平成19年度入学者選抜学力検査問題

（前期日程）

物　　理

学部によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答しなさい。

学　部	解 答 す る 問 題
医 学 部	Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ　（３問）
教育学部	Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ　（３問）
理 学 部 薬 学 部 工 学 部	Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ　（５問）

（注　意）

1　問題紙は指示があるまで開かないこと。

2　問題紙は本文10ページであり，答案用紙は，医学部は3枚，教育学部は3枚，理学部・薬学部・工学部は5枚である。

3　答えはすべて答案用紙の指定のところに記入すること。

4　問題紙と下書き用紙は持ち帰ること。

I　[教育・理・薬・工]

次の文章が正しい記述となるように，$\boxed{}$ のなかに適切な語句，あるいは式を記入せよ。

物体に熱を加えると物体を構成している粒子の熱運動が激しくなり，物体の温度は上昇し，物体の $\boxed{(1)}$ エネルギーが大きくなる。ある物体1gの温度を1K上昇させるために必要な熱量を $\boxed{(2)}$ と呼ぶ。質量が m_A[g]，温度が T_A[K]の物体Aと質量が m_B[g]，温度が T_B[K]の物体Bを接触させた。熱は物体AとBの外部には逃げないとする。接触させてから十分な時間が経過した後，両者の温度は T_C[K]となった。$T_A < T_B$ のとき，T_A，T_B，T_C の間の大小関係は不等式で書くと $\boxed{(3)}$ となる。物体AとBの $\boxed{(2)}$ をそれぞれ c_A[J/g･K]と c_B[J/g･K]で表すと，温度 T_C は T_A や T_B 等を用いて $\boxed{(4)}$ [K]と表すことができる。

気体の $\boxed{(2)}$ を考える場合には，体積変化の効果を考慮する必要が出てくる。$\boxed{(5)}$ 法則によれば，気体に加えられた熱量は $\boxed{(1)}$ エネルギーの増加と気体がする $\boxed{(6)}$ の和に等しい。気体の圧力 P[Pa]を一定に保ちながら，体積 V[m^3]の気体の温度を T_1[K]から T_2[K]に上昇させる場合を考えよう。この場合，$\boxed{(7)}$ の法則を使えば，温度が T_2 のときの体積は，温度が T_1 のときの体積の $\boxed{(8)}$ 倍になることがわかる。気体は外部に対して $\boxed{(6)}$ をしたことになるため，気体に Q_1[J]の熱を加えたとすると，$\boxed{(5)}$ 法則から，気体の $\boxed{(1)}$ エネルギーの増加は Q_1 に比べて $\boxed{(9)}$ 。同じ気体について体積を一定値 V に保ちながら，気体の温度を T_1 から T_2 に上昇させる場合に必要な熱量を Q_2[J]とすると，Q_1 と Q_2 の間には $\boxed{(10)}$ という大小関係が成立する。したがって，気体の体積を一定に保った場合と気体の圧力を一定に保った場合とでは $\boxed{(2)}$ は異なる値をとる。

Ⅱ ［教育・理・薬・工］

図２ａのような，電源Ａに抵抗値R[Ω]の抵抗と自己インダクタンスL[H]のコイルを直列につないだ回路がある。この電源Ａの電流I[A]を制御して，図２ｂのように変化させた。導線およびコイルの抵抗は無視できるものとする。また，コイルは右ねじを進めるときと同じ回転方向にらせん状に巻いてある。

(1) 時刻t_0と時刻$3t_0$における，ｂ点に対するａ点の電位差$V_a - V_b$[V]をそれぞれ求めよ。

(2) 時刻$3t_0$から$4t_0$の間で，コイルの中心の磁場の向き，および，コイルの中心に置かれた小磁針のＮ極の指す向きを上，下，左，右のいずれかで答えよ。ただし地磁気は無視できるほど小さく，小磁針は瞬時に向きを変えられるとする。

(3) ｃ点に対するｂ点の電位差$V_b - V_c$[V]のグラフを答案用紙に記入したうえで，グラフの縦軸が正しい値を示すようにV_1[V]を定めよ。

図２ｃのような，電源Ｂに抵抗値R[Ω]の抵抗と電気容量C[F]のコンデンサーを並列につないだ回路がある。この電源Ｂの電圧を制御して図２ｄのように変化させた。導線の抵抗および電源Ｂの内部抵抗は無視できるものとする。ただし，コンデンサーと抵抗に流れる電流は矢印の向きを正とする。

(4) 時刻$2t_0$から$3t_0$の間に抵抗で発生するジュール熱を求めよ。

(5) コンデンサーに蓄えられた電荷の大きさのグラフを答案用紙に記入したうえで，グラフの縦軸が正しい値を示すようにQ_1[C]を定めよ。

(6) コンデンサーに流れる電流のグラフを答案用紙に記入したうえで，グラフの縦軸が正しい値を示すようにI_1[A]を定めよ。

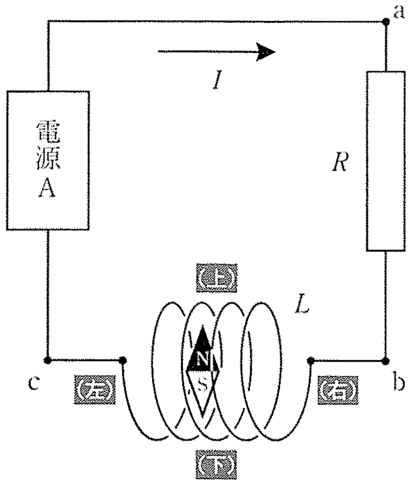

図 2 a

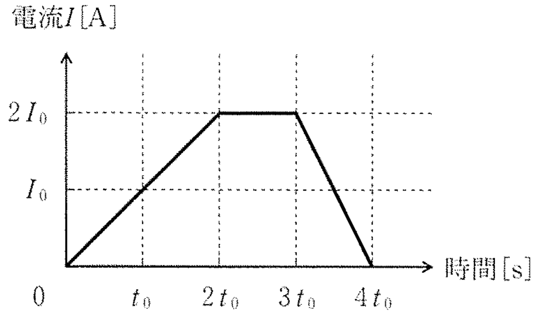

図 2 b

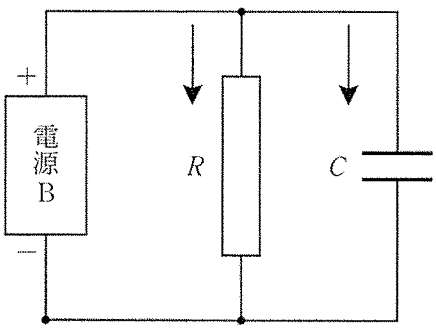

図 2 c

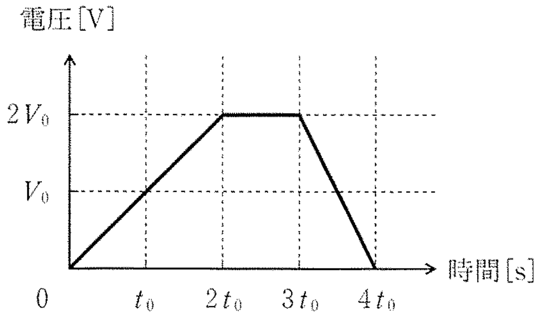

図 2 d

Ⅲ ［医・教育・理・薬・工］

図3のように水平で直線の線路上を，台車AとBが同じ速さV[m/s]で右方向に動いている。質量m[kg]の物体Cがすぐ横の線路上を速さ$\dfrac{V}{2}$[m/s]で同じく右方向に動いている。2台の台車はその上に乗っている人を含めた質量が共にM[kg]であり，また台車AとBの中心P_A，P_B間の距離がL[m]だったとする。いま物体Cの中心が後方を走る台車Aの中心P_Aの横に来たとき，A上の人が手で進行(右)方向に一定の力f[N]を時間t[s]の間だけ物体Cに加えて押し出す。押し出されてVより速くなったCが台車Bの中心P_Bの横に来たとき，B上の人がCを手で受けとめ押されながらCをBと同じ速さにする。以上の作業に関して，人の重心は常に台車の中心にあり，また台車A，Bや物体Cは推進力やブレーキを持たず線路との摩擦もないものとして，以下の問いに答えよ。

(1) 台車A上の人が力fで物体Cを時間tの間だけ押し出す作業のあとでの，物体Cの速さをV，m，f，tを使って表せ。

(2) 物体Cを押し出す力の反作用による，人を載せた台車Aの運動エネルギーの変化量を符号を含めて求めよ。

(3) 台車A上の人が作業を通してする仕事を求めよ。

(4) 台車A，Bの作業前の速さVに対する作業終了後の速さ$V+\Delta V_A$，$V+\Delta V_B$に関して，その変化量ΔV_AとΔV_Bの間に成り立つ関係をM，m，Vを使って表せ。

(5) 台車Aの人が物体Cに力を加えている間に，物体Cが移動した距離を求めよ。

(6) 物体Cが台車A上の人の手を離れてから，台車Bの中心P_Bの横に到達するまでの時間を求めよ。

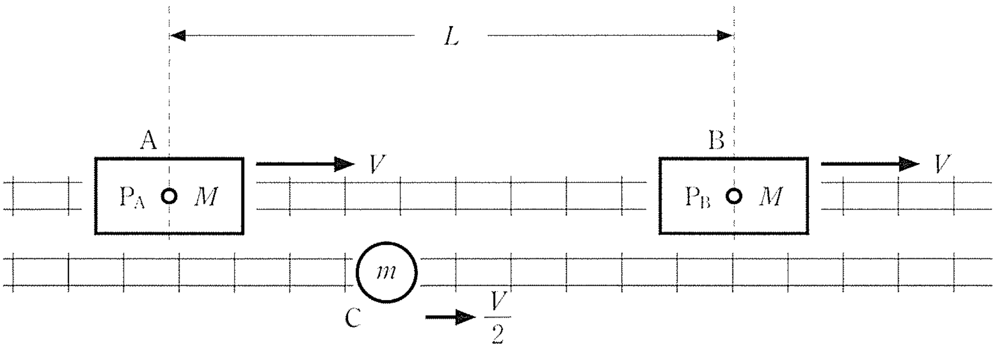

図 3

Ⅳ　[医・理・薬・工]

図4に示すような面積が十分広く，厚さが無視できる2枚の帯電していない金属平板A，Bが真空中にある。A，Bの金属平板は，距離d[m]の間隔で平行に置かれている。クーロンの法則の比例定数をk_0[N・m^2/C^2]（真空の誘電率ε_0は，$\varepsilon_0 = \dfrac{1}{4\pi k_0}$で与えられる）とし，また平板の端の部分での電場のゆがみはないものとして以下の問いに答えよ。

(1)　金属平板A上に正電荷を表面電荷密度（1 m^{2}当りの電荷量）q[C/m^2]で一様に分布させた。平板に垂直な方向をx軸として，(a)$x > \dfrac{d}{2}$，(b)$-\dfrac{d}{2} < x < \dfrac{d}{2}$，(c)$x < -\dfrac{d}{2}$の各領域における電場の大きさを求めよ。また，$x$軸を含む面上における電気力線を(a)，(b)，(c)の各領域での電場の向きが分かるように図示せよ。

(2)　次に，金属平板A上に正電荷を表面電荷密度qで一様に分布させたまま，もう一方の金属平板B上に負電荷を表面電荷密度$-q$[C/m^2]で一様に分布させた。平板に垂直な方向をx軸として，(a)$x > \dfrac{d}{2}$，(b)$-\dfrac{d}{2} < x < \dfrac{d}{2}$，(c)$x < -\dfrac{d}{2}$の各領域における電場の大きさを求めよ。また，$x$軸を含む面上における電気力線を(a)，(b)，(c)の各領域での電場の向きが分かるように図示せよ。

(3)　金属平板A，B上に，それぞれ正の表面電荷密度qと負の表面電荷密度$-q$で電荷が一様に分布しているときの金属平板A，B間の電圧V_{AB}[V]を求めよ。

(4)　正負の電荷が(3)のように等量分布した金属平板A，Bは，十分広い面積を持つコンデンサーを形成することになる。ここで，対向する面積S[m^2]の部分だけ切り出したコンデンサーDを考えたとき，コンデンサーDに蓄えられた電気量Q[C]とその電気容量C[F]を求めよ。

(5)　次に，それぞれの平板に電荷を帯電させたまま，金属平板Bを固定して金属平板Aをx軸正方向にΔd[m]だけ移動させたとき，平板Aの面積S当りの移動に要した仕事ΔW[J]を求めよ。

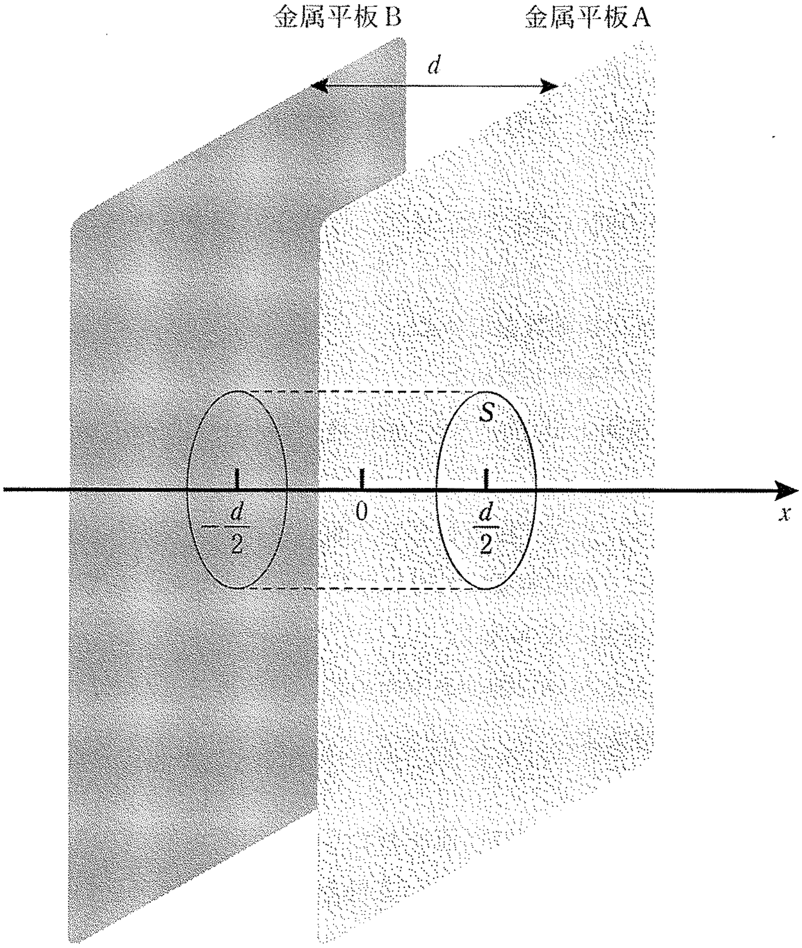

図４

V　[医・理・薬・工]

図5 aのように，厚さd[m]の膜におおわれたガラスの表面に，空気中における波長がλ[m]の単色光を，入射角i[rad]で入射させる。膜の屈折率をn，ガラスの屈折率をn'（ただし$1 < n < n'$）とし，また空気の屈折率を1，空気中の光速をc[m/s]として以下の問いに答えよ。ただし，光が通過する媒質に比べ，屈折率がより大きな媒質の表面による反射では，位相が反転することが知られている。

(1)　膜の中を通る光の振動数を求めよ。

(2)　膜の中を通る光の速さを求めよ。

(3)　図5 aの膜の表面上の点Aでの，屈折角r[rad]と入射角i[rad]の関係を与えよ。

(4)　図5 aにおいて，点Aで屈折しガラス面上の点Bで反射し，膜の表面上の点Cを通過する光と，同じ角度で入射し点Cで反射する光との光路差（光学距離の差）を，屈折角rを用いて与えよ。

(5)　(4)の2つの光がたがいに強めあうために，膜の厚さdが満たすべき条件を屈折角rを用いて与えよ。

次に，図5 bのように，ガラス面をおおう膜の厚みが均一ではなく，その表面がある一定の角度α[rad]で傾斜している場合について考える。いま，このガラス面に直角に波長λ[m]の単色光を当てる。傾斜角度αは非常に小さく，この入射光はガラス面と直角に反射されるものとする。このとき，ガラス面を上から見ると，膜の表面で反射する光と，ガラスの表面で反射する光の干渉による縞模様が観察された。以下の問いに答えよ。

(6)　縞模様の間隔をx[m]として，表面の傾斜角度を求めよ。（ただし，αが十分小さいとき，$\tan\alpha \fallingdotseq \alpha$としてよい。）

(7)　波長が$\lambda = 5.0 \times 10^{-7}$[m]の緑色の単色光を当てたとき，図5 cの(a)，(b)，(c)の縞が観察された。いま，単色光の波長を，波長が$\lambda' = 4.5 \times 10^{-7}$[m]の青色の光になるまで連続的に変化させた。このとき，(a)の位置にあった緑色の縞は，色を変えながら図5 cの(a′)の位置までずれた。これより，(a)の位置における膜の厚さを求めよ。ただし，膜の屈折率を1.4とし，光の波長によって変わらないものとする。

(8) 前問のように入射光の波長を変化させたとき，図 5 c の(b)，(c)の位置にあった緑色の縞が，ずれて現れた青色の縞の位置を，おのおの(b′)，(c′)とする。答案用紙の図に，(b′)での縞を実線で，(c′)での縞を破線で，おのおの書き加えよ。

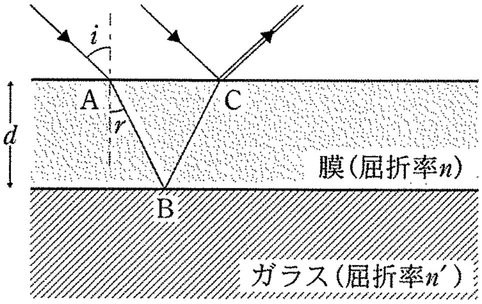

図 5 a

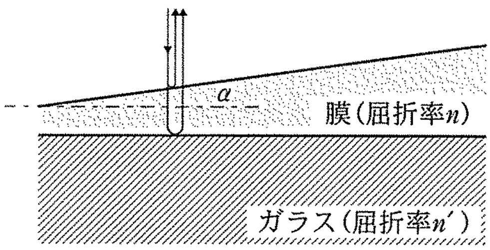

図 5 b

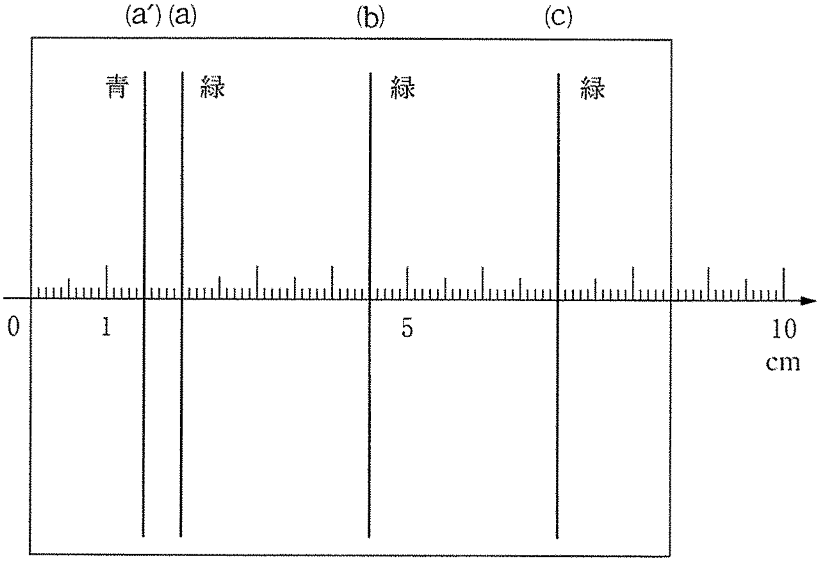

図 5 c