平成 22 年度前期日程入学試験問題

物　　理　*C*

工　学　部

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 解答は，別紙の解答用紙に記入しなさい。

③ 受験番号は，解答用紙の指定の欄に記入しなさい。

平成２２年度 入学試験問題訂正等用紙

一般入試 前 期日程

教科・科目等：物理Ｃ

学部・学科等：工学部 機械工学科，電気電子工学科 メディア通信工学科，都市システム工学科

訂正等種別 (該当する番号を○で囲む)	
①	問題の訂正
2	解答用紙の訂正
3	補足説明

ページ２ $\boxed{1}$ ２行目

誤		正
ばね定数 k	→	ばね定数 k〔N/m〕

1 図1に示すように，頂角 2θ〔rad〕，高さ H〔m〕の円錐形の台があり，その底面が水平になるように固定されている。台の内部は空洞であり，頂上部には大きさを無視できる穴Pが空けられている。この穴に伸縮しない長さ L〔m〕のひもを通し，その両端に質量 M〔kg〕の小物体Aと質量 m〔kg〕の小物体Bを取り付け，一方を台の斜面Sに置き，他方を穴Pから鉛直につり下げて，力のつりあいや小物体の運動について調べた。小物体AとBの大きさとひもの質量は無視でき，斜面Sおよび穴Pのふちの部分に摩擦力は生じないものとする。重力加速度を g〔$\mathrm{m/s^2}$〕として，以下の設問に答えよ。問2以降の設問では，問1の結果を使って答えよ。

問 1　図1に示すように，小物体Aを台の斜面Sにおき，小物体Bをひもがたるまないように穴Pから鉛直につり下げたところ，どちらも動き出さなかった。小物体Bの質量 m を，M，θ を用いて表せ。

問 2　こんどは，図1とは逆に，小物体Bを台の斜面Sにおき，小物体Aをひもがたるまないように穴Pから鉛直につり下げたところ，どちらも同じ大きさの加速度 α〔$\mathrm{m/s^2}$〕で動き出した。加速度の大きさ α を，g，θ を用いて表せ。

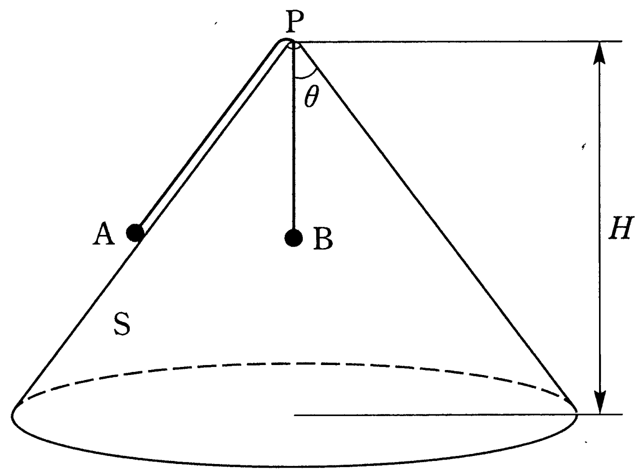

図1

次に，小物体AとBを動き出す前の位置まで戻し，図2に示すように，円錐形の台の穴Pの真下に，質量を無視できるばね定数kのばねを置いて，力のつりあいや小物体の運動について調べた。ばねの自然長をh〔m〕として，以下の設問に答えよ。

問 3　台の内部にある小物体Aを，ひもがたるまないように，ばねの上にそっと乗せた。このとき，ばねは自然長より$\Delta\ell$〔m〕だけ押し縮められて，小物体AとBは静止した。$\Delta\ell$を，M，k，g，θを用いて表せ。

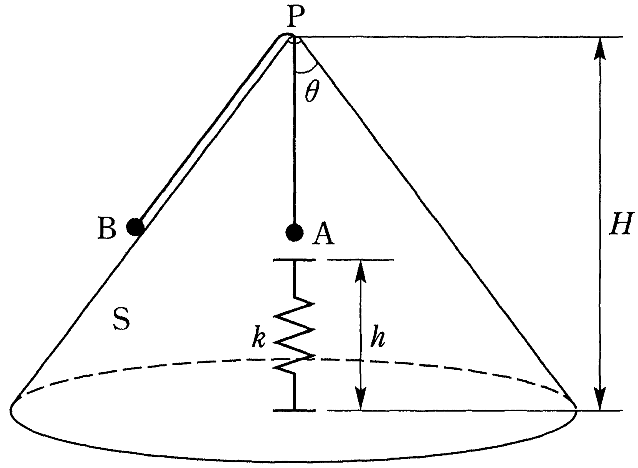

図2

問 4　問3の状態で小物体Bを台の斜面S上ですべるように等速円運動させた。このとき小物体Aは，図3に示すように，問3の位置より$\dfrac{\Delta\ell}{2}$だけ上昇して静止した。小物体Bの角速度ω〔rad/s〕を，M，k，g，L，H，h，θを用いて表せ。

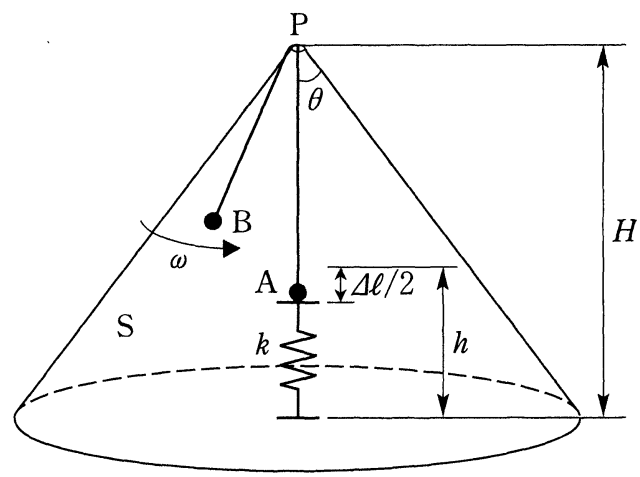

図3

問 5　小物体Bの角速度を問4の値よりも増加して，台の斜面S上ですべるように等速円運動させたところ，小物体Aは，ばねが自然長に戻った位置で静止した。このとき，小物体Bが斜面Sから受ける抗力N〔N〕の大きさはいくらか。

次に，問5の状態で，小物体AとBを結ぶひもを切り離した。ひもは小物体の運動をさまたげることはないものとして，以下の設問に答えよ。

問 6　小物体Aは落下してばねを最大$\Delta\ell'$〔m〕だけ押し縮めた。$\Delta\ell'$を，M，g，kを用いて表せ。

問 7　台に固定された慣性系から見て，ひもを切り離した直後に小物体Bに作用する力の合力の大きさを，M，g，θを用いて表せ。

問 8　小物体Bが台の斜面Sを台のへり，すなわち底面の位置まですべり落ちたときの速度の大きさvを，g，L，H，h，θを用いて表せ。

2 電気と磁気に関する以下の問いに答えよ。数値は有効数字 2 桁で答えよ。

[A] 電気容量 $C_1 = 1.0\,\mu\mathrm{F}$, $C_2 = 2.0\,\mu\mathrm{F}$, $C_3 = 3.0\,\mu\mathrm{F}$, $C_4 = 0.8\,\mu\mathrm{F}$ の 4 つのコンデンサー, スイッチ S_1, S_2, 起電力 $E = 30\,\mathrm{V}$ の電池を, 図 1 のように接続した。初めはどのコンデンサーにも電荷が蓄えられていなかったとする。

問 1 S_2 を開いたままで S_1 を閉じたとき, 十分時間が経過したあと, C_1 に蓄えられる電気量〔C〕はいくらか。

問 2 問 1 のあと, まず S_1 を開き, 次に S_2 を閉じ, 十分時間が経過した状態を考える。(ア) C_1 の両端にかかる電圧〔V〕はいくらか。(イ) C_3 に蓄えられる電気量〔C〕はいくらか。

問 3 S_1 および S_2 を両方とも閉じ, 十分時間が経過した状態を考える。(ア) C_2 の両端にかかる電圧〔V〕はいくらか。(イ) C_3 に蓄えられる電気量〔C〕はいくらか。

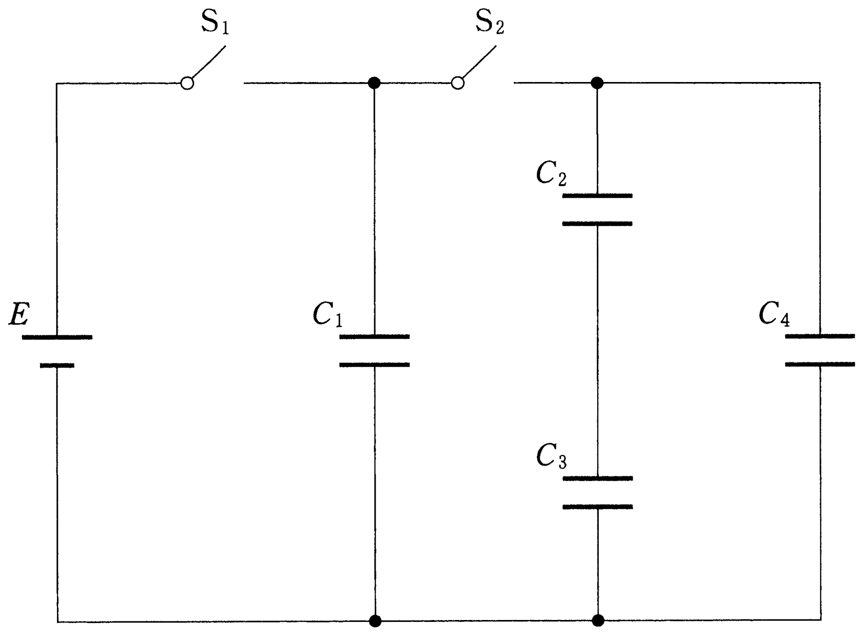

図 1

［B］　図２のように，抵抗 R〔Ω〕が接続された幅 a〔m〕，高さ b〔m〕の長方形のコイルを，磁束密度 B〔T〕の一様な磁場中で，一定の角速度 ω〔rad/s〕で回転させる。磁場の方向は紙面に垂直である。コイルは木製の棒に固定されており，棒は台の上に置かれた２本の柱で水平に支えられている。時刻０sのとき，コイルは図２のように鉛直につり下がっている。このとき，コイルを貫く磁束の符号を正とする。

問１　時刻 t〔s〕にコイルを貫く磁束〔Wb〕を，B，a，b，ω，t を用いて表せ。

問２　時刻 t にコイルに生じる誘導起電力〔V〕を，B，a，b，ω，t を用いて表せ。

問３　時刻 t にコイルに流れる電流〔A〕を，R，B，a，b，ω，t を用いて表せ。

問４　コイルの形状を図３のように，底辺の長さが a，高さが b の三角形に変更する。図２と同様に，磁束密度 B の一様な磁場中で，一定の角速度 ω でコイルを回転させる。磁場の方向は紙面に垂直である。時刻０sのとき，コイルは図３のように鉛直につり下がっている。このとき，コイルを貫く磁束の符号を正とする。時刻 t にコイルを貫く磁束〔Wb〕を，B，a，b，ω，t を用いて表せ。

問５　図４は図３を上から見た図である。図のように，棒を角度 θ〔rad〕だけ回転させた位置に置く。磁束密度 B の一様な磁場中で，一定の角速度 ω でコイルを回転させる。時刻０sのとき，コイルは図３のように鉛直につり下がっている。このとき，コイルを貫く磁束の符号を正とする。時刻 t にコイルを貫く磁束は，問４の磁束の何倍か答えよ。

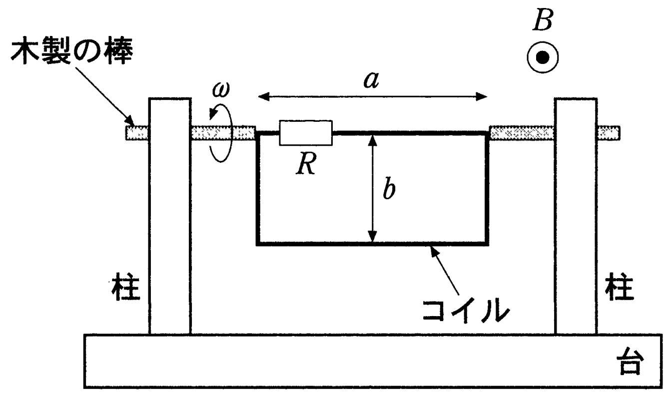

図 2

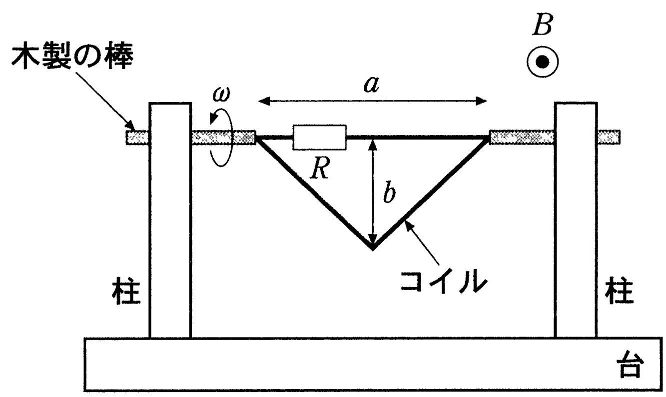

図 3

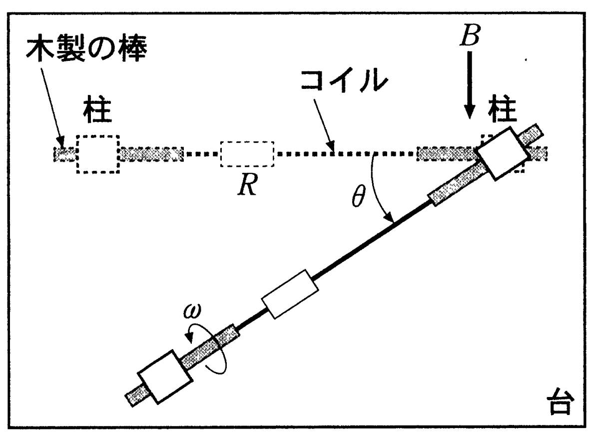

図 4

3 単原子分子からなる1 molの理想気体が，滑らかに動くピストンのついた容器に入っている。気体の体積V〔$\mathrm{m^3}$〕や圧力P〔Pa〕をゆっくり変化させることにより，この気体は様々な状態をとることができる。気体の状態は，体積Vと圧力Pを使って表すことにして，ある気体の状態SはS(V, P)と表記する。この気体が，状態A(a, b)，状態B(a, 2b)，状態C(2a, 2b)，状態D(2a, b)の4つの状態を1サイクルする場合について考える。ここで，a〔$\mathrm{m^3}$〕，b〔Pa〕は正の定数である。ただし，空欄(1)〜(11)および(13)，(14)に入る数式は，単原子分子の質量m〔kg〕，気体定数R〔J/(mol·K)〕，アボガドロ数N_A〔1/mol〕，定数a，bを使って表せ。空欄(12)および(15)〜(19)に入る数値は，単原子分子の質量$m = 3.3 \times 10^{-26}$ kg，気体定数$R = 8.3$ J/(mol·K)，アボガドロ数$N_A = 6.0 \times 10^{23}$/molを使って計算し，有効数字2桁で答えよ。

状態A(a, b)から状態B(a, 2b)への変化は，体積が一定の条件で行う。この変化で気体の温度は $\boxed{(1)}$ 〔K〕だけ上昇し，内部エネルギーは $\boxed{(2)}$ 〔J〕だけ増加する。この間に気体は外部に対して $\boxed{(3)}$ 〔J〕の仕事を行い，$\boxed{(4)}$ 〔J〕の熱量を得る。この状態変化によって，分子の運動エネルギーの平均値は，1分子当たり $\boxed{(5)}$ 〔J〕だけ増大する。状態B(a, 2b)から状態C(2a, 2b)への変化は，圧力が一定の条件で行う。この変化にともなって，気体の温度は $\boxed{(6)}$ 〔K〕だけ上昇し，この間に気体は外部に対して $\boxed{(7)}$ 〔J〕の仕事を行う。この間に気体が得る熱量は $\boxed{(8)}$ 〔J〕である。さらに，状態C(2a, 2b)から状態D(2a, b)へ定積変化，状態D(2a, b)から状態A(a, b)へ定圧変化を行い，順方向の1サイクルを完了する。

状態A(a, b)における気体の内部エネルギーは $\boxed{(9)}$ 〔J〕である。上記の1サイクルの始めと終わりで，この値は変化しない。この1サイクル中に気体に流入する熱の総量は $\boxed{(10)}$ 〔J〕であり，気体が放出する熱の総量は $\boxed{(11)}$ 〔J〕である。その差，すなわち(10)−(11)の分だけ，気体が外部に対して仕事をする。この1サイクルで熱は仕事に変化する。この熱機関の熱効率は $\boxed{(12)}$ である。

この気体を，状態A(a, b)，状態D(2a, b)，状態C(2a, 2b)，状態

B(a, $2b$), 状態A(a, b)の順に上とは逆方向に変化させる1サイクルを考える。このとき，気体に流入する熱の総量は $\boxed{\quad (13) \quad}$ 〔J〕であり，気体が放出する熱の総量は $\boxed{\quad (14) \quad}$ 〔J〕である。その差，すなわち(14)−(13)の分だけ，外部が気体に対して仕事をする。

次に，$a = 1.0 \times 10^{-2}\,\mathrm{m}^3$，$b = 2.5 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$ の場合について考える。状態A(a, b)の気体の温度は $\boxed{\quad (15) \quad}$ 〔K〕で，このサイクル中の最低温度である。状態Cの気体の温度は $\boxed{\quad (16) \quad}$ 〔K〕であり，このサイクル中の最高温度である。順方向に変化させる1サイクルにおいて，気体に流入する熱の総量は $\boxed{\quad (17) \quad}$ 〔J〕であり，気体が外部にする仕事は $\boxed{\quad (18) \quad}$ 〔J〕である。この熱機関を1秒当たり10サイクルで運転するならば，その仕事率は $\boxed{\quad (19) \quad}$ 〔W〕である。