選択科目

(医　　学　　部)

— 2月3日 —

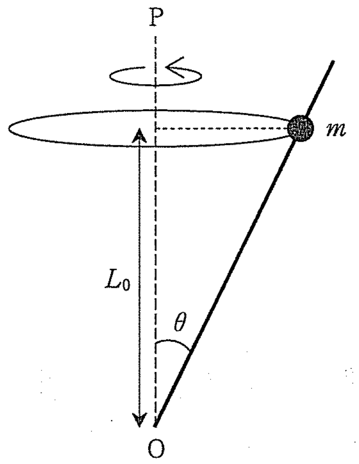
物　理
化　学　この中から１科目を選択して解答しなさい。
生　物

科　目	問題のページ
物　理	1 〜 6
化　学	7 〜16
生　物	17〜30

選択した科目の解答用紙をビニール袋から取り出し，解答はすべて選択した科目の解答用紙に記入して提出しなさい。

物　理

1



図のように，質量が m で穴が貫かれている小物体が，細い棒に沿って動けるようになっている。棒は鉛直より角度 $\theta\,(0^\circ < \theta \leqq 90^\circ)$ だけ傾いた状態で支点 O で支えられ，角度 θ を保ったまま鉛直軸 OP の周りを自由に回転できる。重力加速度の大きさを g とする。

はじめに棒がなめらかな場合を考える。ある角度 $\theta\,(0^\circ < \theta < 90^\circ)$ を保ったまま棒を鉛直軸 OP の周りに，ある角速度で回転させたところ，小物体は支点 O から高さ L_0 の水平面内で円運動をした。

(1) 円運動の角速度を求めなさい。

(2) このときの小物体の運動エネルギーを求めなさい。

次に，なめらかな棒を表面があらい棒に取り替える。

棒が回転していないとき，角度 $\theta = 90^\circ$ で小物体を静止させてからゆっくりと角度 θ を小さくしてゆく。ある角度 $\theta = \theta_0$ を過ぎたとき小物体は棒に沿って運動し始めた。

(3) 小物体と棒との間の静止摩擦係数を求めなさい。

前問と同じ棒を角度 θ_0 より小さい角度 θ を保ったまま，鉛直軸 OP の周りに，ある角速度で回転させる。小物体は支点 O から高さ L の水平面内で円運動をした。

(4) 前問で求めた静止摩擦係数を μ として，小物体が棒を滑り落ちない最小の角速度を求めなさい。

さらに表面があらい別の棒に取り替える。

ある角度 $\theta\,(0^\circ < \theta < 90^\circ)$ を保ったまま，前問と同様に小物体を支点 O からある高さの水平面内で円運動をさせる。

(5) どんなに角速度を大きくしても，小物体が棒を登り上がらない静止摩擦係数の最小値を求めなさい。

2 図1のように同じ電気量をもつ2つの同種の小球を軽いばねでつなぎ，滑らかな水平面 S においた。ばねの自然長は ℓ〔m〕で，ばね定数は未知である。クーロンの法則の比例定数と小球1個の電気量の二乗との積を α〔$N \cdot m^2$〕で与える。ばねおよび水平面 S は絶縁体であり，それらの表面の誘導電荷の影響は無視できるものとする。以下の問いでは，静電気力による位置エネルギーは無限遠でゼロ，弾性力による位置エネルギーは自然長でゼロとなる基準点をそれぞれ選ぶ。なお，系の重心は運動せず，ばねは回転しないものとする。

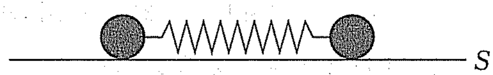


図1

(1) 静電気力による位置エネルギーと弾性力による位置エネルギーの和をポテンシャルエネルギーと呼ぶ。ポテンシャルエネルギーと小球の間の距離との関係を最も適切に表すグラフを図2の中から一つ選び，図の記号(ア)～(オ)で答えなさい。ただし，破線はポテンシャルエネルギーが極小となる位置を示している。

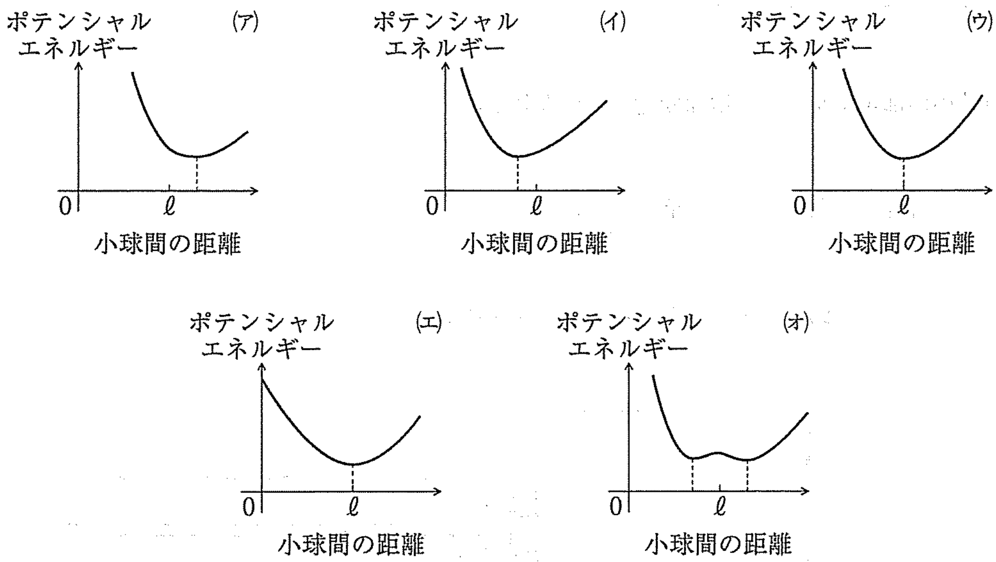


図2

小球が静止しているとき，小球の間の距離は $\frac{3}{2}\ell$ であったとする。

(2) ばね定数〔N/m〕を求めなさい。

(3) 小球が静止しているとき，静電気力による位置エネルギーは，弾性力による位置エネルギーの何倍かを求めなさい。

次に，図3のように小球を同じ大きさの力で左右へそれぞれ引き，小球の間の距離が 3ℓ になるようにばねを伸ばして静かに離すと小球は振動した。ここでは，小球間の電気力および弾性力のみを考えるとする。

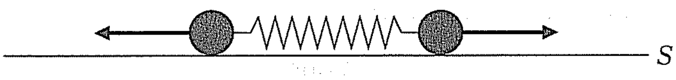


図3

(4) この系の最大の運動エネルギー〔J〕を求めなさい。

(5) 小球間の最短距離〔m〕を求めなさい。

3 単原子分子の理想気体で満たされた容器がシリンダーと連結している。シリンダー内のピストンは気密性が高く，なめらかに動くことができる。これらを構成する材料は熱を伝えず，連結部の体積は無視できるものとする。気体定数を R〔J/(mol・K)〕とする。このとき，次の各問いについて，それぞれの解答群の中から最も適切なものを一つ選び，解答欄の記号にマークしなさい。

(1) ピストンがシリンダー内の左端にあるとき（図１），容器内の気体の圧力が p_0〔N/m^2〕，体積が V_0〔m^3〕，温度が T_0〔K〕であった。容器内の気体のモル数〔mol〕を求めなさい。

つぎに，ピストンをゆっくりとひくと，気体の圧力 p〔N/m^2〕と体積 V〔m^3〕が $pV^{\frac{5}{3}} = $ 一定，の関係を満たしながら，圧力が p_0 から p_1 へ変化した $(p_0 > p_1)$（図２）。

(2) 気体の温度〔K〕を求めなさい。

(3) 気体の内部エネルギーの増加分〔J〕を求めなさい。

(4) 気体が外部へした仕事〔J〕を求めなさい。

(5) シリンダーへ移動した気体のモル数〔mol〕を求めなさい。

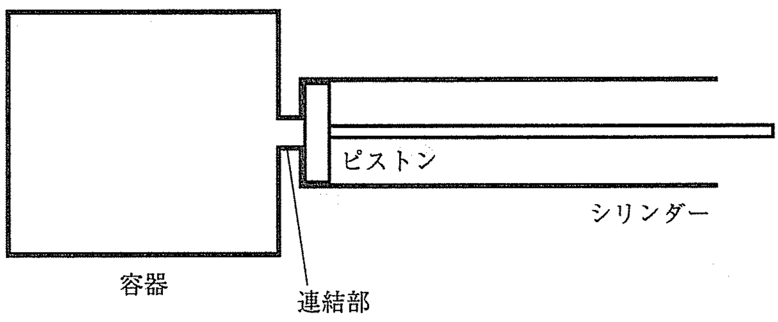


図１

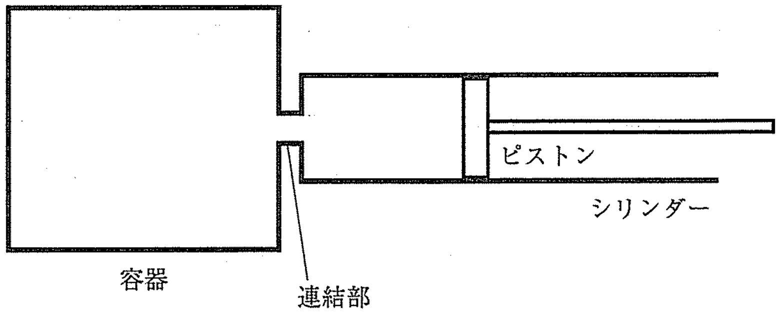


図２

物　理

〔解答群〕

(1) ア. $\dfrac{1}{2}\dfrac{p_0V_0}{RT_0}$　イ. $\dfrac{1}{\sqrt{2}}\dfrac{p_0V_0}{RT_0}$　ウ. $\dfrac{2}{3}\dfrac{p_0V_0}{RT_0}$　エ. $\dfrac{p_0V_0}{RT_0}$　オ. $\dfrac{3}{2}\dfrac{p_0V_0}{RT_0}$

カ. $\dfrac{\sqrt{2}p_0V_0}{RT_0}$　キ. $\dfrac{2p_0V_0}{RT_0}$

(2) ア. $\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{3}{5}}T_0$　イ. $\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{5}{3}}T_0$　ウ. $\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{2}{5}}T_0$　エ. $\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{5}{2}}T_0$

オ. $\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{5}{7}}T_0$　カ. $\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)T_0$　キ. T_0

(3) ア. $\dfrac{3}{2}\left\{\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{3}{5}}-1\right\}p_0V_0$　イ. $\dfrac{3}{2}\left\{\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{5}{3}}-1\right\}p_0V_0$　ウ. $\dfrac{3}{2}\left\{\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{2}{5}}-1\right\}p_0V_0$

エ. $\dfrac{3}{2}\left\{\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{5}{2}}-1\right\}p_0V_0$　オ. $\dfrac{3}{2}\left\{\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{5}{7}}-1\right\}p_0V_0$　カ. $\dfrac{3}{2}\left\{\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{7}{5}}-1\right\}p_0V_0$

キ. $\dfrac{3}{2}\left\{\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)-1\right\}p_0V_0$

(4) ア. $\dfrac{3}{2}\left\{1-\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{3}{5}}\right\}p_0V_0$　イ. $\dfrac{3}{2}\left\{1-\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{5}{3}}\right\}p_0V_0$　ウ. $\dfrac{3}{2}\left\{1-\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{2}{5}}\right\}p_0V_0$

エ. $\dfrac{3}{2}\left\{1-\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{5}{2}}\right\}p_0V_0$　オ. $\dfrac{3}{2}\left\{1-\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{5}{7}}\right\}p_0V_0$　カ. $\dfrac{3}{2}\left\{1-\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{7}{5}}\right\}p_0V_0$

キ. $\dfrac{3}{2}\left\{1-\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)\right\}p_0V_0$

(5) ア. $\left\{1-\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{3}{5}}\right\}\dfrac{p_0V_0}{RT_0}$　イ. $\left\{1-\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{5}{3}}\right\}\dfrac{p_0V_0}{RT_0}$　ウ. $\left\{1-\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{2}{5}}\right\}\dfrac{p_0V_0}{RT_0}$

エ. $\left\{1-\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{5}{2}}\right\}\dfrac{p_0V_0}{RT_0}$　オ. $\left\{1-\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{5}{7}}\right\}\dfrac{p_0V_0}{RT_0}$　カ. $\left\{1-\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{7}{5}}\right\}\dfrac{p_0V_0}{RT_0}$

キ. $\left\{1-\left(\dfrac{p_1}{p_0}\right)\right\}\dfrac{p_0V_0}{RT_0}$

4 水素原子中の電子（電気量 $-e$〔C〕，質量 m〔kg〕）は陽子（電気量 e〔C〕，質量 M〔kg〕）からクーロン力を受け，これを向心力として半径 r〔m〕の円軌道上を，等速円運動しているものとする。また，クーロン力による電子の位置エネルギーは無限遠を基準とする。ここで，円周率を π，クーロンの法則の比例定数を k〔$\mathrm{N \cdot m^2/C^2}$〕，真空中の光の速さを c〔m/s〕，プランク定数を h〔J・s〕とする。次の各問いについて，それぞれの解答群の中から最も適切なものを一つ選び，解答欄の記号にマークしなさい。

(1) 電子の力学的エネルギーを求めなさい。

(2) 電子の運動量と円軌道の円周の長さとの積が，プランク定数の n 倍（ただし，n は正の整数）に等しいとするボーアの量子条件を用いて，電子の円軌道の半径を求めなさい。

水素原子の電子の持つエネルギーは，とびとびの値しか許されず，n 番目の軌道にいる電子のエネルギーは次式で表される。

$$E_n = -\frac{hcR}{n^2}$$

ここで，R〔1/m〕はリュードベリ定数である。

(3) リュードベリ定数を求めなさい。

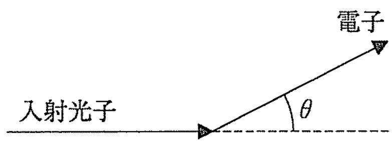
$n=1$ の基底状態にある静止した水素原子に，速さ w で電子を衝突させたところ，入射した電子はエネルギーを一部失って飛び去り，水素原子は $n=l\ (l \geq 2)$ の励起状態に移った。ただし，衝突によって動き出す水素原子の運動エネルギーは無視できるものとする。

(4) 飛び去った電子の速さを求めなさい。

(5) 励起状態の水素原子は，光子を一つ放出して基底状態に戻った。光子の波長を求めなさい。

次に，静止した水素原子に，振動数 ν の光子を衝突させたところ，光子は吸収され，水素原子から電子が飛び出した。電子は図のように入射光子の進行方向から測って θ の方向に速さ U で飛び去り，陽子もある方向に飛び去った。

(6) 飛び去った陽子の速さを求めなさい。



物　理

〔解答群〕

(1)　ア．$-\dfrac{\pi ke^2}{r}$　イ．$-\dfrac{2ke^2}{r}$　ウ．$-\dfrac{\pi ke^2}{2r}$　エ．$-\dfrac{ke^2}{r}$　オ．$-\dfrac{2ke^2}{\pi r}$　カ．$-\dfrac{ke^2}{2r}$

(2)　ア．$\dfrac{n^2h^2}{8\pi^2mke^2}$　イ．$\dfrac{n^2h^2}{4\pi^2mke^2}$　ウ．$\dfrac{n^2h^2}{\pi^3mke^2}$　エ．$\dfrac{n^2h^2}{2\pi^2mke^2}$　オ．$\dfrac{n^2h^2}{\pi^2mke^2}$

カ．$\dfrac{2n^2h^2}{\pi^2mke^2}$

(3)　ア．$\dfrac{\pi mk^2e^4}{ch^3}$　イ．$\dfrac{\pi^2mk^2e^4}{2ch^3}$　ウ．$\dfrac{\pi^2mk^2e^4}{ch^3}$　エ．$\dfrac{2\pi^2mk^2e^4}{ch^3}$　オ．$\dfrac{\pi^3mk^2e^4}{ch^3}$

カ．$\dfrac{4\pi^2mk^2e^4}{ch^3}$

(4)　ア．$\sqrt{w^2-\dfrac{2chR}{m}\left(1-\dfrac{1}{l^2}\right)}$　イ．$\sqrt{w^2-\dfrac{\pi chR}{2m}\left(1-\dfrac{1}{l^2}\right)}$　ウ．$\sqrt{w^2-\dfrac{chR}{m}\left(1-\dfrac{1}{l^2}\right)}$

エ．$\sqrt{w^2-\dfrac{2chR}{\pi m}\left(1-\dfrac{1}{l^2}\right)}$　オ．$\sqrt{w^2-\dfrac{chR}{2m}\left(1-\dfrac{1}{l^2}\right)}$　カ．$\sqrt{w^2-\dfrac{chR}{\pi m}\left(1-\dfrac{1}{l^2}\right)}$

(5)　ア．$\dfrac{l^2}{4R(l^2-1)}$　イ．$\dfrac{l^2}{\pi R(l^2-1)}$　ウ．$\dfrac{l^2}{2R(l^2-1)}$　エ．$\dfrac{2l^2}{\pi R(l^2-1)}$　オ．$\dfrac{l^2}{R(l^2-1)}$

カ．$\dfrac{\pi l^2}{2R(l^2-1)}$

(6)　ア．$\dfrac{1}{M}\sqrt{\left(\dfrac{2h\nu}{c}\right)^2-\dfrac{4h\nu}{c}mU\cos\theta+(mU)^2}$　イ．$\dfrac{1}{M}\sqrt{\left(\dfrac{h\nu}{c}\right)^2-\dfrac{h\nu}{c}mU\cos\theta+(mU)^2}$

ウ．$\dfrac{1}{M}\sqrt{\left(\dfrac{h\nu}{c}\right)^2-\dfrac{2h\nu}{c}mU\cos\theta+(mU)^2}$　エ．$\dfrac{1}{M}\sqrt{\left(\dfrac{2h\nu}{c}\right)^2-\dfrac{4h\nu}{c}mU\sin\theta+(mU)^2}$

オ．$\dfrac{1}{M}\sqrt{\left(\dfrac{h\nu}{c}\right)^2-\dfrac{h\nu}{c}mU\sin\theta+(mU)^2}$　カ．$\dfrac{1}{M}\sqrt{\left(\dfrac{h\nu}{c}\right)^2-\dfrac{2h\nu}{c}mU\sin\theta+(mU)^2}$