **陰極線** 真空放電で陰極から出る電子の流れ
- 3 **比電荷** 荷電粒子の電気量の大きさとその質量との比(電子の場合 $\frac{e}{m}$)
- 4 **トムソンの実験** 陰極線(電子)に電界と磁界を作用させて, 電子の比電荷を測定する実験(実験結果 $\frac{e}{m} = 1.758820 \times 10^{11} [\text{C/kg}]$)
- 5 **電気素量** 電子の電気量の絶対値で, 電気量の最小単位
- 6 **ミリカンの実験** 帯電した油滴を電界中で運動させて, 電気素量 e を測定する実験(実験結果 $e = 1.602176620 \times 10^{-19} [\text{C}]$)
- 7 **電子の質量** 4 6 の実験結果より, 電子の質量 m は, $m = 9.10938356 \times 10^{-31} [\text{kg}]$
- 8 **光電効果** 金属に光を当てると電子が飛び出す現象
- 9 **光電子** 光電効果によって飛び出した電子
- 10 **限界振動数** 光電子の放出を可能にする光の振動数の最小値 $[\text{Hz}]$



- 1 **原子の構造** $+Ze$ の電気量をもつ原子核の周りを, Z 個の電子が運動している。
- 2 **原子のスペクトル** 高温の気体原子は, その原子固有の線スペクトル(輝線)を放射する。
- 3 **バルマー系列** バルマーが発見した水素原子のスペクトル系列。可視光領域の光の波長 $\lambda[\text{m}]$ を表す。

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n=3, 4, 5, \dots \quad R = 1.097 \times 10^7 [\text{/m}] :$$
 リュードベリ定数
- 4 **ライマン系列** ライマンが発見した水素原子のスペクトル系列。紫外線領域の光の波長 $\lambda[\text{m}]$ を表す。

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n=2, 3, 4, \dots$$
- 5 **パッシェン系列** パッシェンが発見した水素原子のスペクトル系列。赤外線領域の光の波長 $\lambda[\text{m}]$ を表す。

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n=4, 5, 6, \dots$$
- 6 **水素原子のスペクトル系列** 一般に, 水素原子のスペクトル系列の波長 $\lambda[\text{m}]$ は次式で表される。