A，D

平成 28 年度個別学力検査問題
(国際資源学部，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 2 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 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。

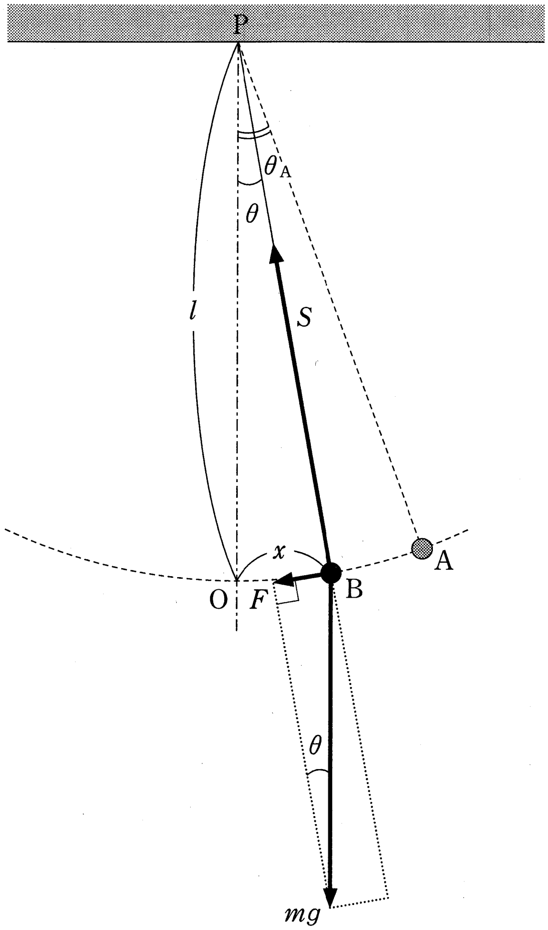
I 次の文章中の空欄①，⑧を語句で，②～⑦，⑨～⑪を数式で埋め，解答欄に記入しなさい。

図のように長さ l の軽い糸の上端を点Pで固定し，下端に質量 m のおもりをつけて鉛直面内で点Oを中心として左右に振動させる。おもりを l に比べて十分小さい振幅で振らせたものを単振り子という。このとき，糸の質量，糸とおもりの空気抵抗は無視できるものとし，糸は伸び縮みしないものとする。また，重力加速度の大きさを g とし，円周率を π とする。

図の点Aまでおもりを移動させて静かに手を離した。このおもりに働く力は重力 mg と糸が引く力(張力) S である。図の点Bでおもりを最下点Oへ引き戻す働きをする力 F は重力の円弧に対する接線方向の成分である。このように物体を振動の中心に戻そうとする力を(　①　)という。点Bにおいて，円弧に沿った点Oからの変位を x とする(x は右向きを正とする)。また，糸と鉛直線のなす角を θ とする(反時計回りを正とする)。振れが小さいとき，単振り子は一直線上を往復するとみなせるので，F は g，m，θ を用いて $F=$(　②　)となる。θ が十分に小さいとき，$\sin\theta$ は l と x を用いて $\sin\theta=$(　③　)と近似できる。よって，F は g，l，m，x を用いて $F=$(　④　)のように近似できる。

おもりの加速度を a とすると，単振り子の運動方程式は $ma=$(　④　)となる。単振り子の角振動数を ω とすると，a は x，ω を用いて $a=$(　⑤　)となる。よって，ω は g，l を用いて $\omega=$(　⑥　)となる。また，単振り子の周期 T は g，l を用いて $T=$(　⑦　)となる。振幅が十分小さいとき，T は振幅に無関係である。これを振り子の(　⑧　)という。

ここで，図の最下点Oを重力による位置エネルギーの基準点とする。また，おもりが図の点Bのような任意の点にあるときの速さを v としたとき，おもりが持つ力学的エネルギー E は，g，l，m，v，θ を用いて $E=$(　⑨　)となる。おもりが図のように最上点A($\theta=\theta_A$) にあるときのおもりの速さ v_A は，$v_A=$(　⑩　)である。力学的エネルギー保存の法則より，最下点Oでのおもりの速さ v_O は g，l，θ_A を用いて $v_O=$(　⑪　)となる。



P
θ_A
θ
l
S
x
O
F
B
A
θ
mg

Ⅱ 次の文章中の空欄①を語句で，②～⑫を数式で埋め，解答欄に記入しなさい。

図1のように音源と観測者と反射板が一直線上に並んでいる。音源は固定されており，反射板は左右に動くことができる。観測者は音源と反射板の間に静止しているものとする。音源が発する音の周波数をf〔Hz〕，音速をV〔m/s〕とする。

(i) 反射板が右向きに速さu〔m/s〕で動いているとき，反射板が受ける音の周波数をf'とすると，fとf'は異なる値になる。この現象を（ ① ）と呼ぶ。図2において位置A_1およびB_1は時刻0〔s〕およびt〔s〕における反射板の位置である。反射板が受ける音の周波数を求めるために，反射板がないと仮定したとき，時刻0〔s〕にA_1を通過した音は時刻t〔s〕に位置C_1に達したとする。このとき，A_1C_1の間にある音の波の個数をf，tを用いて表すと（ ② ）個である。また，A_1B_1の距離をu，tを用いて表すと（ ③ ）〔m〕となり，さらに音源から発せられた音の波長をf，Vを用いて表すと（ ④ ）〔m〕となることから，A_1B_1の間にある音の波の個数をf，V，u，tを用いて表すと（ ⑤ ）個となる。B_1C_1間にある音の波の個数は，反射板がt〔s〕間に受けた波の個数と等しいので，周波数f'をf，V，uを用いて表すと（ ⑥ ）〔Hz〕となる。

(ii) 右向きに速さu〔m/s〕で動いている反射板は，それが受けた周波数f'の音と同じ周波数の音を観測者へ向かって発する音源とみなすことができる。反射板は動いていることから，（ ① ）により反射板で反射されて観測者に到達する音の周波数f''はf'と異なる値になる。このとき，f''を求めるために図3のように時刻0〔s〕およびt〔s〕における反射板の位置をA_2およびB_2とする。時刻0〔s〕に反射板が発した音が時刻t〔s〕に位置C_2に達したと考えると，B_2C_2の距離をV，u，tを用いて表すと（ ⑦ ）〔m〕となる。また，t〔s〕間に反射板が発した波の個数をf'，tを用いて表すと（ ⑧ ）個となることから，観測者に到達する音の波長をf'，V，uを用いて表すと（ ⑨ ）〔m〕となる。このとき，波長と音速と周波数の関係を考慮するとf''はf'，V，uを用いて（ ⑩ ）〔Hz〕と表される。

(iii) 図1において反射板が右向きにある速さで動いているとき，音源から直接観測者に到達する周波数fの音と，反射板で反射されて観測者に到達する周波数f''の音により，観測者には1〔s〕間にN回のうなりが聞こえた。このときf''をf, Nを用いて表すと（　⑪　）〔Hz〕となる。次に，反射板を左向きにある速さで動かしたときにも，1〔s〕間にN回のうなりが聞こえた。このとき，反射板で反射されて観測者に到達する音の周波数f'''をf''，Nを用いて表すと（　⑫　）〔Hz〕となる。

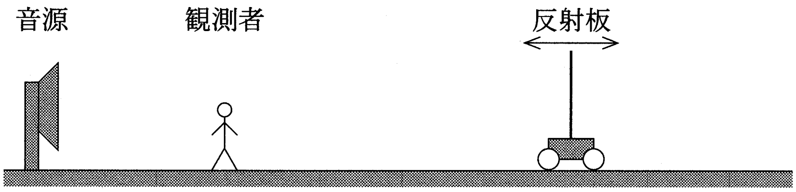


図1

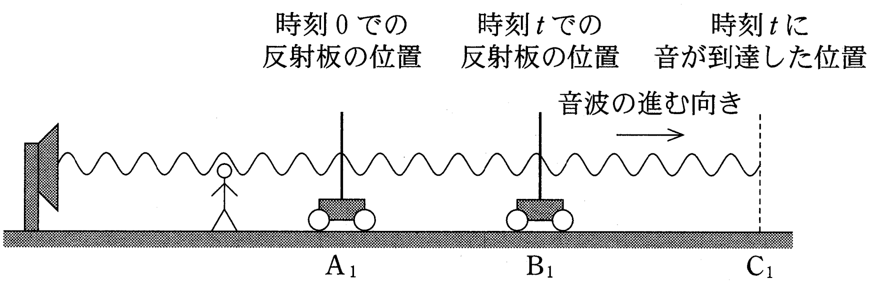


図2

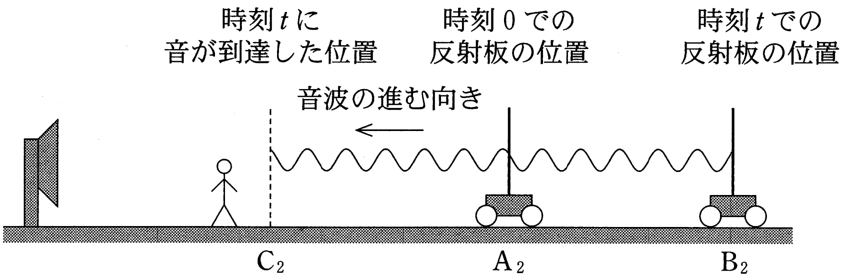


図3

III 次の文章中の空欄①～⑤を数値で，⑥～⑩を数式で埋め，解答欄に記入しなさい。なお，空欄②～⑤の数値は有効数字2桁で答えなさい。

(i) 同じ材質からできた2つの円柱状の導体AとBがある。Aの断面積はBの$\frac{1}{3}$倍であり，Aの長さはBの3倍である。この場合，Aの抵抗値はBの（ ① ）倍となる。

図1のように上記の2つの導体A，Bと3.9Ωの抵抗，起電力15Vの電池を接続した。電池の内部抵抗は無視できるものとする。この回路に流れる電流は2.0Aとなった。この場合，Aの抵抗値は（ ② ）Ωであり，Bの抵抗値は（ ③ ）Ωである。その時のAの消費電力は（ ④ ）Wとなり，Bの消費電力は（ ⑤ ）Wとなる。

(ii) 図2のように2つの平行板コンデンサーC_1とC_2，起電力V_0〔V〕の電池，スイッチからなる回路がある。ただし，C_1とC_2は初め電荷をもっていなかったとする。また，電池の内部抵抗は無視できるものとする。C_1の極板の間隔はd〔m〕であり，その電気容量はC〔F〕である。C_2の極板の面積はC_1と同じであり，間隔は$\frac{5}{2}d$〔m〕である。C_2の電気容量はCを用いて表すと（ ⑥ ）となる。また，図2のC_1とC_2の合成容量はCを用いて表すと（ ⑦ ）となる。

スイッチを閉じて十分に時間が経過した後，C_1に蓄えられる電気量はCとV_0を用いて（ ⑧ ）〔C〕となり，C_1の極板間の電圧は，V_0を用いて（ ⑨ ）〔V〕となる。

次に，スイッチを開き，図3に示すようにC_2の電極間に極板と平行に金属板を挿入する。ただし，金属板はC_2の極板と同じ面積で厚さがd〔m〕であり，帯電していないものとする。この時，C_2の極板間の電圧はV_0を用いて（ ⑩ ）〔V〕となる。

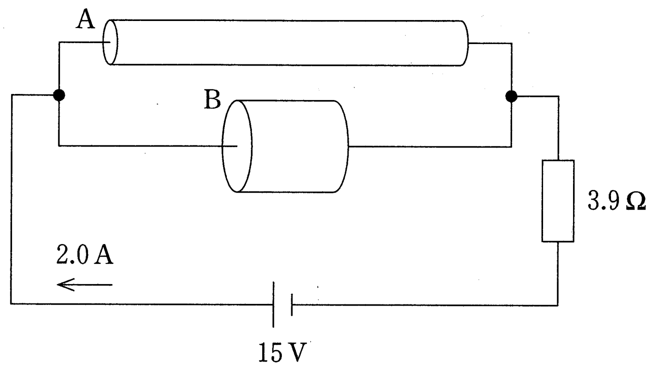


図 1

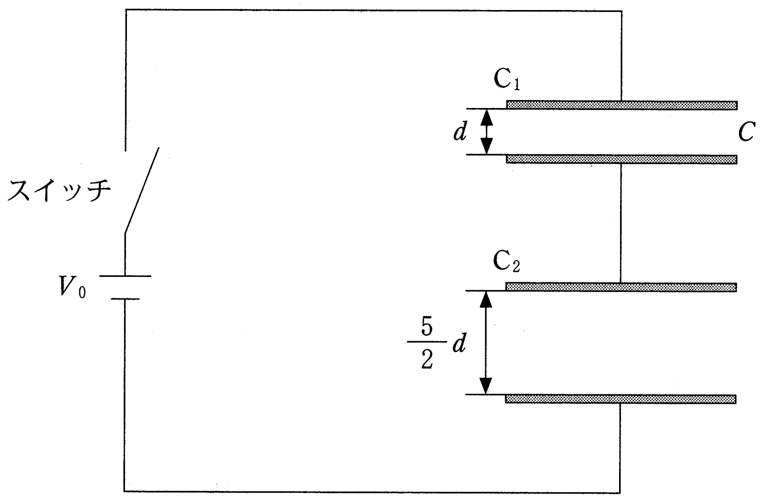


図 2

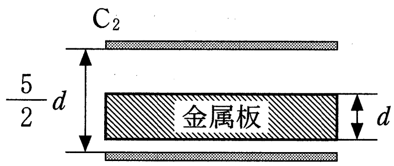


図 3

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①～⑦を数式で埋め，解答欄に記入しなさい。

図1のように，熱気球が地上に置かれている。熱気球の球体は，厚さが無視でき，かつ伸び縮みしない断熱素材でできており，その内部の空気の温度は熱バーナーで加熱することにより調節することができる。球体の下部には開口が設けられ，球体内外の空気の圧力は常に等しい状態に保たれる。空気を除いた熱気球全体(球体，熱バーナー，ワイヤー，ゴンドラ，荷物)の総質量を W，球体の体積を V_0 とする。また，地表での外気の圧力，温度，密度をそれぞれ，P_0，T_0，ρ_0 とする。球体内外の空気は理想気体で，外気の圧力と密度は高度の上昇とともに低下するが，温度は高度によらず一定(T_0)として取り扱ってよく，重力加速度の大きさを g とする。

一般に，圧力 P，体積 V，物質量(モル数) n，絶対温度 T の理想気体の状態方程式は，R を気体定数として(　①　)と表される。この気体の質量を m とすると，密度 ρ は，m と V を用いて $\rho=$(　②　)と表される。また，1モルあたりの気体の質量 M は $M=\dfrac{m}{n}$ で与えられる。これらより，状態方程式(　①　)は R，M，P，ρ，T を用いて

$$\frac{R}{M}=(\quad ③ \quad)\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

と書き直すことができ，(　③　)の値は気体の種類によって決まる定数となる。

地表において，図2のように熱バーナーを用いて球体内部の空気の温度を T_0 から T_1 に上昇させた。この操作により内部の空気は膨張し，その一部は開口から外に出ていく。つまり，球体内部の空気の密度は ρ_0 から ρ_1 に減少するが，圧力は P_0 のまま変化しない。このとき，式(1)は球体の内外でともに成立するので，球体内部の空気の密度 ρ_1 は ρ_0，T_0，T_1 を用いて $\rho_1=$(　④　)と表される。

熱気球に働く浮力の大きさ F は，球体によって押しのけられた外気に作用する重力の大きさに等しく，$F=$(　⑤　)と表される。球体内部の空気を含めた熱気球

全体に働く重力とこの浮力がつりあうとき，球体内部の空気の温度 T_1 は ρ_0，V_0，T_0，W を用いて $T_1 =$ (　⑥　) $\times T_0$ と表される。よって，球体内部の空気の温度が T_1 を上回るか，あるいは温度 T_1 に達した段階でゴンドラ内の荷物の量を減らした場合に，熱気球は浮上を始める。

地表において，球体内部の空気の温度を T_0 から T_1(= (　⑥　) $\times T_0$)まで上昇させた後，そこで温度を一定に保ちながら，ゴンドラ内の荷物の質量を Δw だけ軽くした。その結果，熱気球は地表から浮上し始め，しばらく上昇を続けた後に，ある高度で静止した。その高度における外気の密度 ρ_2 は，V_0，T_0，T_1，W，Δw を用いて $\rho_2 =$ (　⑦　) と表される。なお，熱気球が上昇して静止するまでの間，気球内部の空気の温度は一定(T_1)とする。

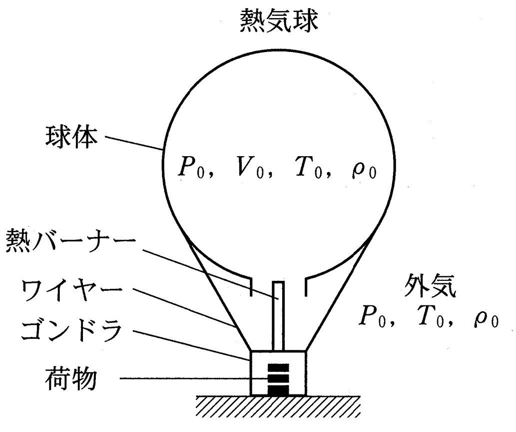


図 1

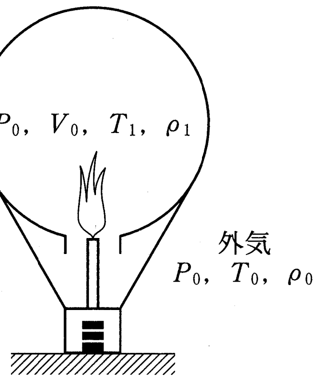


図 2

《問題Ｂ》

次の文章中の空欄①～③および⑦を数式で埋め，④～⑥については(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。

図１のＸ線管内で陰極から初速度０で放出された電子を，加速電圧 V で加速して陽極に衝突させると，図２のスペクトルをもつＸ線が発生した。このＸ線は，連続Ｘ線と，波長 λ_1，λ_2($\lambda_1 < \lambda_2$)の特性Ｘ線(固有Ｘ線)からなる。このＸ線を，図１に示すように結晶に入射させる。電子の質量を m，電子の電荷を $-e$，プランク定数を h，光速を c とする。

(i)　電子がＸ線管の加速電圧 V によってされた仕事は eV である。仕事とエネルギーの関係より，陽極に衝突する直前の電子の速さ v_0 と物質波としての電子の波長 λ_0 を，V，m，e，h，c のうち必要なものを用いて表すと，$v_0 =$ (　①　)，$\lambda_0 =$ (　②　)となる。また，発生する連続Ｘ線のもつエネルギーの最大値は $K_{\max} = \dfrac{1}{2} m{v_0}^2$ であることから，連続Ｘ線の最短波長 $\lambda_{\min}$ を，V，m，e，h，c のうち必要なものを用いて表すと，$\lambda_{\min} =$ (　③　)となる。したがって，加速電圧 V をさらに高くするとき，発生する連続Ｘ線の最短波長 $\lambda_{\min}$ は(④　(ア)長くなる，(イ)短くなる，(ウ)変化しない)。また，このとき特性Ｘ線の波長は(⑤　(ア)長くなる，(イ)短くなる，(ウ)変化しない)。

(ii)　加速電圧 V で発生したＸ線を，図１に示すようにスリットを通して面間隔 d の結晶面(格子面)に対し角度 θ で入射させる。反射Ｘ線の強度の極大はブラッグの条件 $2d\sin\theta = n\lambda$ ($n = 1, 2, 3, \cdots$)より決まることから，入射角度 θ を 0° から徐々に大きくするとき，反射角度 θ 方向のＸ線強度が最初に極大になる特性Ｘ線の波長は，(⑥　(ア)λ_1，(イ)λ_2，(ウ)$\lambda_{\min}$) である。図１のＸ線管で発生したＸ線の代わりに，電子線を結晶に入射させても回折が起こる。静止状態から加速電圧 V で加速させた電子線を，図１のように面間隔 d の結晶面(格子面)に対し角度 θ で入射させる。結晶面で反射した電子線の強度が極大になるような加速電圧 V は，m，e，h，d，θ，n を用いて表すと，$V =$ (　⑦　)である。

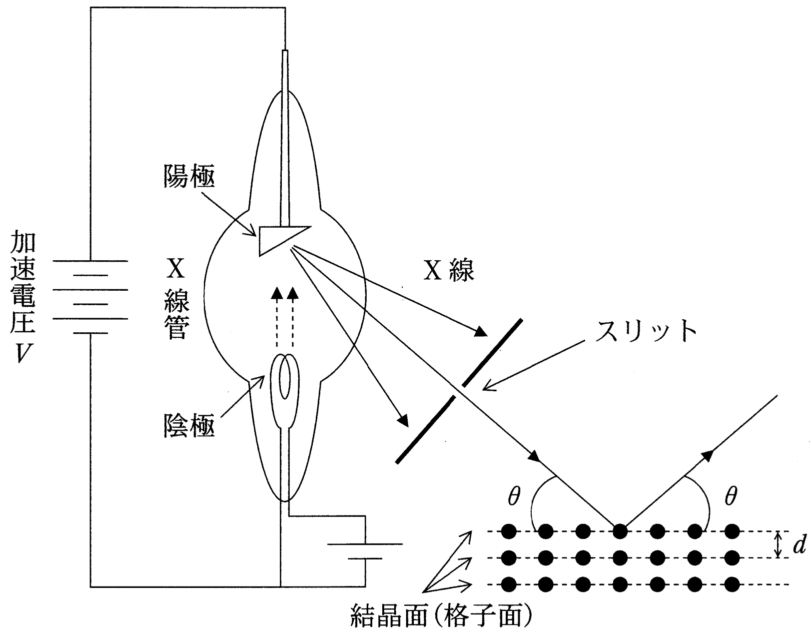

陽極
加速電圧
V
X
線
管
X 線
スリット
陰極
θ
θ
d
結晶面(格子面)

図 1

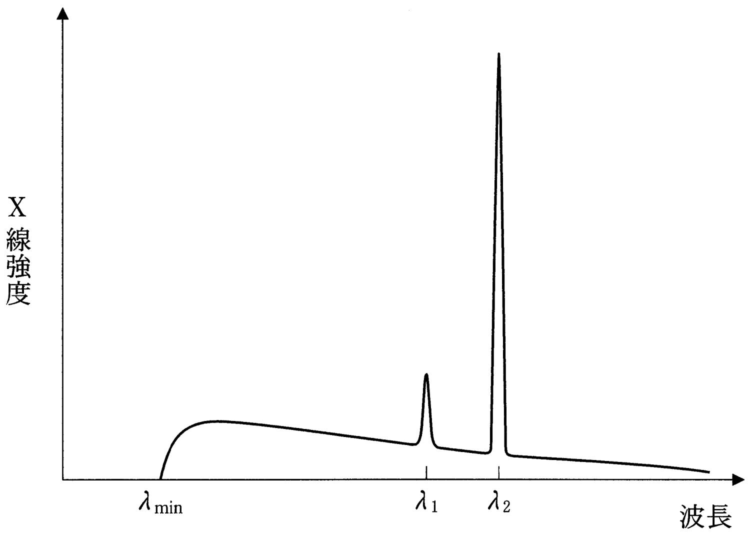

X
線
強
度
$\lambda_{\min}$
λ_1
λ_2
波長

図 2