令和８年度個別学力検査問題
（国際資源学部，教育文化学部，総合環境理工学部）

物　　理

前　期　日　程

注　意　事　項

1　試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。

2　この問題冊子は10ページあります。解答用紙は１枚あります。

問題は**Ⅰ**から**Ⅳ**まで４題あります。ただし，**Ⅳ**は**問題Ａ**または**問題Ｂ**のいずれかを選択して解答しなさい。

試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。

3　監督者の指示に従って，解答用紙に受験番号と氏名を記入しなさい。

4　解答は，解答用紙の該当欄に記入しなさい。

5　配付された解答用紙は，持ち帰ってはいけません。

6　試験終了後，問題冊子は持ち帰りなさい。

I　次の文章中の空欄①～⑤を数式で埋め，⑥は(ア)～(エ)のうちから正しいものを１つ選び，解答欄に記入しなさい。

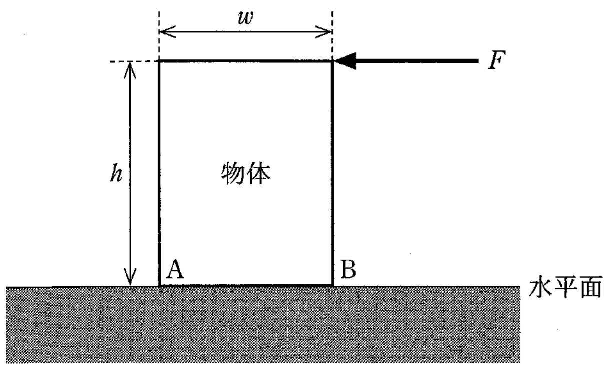
水平面上に置いた質量 m の一様な直方体の物体がある。図は物体の重心を通り，側面に平行な断面を表している。この物体の右上の角に水平左向きに大きさ F の力を静かに加える。物体と水平面との間の静止摩擦係数を μ として，次の問いに答えなさい。ただし，重力加速度の大きさを g とする。

(i)　$F = F_0$ のとき，物体は静止していた。このとき，水平面からの垂直抗力の大きさ N は，m，g を用いて $N =$ (　①　) と表される。垂直抗力の作用点と点Aの距離を x とすると，物体にはたらく重力および F_0，N の点Aのまわりの力のモーメントのつり合いから，x は，h，w，m，F_0，g を用いて $x =$ (　②　) と表される。

(ii)　F を F_0 からしだいに大きくしたところ，$F = F_1$ になったとき，物体が傾くことなくすべり出した。このとき，F_1 は，m，μ，g を用いて $F_1 =$ (　③　) と表される。

(iii)　次に，この物体を静止摩擦係数が μ より大きい別の水平面に置き，図のように大きさ F の力を静かに加えた。F をしだいに大きくしたところ，$F = F_2$ になったとき，物体がすべり出すことなく傾きはじめた。このとき，F_2 は，h，w，m，g を用いて $F_2 =$ (　④　) と表される。水平面と物体の底面ABのなす角を θ とすると，物体が左回りに回転して倒れる条件は，h，w を用いて $\tan\theta >$ (　⑤　) となる。

(iv)　(ii)，(iii)から，物体が傾くことなくすべり出すための μ の条件は，(⑥　(ア)　$\mu > \dfrac{w}{2h}$，(イ)　$\mu > \dfrac{2h}{w}$，(ウ)　$\mu < \dfrac{w}{2h}$，(エ)　$\mu < \dfrac{2h}{w}$) となる。


w
F
h
物体
A
B
水平面

II 次の文章中の空欄①および③～⑤を数式で埋め，②，⑥は(ア)～(ウ)のうちから適切なものを１つ選び，解答欄に記入しなさい。また，解答欄⑦には，適切な文章を記述しなさい。

図１のように静水面に棒状の波源をおき，図の矢印の方向に振幅 W，振動数 f の波を発生させた。波の進行方向に x 軸をとり，波源の位置を $x=0$ とする。波源で発生した波は速度 v_1 で進んだ後に $x=L$ の位置においた壁(反射面)の表面で自由端反射した。図２は，波源で発生した波が壁に到達する前のある時刻における位置 x と変位 y のグラフである。ただし，変位 y は鉛直上向きを正とし，波は減衰しないものとする。

(i) この波の波長 λ は，v_1，f を用いて $\lambda=$(①)と表される。また，壁で反射する前後で入射波と反射波の位相は(② (ア) π ずれる，(イ) $\frac{\pi}{2}$ ずれる，(ウ) ずれない)。この波が波源を出てから壁で反射し，位置 $x=s\,(0<s<L)$ に到達するまでに要する時間 t は，L，s，v_1 を用いて $t=$(③)と表される。

(ii) 次に，図３のように $x=L$ の位置においた壁をA，Bの２つの狭いすき間のある壁に取り換えて，波源で振幅 W，振動数 f の波を発生させたところ，すき間から球面波が出ていく様子が観察された。ただし，図中，実線は波面の山を，点線は波面の谷を示している。この波が十分に広がった後で，ABの垂直二等分線CD上にある点MからCDに垂直方向に波の振幅をみていくと，振幅はしだいに小さくなっていき，最も小さくなった後，点Nで最も大きくなった。ABの距離を a，CMの距離を b，MNの距離を c，ANの距離を d_1，BNの距離を d_2 とすると d_2 は，a，b，c を用いて(④)と表される。また，この波の速さ v_2 は，f，d_1，d_2 を用いて $v_2=$(⑤)と表される。このように，水面にはほとんど振動しないところと大きく振動するところができるが，図３の点P，Q，Rのうち，ほとんど振動しない点は，(⑥ (ア) P，(イ) Q，(ウ) R)である。この理由について，解答欄⑦に簡潔に記述しなさい。

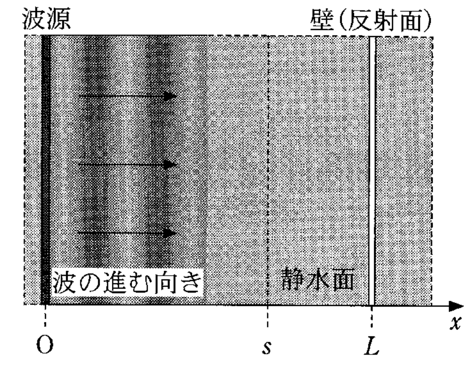

波源
壁(反射面)
波の進む向き
静水面
x
O
s
L

図1

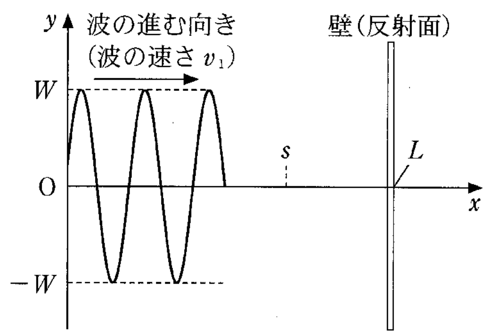

y
波の進む向き
(波の速さ v_1)
壁(反射面)
W
s
L
O
x
−W

図2

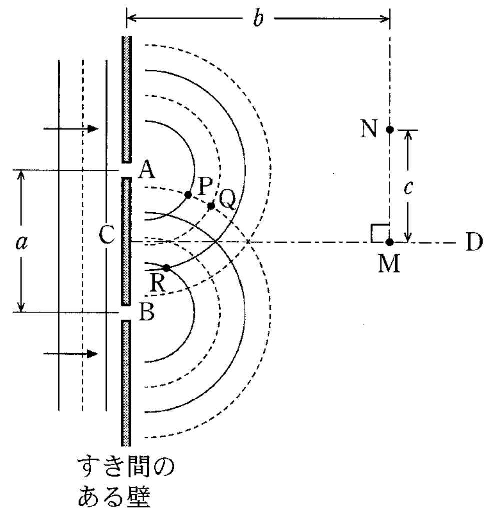

b
N
A
P
Q
c
a
C
D
M
R
B
すき間の
ある壁

図3

III 次の文章中の空欄①～③および⑤～⑧を数式で埋め，④は(ア)～(ウ)のうちから正しいものを１つ選び，解答欄に記入しなさい。

幅 a で高さ b の長方形断面をもち，長さ c である直方体状の金属に対して，図１のように幅の方向に x 軸，長さの方向に y 軸，高さの方向に z 軸をとる。内部抵抗の無視できる起電力 V の電池が，図１のように抵抗の無視できる導線で金属につながれていて，y 軸の正の向きに電流 I が流れている。また，金属の左側の面を面P，右側の面を面Qとし，電子の電気量を $-e(e>0)$ とする。

(i) 電池によって金属内に生じた y 軸方向の電場の大きさ E は，電場が一様であるとすると，V，c を用いて $E=($ ① $)$ と表される。金属中の電子は，金属の上面から見た図２のように，電流と逆向きで y 軸に平行に運動しているものとする。電子は電場によって，y 軸の負の方向に $F=eE$ で表される大きさの力を受けて加速し，金属中の陽イオンと衝突することで減速しながら進む。この運動を電子全体で平均すると，電子は一定の速度で y 軸の負の方向に運動していると考えることができる。このとき電子は，図２のように電子の速さ v に比例した抵抗力 $f=kv$ を運動と反対向きに受けて（k は比例定数），電場による力 F とつり合うことによって等速直線運動しているとみなすことができる。すなわち，$F=f$ が成り立つので電子の速さ v は，e，E，k を用いて $v=($ ② $)$ と表される。電流の大きさ I は，任意の断面を単位時間あたりに通過する電気量の大きさであることから断面積を S，単位体積あたりの電子の数を n として，$I=enSv$ である。電圧 V を用いて電流 I を表すと，n，e，S，V，k，c を用いて $I=($ ③ $)$ と表される。電流 I が電圧 V に比例することから，オームの法則を説明することができる。

(ii) 次に，図３のように一定の電流 I を y 軸の正の向きに流した状態で，磁束密度 B の一様な磁場を z 軸の正の向きに加えた場合を考える。磁場中を運動する電子は，(④ (ア) ローレンツ力，(イ) 静電気力，(ウ) 磁気力)を電子の運動と磁場の双方に垂直な方向に受けて軌道が曲げられる。電子の速さを v' とすると，この力の大きさは，e，v'，B を用いて $F'=($ ⑤ $)$ と表される。この結果，電子は面Qに集まって負に帯電し，面Pは正に帯電する。図４のように，帯電によっ

て金属内部には，面Ｐから面Ｑに向かって電場E'が生じる。したがって，電子はF'に加えて面Ｑから面Ｐの向きに$f' = eE'$の力を受ける。F'とf'がつり合うまで電子は，面Ｑへの移動を続けてPQ間の電場は大きくなっていく。やがてF'とf'がつり合い状態になったとき，電子は再びy軸に平行に運動する。このときの電場の強さE'は，v'，Bを用いて$E' =$（　⑥　）と表される。PQ間の電位差V_{H}は，電場E'が一様であれば，E'，aを用いて$V_{\mathrm{H}} =$（　⑦　）と表される。このように，導体の中を流れる電流に対して垂直に磁場をかけると，電流と磁場の双方に垂直な方向に電位差が生じる現象をホール効果といい，この電位差をホール電圧とよぶ。ホール電圧は，e，n，I，B，bを用いて$V_{\mathrm{H}} =$（　⑧　）と表され，磁束密度Bに比例することから，Bを測定する磁気センサーなどに利用されている。

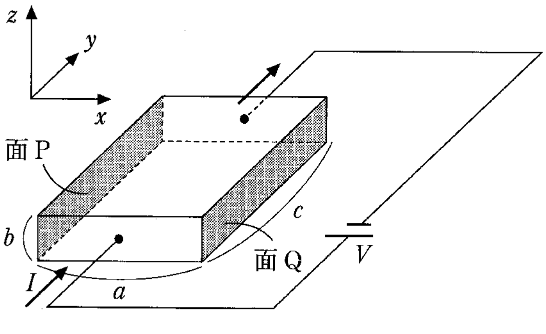


図1

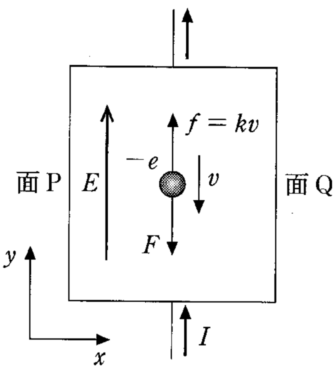


図2

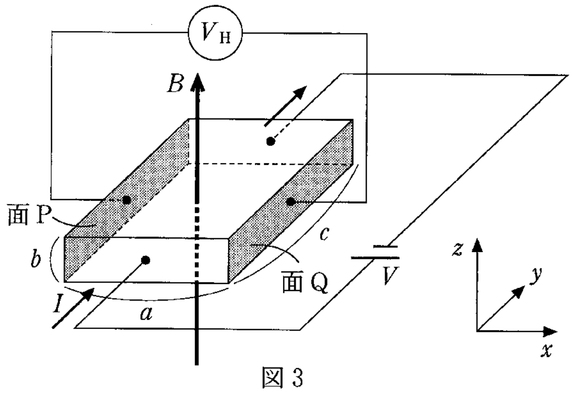


図3

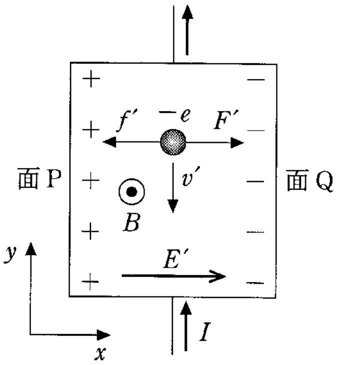


図4

Ⅳ　問題Aと問題Bのいずれかを選択して解答しなさい。なお，解答欄にある，選択した問題の記号Aまたは記号Bを○で囲みなさい。

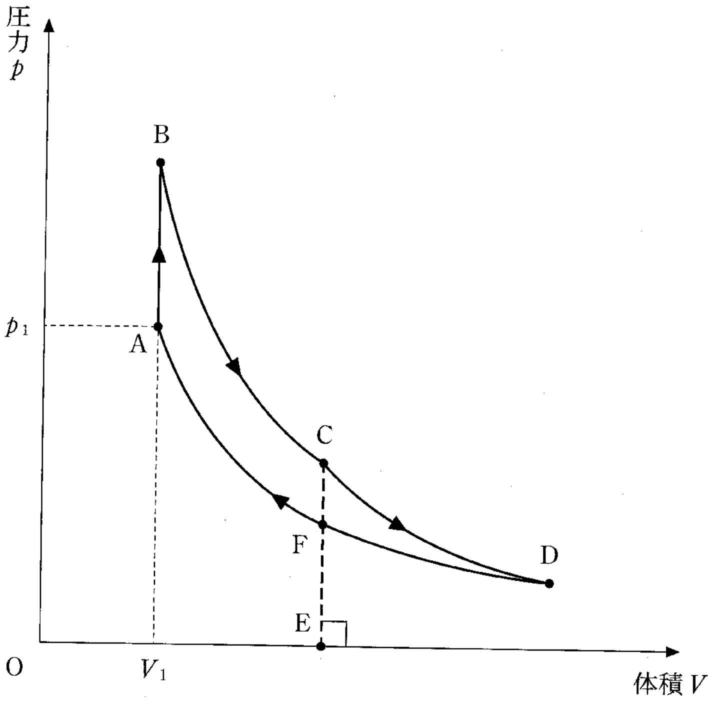
《**問題A**》

次の文章中の空欄①，②および④～⑦を数式で埋め，③を数値で埋め，解答欄に記入しなさい。ただし，気体定数をR〔J/mol・K〕とする。

(i)　ピストンのついた容器に単原子分子理想気体n〔mol〕を閉じ込め，体積と圧力を図のA→B→C→D→Aのようにゆっくりと変化させた。A→Bは定積変化，C→Dは断熱変化，B→C，D→Aは等温変化である。Cから横軸に下ろした垂線の足をEとする。Fは曲線DAと直線CEの交点である。D→Aの温度をT〔K〕，B→Cの温度をT'〔K〕とする。Aにおける体積はV_1〔$\mathrm{m^3}$〕，圧力はp_1〔Pa〕であった。Tは，V_1，p_1，n，Rを用いて（　①　）と表される。また，Aにおける気体の内部エネルギーは，V_1，p_1を用いて（　②　）と表される。線分の長さの比CF：FEが，1：2であった。このことより，$\dfrac{T'}{T}=$（　③　）である。

(ii)　B→C，C→D，D→Aで，気体が外部に対してする仕事をそれぞれ，W_1〔J〕，W_2〔J〕，$-W_3$〔J〕とする。ただし，W_1，W_2，W_3は全て正である。1サイクルの間に気体が外部に対してする仕事は，W_1，W_2，W_3から必要なものを用いて（　④　）と表される。A→Bでの内部エネルギーの増加とC→Dでの内部エネルギーの減少は同じ大きさであることに注意すると，A→Bでの内部エネルギーの増加は，W_1，W_2，W_3から必要なものを用いて（　⑤　）と表される。気体がB→Cで吸収する熱量は，W_1，W_2，W_3から必要なものを用いて（　⑥　）と表される。

(iii)　気体が，A→B，B→Cで吸収する熱量をそれぞれQ_{AB}〔J〕，Q_{BC}〔J〕とし，D→Aで放出する熱量をQ_{DA}〔J〕とする。ただし，Q_{AB}，Q_{BC}，Q_{DA}は全て正である。このサイクルを熱機関とみなしたときの熱効率は，Q_{AB}，Q_{BC}，Q_{DA}を用いて（　⑦　）と表される。


圧力
p
B
p_1
A
C
F
D
E
O
V_1
体積 V

《問題B》

次の文章中の空欄①～⑥を数式で埋め，⑦は数値で埋め，解答欄に記入しなさい。

アインシュタインの光量子仮説にもとづいた光電効果の理論を検証するため，ミリカンは，図1のような装置を用いて，光電効果の実験をおこなった。回路は，光電管と可変抵抗器R〔Ω〕と電源からなり，光電管に加える電圧V〔V〕を変化させることができる。

暗室に入れた光電管は，ほぼ真空のガラス管内に封入した陽極と陰極からなる。光源から光フィルタを通して，振動数ν〔Hz〕の単色光を光電管内の陰極に当てると，光電子が飛び出し，陽極に流れ込み，回路に光電流I〔A〕が流れる。この回路のVとIは，電圧計と電流計で測定される。ただし，電気素量$e = 1.6 \times 10^{-19}$ Cとする。

(i) プランクは，溶鉱炉内の温度と光の振動数νとの関係を調べ，プランク定数h〔J･s〕を導いた。アインシュタインは，プランクの量子仮説を発展させ，光を光子の集まりと考えて光量子仮説を提唱した。この説によると，光子のエネルギーE〔J〕は，h，νを用いて$E =$（ ① ）と表される。さらに，光電効果は，光が金属内の電子に仕事関数W〔J〕をこえるエネルギーを与えることによって起こると考えた。したがって，1個の光子のエネルギーEが1個の電子に受け渡され，Wを引いたエネルギーが，光電子の運動エネルギーの最大値K_0〔J〕になると考えた。よって，K_0は，電子の質量m_e〔kg〕と電子の初速度の最大値v_M〔m/s〕を用いて$K_0 =$（ ② ）と表される。また，K_0は，h，ν，Wを用いると$K_0 =$（ ③ ）と表される。

(ii) 図1の装置において陽極の電位を負にし，光電子への反発力を大きくするように電位を下げていくと，$-V_0$で光電子は陽極に達しなくなり，$I = 0$となる。このV_0を阻止電圧といい，光電子が静電気力からされる仕事は，V_0，eを用いて（ ④ ）と表され，その大きさは，光電子の運動エネルギーK_0と一致する。次に，光フィルタを交換して光の振動数を変えてνとV_0の関係を調べると，図2のようなグラフが得られる。hは，直線上の2点間の電圧の差ΔV_0，振動数の差$\Delta\nu$，eを用いて，$h =$（ ⑤ ）と表される。なお，ある振動数ν_0以下では

$K_0 = 0$ となり，光電効果が起こらなくなる。この ν_0 は限界振動数とよばれ，図 2 において横軸の切片で示される。W は，$K_0 = 0$ のときの光子のエネルギーと一致することから，ν_0，h を用いて W = (⑥) と表される。

(iii) 図 2 のような実験結果から，$\nu = 10.6 \times 10^{14}$ Hz のとき $V_0 = 2.07$ V が得られ，K_0 は，有効数字 2 桁で求めると，K_0 = (⑦) J となる。また，$\nu_0 = 5.6 \times 10^{14}$ Hz となった。この結果から，プランク定数 $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J·s が得られた。この値は，プランクが求めた h と同程度であり，アインシュタインの理論の正しさが実証された。その後の物理学において，プランク定数 h は，光速 c〔m/s〕，電子の質量 m_e，万有引力定数 G〔N·m^2/kg^2〕などと共に，基本的な物理定数となった。

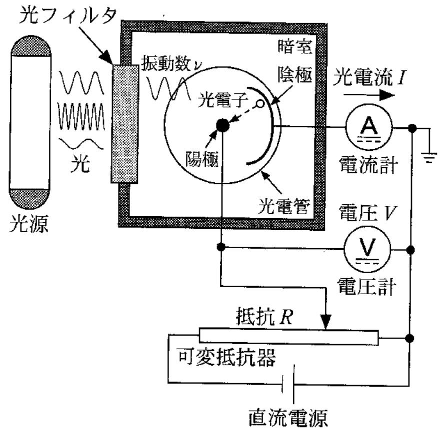


図 1

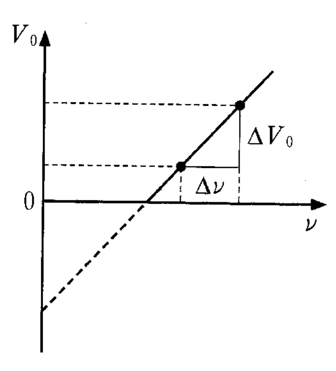


図 2