B

平成 28 年度個別学力検査問題(教育文化学部)

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 8 ページあります。解答用紙は 2 枚あります。
問題は 4 題あります。全問解答しなさい。
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。

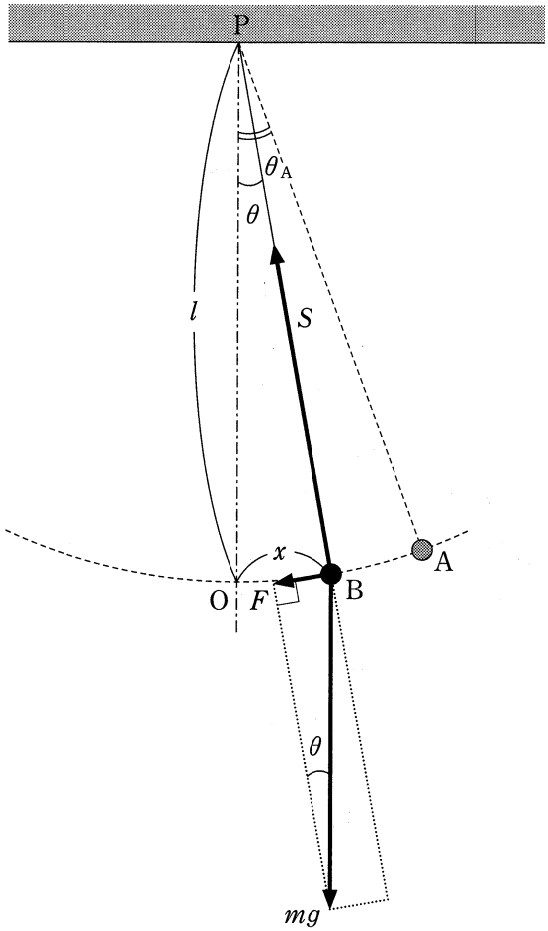
I 次の文章中の空欄①，⑧を語句で，②～⑦，⑨～⑪を数式で埋め，解答欄に記入しなさい。

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
θA
θ
l
S
x
A
O
F
B
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

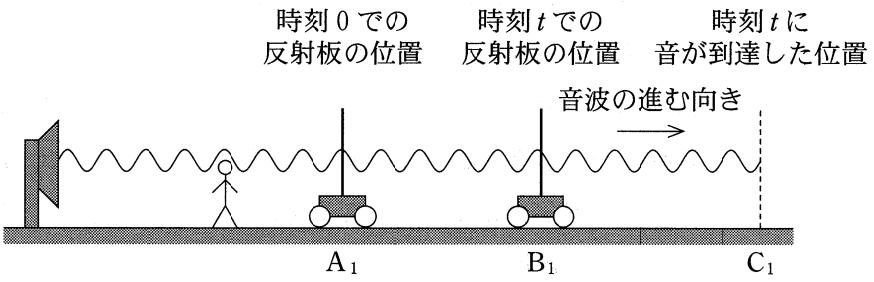


図2

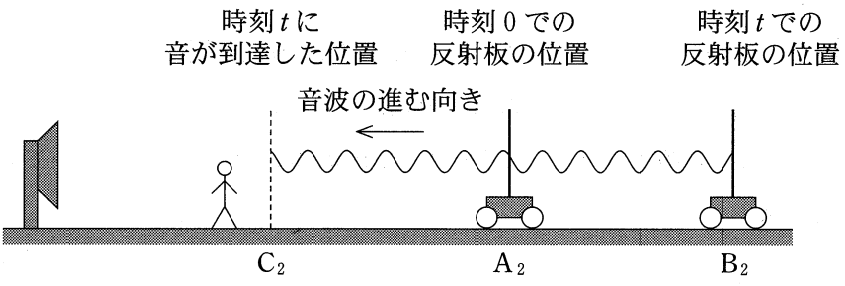


図3

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。

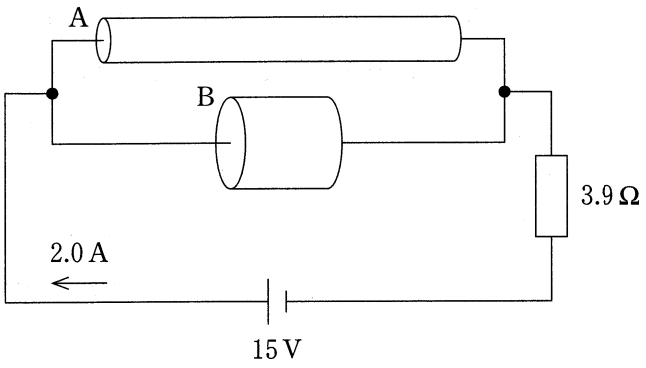


図 1

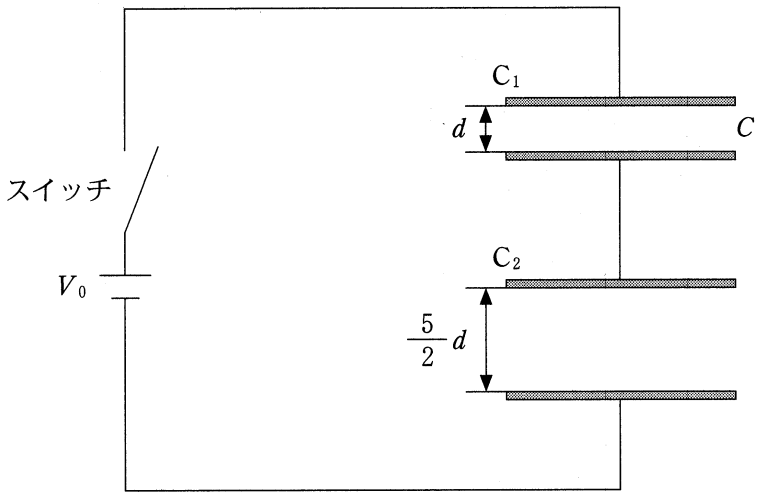


図 2

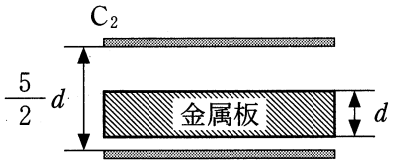
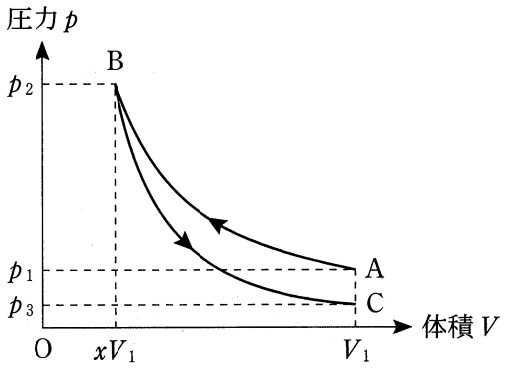


図 3

Ⅳ 次の文章中の空欄①～⑦，⑫，⑬を数式で埋め，⑧，⑩，⑪，⑭，⑮は(ア)，(イ)のうちから正しいものを一つ選び，⑨を語句で埋め，解答欄に記入しなさい。

(i) 等温変化と断熱変化を用いて気体を冷却する方法について考える。図の p–V グラフのように，状態A(体積 V_1，圧力 p_1)にある単原子分子理想気体 n モルを，体積が x 倍($0 < x < 1$)になるまで等温変化で圧縮し，その状態をBとする。次に，状態Bから体積 V_1 の状態Cまで断熱変化で膨張させる。状態Aでの温度 T_1 は，n，p_1，V_1 および気体定数 R を用いて(①)と表される。状態Bでの圧力 p_2 は，x，p_1 を用いて(②)と表される。また，状態Bでの内部エネルギーは，p_1，V_1 を用いて(③)と表される。断熱変化においては，体積 V と圧力 p の間に pV^{γ} =(一定)の関係(単原子分子理想気体では $\gamma = \frac{5}{3}$)が成り立つことに注意すると，状態Cでの圧力 p_3 は，γ，x，p_1 を用いて(④)と表される。また，状態Cでの内部エネルギーは，γ，x，p_1，V_1 を用いて(⑤)となり，状態Cでの温度は，γ，x，T_1 を用いて(⑥)と表される。過程B→Cの間に気体が外部にする仕事は，γ，x，p_1，V_1 を用いて(⑦)と表される。



(ii) (⑧ (ア)ジュール，(イ)マックスウェル)は，電磁気学についての理論的な研究から，電磁波の存在を見いだした。磁場が変化するとそのまわりの空間に電場が生じる。この現象を(⑨)と呼ぶ。これとは逆に電場が変化するとそのまわりの空間に磁場が生じる。電磁波は，振動する電場と磁場が相互に誘導しあって空間を伝わっていく(⑩ (ア)縦波，(イ)横波)である。可視光線や紫外線などの他，放射線の(⑪ (ア)β 線，(イ)γ 線)も電磁波であることが分かっている。

(iii) ラザフォードは原子模型として，正の電荷$+Ze$(Zは自然数，eは電気素量)を持つ原子核のまわりに質量m，電荷$-e$を持つ電子が回る模型を考えた。簡単のために電子は，原子核・電子間の静電気力を向心力として，原子核を中心とした半径rの等速円運動を行うものとする。静電気力の大きさは$k_0\dfrac{Ze^2}{r^2}$(k_0はクーロンの法則の比例定数)である。このとき電子の速さは，m，r，k_0，Z，eを用いて(⑫)と表される。また，電子のエネルギー(運動エネルギーと位置エネルギーの和)は，r，k_0，Z，eを用いて(⑬)と表される。ただし，静電気力による位置エネルギーは無限遠でゼロになるようにとる。

ラザフォードの原子模型には重大な問題があった。従来の力学および電磁気学の理論によると，原子核のまわりを回る電子は電磁波を放射してエネルギーを失い，軌道半径がだんだん(⑭ (ア)小さく，(イ)大きく)なる。したがって，ラザフォードの原子模型では原子が安定に存在できないのである。この問題を解決するために(⑮ (ア)ボーア，(イ)キルヒホッフ)は，量子条件などの新しい仮定を取り入れた原子模型を提案し，水素原子のスペクトルを理論的に説明した。