教養の物理 問題集2014

～電磁気学～

例題-01

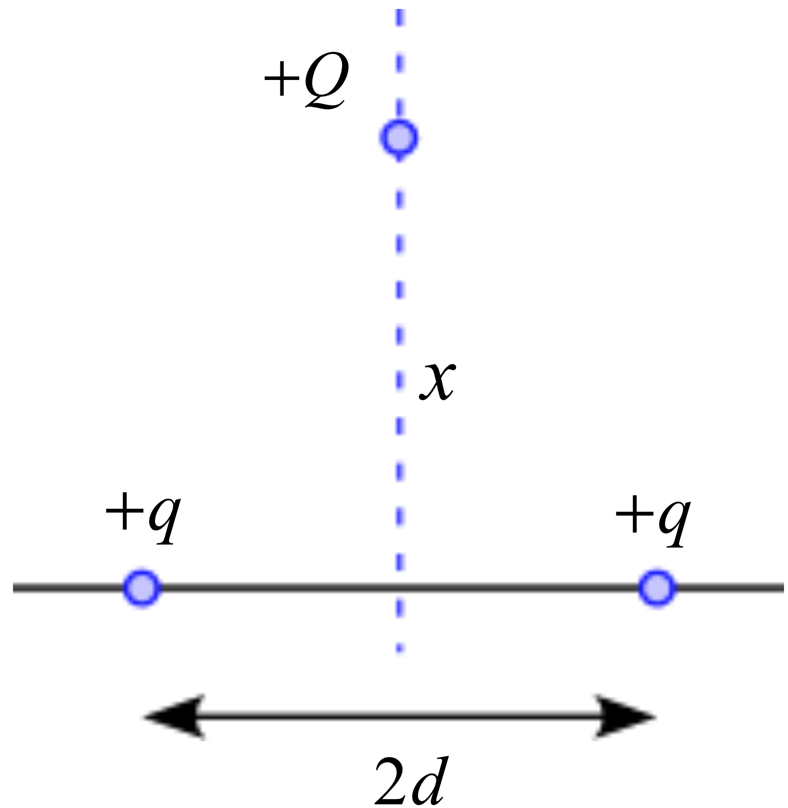
陽子と電子が 1×10^{-8} [m] 離れた位置にある。
このときの電子と陽子が引きあう力の大きさを求めよ。
但し、電子の電荷を 1.6×10^{-19} [C]、クーロン定数を 9.0×10^{9} [N·m^2/C^2] とする。

例題-02

ヘリウムの原子核は2個の陽子と2個の中性子で構成されていて、
大きさは約 2×10^{-15} [m] である。
ヘリウムの原子核内の陽子に作用しているクーロン力を求めよ。
但し、電子の電荷を 1.6×10^{-19} [C]、クーロン定数を 9.0×10^{9} [N·m^2/C^2] とする。

例題-03

図のように、正の電気量 $+q$ をもつ2つの点電荷を距離 $2d$ 離して固定する
この2つの点電荷を結ぶ線分の垂直二等分線上に $+Q$ の点電荷を置くとき、この点電荷が受ける力が最も大きくなる場所 x を考える。
以下の問いに答えよ。



1. 点電荷 $+Q$ が2個の点電荷から受ける力を図に書き込め

2. この2つの点電荷のうち1つから受ける力 f を求めよ

3. この2つの点電荷から受ける力 F を求めよ

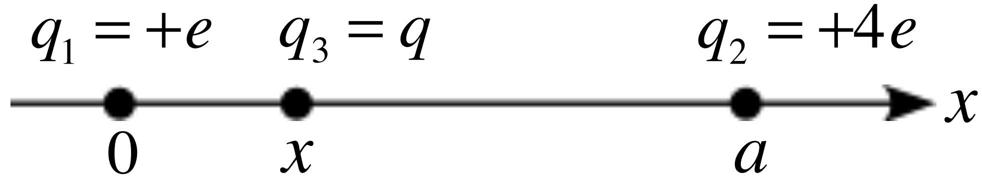
4. この力 F が最も大きくなる場所 x はどこか求めよ。

例題-04

2つの電荷が x 軸上に置かれている。

電荷1：$x=0, q_1=+e$

電荷2：$x=a, q_2=+4e$



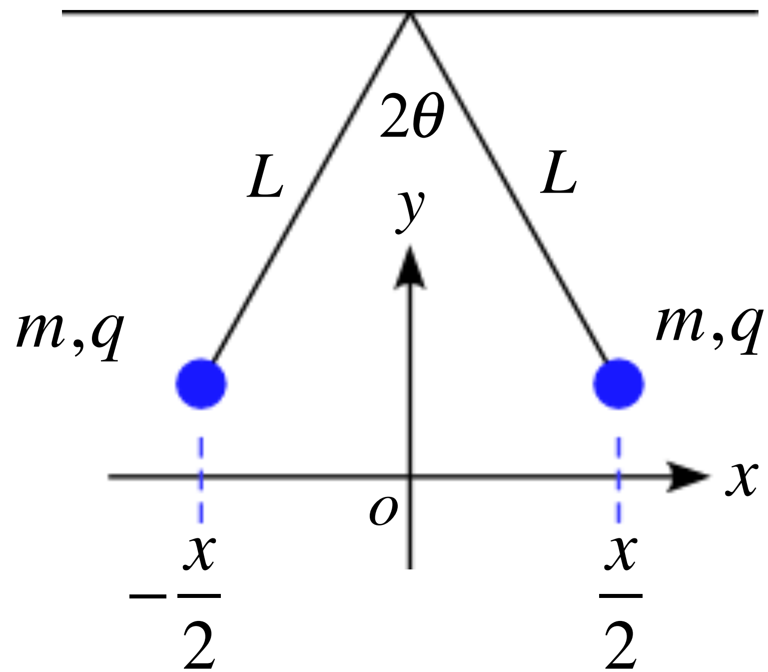
(1) 電荷3 ($q_3=q$)をx 軸上 $0<x<a$ に置いたとき、電荷3が受ける力を求めよ。

(2) 電荷3の電荷1と電荷2から受ける力がゼロになる場所を求めよ。

(3) 3つの電荷の受ける力をゼロにするための電荷3の電気量を求めよ。

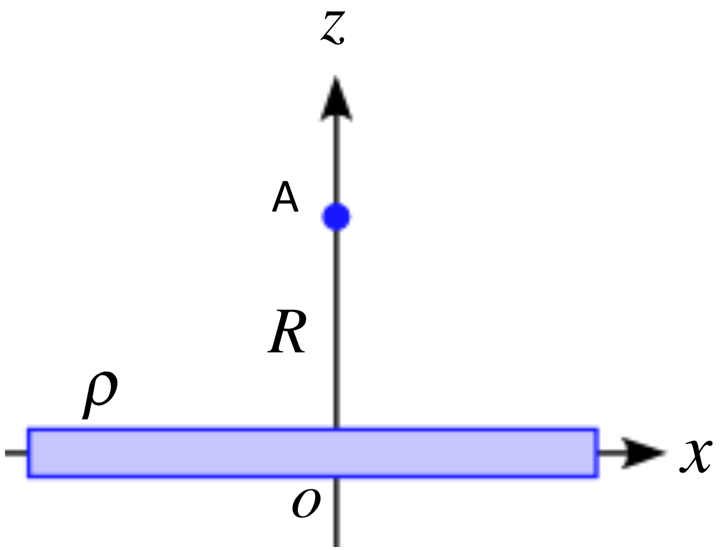
例題-05

質量m, 電荷 qをもつ十分に小さな球が、長さLの糸で吊るされて静止している。
2つの球の間隔 x はいくらか求めよ。
但し、角度θは十分に小さいとする。



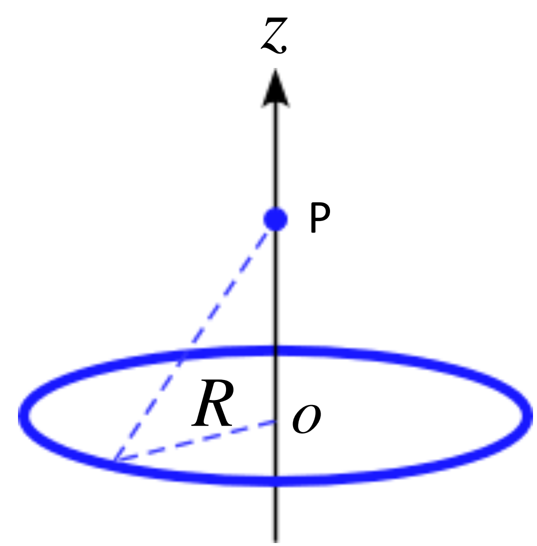
例題-06

単位長さあたりの電気量(線密度)が ρ である無限に長い直線上の電荷がある。
直線から距離 R にある点Aでの電場の大きさを求めよ。
但し、線の太さは無視できるものとする。



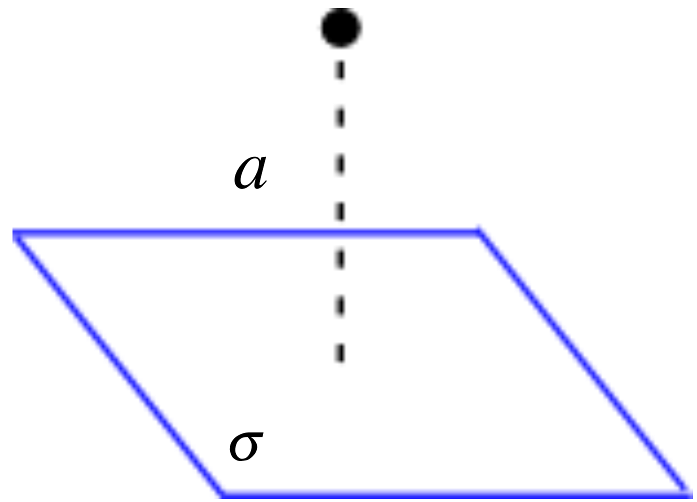
例題-07

図のような z 軸を中心軸にもつ半径 R のリング状の電荷がある。
単位長さあたりの電荷量(線密度)が ρ である場合、
z 軸上の点Pでの電場の大きさを求めよ。



例題-08

無限に広い平面がある。
この平面上に面密度σで一様に電荷が分布しているとする。
この平面から距離aだけ離れた点での電場の大きさを求めよ。
但し、真空誘電率はε_0とする。



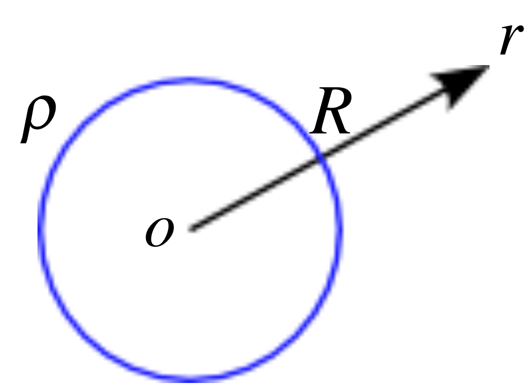
例題-09

図のように、半径Rの球の内部に単位体積あたり電気量$\rho(>0)$の荷電粒子が一様に分布しているとする。
以下の問に答えよ。

(1) この球の中心から距離$r(\geq R)$での電場の大きさ$E(r)$を求めよ。

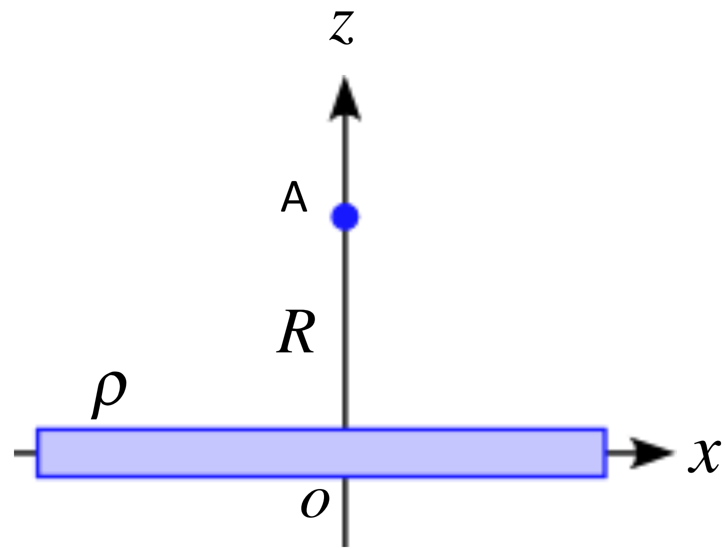
(2) この球の中心から距離$r(\leq R)$での電場の大きさ$E(r)$を求めよ。

(3) 球の内外につくる静電場を距離rの関数としてグラフを書け。



例題-10

単位長さあたりの電気量(線密度)がρである無限に長い直線上の電荷がある。
直線から距離Rにある点Aでの電場の大きさを求めよ。
但し、線の太さは無視できるものとする。
(ガウスの法則を使って計算せよ。)

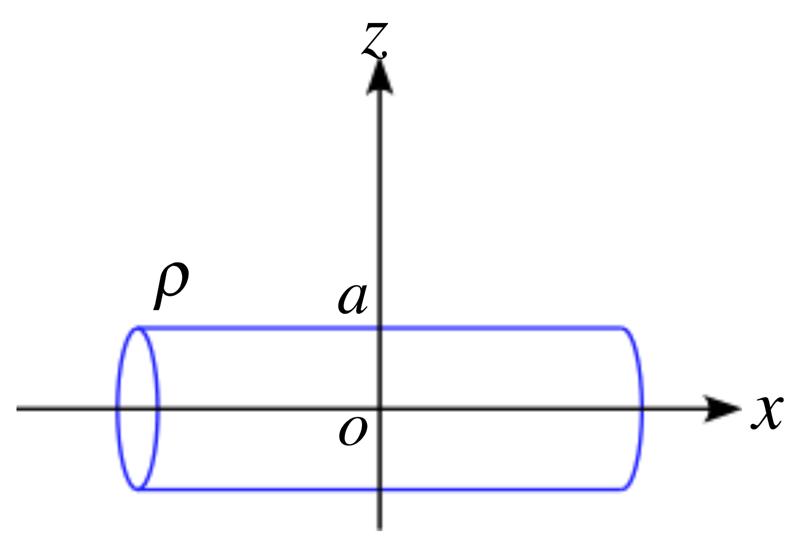


例題-11

図のような半径 a の無限に長い円筒の表面に単位長さ当たり ρ の電荷量が一様に分布している。

(1) 円筒の外側 $z(\geq a)$ に生ずる電場を求めよ。

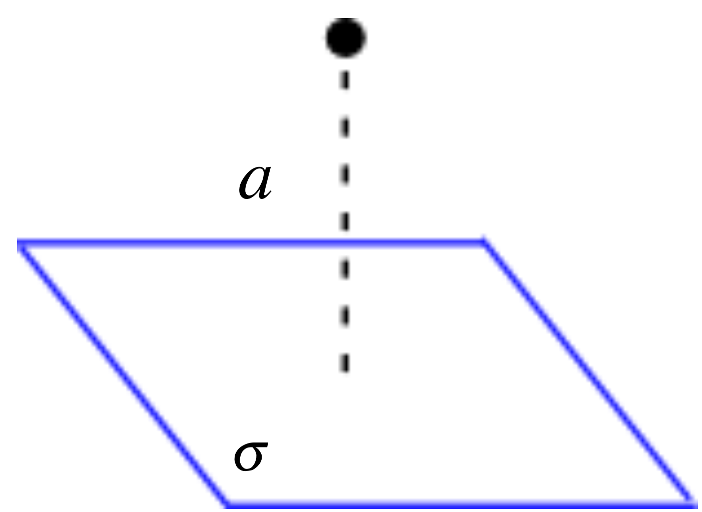
(2) 円筒の内側 $z(\leq a)$ に生ずる電場を求めよ。



例題-12

無限に広い平面がある。
この平面上に面密度 σ で一様に電荷が分布しているとする。
この平面から距離 a だけ離れた点での電場の大きさを求めよ。
但し、真空誘電率は ε_0 とする。

(ガウスの法則を使って計算せよ。)

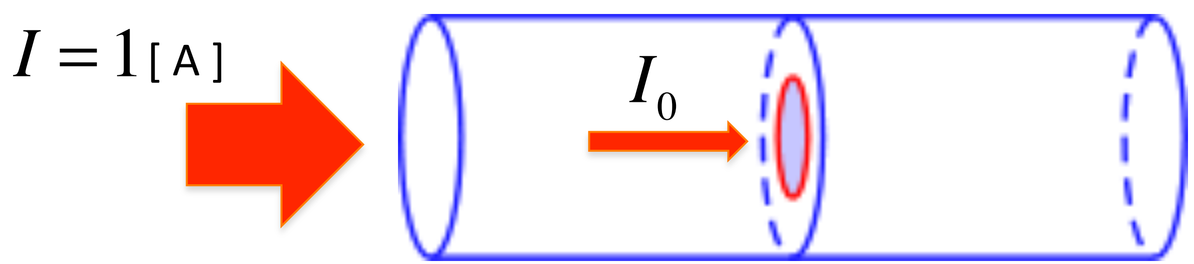


例題-13

半径1 [mm] の断面をもつ導線がある。
この導線に1 [A] の電流が流れている。
以下の問に答えよ。
但し、電束密度は一様として考えてよいものとする。

(1) 電束密度の大きさi を求めよ。

(2) 導線の半径0.5 [mm] の内側で流れる電流の大きさI_0を求めよ。

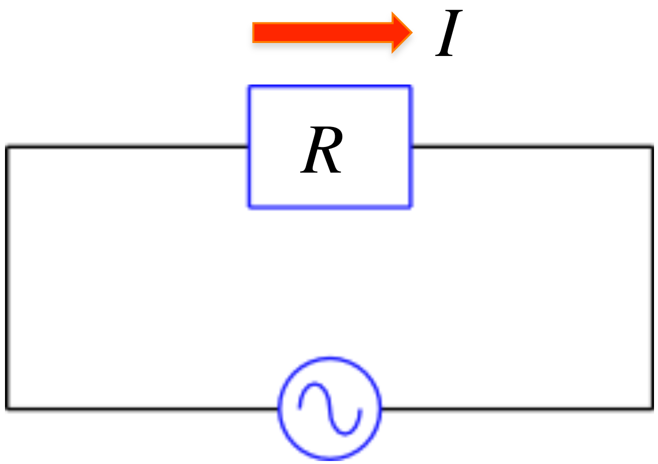


例題-14

電流が時間的に周期的に変動する電流 $I(t)$ が

$$I(t) = I_0 \sin(2\pi ft)$$

で表される電流がある。



(1) 抵抗 R に流したときの仕事率 P を求めよ。

(2) このときの平均電流の大きさを求めよ。

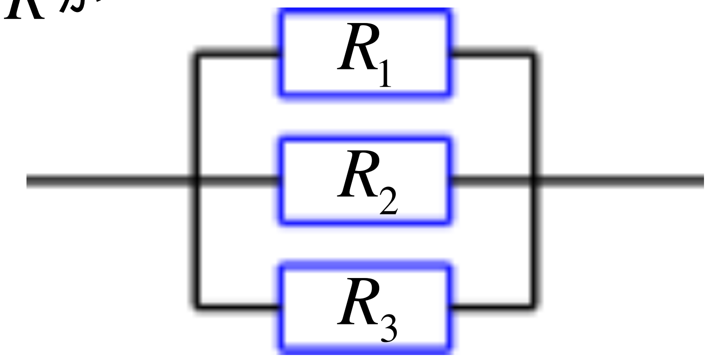
例題-15

抵抗 R_1, R_2, R_3 がある。

(1) 3つの抵抗が並列につながれたときの合成抵抗 R が

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$

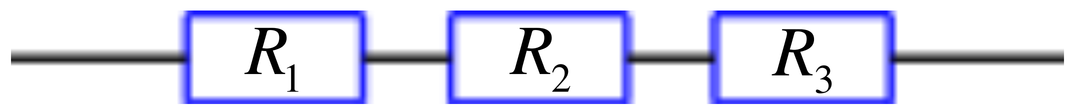
であることを示せ。



(2) 3つの抵抗が直列につながれたときの合成抵抗 R が

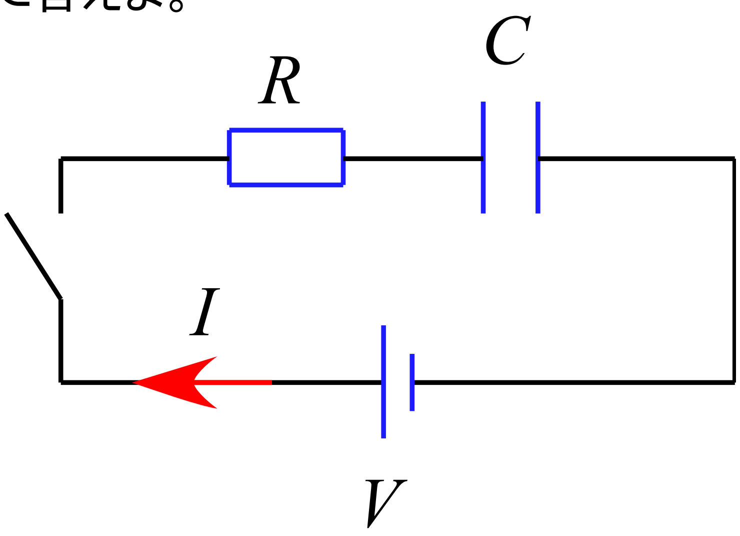
$$R=R_1+R_2+R_3$$

であることを示せ。



例題-16

次のRC回路を考える。スイッチを入れる前に $Q(0)=2CV$ の電荷が蓄えられている。スイッチを入れた時刻を $t=0$ として、以下の問に答えよ。



(1) 回路方程式を記述せよ。

(2) 図の向きを正として、$t=0$ における電流の値を求めよ。

(3) 十分に時間が経った後のコンデンサーの電荷 Q の値を求めよ。

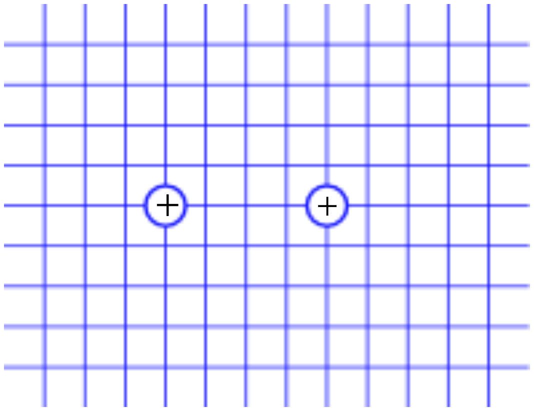
(4) $Q-t$ グラフを描け。

2013 教養の物理 中テスト　2013.7.4実施

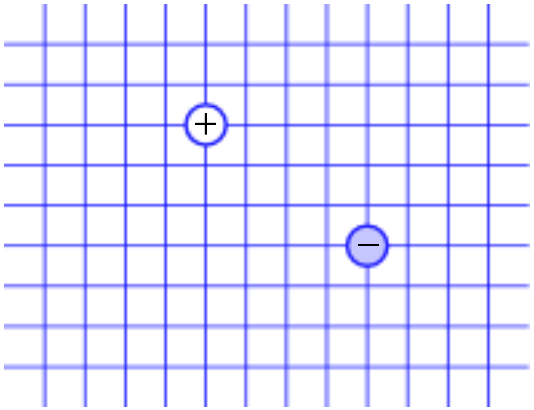
注) 解答は全て解答用紙に記述すること。
　　途中式などは省略せず記述をすること。

1. 2つの点電荷がある。それぞれに作用するクーロン力を作図し、
その大きさをクーロン定数を k として計算せよ。
但し、一目盛の長さは a とし、それぞれの電荷の大きさは
$+q, -q$ とする。

(1)

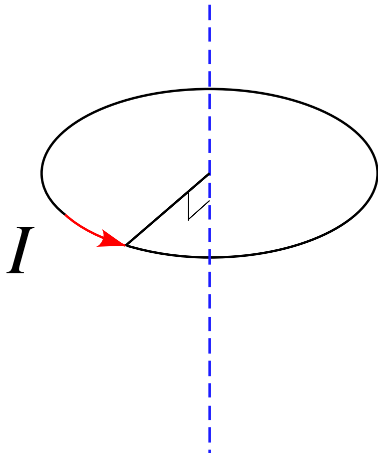


(2)



2. 陽子と電子が1×10^{-8} [m] 離れた位置にある。
このときの電子と陽子に作用するクーロン力の大きさ$|F|$を
計算し、引力か斥力かを答えよ。
但し、電子の電荷を1.6×10^{-19} [C]、クーロン定数を
9.0×10^{9} [N·m²/C²] とする。

3. 図のような円形電流がある。
反時計回りの方向に電流を流した場合、中心軸にできる磁場の
向きを矢印で図に記述せよ。

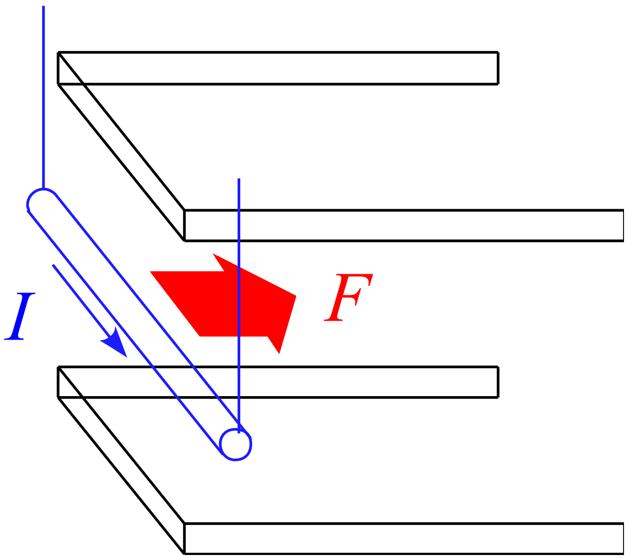


4. 図はU字磁石の一部である。

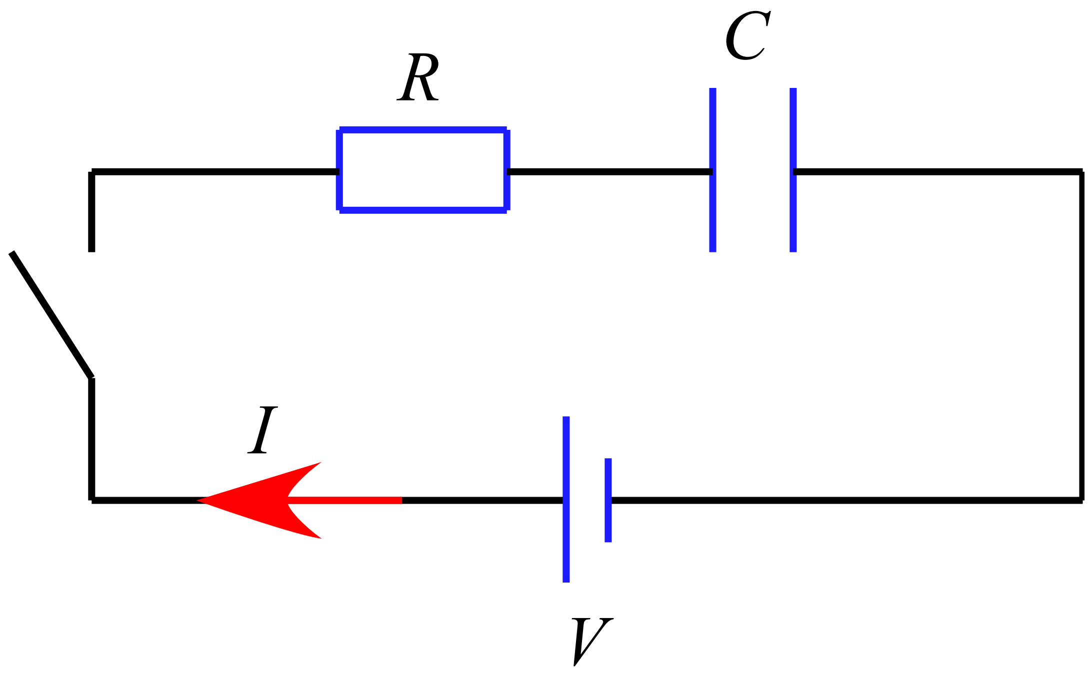
この磁石の間に導線を設置し、電流を図の矢印の向きに流したところ、太い矢印の方向に力が作用した。

(1) 磁石の極性をそれぞれ図に書き込め。

(2) 磁場の向きを図に書き込め。



5.次のRC回路を考える。スイッチを入れる前にはコンデンサーに
電荷は蓄えられていないものとする。
スイッチを入れた時刻を $t=0$ として、以下の問に答えよ。



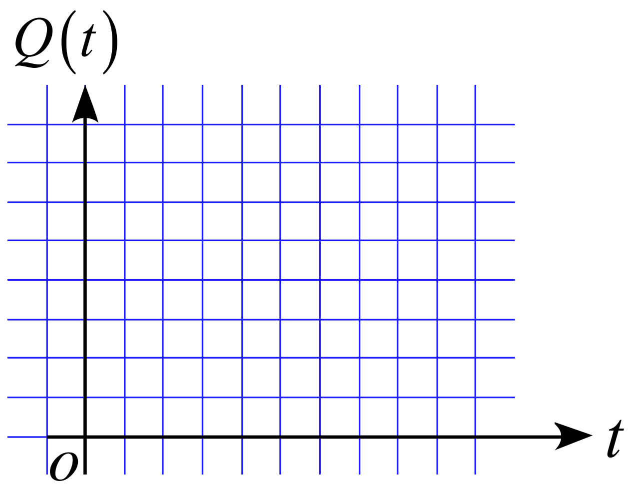
(1) 回路方程式を記述せよ。
ある時刻 t におけるコンデンサーの電荷を $Q(t)$ としてよい。

(2) 図の向きを正として、$t=0$ における電流の値を求めよ。

(3) 十分に時間が経った後のコンデンサーの電荷 Q の値を求めよ。

(4) $Q-t$ グラフを描け。

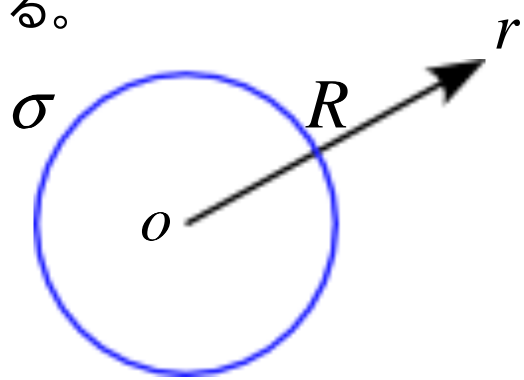
また、$Q-t$ グラフの原点での傾きを記述せよ。



6. 図のように、半径Rの球の表面に単位面積当たり電気量$\sigma(>0)$の荷電粒子が一様に分布しているとする。

クーロン定数は $k=1/4\pi\varepsilon_0$ とする。

以下の問に答えよ。



(1) この球の中心から距離 $r(\geq R)$ での電気量の大きさ$Q\left(r\right)$を求めよ。

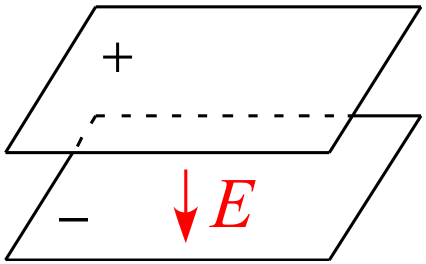
(2) この球の中心から距離 $r(\leq R)$での電気量の大きさ$Q\left(r\right)$を求めよ。

(3) この球の中心から距離 $r(\geq R)$での電場の大きさ$E\left(r\right)$を求めよ。

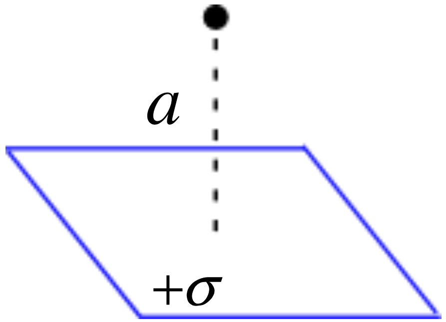
(4) この球の中心から距離 $r(\leq R)$での電場の大きさ$E\left(r\right)$を求めよ。

(5) 球の内外につくる静電場を距離 r の関数としてグラフを書け。

7. コンデンサー内部の電場について、2枚の平面を用いた平行板コンデンサーのモデルを考えることで求めるとする。

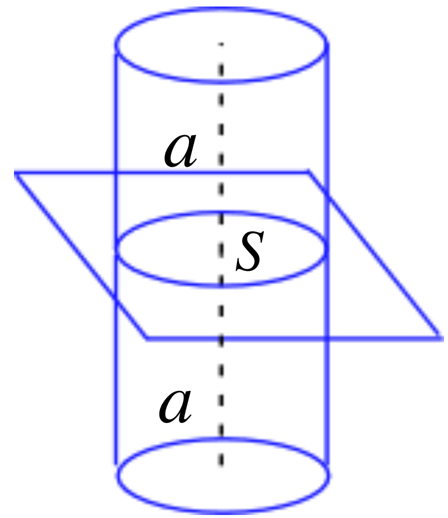


まず、片方の平面 (プラス側) が作る電場を考える。
右図のような、無限に広い平面とする。
この平面上に面密度 $+\sigma$ で一様に電荷が分布しているとする。
この平面から距離 a だけ離れた点での電場 E_+ の大きさを以下の手順に従って求めよ。 但し、真空誘電率は ε_0 とする。



電場 E_+ の大きさをガウスの法則を用いて求める。

ガウスの法則を適用する閉曲面を右図の様に上下に高さ a、底面積 S の円筒とする。



(1) この閉曲面内の電気量を S, σ を用いて表せ。

(2) この閉曲面を貫く電気力線は

円筒の側面部分から $\boxed{}$ 本であり、

円筒の上下の面から合計 $\boxed{}$ 本である。

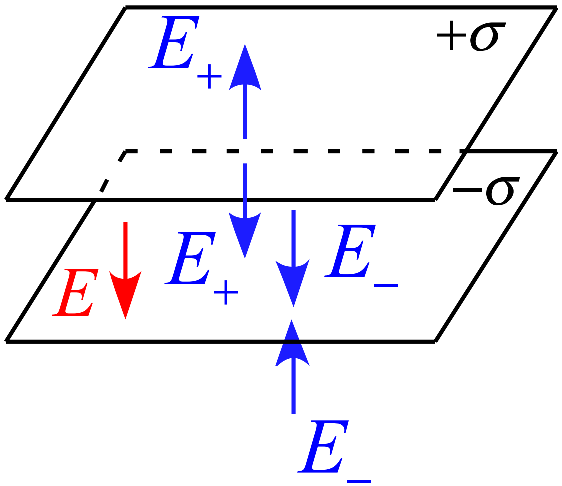
(3) 電場 E_+ の大きさを求めよ。

もう一方の平面 (マイナス側) が作る電場 E_- の大きさも
同様に考えることで計算でき、

$$|E_+| = |E_-|$$

である。

従って、この2つの平面が作る電場は下図の様になる。

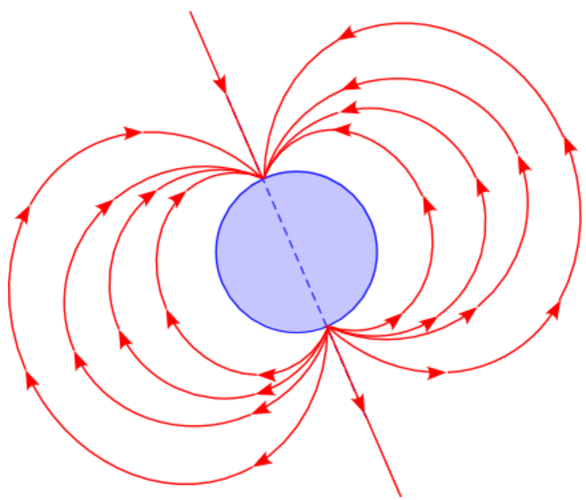


(4) コンデンサー内部の電場 E を求めよ。

2013 教養の物理 期末テスト 2013.7.25実施

3. 陽子と電子が1×10^{-8} [m] 離れた位置にある。
このときの電子と陽子に作用するクーロン力の大きさ$|\ F\ |$を
計算し、引力か斥力かを答えよ。
但し、電子の電荷を1.6×10^{-19} [C]、クーロン定数を
9.0×10^{9} [N･m²/C²] とする。

4. 図は地球の磁力線を表したものである。
北極の極性を答えよ。



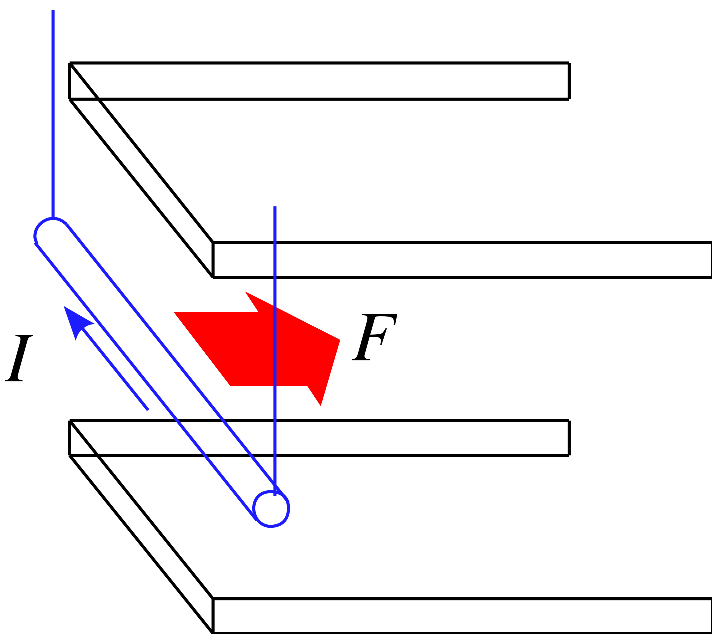
5. 図はU字磁石の一部である。

この磁石の間に導線を設置し、電流を図の矢印の向きに流した

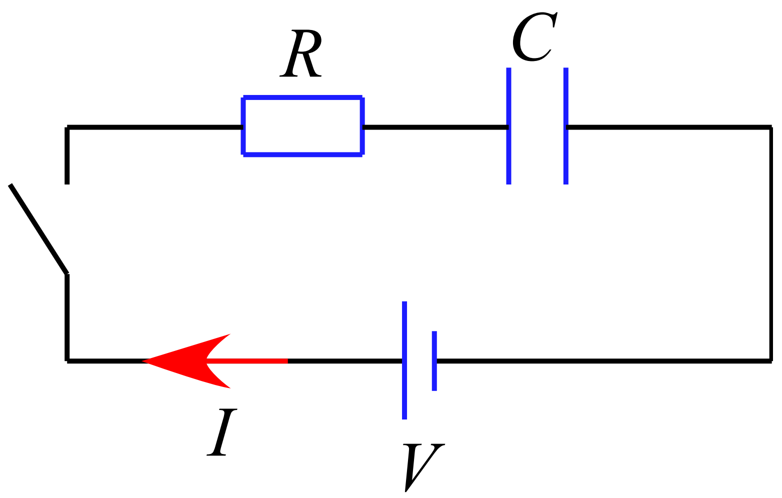
ところ、太矢印の方向に導線が動いた。

(1) 磁石の極性をそれぞれ図に書き込め。

(2) 磁場の向きを図に書き込め。



14. 次のRC回路を考える。スイッチを入れる前にはコンデンサーに電荷は蓄えられていないものとする。
スイッチを入れた時刻を $t=0$ として、以下の問に答えよ。



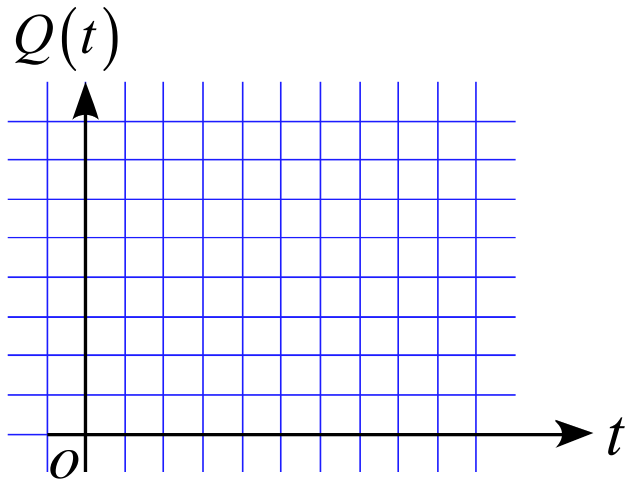
(1) 回路方程式を記述せよ。
ある時刻 t におけるコンデンサーの電荷を $Q(t)$ としてよい。

(2) 図の向きを正として、$t=0$ における電流の値を求めよ。

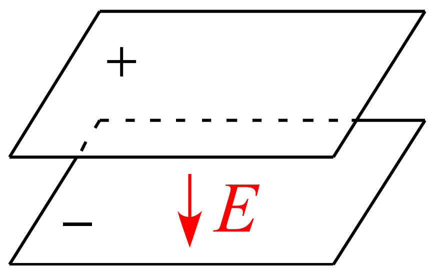
(3) 十分に時間が経った後のコンデンサーの電荷 Q の値を求めよ。

(4) $Q-t$ グラフを描け。

また、$Q-t$ グラフの原点での傾きを記述せよ。



15. コンデンサー内部の電場について、2枚の平面を用いた平行板コンデンサーのモデルを考えることで求めるとする。

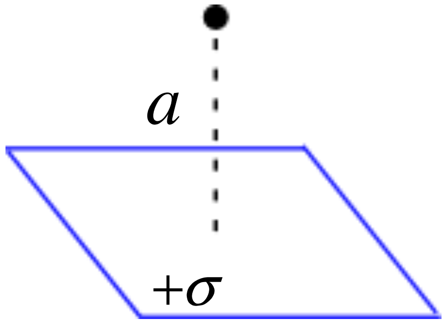


まず、片方の平面 (プラス側) が作る電場を考える。

右図のような、無限に広い平面とする。

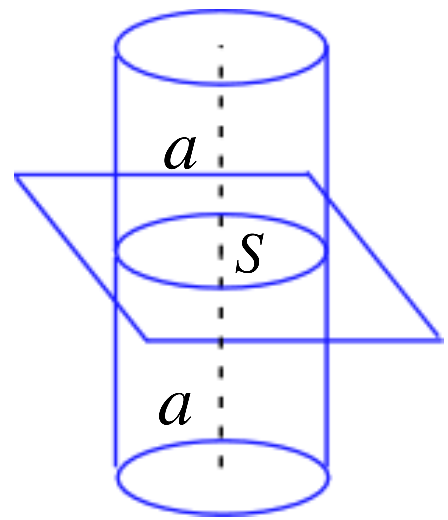
この平面上に面密度 $+\sigma$ で一様に電荷が分布しているとする。

この平面から距離 a だけ離れた点での電場 E_+ の大きさを以下の手順に従って求めよ。 但し、真空誘電率は ε_0 とする。



電場 E_+ の大きさをガウスの法則を用いて求める。

ガウスの法則を適用する閉曲面を
右図の様に上下に高さ a、底面積 S
の円筒とする。



(1) この閉曲面内の電気量を S,σ を用いて表せ。

(2) この閉曲面を貫く電気力線は

円筒の側面部分から $\boxed{}$ 本であり、

円筒の上下の面から合計 $\boxed{}$ 本である。

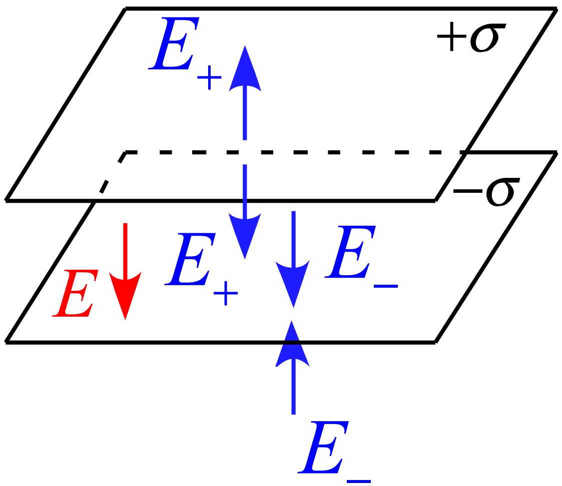
(3) 電場 E_+ の大きさを求めよ。

もう一方の平面 (マイナス側) が作る電場 E_- の大きさも同様に考えることで計算でき、

$$|E_+| = |E_-|$$

である。

従って、この2つの平面が作る電場は下図の様になる。



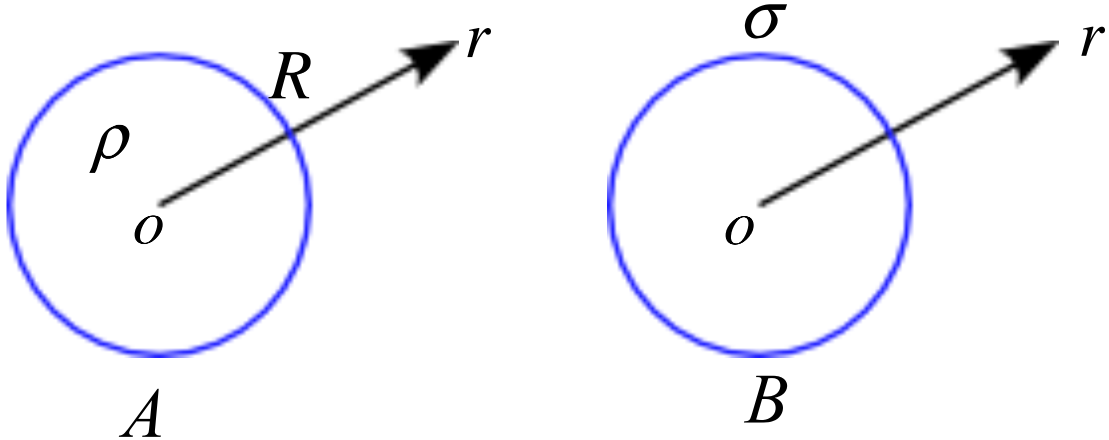
(4) コンデンサー内部の電場 E を求めよ。

16. 図のように、半径 R の球 A, B がある。

球 A は単位体積あたり電気量 $\rho(>0)$, 球 B は表面に単位面積あたり電気量 $\sigma(>0)$ の荷電粒子がそれぞれ一様に分布しているとする。

クーロン定数は $k = 1/4\pi\varepsilon_0$ とする。

以下の問に答えよ。



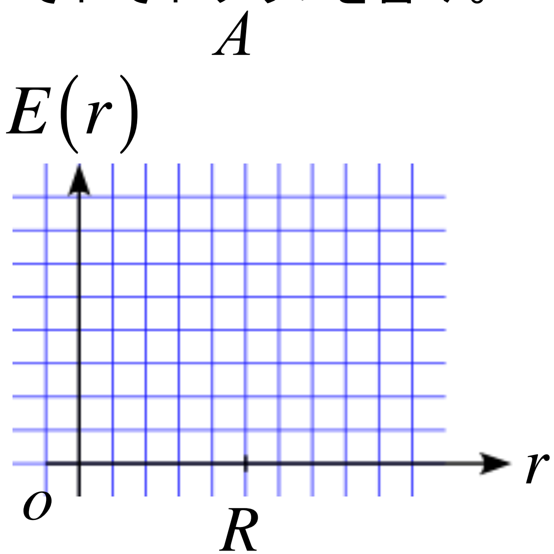
(1) 球 A, B において、中心から距離 $r(\geq R)$ での電気量の大きさ $Q(r)$ をそれぞれ求めよ。

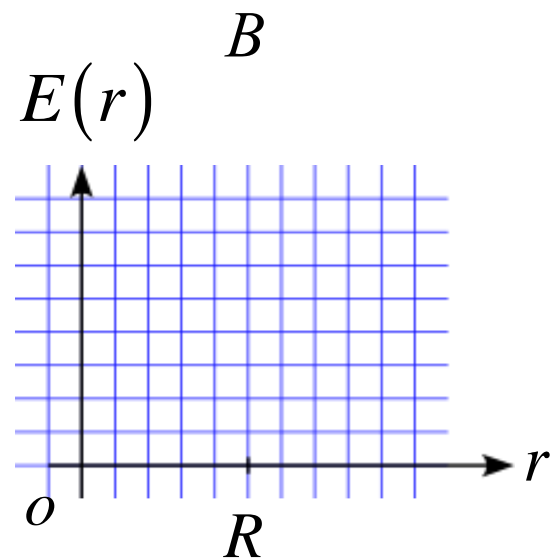
(2) 球 A, B において、中心から距離 $r(\leq R)$ での
電気量の大きさ $Q(r)$ をそれぞれ求めよ。

(3) 球 A, B において、中心から距離 $r(\geq R)$ での
電場の大きさ $E(r)$ をそれぞれ求めよ。

(4) 球 A, B において、中心から距離 $r(\leq R)$ での
電場の大きさ $E(r)$ をそれぞれ求めよ。

(5) 球の内外につくる静電場を距離 r の関数として
それぞれグラフを書け。





教養の物理　問題集2014

～熱力学～

例題-01

質量100 [g] のある物体を80[℃] に熱して、容器に入った温度10 [℃] の水 340 [g] の中に入れて十分に時間が経過すると、水と物体の温度は 12 [℃]になった。この物体の比熱を求めよ。

但し、容器の熱容量は無視し、水と物体の間だけで熱のやりとりがあったものとする。

例題-02

外部との熱のやりとりがない容器中で、20 [℃] の水 200[g] と、50[℃] の水100 [g] を静かに混ぜ合わせて放置したら、やがて熱平衡状態になった。

このときの水の温度はいくらか求めなさい。

但し、容器の熱容量は無視できるものとする。

例題-03

温度100 [℃] 、質量10 [g] の弾丸が水平方向から
速度1500 [m / s] で 0 [℃]の氷の塊に打ち込まれて止まり、
氷が少し溶けた。この時、氷全体は動かなかったものとする。

以下の値を用いて問いに答えなさい。

熱の仕事当量4.2 [J / cal] 、弾丸の比熱0.030 [cal / g·K] 、
氷の融解熱80 [cal / g]

(1) 弾丸の運動エネルギー K を求めなさい。

(2) 弾丸の熱容量 $C_{弾}$ はいくらか、[cal / K] の単位で答えよ。

(3) 100 [℃] の弾丸が0 [℃] になるとき、どれだけの熱量を放出するか[cal] の単位で答えよ。

(4) 弾丸の運動エネルギーが全て熱に変換されたとするとき、弾丸が溶かした氷の質量を求めよ。

例題-04

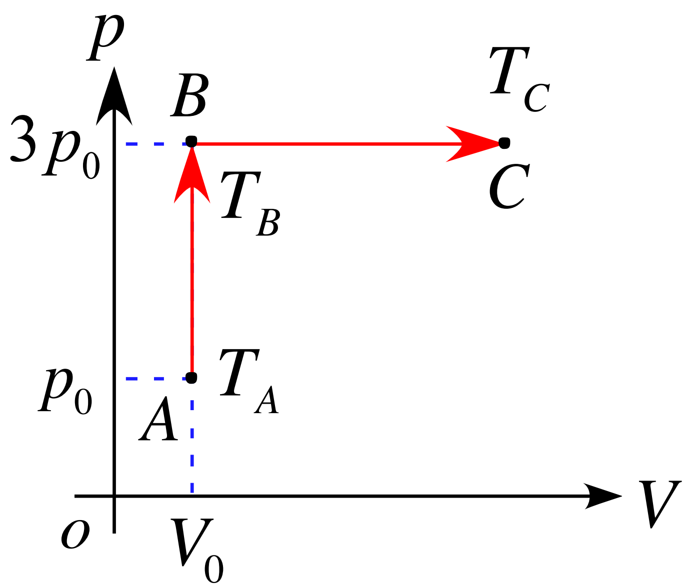
一定量の理想気体に対して以下の変化をさせた。それぞれの問いに答えよ。

(1) 絶対温度一定のもとで、圧力を2倍にしたとき体積は何倍になるか求めよ。

(2) 圧力一定のもとで、気体の温度を2倍にしたとき体積は何倍になるか求めよ。

例題-05

1 [mol] の一定量の理想気体を図のように、
状態A → 状態B → 状態C へと変化させた。
以下の問に答えよ。但し、気体状数 R を必要ならば用いてよい。



(1) 状態Aの絶対温度 T_A を求めよ。

(2) 状態Bの絶対温度 T_B は T_A の何倍か求めよ。

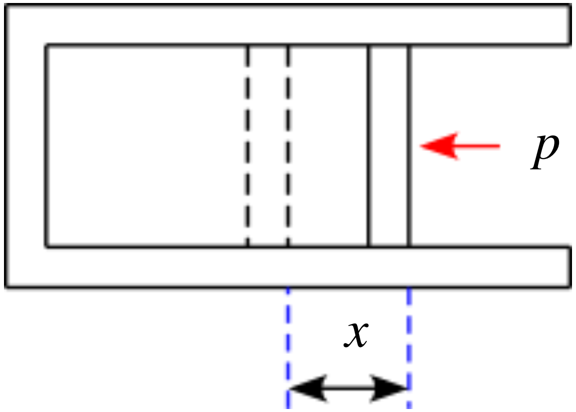
(3)状態Cの絶対温度は $6T_A$ であった。

状態Cの体積は V_0 の何倍か求めよ。

例題-06

断面積Sのピストン付きシリンダー内に1 [mol] の気体が封入されている。ピストンを一定の圧力pで水平方向に距離xだけ移動させた。この過程について以下の問に答えよ。

但し、ピストン、シリンダーともに断熱材でつくられているものとする。



(1) 系がされた仕事を求めよ。

(2) この過程での内部エネルギーの変化 ΔU を求めよ。

例題-07

ポアソンの状態方程式は

$$TV^{\gamma-1} = \mathrm{const} \quad pV^{\gamma} = \mathrm{const} \quad \gamma = \frac{C_P}{C_V}$$

で表される。

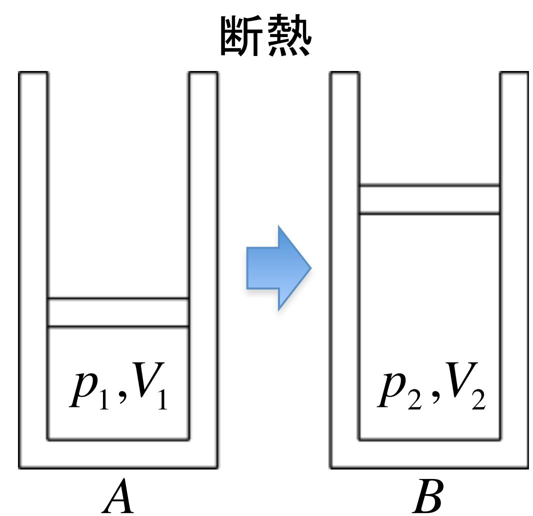
この式を圧力 p と絶対温度 T で表せ。

例題-08

1 [mol] の理想気体が状態 $A\left(p_1, V_1\right)$ から状態 $B\left(p_2, V_2\right)$ まで断熱膨張した。

以下の問に答えよ。

但し、比熱比は γ とする。



(1) p_1, V_1, p_2, V_2 の間に成立する関係式を記述せよ。

(2) この変化に対する $p-V$ グラフを描け。

(3) この間に気体がした仕事を表す部分を(2)で描いたグラフに斜線で示せ。

(4) 外部に対して気体がする仕事が

$$W=\frac{1}{\gamma-1}\left(p_1V_1-p_2V_2\right)$$

と書けることを示せ。

例題-09

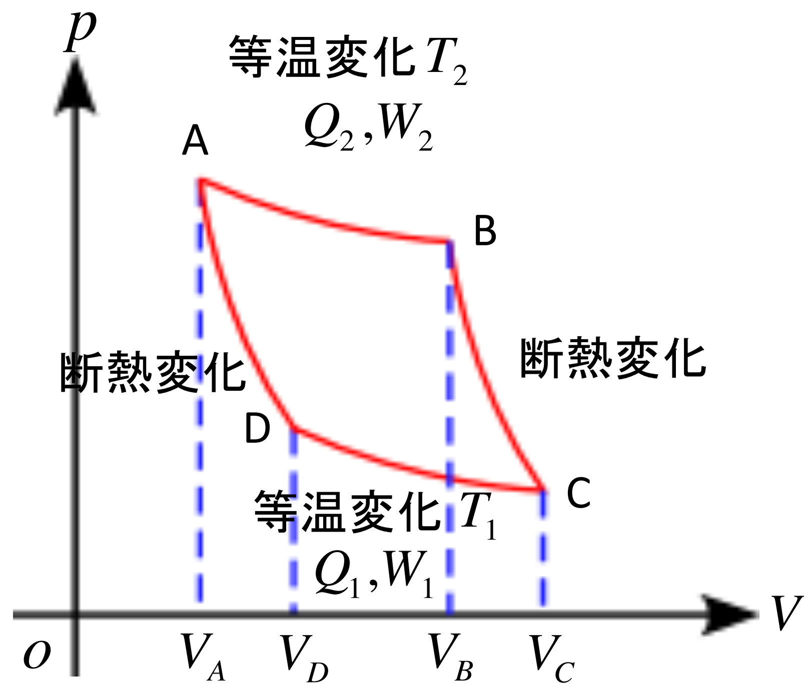
低熱源を0 [℃] の水、高熱源を100 [℃] の沸騰水とした熱源の間で働く可逆機関の熱効率 η を求めよ。

例題-10

1 [mol] の理想気体が図に示したような状態変化を行うとする。

以下の問に答えよ。

但し、気体定数はRとする。



(1) Q_2 と W_2 の間に成立する関係式を記述せよ。

(2) Q_1 と W_1 の間に成立する関係式を記述せよ。

(3) W_1, W_2 を計算せよ。

(4) この熱サイクルの名前を記述せよ。

2013 教養の物理 期末テスト　2013.7.25実施

7. 温度 100 [℃] 、質量 10 [g] の弾丸が水平方向から
速度 1500 [m / s] で 0 [℃]の氷の塊に打ち込まれて止まり、
氷が少し溶けた。この時、氷全体は動かなかったものとする。

以下の値を用いて問いに答えなさい。

熱の仕事当量 4.2 [J / cal] 、弾丸の比熱 0.030 [cal / g･K] 、
氷の融解熱 80 [cal / g]

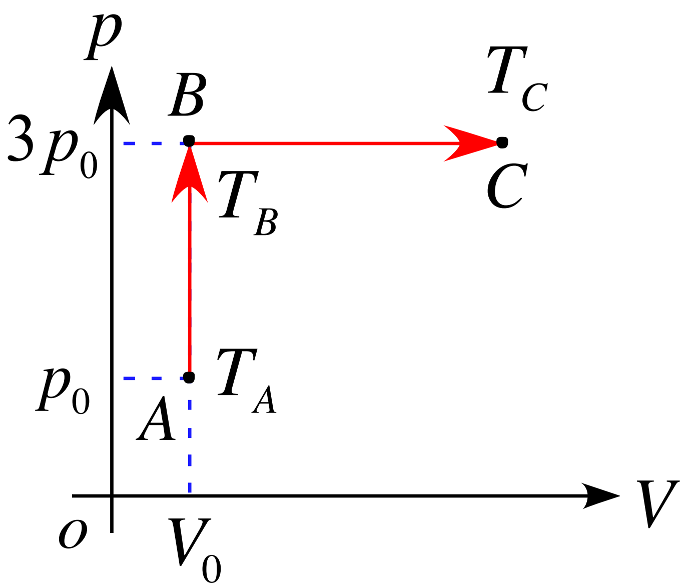
(1) 弾丸の運動エネルギー K を求めなさい。

(2) 弾丸の熱容量 $C_{弾}$ はいくらか、[cal / K] の単位で答えよ。

(3) 100 [℃] の弾丸が 0 [℃] になるとき、どれだけの熱量を
放出するか[cal] の単位で答えよ。

(4) 弾丸の運動エネルギーが全て熱に変換されたとするとき、
弾丸が溶かした氷の質量を求めよ。

8. 1 [mol] の一定量の理想気体を図のように、
状態A → 状態B → 状態C へと変化させた。
以下の問に答えよ。但し、気体状数 R を必要ならば用いてよい。



(1) 状態Aの絶対温度 T_A を求めよ。

(2) 状態Bの絶対温度 T_B は T_A の何倍か求めよ。

(3)状態Cの絶対温度は $6T_A$ であった。

状態Cの体積は V_0 の何倍か求めよ。

9. ポアソンの状態方程式は

$$TV^{\gamma-1} = \mathrm{const} \quad pV^{\gamma} = \mathrm{const} \quad \gamma = \frac{C_P}{C_V}$$

で表される。

この式を圧力 p と絶対温度 T で表せ。

教養の物理　問題集2014

～波動･振動～

例題-01

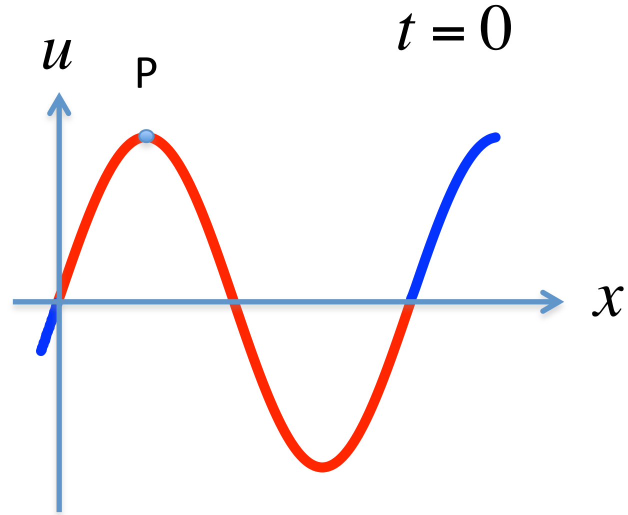
位置 x 時刻 t における波の u 方向の変位は $u(x,t)=f(x,t)$ と表される。$f(x,t)$ が正弦波であるとし、x 軸の正方向に速さ v で伝わるとする。
以下の問いに答えよ。

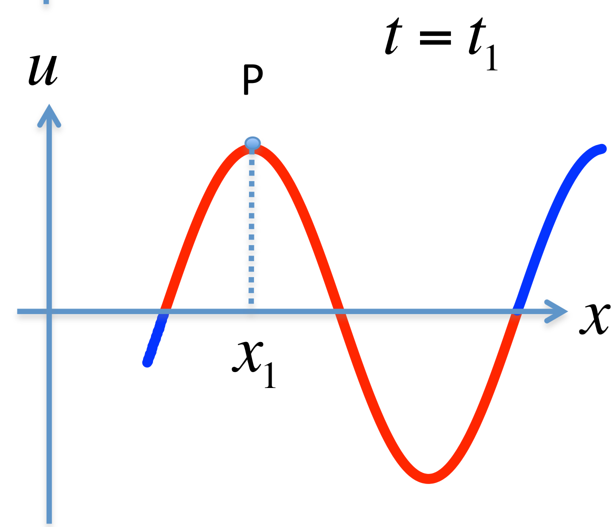
(1) 時刻 $t=t_1$ における頂点Pの位置は $x=x_1$ であった。 頂点Pが $x=0$ を通過した時刻を求めよ。

(2) $x=0$ における変位が

$$u(0,t)=A\sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

である時、$u(x,t)$ を記述せよ。
(T は周期とする)

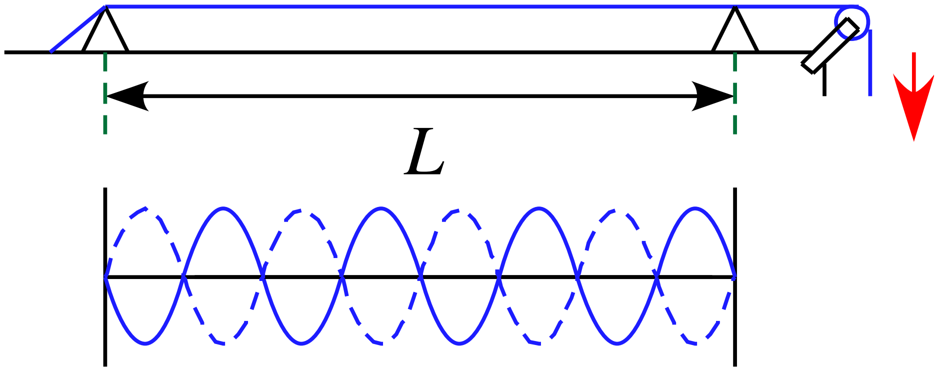




例題-02

細いピアノ線を図のように弛まないように設置した。

振動数 f で振動させたところ図のような定常波が観測された。

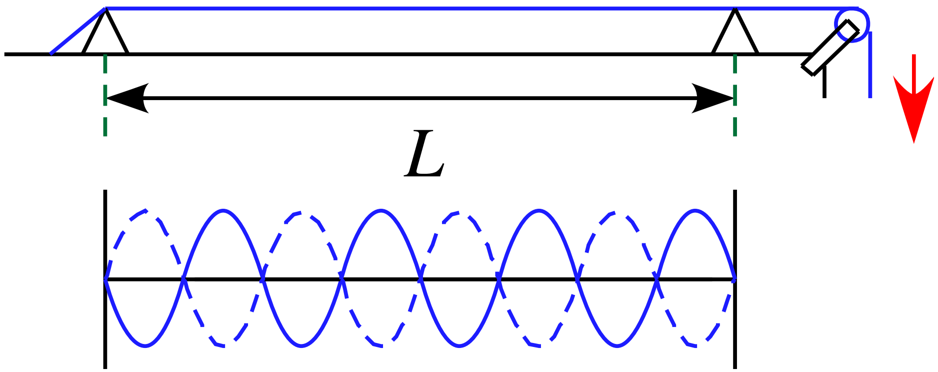


(1) この定常波の波長 λ を L を用いて表せ。

(2) 弦を伝わる波の速さを v とすると、振動数 f を求めよ。

6. 細いピアノ線を図のように弛まないように設置した。

振動数 f で振動させたところ図のような定常波が観測された。



(1) この定常波の波長 λ を L を用いて表せ。

(2) 弦を伝わる波の速さを v とすると、振動数 f を求めよ。