平成20年度
前期日程

物　　理

医学部・工学部・応用生物科学部

問題冊子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで，問題冊子を開かないこと。
2. 問題冊子は8ページからなる。乱丁，落丁，印刷不鮮明などの箇所があった場合には，ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は，4枚の解答用紙のそれぞれ指定の欄すべてに必ず記入すること。
4. 解答は，解答用紙の指定箇所に記入すること。
5. 問題は，大問で4題ある。工学部・応用生物科学部への受験生は4題すべてに解答すること。医学部への受験生は，問題 $\boxed{1}$，$\boxed{2}$，$\boxed{4}$ に解答すること。解答しない $\boxed{3}$ の解答用紙には，全紙にわたり大きく╳印を1つ記すこと。
6. 解答用紙は持ち帰らないこと。
7. 問題冊子は持ち帰ること。
8. 大問ごとに，満点に対する配点の比率を表示してある。

$\boxed{1}$ 次の文を読み，以下の問いに答えよ。(配点比率　医：$\frac{1}{3}$，工・応生：$\frac{1}{4}$)

図のように，水平な床に質量M〔kg〕の三角柱を横におく。水平面とθの角をなす三角柱の斜面上を，質量m〔kg〕の小さな物体(小物体)がすべり落ちる運動について考える。ここで，すべて摩擦は無視できるものとする。また，重力加速度の大きさをg〔m/s^2〕とする。

水平な床に対して動かない$x-y$座標系を図のようにとり，原点をPとする。最初，斜面は$x-y$座標系のx軸に接していた。その後，小物体を点Pにおいて三角柱の斜面上に静かにはなしたところ，小物体が三角柱の斜面を垂直に押す力(この力をN〔N〕とする)により，三角柱は水平方向に加速度A〔m/s^2〕で動き始めた。三角柱の運動方程式は，

$$MA = \boxed{\text{ア}}, \qquad \cdots\cdots ①$$

となる。次に小物体の運動方程式を，$x-y$座標系において考える。小物体のx方向についての運動方程式は，

$$ma_x = mg\sin\theta, \qquad \cdots\cdots ②$$

となり，y方向においては，

$$ma_y = mg\cos\theta - \boxed{\text{イ}}, \qquad \cdots\cdots ③$$

となる。ここで，小物体の加速度のxおよびy成分を，それぞれa_xおよびa_y〔m/s^2〕とした。小物体が常に三角柱に接していることは，小物体のy方向の加速度が三角柱のそれと等しいことを意味している。すなわち，

$$a_y = A \times \boxed{\text{ウ}} \qquad \cdots\cdots ④$$

問 1　文中の $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{ウ}}$ にあてはまる適当な記号または数式を答えよ。

問 2　NおよびAを求めよ。

点Pから床におろした垂線の足をHとする。小物体が斜面上をすべり落ち床に到達した。到達地点をQとし，線分QHの長さを求めることにする。そのために，まず加速度a_xおよびa_yを水平方向と鉛直方向の成分に分解する。図に示すように水平方向および鉛直方向に，それぞれu軸およびv軸をとった。加速度の水平成分と鉛直成分を，それぞれa_uおよびa_v〔m/s^2〕とすれば，

$$a_u = a_x \times \boxed{\text{エ}} - a_y \times \boxed{\text{オ}}, \qquad \cdots\cdots ⑤$$

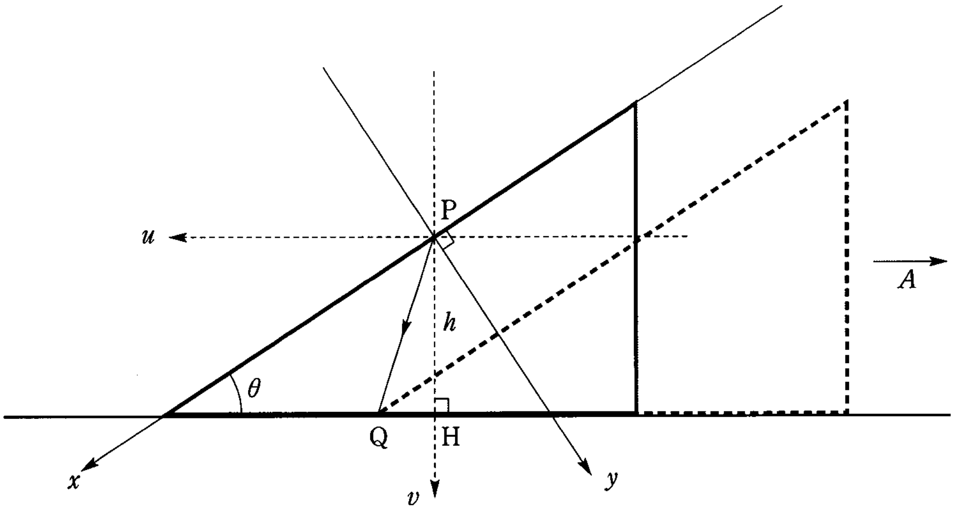
$$a_v = a_x \times \boxed{\text{カ}} + a_y \times \boxed{\text{キ}}, \qquad \cdots\cdots ⑥$$

と表わされる。

問 3　文中の $\boxed{\text{エ}}$ ～ $\boxed{\text{キ}}$ にあてはまる適当な数式を答えよ。

問 4　a_u と a_v を，M，m，g および θ を用いて表わせ。

問 5　小物体は，a_u と a_v が時間に依存しない等加速度運動を行う。このことを利用し，線分 PH を h〔m〕として線分 QH を求めよ。



図

$\boxed{2}$ 次の文を読み，以下の問いに答えよ。(配点比率　医：$\frac{1}{3}$，工・応生：$\frac{1}{4}$)

図1のように，面積S〔m^2〕の2枚の薄い金属平板AおよびBが，平行に並んでいる。平板AおよびBには，それぞれ$+Q$および$-Q$〔C〕の電荷が一様に分布している。平板の周辺は真空であり，その誘電率はε_0〔F/m〕である。また平板の面積Sは，端の影響が無視できるほど大きいとする。

まず，それぞれの平板の電荷によって生じる電場(電界)について考える。一様に分布した電荷によって，平板AおよびBの両側には，それぞれ$E_\mathrm{A} = Q/(2\varepsilon_0 S)$および$E_\mathrm{B} = Q/(2\varepsilon_0 S)$〔V/m〕の大きさの電場が生じる。しかし，平板AとBとでは電荷の $\boxed{①}$ が異なるため，電場の向きは逆になっている。

次に，平板に働く力について考える。平板Bに働くクーロン力の大きさF〔N〕は，平板Bの置かれた位置の電場と平板Bに帯電する電荷との $\boxed{②}$ として求めることができる。この力Fには平板Bの電荷によって生じる電場は影響しないので$F =$ $\boxed{ア}$ となり，力の向きは図の平板Bから領域 $\boxed{③}$ への方向である。

実際に観測される電場は，平板AおよびBのつくる電場を合成したものとなる。したがって，領域(Ⅰ)，(Ⅱ)および(Ⅲ)で観測される電場の大きさは，それぞれ$E_\mathrm{I} =$ $\boxed{イ}$〔V/m〕，$E_\mathrm{II} =$ $\boxed{ウ}$〔V/m〕および$E_\mathrm{III} =$ $\boxed{エ}$〔V/m〕となる。

問 1　文中の $\boxed{①}$ ～ $\boxed{③}$ にあてはまる適切な語句または領域記号を答えよ。また，$\boxed{ア}$ ～ $\boxed{エ}$ に入る数式を答えよ。

さらに，同じ面積S〔m^2〕の2枚の薄い金属平板CおよびDを用意し，4枚の金属平板A，B，CおよびDが，平行に並んだコンデンサーを考える。平板の間隔は，図2のようにA–B間およびC–D間でa〔m〕，B–C間でb〔m〕となっている。ただし，$a > b$である。平板間は真空であり，その誘電率はε_0である。平板AとC，またBとDは，それぞれ導線でつながれており，等電位となっている。図2のようにスイッチを閉じ，電圧V〔V〕を加えたところ，各平板A，B，CおよびDには，それぞれ$+Q_1$，$-Q_2$，$+Q_2$および$-Q_1$〔C〕の電荷が蓄えられ，A–B間，B–C間およびC–D間には，それぞれE_1，E_2およびE_3〔V/m〕の電場が生じた。

以下の問2から問5について，ε_0，S，a，bおよびVを用いて答えよ。

問 2　電場E_1，E_2およびE_3の大きさ，また蓄えられた電荷Q_1およびQ_2を求めよ。

問 3　この4枚の金属平板でできたコンデンサーの電気容量C〔F〕を求めよ。

最後に，図 2 の状態の各金属平板に蓄えられた電荷を維持しつつ，図 3 のように回路を取り除いた。

問 4　コンデンサーを構成するそれぞれの平板に蓄えられた電荷のみから生じる電場 E_A，E_B，E_C および E_D〔V/m〕の大きさを求めよ。

問 5　平板 A および C に働く力 F_A および F_C〔N〕を求めよ。ただし，図中の矢印 f の向きを正とする。

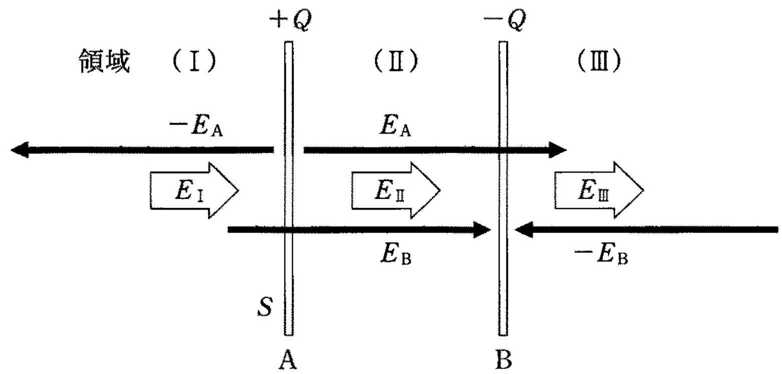


図 1

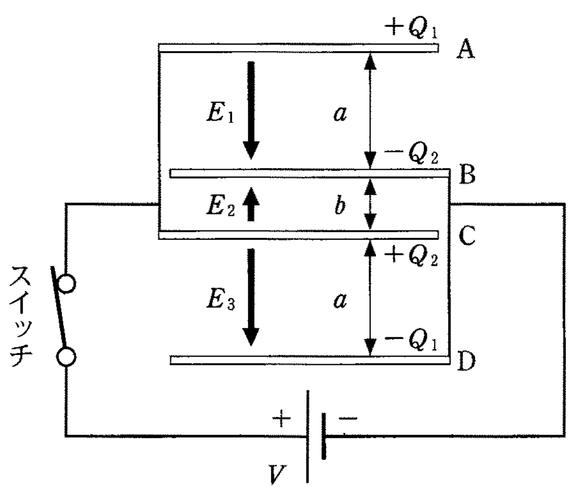


図 2

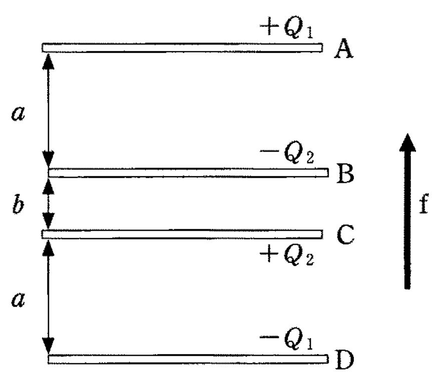


図 3

3 次の文を読み，以下の問いに答えよ。(配点比率　工・応生：$\frac{1}{4}$)

一端が熱伝導効率のよい壁①で閉じられた断面積S〔m^2〕のシリンダーがある。シリンダー内部は，滑らかに動くピストン②および③によって，A室およびB室に仕切られており，シリンダー左端からaおよび$3a$〔m〕のところにストッパーZ_1およびZ_2がある。A室およびB室内には，単原子分子からなる理想気体が閉じ込められている。

このようなシリンダーを，図1のように一定の気圧P_0〔Pa〕で保たれた気密室内に設置した。A室およびB室内の気体の温度をT_0〔K〕としてしばらく放置したとき，ピストン②および③はストッパーZ_2からそれぞれ$a+b$〔m〕およびaのところで静止した。このようなシリンダーに，以下の過程Ⅰ）次いでⅡ）を経たところ，図2のような状態となった。

シリンダー側面とピストン②および③は，断熱材でできている。ピストンの質量および厚さは無視することができ，気密室内の気圧は過程Ⅰ）およびⅡ）において特別な指示がない限り一定とする。

過程Ⅰ）ピストン③をストッパーZ_2からaのところで固定し，A室内の気体の温度を一定に保ちつつ，B室内の気体を電熱コイルで加熱した。するとピストン②が左へ移動し，ストッパーZ_1で止まった。そこで加熱を中止した。

過程Ⅱ）気密室の気圧をA，B両室内と同じになるように調整した後，ピストン③の固定を解除し，ピストン③がストッパーZ_2で止まるまで加熱を続けた。

問1　以下の文中の ウ に適切な語句， ア ， イ および エ ～ サ には適切な数式を答えよ。ただし数式には，P_0，T_0，S，a，bのみを用いること。

気体定数をR〔J/(mol·K)〕とし，A室およびB室内の気体のモル数をそれぞれn_Aおよびn_B〔mol〕とおくと，過程Ⅰ）における初期のB室内の気圧は ア に等しい。したがって気体の状態方程式より，$n_BR = P_0 \times$ イ とおくことができる。過程Ⅰ）におけるA室内の気体の変化は， ウ 変化である。過程Ⅰ）が終了した時点でのA室内の気圧をP_1〔Pa〕とすると，$P_1Sa = n_AR \times$ エ が成り立つ。したがって過程Ⅰ）において，その初期と終了したときのA室内の気体の状態方程式から，$P_1 = P_0 \times$ オ であることがわかる。また，過程Ⅰ）終了時のB室内の気体の温度をT_1〔K〕とすると， カ $= n_BRT_1$となるので，$T_1 =$ キ と表現できる。

次に，過程Ⅱ）終了時のＢ室内の気体の温度を T_2〔K〕とすると，$T_2 = T_0 \times$ $\boxed{\text{ク}}$ である。また，過程Ⅱ）におけるＢ室内の気体の内部エネルギーの変化量 ΔU〔J〕は，$\Delta U = P_0 \times$ $\boxed{\text{ケ}}$ であり，ピストン③が行う仕事量 W〔J〕は，$W =$ $\boxed{\text{コ}}$ である。したがって，過程Ⅱ）においてＢ室内の気体が得た熱量 Q_B〔J〕は，$Q_B =$ $\boxed{\text{サ}}$ であることがわかる。

問 2　図 3 のグラフ(1)〜(6)において，過程Ⅰ）の初期から過程Ⅱ）の終了時までのＢ室内の気圧 P と気体の体積 V の変化として，もっとも適当なものを選び，その番号を答えよ。

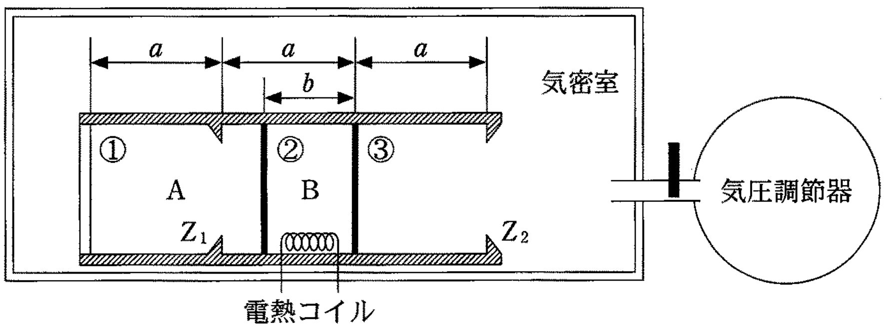


図 1

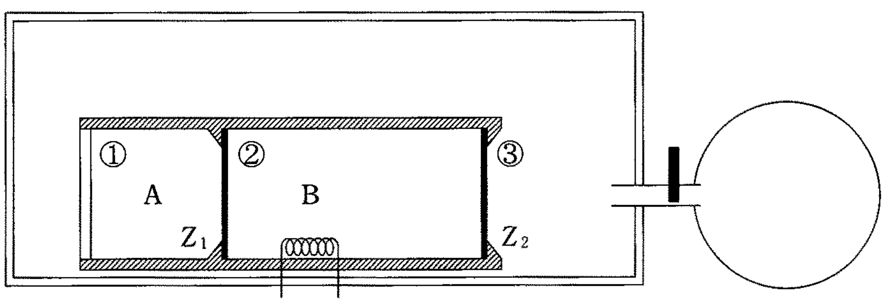


図 2

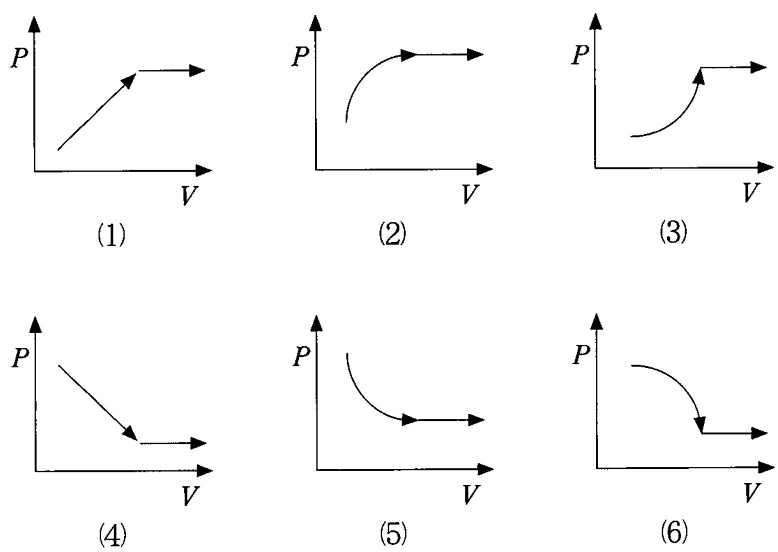


図 3

4 以下の問いに答えよ。(配点比率　医：$\frac{1}{3}$，工・応生：$\frac{1}{4}$)

問 1　次の文を読み，(1)から(3)の問いに答えよ。

ある明るさ(それをIという量で表すとしよう)で輝く光源から，光が球面状に均一に出ているとする(このような波を球面波と呼ぶことにする)。光源から距離rだけ離れたところに球面状のスクリーンを置くと，スクリーン全面でIを受け取ることになる。このとき，スクリーンの単位面積あたりの明るさは $\boxed{\text{ア}}$ である。光源から距離$2r$離れたところに球面状のスクリーンを置くと，スクリーン上の単位面積あたりの明るさは $\boxed{\text{イ}}$ となる。したがって，光が光源から球面波として放出される場合に，単位面積当たりの明るさは光源からの距離の $\boxed{\text{ウ}}$ 乗に $\boxed{\text{エ：比例・反比例}}$ することがわかる。

(1)　文中の $\boxed{\text{ア}}$ および $\boxed{\text{イ}}$ にあてはまる適当な数式を答えよ。

(2)　文中の $\boxed{\text{ウ}}$ にあてはまる適当な数値を答えよ。

(3)　文中の $\boxed{\text{エ}}$ において，適当な言葉を選択し，答えよ。

問 2　図1―1のように，間隔d〔m〕で小さい孔(あな)(ピンホール)が二つ開いた不透明な板に平行で，r〔m〕離れたところにスクリーンを置いた。図1―2は断面図である。スクリーンに座標軸xおよびyをとり，その原点Oを通りスクリーンに垂直な直線が，ちょうど二つのピンホール間の中心を通っている。板に垂直に平面波の単色光(波長λ〔m〕)を照射したところ，スクリーンに干渉じまが現れた。以下の(1)～(3)の問いに答えよ。

(1)　x軸上で正の領域にできる干渉じまの明線を，原点の側から順に番号をつけることにする。原点からn番目の明線までの距離x_n〔m〕を求めよ。ただし，原点に明線が現れる場合には，その明線は0番目($n=0$)とする。また，λ，dおよびx_nがrに比べ十分小さいとし，$|\alpha|$が1に比べて十分小さいときに成り立つ近似式$\sqrt{1+\alpha} \fallingdotseq 1+\frac{1}{2}\alpha$を用いよ。

(2)　明線の単位面積あたりの明るさについて，1番目に対するn番目の比Rを，λ，dおよびnで表せ。

(3)　スクリーン上の中央部に現れる明線の模様として，もっとも適当と考えられるものを，図2の①～⑤の中から一つ選び，番号で答えよ。また，その理由を20文字以内で述べよ。なお，図2に記した模様は，明線を実線で示してある。

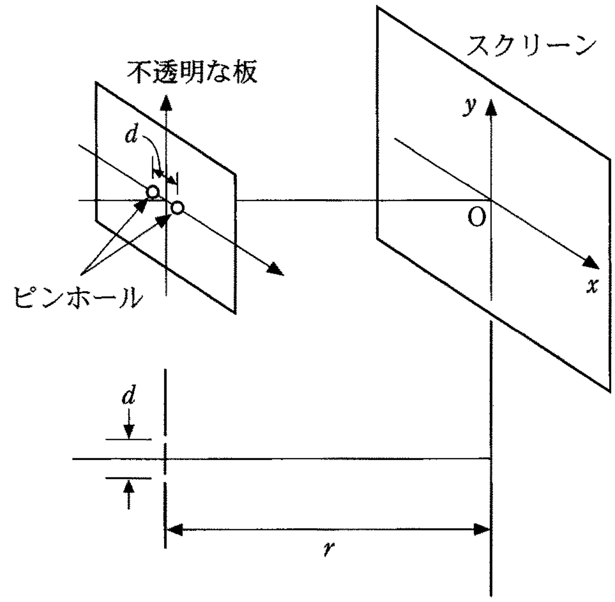


図1—1

図1—2

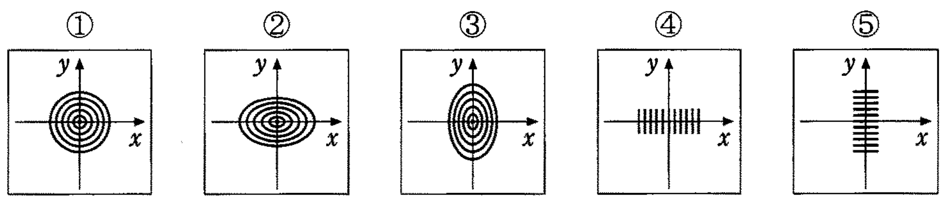


図2