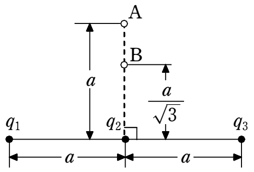
 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

1 15点電荷がつくる電場［2015 関西大］

次の文の $\boxed{\text{ア}}$～$\boxed{\text{ウ}}$ に入れる適当な式を記せ。また，$\boxed{\text{a}}$～$\boxed{\text{f}}$ に入れる適当なものを文末の［**解答群**］から選べ。ただし，同じものを2回以上用いてもよい。なお，$\boxed{\text{d}}$ には［**解答群***］から適当なものを選べ。

図のように，一直線上に距離 a を隔てて，電気量 q_1，q_2，q_3 の3つの点電荷が固定されている。



(1) 点電荷 q_1，q_2，q_3 にはたらくクーロン力（静電気力）は左向きを正にとるとそれぞれ $k_0\times\boxed{\text{ア}}$，$k_0\times\boxed{\text{イ}}$，$k_0\times\boxed{\text{ウ}}$ である。ただし，k_0 はクーロンの法則の比例定数を表す。これらの力がそれぞれ0となるためには，点電荷 q_1，q_2，q_3 の電気量の比は $\boxed{\text{a}}:-1:\boxed{\text{b}}$ である。

(2) $q_1=-q_2=q_3=q$（ただし $q>0$）とするとき，点電荷 q_2 から真上に距離 a 離れた点Aでの電界（電場）の強さは $k_0\times(\boxed{\text{c}})\times\dfrac{q}{a^2}$ で，電界（電場）の向きは $\boxed{\text{d}}$ となり，電位は $k_0\times(\boxed{\text{e}})\times\dfrac{q}{a}$ である。ただし，電位の基準点は無限遠とする。点Aと q_2 の間にあり，q_2 からの距離 $\dfrac{a}{\sqrt{3}}$ の点をBとし，点Bに電気量 q_0 の点電荷を置く。外力を加えて，点Bから点Aに点電荷 q_0 をゆっくり移動させるとき，外力がする仕事は $k_0\times(\boxed{\text{f}})\times\dfrac{q_0q}{a}$ である。

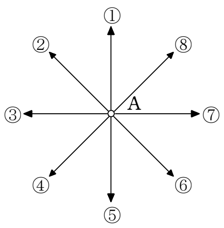
［**解答群**］

① 1　② -1　③ $\dfrac{1}{2}$　④ $-\dfrac{1}{2}$　⑤ $\dfrac{1}{4}$

⑥ $-\dfrac{1}{4}$　⑦ 2　⑧ -2　⑨ 4　⑩ -4

⑪ $1-\dfrac{\sqrt{2}}{2}$　⑫ $1+\dfrac{\sqrt{2}}{2}$　⑬ $\sqrt{2}-1$　⑭ $-\sqrt{2}+1$

［**解答群***］



2 14帯電した導体がつくる電場［2014 東京理科大］

次の問題の $\boxed{}$ の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの解答群の中から選べ（同じ番号を何回用いてもよい）。

電荷によって生じる電場や電位について考えてみよう。

(1) 原点Oに電気量 Q〔C〕の点電荷を置いたときの電気力線を図1と図2に示した。図1は Q が $\boxed{\text{ア}}$ のときの電気力線を示し，図2は Q が $\boxed{\text{イ}}$ のときの電気力線を示す。真空の誘電率を ε_0〔$C^2/(N\cdot m^2)$〕とすると，原点Oから距離 r〔m〕の点において，電場の強さは $\dfrac{|Q|}{\varepsilon_0}\times\boxed{\text{ウ}}$〔V/m〕であり，無限遠点を基準にしたときの電位は $\dfrac{Q}{\varepsilon_0}\times\boxed{\text{エ}}$〔V〕である。したがって，原点Oからの距離 b〔m〕の点を基準にすると，距離 a〔m〕の点の電位は $\dfrac{Q}{\varepsilon_0}\times\boxed{\text{オ}}$〔V〕となる。

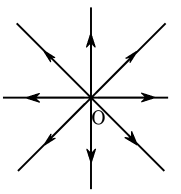


図1

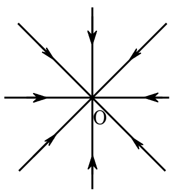


図2

(2) 次に，原点Oに中心をもつ半径 a〔m〕の導体球を考える（図3）。この導体球に電気量 Q〔C〕を与えると，電荷は静電エネルギーを最小にするように導体球表面に分布する。この電荷の分布は原点Oのまわりに球対称であるので，導体球外での電気力線の形は，原点Oに点電荷 Q が置かれたときの電気力線の形とまったく同じになる。こうして，原点Oから距離 r〔m〕だけ離れた点の電場の強さは，$0\leqq r<a$ において $\dfrac{|Q|}{\varepsilon_0}\times\boxed{\text{カ}}$〔V/m〕，$a<r$ において $\dfrac{|Q|}{\varepsilon_0}\times\boxed{\text{キ}}$〔V/m〕であることがわかる。また，$a<b$ として，原点Oからの距離 b〔m〕の点の電位を基準にすると，導体球表面の電位は $\dfrac{Q}{\varepsilon_0}\times\boxed{\text{ク}}$〔V〕である。

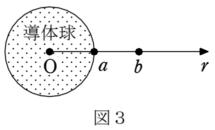


図3

$\boxed{\text{ア}}$，$\boxed{\text{イ}}$ の解答群

① 負　② 正

$\boxed{\text{ウ}}$，$\boxed{\text{エ}}$，$\boxed{\text{カ}}$，$\boxed{\text{キ}}$ の解答群

① 0　② r　③ r^2　④ $\dfrac{1}{r}$　⑤ $\dfrac{1}{r^2}$　⑥ $\dfrac{1}{2\pi r}$

⑦ $\dfrac{1}{2\pi r^2}$　⑧ $\dfrac{1}{4\pi r}$　⑨ $\dfrac{1}{4\pi r^2}$

$\boxed{\text{オ}}$，$\boxed{\text{ク}}$ の解答群

① $(a-b)$　② (a^2-b^2)　③ $\dfrac{b-a}{ab}$　④ $\dfrac{b^2-a^2}{a^2b^2}$

⑤ $\dfrac{b-a}{2\pi ab}$　⑥ $\dfrac{b^2-a^2}{2\pi a^2b^2}$　⑦ $\dfrac{b-a}{4\pi ab}$　⑧ $\dfrac{b^2-a^2}{4\pi a^2b^2}$

(3) 図4に示したように，この導体球を内半径 b〔m〕，外半径 c〔m〕の球形導体殻でおおう。内側の導体球の中心と外側の球形導体殻の中心は一致しており，内側の導体球にはすでに電気量 Q〔C〕がたまっている。

ここで導体殻に電気量 q〔C〕を与えたとき，どのような電場がつくられるか，電気力線を用いて考えてみよう。導体に与えられた電荷はすべて導体表面に分布する。電気力線は電荷のない場所で途切れることはなく，電荷に出入りする電気力線の数は電気量に比例する。

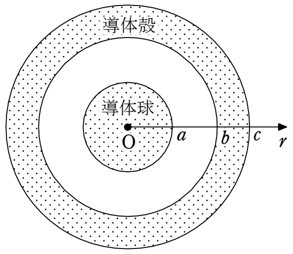


図4

また，電場のない場所には電気力線は存在しない。この電気力線の性質を考慮すると，導体表面の電気量の総量が決まる。すなわち，導体球表面の電気量の総量は $\boxed{\text{ケ}}$〔C〕，導体殻内側表面の電気量の総量は $\boxed{\text{コ}}$〔C〕，導体殻外側表面の電気量の総量は $\boxed{\text{サ}}$〔C〕である。さらに，この系が原点Oのまわりに球対称であることを考慮すると，原点からの距離 r〔m〕の位置における電場の強さは，$a<r<b$ において $\dfrac{\boxed{\text{シ}}}{\varepsilon_0}\times\boxed{\text{キ}}$〔V/m〕，$c<r$ において $\dfrac{\boxed{\text{ス}}}{\varepsilon_0}\times\boxed{\text{キ}}$〔V/m〕であることがわかる。

また，導体殻内側表面（$r=b$）を基準にした導体球表面（$r=a$）の電位は $\dfrac{\boxed{\text{セ}}}{\varepsilon_0}\times\boxed{\text{ク}}$〔V〕となる。

(4) ここで，導体殻の電気量の総量を $-Q$ とし，導体球と導体殻を電極とみなすコンデンサーを考える。コンデンサーの電気容量は一般に蓄えられた電気量と電極間の電位差の比で定義されるので，このコンデンサーの電気容量は $\boxed{\text{ソ}}$〔F〕である。

(5) さらに，このコンデンサーの電極間を比誘電率 ε_r の誘電体で満たす。一般にコンデンサーの電極間を一様で等方的な誘電体で満たすと，誘電体は分極し，電極に接する誘電体表面には分極電荷が現れる。これにより，誘電体を満たす前と比べて，電極間の電場は $\boxed{\text{タ}}$ 倍になり，電極間の電位差は $\boxed{\text{チ}}$ 倍になる。したがって，電気容量は $\boxed{\text{ツ}}\times\boxed{\text{ソ}}$〔F〕となる。このとき，導体球に接する誘電体表面に現れる電気量（分極電荷）の総量は $\boxed{\text{テ}}\times Q$〔C〕である。

$\boxed{\text{ケ}}$，$\boxed{\text{コ}}$，$\boxed{\text{サ}}$，$\boxed{\text{セ}}$ の解答群

① $-Q$　② Q　③ $-q$　④ q

⑤ $-Q-q$　⑥ $-Q+q$　⑦ $Q-q$　⑧ $Q+q$

$\boxed{\text{シ}}$，$\boxed{\text{ス}}$ の解答群

① 0　② $|Q|$　③ $|q|$　④ $|Q-q|$　⑤ $|Q+q|$

$\boxed{\text{ソ}}$ の解答群

① $\dfrac{\varepsilon_0}{a-b}$　② $\dfrac{\varepsilon_0}{a^2-b^2}$　③ $\dfrac{\varepsilon_0ab}{b-a}$　④ $\dfrac{\varepsilon_0a^2b^2}{b^2-a^2}$

⑤ $\dfrac{2\pi\varepsilon_0ab}{b-a}$　⑥ $\dfrac{2\pi\varepsilon_0a^2b^2}{b^2-a^2}$　⑦ $\dfrac{4\pi\varepsilon_0ab}{b-a}$　⑧ $\dfrac{4\pi\varepsilon_0a^2b^2}{b^2-a^2}$

$\boxed{\text{タ}}$，$\boxed{\text{チ}}$，$\boxed{\text{ツ}}$，$\boxed{\text{テ}}$ の解答群

① $(-\varepsilon_r)$　② ε_r　③ $\left(-\dfrac{1}{\varepsilon_r}\right)$　④ $\dfrac{1}{\varepsilon_r}$

⑤ $\left(-1-\dfrac{1}{\varepsilon_r}\right)$　⑥ $\left(-1+\dfrac{1}{\varepsilon_r}\right)$　⑦ $\left(1-\dfrac{1}{\varepsilon_r}\right)$　⑧ $\left(1+\dfrac{1}{\varepsilon_r}\right)$

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

3 16平行板コンデンサー［2016 関西学院大］

図1のように，平行平板コンデンサーが真空中に置かれている。コンデンサーの極板は1辺の長さがLの正方形であり，極板間の距離はdである。図1のように，極板の中心を通り極板に垂直な平面にx軸およびy軸をとる。ただし，x軸は極板の辺ABに平行になるようにとる。また，y軸はx軸に垂直にとる。さらに，xy平面に垂直にz軸をとる。$y=d$の面にある極板には電気量q，$y=0$の面にある極板には電気量$-q$が蓄えられている。ただし，$q>0$とする。図2はxy平面でのコンデンサーの断面図である。図2のように，xy平面内の極板間にはさまれた部分に点P，Q，Rをとり，それらのxy座標を，$\mathrm{P}\left(\dfrac{L}{3},\ \dfrac{d}{5}\right)$，$\mathrm{Q}\left(\dfrac{L}{3}+\dfrac{2d}{5},\ \dfrac{d}{5}\right)$，$\mathrm{R}\left(\dfrac{L}{3}+\dfrac{2d}{5},\ \dfrac{3d}{5}\right)$とする。ただし，$d$は$L$に比べて十分小さいとし，コンデンサーの端の影響は無視できるとする。真空の誘電率をε_0として，次の問い(1)～(8)に答えよ。

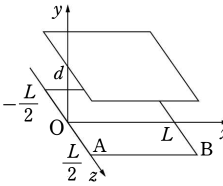


図1

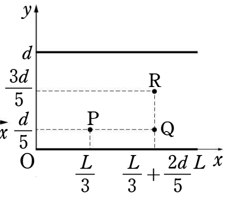


図2

(1) このコンデンサーの電気容量を求めよ。

(2) PQ間，RQ間，RP間の電位差を求めよ。

(3) コンデンサーに，誘電率がε_1で厚さがdの直方体の誘電体を，極板に平行にaだけゆっくり差しこみ，$L-a\leqq x\leqq L$の部分が誘電体で満たされるようにした(図3)。ただし，aはdに比べて十分大きいとし，さらに$a<L$とする。また，誘電体の端の影響は無視できるとする。誘電体を差しこんだ後の，極板間の電位差を求めよ。

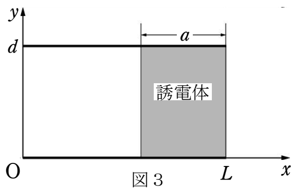


図3

(4) (3)で，誘電体を差しこんだ後の，コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーを求めよ。

(5) (3)で，誘電体を差しこむのに外力がした仕事を求めよ。

(6) (3)で，誘電体を差しこむとき，誘電体がコンデンサーから受ける力の向きは，極板間に引きこまれる向きか，それとも極板間から押し出される向きか，「引きこまれる向き」あるいは「押し出される向き」で答えよ。ただし，$\varepsilon_1>\varepsilon_0$とする。

(7) 図2の状態から，断面が横a，縦$\dfrac{d}{5}$の長方形で，奥行きがLの直方体の金属板を，図4のように，コンデンサーの極板に平行にaだけゆっくりと差しこんだ。ただし，金属板の底面が下の極板から$\dfrac{3d}{10}$の位置になるようにした。その結果，$L-a\leqq x\leqq L$かつ$\dfrac{3d}{10}\leqq y\leqq\dfrac{d}{2}$かつ$-\dfrac{L}{2}\leqq z\leqq\dfrac{L}{2}$を満たす領域が金属板で占められた。金属板を差しこんだ後の，極板間の電位差を求めよ。ただし，金属板の端の影響は無視できるとする。

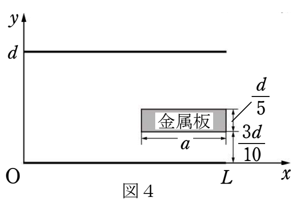
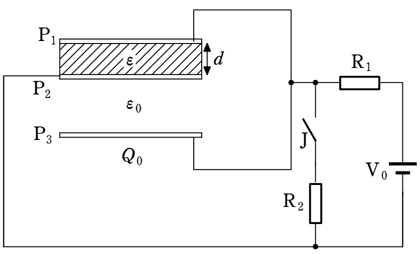


図4

(8) (7)で，金属板を差しこんだ後の，コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーを求めよ。

4 10 3枚の平行板によるコンデンサー［2010 広島市立大］

図に示すように，電圧V_0の直流電源$\mathrm{V_0}$，抵抗値がそれぞれR_1，R_2の抵抗$\mathrm{R_1}$，$\mathrm{R_2}$，スイッチJ，およびコンデンサーからなる回路がある。コンデンサーは面積Sの3枚の固定された平行平板電極$\mathrm{P_1}$，$\mathrm{P_2}$，$\mathrm{P_3}$で構成されている。$\mathrm{P_1}$と$\mathrm{P_2}$の間隔はdで誘電率εの物質で満たされている。$\mathrm{P_2}$と$\mathrm{P_3}$の間は真空(誘電率ε_0)で，その間隔は不明である。また，電圧V_0を加えないときのコンデンサーの電荷は0である。コンデンサーの各電極面は十分に大きく，外に電場(電界)はもれていないとする。次の問い(1)～(7)に答えよ。



スイッチJが開いた状態で十分時間が経ったとき，$\mathrm{P_3}$には電荷Q_0がたくわえられている。

(1) $\mathrm{P_1}$と$\mathrm{P_2}$の間の電圧と電場の大きさを求めよ。

(2) $\mathrm{P_1}$が電場から受ける力の大きさを求めよ。

(3) $\mathrm{P_2}$にたくわえられる電荷を求めよ。

(4) コンデンサーの全電気容量を求めよ。

(5) $\mathrm{P_2}$と$\mathrm{P_3}$の間隔を求めよ。

その後，スイッチJを閉じて，十分に時間がたった。

(6) $\mathrm{R_2}$に流れる電流とその両端に加わる電圧を求めよ。

(7) コンデンサーにたくわえられている全静電エネルギーを求めよ。

5 02コンデンサー回路のスイッチの切りかえ［2002 千葉大］

電気容量がCの2つのコンデンサーA，Bと，起電力Vの電池およびスイッチ$\mathrm{S_1}$，$\mathrm{S_2}$，$\mathrm{S_3}$，$\mathrm{S_4}$を接続し，図1のような回路を作る。最初，スイッチ$\mathrm{S_1}$，$\mathrm{S_2}$，$\mathrm{S_3}$，$\mathrm{S_4}$は開いており，コンデンサーA，Bにたくわえられた電気量は0であるとする。

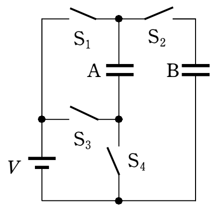


図1 回路図

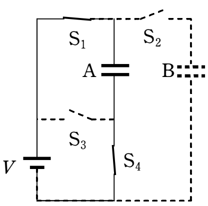


図2 $\mathrm{S_1}$，$\mathrm{S_4}$を閉じた回路

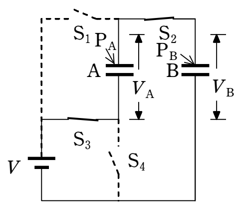


図3 $\mathrm{S_2}$，$\mathrm{S_3}$を閉じた回路

(1) スイッチ$\mathrm{S_1}$，$\mathrm{S_4}$を閉じると，図2の実線で示されるような回路が構成され，しばらくするとコンデンサーAは十分に充電された。コンデンサーAにたくわえられた電気量をC，Vを用いて示せ。

(2) 次に，スイッチ$\mathrm{S_1}$，$\mathrm{S_4}$を開いた後，スイッチ$\mathrm{S_2}$，$\mathrm{S_3}$を閉じると図3の実線で示される回路が構成される。

(a) コンデンサーA，Bの，図3に示した極板$\mathrm{P_A}$，$\mathrm{P_B}$にたくわえられている電気量の和をC，Vを用いて示せ。

(b) 十分な時間が経過した後のコンデンサーA，Bの極板間の電位差V_A，V_Bを求めよ。

(3) この後，スイッチ$\mathrm{S_2}$，$\mathrm{S_3}$を開き，$\mathrm{S_1}$，$\mathrm{S_4}$を閉じてコンデンサーAを十分に充電し(図2)，さらに(2)と同じように，スイッチ$\mathrm{S_1}$，$\mathrm{S_4}$を開き，スイッチ$\mathrm{S_2}$，$\mathrm{S_3}$を閉じた(図3)。

(a) コンデンサーA，Bの極板$\mathrm{P_A}$，$\mathrm{P_B}$にたくわえられている電気量の和をC，Vを用いて示せ。

(b) 十分な時間が経過した後のコンデンサーA，Bの極板間の電位差V_A'，V_B'を求めよ。

(4) さらに，(3)の手順をくり返すと，コンデンサーBの極板間の電位差は徐々に増加した。そして，十分な回数くり返したとき，この電位差は一定の値になり，変化が観測されなくなった。このときのコンデンサーBの極板間の電位差はいくらになるか求めよ。また，その理由を簡単に示せ。

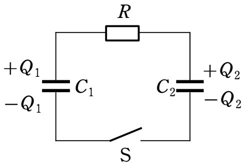
 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

$\boxed{6}$ 06コンデンサー回路［2006 中央大］

次の空欄にあてはまる式，記号，グラフ，語句などをそれぞれ記入せよ。

電荷 Q をたくわえた電気容量 C のコンデンサーの静電エネルギー U は $U=\dfrac{Q^2}{2C}$ である。

図のような電気容量 C_1 および C_2 のコンデンサー C_1 と C_2，抵抗値 R の抵抗，スイッチ S からなる回路がある。スイッチ S が開いた状態でコンデンサー C_1 に電荷 Q_1，C_2 に電荷 Q_2 を与え ($Q_1>0$，$Q_2>0$)，その後スイッチ S を閉じた場合を考えよう。スイッチ S を閉じると，回路には電流が流れ電荷が移動し，十分時間がたったあとでは，C_1 の電圧と C_2 の電圧は共通の値におちつく。



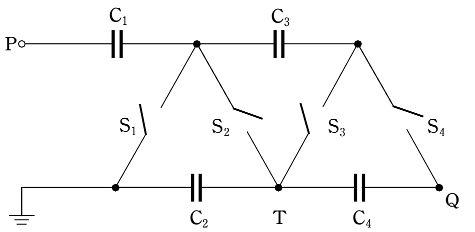
このときの C_1 の電荷を Q_1'，C_2 の電荷を Q_2' とすると，Q_1' と Q_2' の間には C_1 と C_2 を使って，$Q_1'=\boxed{\text{ア}}\times Q_2'$ の関係がある。また，スイッチ S を閉じる前後の電荷の間には $Q_1'+Q_2'=\boxed{\text{イ}}$ の関係があるから，Q_1'，Q_2' を C_1，C_2，Q_1，Q_2 で表すと，$Q_1'=C_1\times\boxed{\text{ウ}}$，$Q_2'=C_2\times\boxed{\text{ウ}}$ となる。

次に，静電エネルギーについて考える。スイッチを閉じる前に回路にたくわえられた静電エネルギー U は Q_1，Q_2，C_1，C_2 を用いて $U=\boxed{\text{エ}}$ と書ける。一方，スイッチを閉じたあとの回路の静電エネルギー U' は Q_1，Q_2，C_1，C_2 で表すと $U'=\boxed{\text{オ}}$ である。この U' の式から，回路の合成容量を C' とすると，$C'=\boxed{\text{カ}}$ とみなせることがわかる。スイッチを閉じたことによる回路のエネルギー変化 $\Delta U=U'-U$ を計算すると，$\Delta U=-\dfrac{C_1C_2}{2(C_1+C_2)}\times\boxed{\text{キ}}$ となり，$\Delta U\leqq 0$ であることがわかる。等号が成りたつのは，$Q_1=\boxed{\text{ク}}$ の場合である。それ以外では，スイッチを閉じることにより静電エネルギーは減少する。減少した静電エネルギーは $\boxed{\text{ケ}}$ とよばれるものになって失われる。

最後に，スイッチを閉じたあと，コンデンサーの電圧がどのように変化するかを考える。スイッチを閉じる前の C_1 の電圧を V_1，C_2 の電圧を V_2 とすると，スイッチを閉じて十分時間がたったあとでは，C_1 の電圧と C_2 の電圧は共通の値になり，その電圧 V' は，C_1，C_2，V_1，V_2 を用いて $V'=\boxed{\text{コ}}$ である。スイッチを閉じた時刻を $t=0$ として，C_1 の電圧と C_2 の電圧の時間変化するようすをグラフに実線で描き，V' の値を水平な点線で書き加えると，$V_1>V_2$，$C_2=3C_1$ の場合 $\boxed{\text{サ}}$ のようになる。

$\boxed{7}$ 03コンデンサー回路［2003 横浜国立大］

図のような，電気容量が C の 4 つのコンデンサー (C_1～C_4) と，4 つのスイッチ (S_1～S_4) を用いた回路を考えよう。コンデンサーには電荷がたくわえられておらず，スイッチはすべて開いている状態で，以下の (1)～(4) の操作を順に行った。



このとき，以下の (a)～(l) の各問いに答えよ。なお，$V>0$ とする。

(1) スイッチ S_1 を閉じ，端子 P に $-V$ の電圧をかけた。
  (a) コンデンサー C_1 にたくわえられた電荷はいくらか。
  (b) コンデンサー C_1 にたくわえられたエネルギーはいくらか。

(2) つづいて，S_1 を開き，S_2 を閉じて，端子 P に $+V$ の電圧をかけた。
  (c) コンデンサー C_1 にたくわえられた電荷はいくらか。
  (d) コンデンサー C_2 にたくわえられた電荷はいくらか。
  (e) 点 T の電位はいくらか。

(3) 次に，S_2 を開き，その後に S_1 と S_3 を閉じて，端子 P に $-V$ の電圧をかけた。
  (f) コンデンサー C_2 にたくわえられた電荷はいくらか。
  (g) コンデンサー C_3 にたくわえられた電荷はいくらか。
  (h) 点 T の電位はいくらか。

(4) 最後に，S_1 と S_3 を開き，つづいて S_2 と S_4 を閉じて，端子 P に $+V$ の電圧をかけた。
  (i) コンデンサー C_1 にたくわえられた電荷はいくらか。
  (j) コンデンサー C_2 にたくわえられた電荷はいくらか。
  (k) コンデンサー C_4 にたくわえられた電荷はいくらか。
  (l) 点 Q の電位はいくらか。

$\boxed{8}$ 17電気抵抗の温度変化［2017 首都大学東京］

電気抵抗の温度変化について考える。温度はすべてセルシウス温度を示すものとする。図 1 のような，長さ l，断面積 S の金属でできた抵抗がある。その抵抗率は温度依存性をもち，0 ℃ における抵抗率を ρ_0，温度係数を α (α は正の定数) として

抵抗率 $=\rho_0\times(1+\alpha\times$ 温度［℃］)

で表せる。いま，面 A と面 B がそれぞれ別の熱源に接しており，面 A は 0 ℃ に冷却され，面 B は温度 t［℃］($t>0$) に加熱されている。AB 間は，温度が面 A からの距離 x ($0<x<l$) に比例して上昇するものとする。温度が抵抗率以外に与える影響は無視できる。

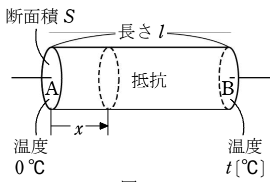


図 1

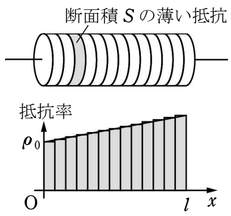


図 2

(1) 距離 x の位置における抵抗率を，x，l，ρ_0，α，t を用いて表せ。

(2) この抵抗は，図 2 上の概略図のように，抵抗率が一様な断面積 S の薄い抵抗を直列に接続した合成抵抗とみなすことができ，抵抗値は図 2 下のグラフの台形の面積に比例する。このことを用いて抵抗全体の抵抗値を求めよ。

次に，抵抗に電流が流れている状態を考える。面 A の電位を V_A，面 B の電位を V_B ($V_A>V_B$) とする。電流が流れることによる抵抗の発熱は無視できる。

(3) 距離 x の位置における電位を示すグラフの概形として最も適切なものを，図 3 の ①～⑥ の中から 1 つ選び，記号で答えよ。

(4) 距離 x の位置における電位を x，V_A，V_B を含む式で表せ。

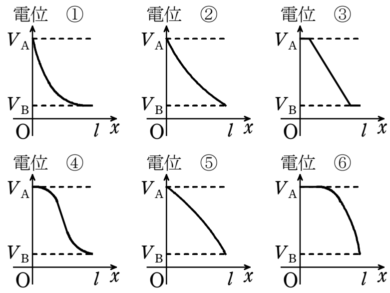
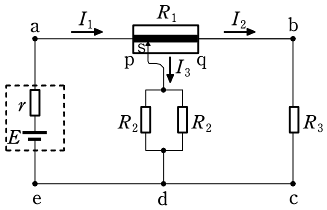


図 3

$\boxed{9}$ 16キルヒホッフの法則［2016 千葉大］

図に示す回路は，内部抵抗 r，起電力 E の電池と，pq 間の抵抗値が R_1 の抵抗線および抵抗 R_2，R_3 からなる。点 s は pq 間をすべり動く接点である。この回路に関して，文中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$～$\boxed{\text{カ}}$ に入れるべき適切な式を答えよ。



回路の各部分を流れる電流を I_1，I_2 および I_3 とし，それらの向きを図のようにとると，電流の保存則 (キルヒホッフの法則 I) より，接点 s において

$\boxed{\text{ア}}=0$ …… ①

が成りたつ。

次に，点 a および点 e の電位をそれぞれ V_a および V_e として，a から e までの経路 asde と経路 ae について，電位差 V_a-V_e を考える。ps 間の抵抗を Z とすると，経路 asde における電圧降下は電位差 V_a-V_e に等しく

$V_a-V_e=ZI_1+\boxed{\text{イ}}$ …… ②

が成りたつ。経路 ae では，起電力を考慮して

$V_a-V_e=E-rI_1$ …… ③

が成りたつ。したがって，② および ③ 式より

$E=\boxed{\text{ウ}}$ …… ④

が得られる。④ 式は，図と見比べてみると，閉回路 asdea において，電圧降下を加えあわせたものが閉回路内の起電力に等しいことを示している (キルヒホッフの法則 II)。

閉回路 abcea についても，④ 式に相当する式

$E=\boxed{\text{エ}}$ …… ⑤

が得られ，①，④ および ⑤ 式から回路の各部分を流れる電流を求めることができる。

その結果，I_2 は

$$I_2=\frac{R_2E}{\boxed{\text{オ}}+(2R_1+R_2+2R_3)r+R_2(R_1+R_3)}$$

と表される。さらに，図の回路で s の位置を変化させたとき，I_2 の大きさが最小となる Z は

$Z=\boxed{\text{カ}}$

と求められる。ただし，R_1 は R_3 や r よりも大きいとする。

 Copyright Makeage,Inc. All Rights Reserved.

10 16電流計と電圧計［2016 法政大］

負荷の抵抗値を求めるために，電池，電流計，電圧計を接続し，電流，電圧を測定した。ただし，導線の抵抗，電池の内部抵抗は無視できるとし，次の問いに答えよ。

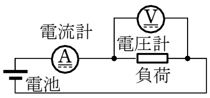


図1

(1) 図1に示すように，いずれも内部抵抗の影響を無視できる理想的な電流計と電圧計を接続し測定したところ，電流計が i，電圧計が v を示したとする。この場合の負荷の抵抗値を i，v を用いて表せ。

実際には，電流計，電圧計の内部抵抗が負荷の測定値に影響を与える。図2に示すように電流計は内部抵抗 r_A，電圧計は内部抵抗 r_V におきかえ，その影響を考える。

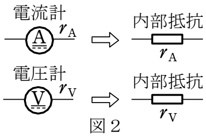


図2

(2) 図3に示すように，電流計(内部抵抗 r_A)，電圧計(内部抵抗 r_V)を接続し測定したところ，電流計は i_1，電圧計は v_1 を示した。負荷の抵抗値を i_1，v_1，r_A，r_V のうち必要なものを用いて表せ。

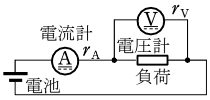


図3

(3) 次に，図3の回路を図4のように接続しなおし測定したところ，電流計は i_2，電圧計は v_2 を示した。負荷の抵抗値を i_2，v_2，r_A，r_V のうち必要なものを用いて表せ。

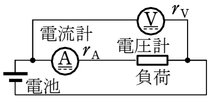


図4

実際に図3の回路で測定したところ，電流計は 40 mA，電圧計は 10 V を示した。その後，図4のように接続したところ，電流計は 15 mA，電圧計は 12 V を示した。この結果をもとに，

(4) r_A を数値で求めよ。

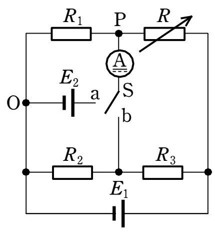
(5) 負荷の抵抗値を数値で求めよ。

(6) r_V を数値で求めよ。

(7) 図3，図4のどちらの回路の測定値で計算したほうが，(5)で求めた負荷の抵抗値に近いか。図番号で答えよ

11 15ホイートストンブリッジ［2015 香川大］

図のような直流回路において，起電力 $E_1 = 24$ V，$E_2 = 8$ V の電池，抵抗 $R_1 = 100\ \Omega$，$R_2 = 25\ \Omega$，$R_3 = 60\ \Omega$，可変抵抗 R [Ω]，電流計 A，および，スイッチ S が接続されている。ただし，電池および電流計の内部抵抗は無視できるものとする。解答において，必要な場合は，小数点第2位まで答えよ。



(1) スイッチ S を a 側に入れた状態にする。

(a) 電流計に電流が流れないようにしたとき，点 O に対する点 P の電位[V]を求めよ。

(b) 電流計に電流が流れないようにしたとき，可変抵抗 R [Ω] の大きさを求めよ。

(c) 電流計に 0.17 A の電流が図の上から下に向かって流れたとき，可変抵抗 R [Ω] の大きさを求めよ。

(2) スイッチ S を a 側から，b 側に切りかえた状態にする。

(a) 電流計に電流が流れないようにしたとき，可変抵抗 R [Ω] の大きさを求めよ。

(b) 可変抵抗 $R = 30\ \Omega$ にしたとき，回路全体の消費電力[W]を求めよ。

(c) 可変抵抗 $R = 30\ \Omega$ にしたとき，電流計に流れる電流[A]の大きさを求めよ。

12 12非直線抵抗［2012 横浜国立大］

ある電球 X について，それに加わる電圧と電流との関係を調べたら，図1のような曲線関係が得られた。このグラフを参考にして，次の問いに答えよ。ただし，(2)〜(4)の回路図内における電池や電流計の内部抵抗は無視できるほど小さいものとする。

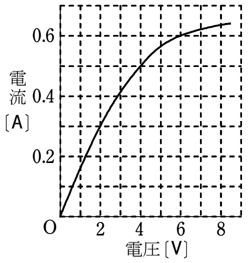


図1

(1) 電球 X に関して，次の文章中の $\boxed{\text{ア}}$〜$\boxed{\text{ウ}}$ には適切な数字を有効数字2桁で記入し，また，$\boxed{\text{エ}}$ と $\boxed{\text{オ}}$ には適当な語句を記入せよ。

電球 X を 2.0 V で使用したときの電球の抵抗は $\boxed{\text{ア}}$ Ω であり，消費電力は $\boxed{\text{イ}}$ W である。

また，6.0 V で使用したときの電気抵抗は $\boxed{\text{ウ}}$ Ω である。電球 X のフィラメントの温度は，消費電力の増大とともに $\boxed{\text{エ}}$ すると考えられるので，図1のグラフは，フィラメントの電気抵抗が温度の上昇とともに $\boxed{\text{オ}}$ することを示している。

(2) 図2のように，同じ電球 X を3つ直列につなぎ，さらに起電力 12 V の電池を用いて電圧を加えた場合，回路に流れる電流 I [A]，および，そのときの電球1個当たりの抵抗 R_X [Ω] を有効数字2桁で求めよ。

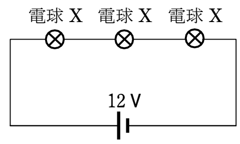


図2

(3) 図3のように3個の電球 X と，電圧に無関係な固定抵抗(1つは 10 Ω，もう1つの抵抗値 R [Ω] は不明)と，起電力 18 V の電池によって構成されたブリッジ回路がある。スイッチ S を閉じると，検流計 G の針は0をさした。抵抗 R [Ω] の大きさを有効数字2桁で求めよ。

また，このときの電球の抵抗値である R_1 [Ω]，R_2 [Ω] および電流計 A の読み I_A [A] を有効数字2桁で求めよ。

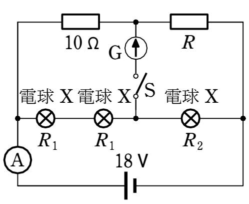


図3

(4) 図4のように電球 X を2個と 10 Ω の固定抵抗，ならびに起電力 8.0 V の電池を接続した回路において，

(a) PQ 間の電圧 V [V] を各電球 X を流れる電流 I' [A] を用いて表せ。

(b) (a)で得られた関係式と図1のグラフから，電流計 A を通る電流 I_A' [A]，およびそのときの電球 X の抵抗 R_X' [Ω] を有効数字2桁で求めよ。

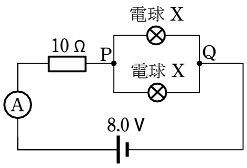


図4