平成27年度　　〔試験時間　80分〕

L3 物理　L4 化学　L5 生物

この冊子は，物理，化学および生物の問題を1冊にまとめてあります。

電子応用工学科は物理指定

材料工学科は，物理または化学のどちらかを選択

生物工学科は，物理・化学・生物のいずれかを選択

物理の問題は，1ページより14ページまであります。
化学の問題は，15ページより33ページまであります。
生物の問題は，34ページより67ページまであります。

〔注　　意〕

(1) 試験開始の指示があるまで，この冊子を開いてはいけません。

(2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら，解答用紙に志望学科と受験番号を記入してください。また，解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し，さらに受験番号と志望学科をマークしてください。

(3) 解答は，所定の解答用紙に記入したもの及び解答用マークシートにマークしたものだけが採点されます。

(4) 解答用マークシートについて

① 解答用マークシートは，絶対に折り曲げてはいけません。

② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。指定の黒鉛筆以外でマークした場合，採点できないことがあります。

③ 誤ってマークした場合は，消しゴムで丁寧に消し，消しくずを完全に取り除いたうえ，新たにマークしてください。

④ 解答欄のマークは，横1行について1箇所に限ります。2箇所以上マークすると採点されません。あいまいなマークは無効となるので，はっきりマークしてください。

⑤ 解答用マークシート上部に記載されている解答上の注意事項を，必ず読んでから解答してください。

(5) 試験開始の指示があったら，初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁，印刷不鮮明等に気づいた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。

(6) 問題冊子は，試験終了後，持ち帰ってください。

◇M17(545 −243)

物　　　理

1 次の文の $\boxed{(ア)}$ ～ $\boxed{(ケ)}$ の中に入れるべき正しい答えを指定の解答群の中から選び，その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。 (35 点)

(1) 図1－1のように，水平でなめらかな床の上に質量 M〔kg〕の台があり，その上の左端の点Aに質量 m〔kg〕の物体が置かれている。台の上面は，点Aと点Bの間はなめらかで，点Bの右側では粗くなっている。以下で，速度と加速度は右向きを正にとる。また，速度と加速度は床に対するものとする。

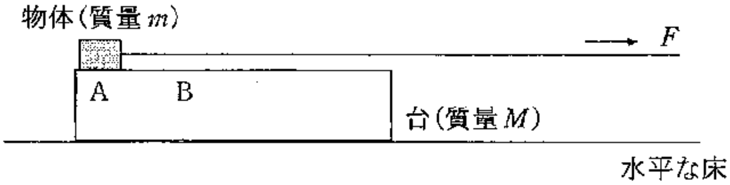


図1－1

はじめ，物体と台は静止していた。物体に糸をつなぎ，時刻 $t=0$ から一定の大きさ F〔N〕の外力を右向きに加え始めると，物体は静かに動き出した。そして，$t=t_1$〔s〕で点Bに達した。このときの物体の速度を v_1〔m/s〕とする。

$t=t_1$ からは物体ばかりでなく台も動き出した。そして，$t=t_2$〔s〕から両者は一体となって運動した。物体および台の速度の時間変化をグラフに示すと図1－2のようになった。

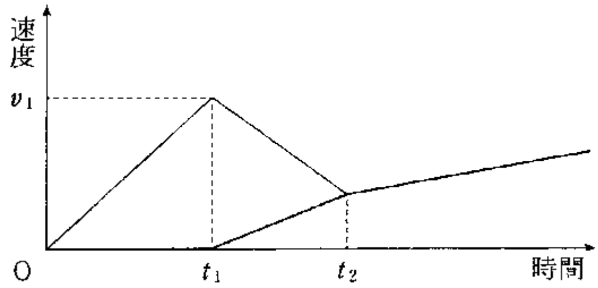


図1－2

粗い部分での物体と台の間の動摩擦係数を μ' とし，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。このとき，$t_1 < t < t_2$ での物体の加速度は $\boxed{\text{(ア) 20}}$〔m/s^2〕であり，台の加速度は $\boxed{\text{(イ)}}$〔m/s^2〕である。$t > t_2$ での物体と台の加速度は $\boxed{\text{(ウ)}}$〔m/s^2〕である。また，$t_2 - t_1 =$ $\boxed{\text{(エ)}}$〔s〕である。

(ア)～(ウ)の解答群

(11) $\dfrac{F}{m}$　　(12) $\dfrac{F}{M}$　　(13) $\dfrac{F}{M+m}$

(14) $\left(\dfrac{1}{M}+\dfrac{1}{m}\right)F$　　(15) $\mu' g$　　(16) $-\mu' g$

(17) $\dfrac{\mu' mg}{M}$　　(18) $-\dfrac{\mu' mg}{M}$　　(19) $\mu' g+\dfrac{F}{m}$

(20) $-\mu' g+\dfrac{F}{m}$　　(21) $\mu' g+\dfrac{F}{M}$　　(22) $-\mu' g+\dfrac{F}{M}$

(エ)の解答群

(1) $\dfrac{v_1}{\left(1+\dfrac{m}{M}\right)\mu' g-\dfrac{1}{M}F}$　　(2) $\dfrac{v_1}{\left(1+\dfrac{m}{M}\right)\mu' g-\left(\dfrac{1}{M}+\dfrac{1}{m}\right)F}$

(3) $\dfrac{v_1}{\left(1+\dfrac{m}{M}\right)\mu' g-\dfrac{1}{m}F}$　　(4) $\dfrac{v_1}{\left(1+\dfrac{m}{M}\right)\mu' g+\left(\dfrac{1}{M}-\dfrac{1}{m}\right)F}$

(2) 傾斜角が 30° の斜面部分 AB と半径 h〔m〕の円筒部分 OBC からなる図 1－3 のようななめらかな台がある。台の最高点を P とする。重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

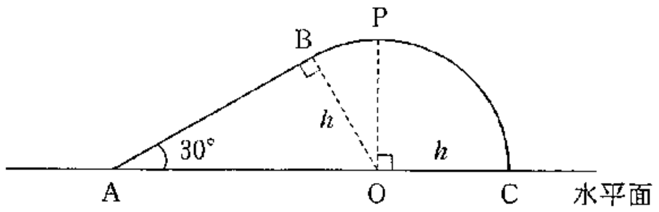


図 1－3

図 1－4 のように，点 A から速さ v_0〔m/s〕で動き出した質量 m〔kg〕の物体が，台から離れることなく点 P を通過するのは，

$$\sqrt{2gh} < v_0 \leqq \boxed{\text{(オ)}}$$

が成り立つときである。点 P を通過したあと，物体は点 Q で台から離れる。角度 α を図 1－4 のように定義すると，$\cos\alpha = \boxed{\text{(カ)}}$ である。

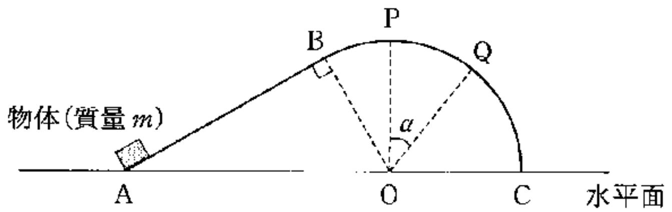


図 1－4

(オ)の解答群

(1) $\sqrt{3gh}$　　(2) $2\sqrt{gh}$

(3) $\sqrt{2\sqrt{3}\,gh}$　　(4) $\sqrt{\left(2+\frac{\sqrt{3}}{2}\right)gh}$

(5) $\sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{2}gh}$　　(6) $2\sqrt{\frac{\sqrt{3}}{3}gh}$

(カ)の解答群

(1) $\frac{v_0^2}{6gh}$　　(2) $\frac{v_0^2}{3gh}$　　(3) $\frac{v_0^2}{2gh}$

(4) $\frac{3v_0^2}{2gh}$　　(5) $\frac{2v_0^2}{3gh}$　　(6) $\frac{v_0^2}{gh}$

(3) 図1－5のように，異なる高さにある平行な棒A，Bの上に，直方体の物体がのっている。物体は棒A，Bの上で，すべることなく静止している。物体の重心Gから棒A，Bまでの距離は等しい。角度α，θを図1－5のようにとる。

物体には，図1－5のように，重力mg〔N〕，静止摩擦力F_A〔N〕，F_B〔N〕，垂直抗力N_A〔N〕，N_B〔N〕がはたらく。これらの力のつり合い，および力のモーメントのつり合いより，$F_A + F_B =$ $\boxed{\text{(キ)}}$ 〔N〕，$N_A =$ $\boxed{\text{(ク)}}$ 〔N〕，$N_B =$ $\boxed{\text{(ケ)}}$ 〔N〕と求められる。

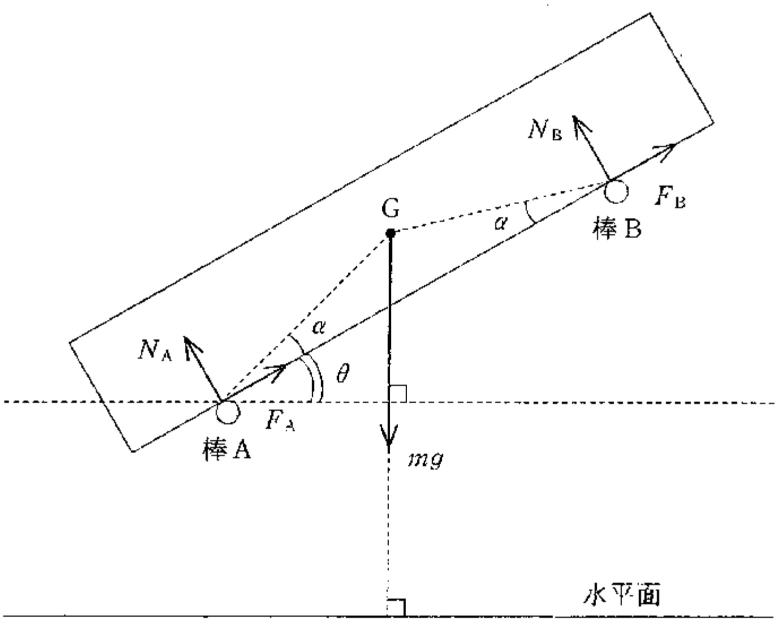


図1－5

(キ)〜(ケ)の解答群

(1) $mg\cos\theta$

(2) $mg\sin\theta$

(3) $\frac{1}{2}mg\cos\theta$

(4) $\frac{1}{2}mg\sin\theta$

(5) $\frac{1}{2}mg(\cos\theta - \sin\alpha\tan\theta)$

(6) $\frac{1}{2}mg(\cos\theta + \sin\alpha\tan\theta)$

(7) $\frac{1}{2}mg(\cos\theta - \tan\alpha\sin\theta)$

(8) $\frac{1}{2}mg(\cos\theta + \tan\alpha\sin\theta)$

2 次の文の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(カ)}}$ の中に入れるべき正しい答えを指定の**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。　　(20 点)

単原子分子理想気体 n〔mol〕の状態を，図 2－1 のように，A → B → C → A と変化させた。以下，気体定数を R〔J/(mol・K)〕とする。

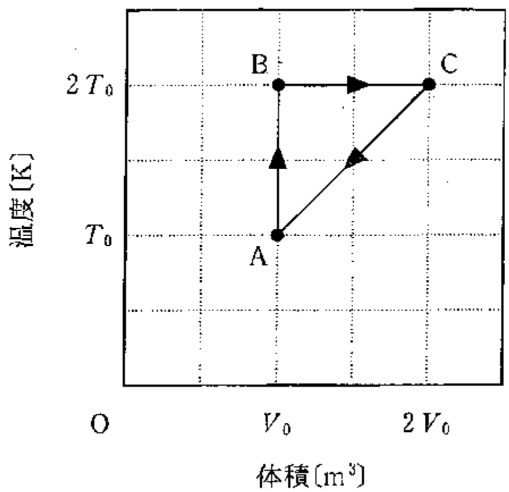


図 2－1

(1) 状態 B の圧力は $\boxed{\text{(ア)}}$〔Pa〕，状態 C の圧力は $\boxed{\text{(イ)}}$〔Pa〕である。

(2) A → B → C → A の状態変化を，気体の体積と圧力の図に描き変えると，$\boxed{\text{(ウ)}}$ の図になる。

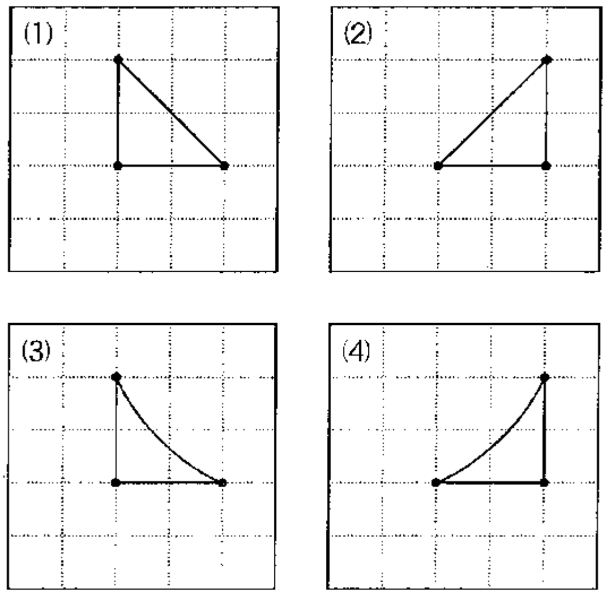
(3) A → B で気体に入る熱量は $\boxed{\text{(エ)}}$〔J〕である。また，B → C で気体に入る熱量は $1.39\,nRT_0$〔J〕と求めることができる。C → A で気体から出る熱量は $\boxed{\text{(オ)}}$〔J〕である。

(4) A → B → C → A の状態変化を熱機関のサイクルとみなしたとき，その熱効率は $\boxed{\text{(カ)}}$ %である。

(ア)，(イ)の解答群

(1) $\dfrac{nRT_0}{2V_0}$　　(2) $\dfrac{nRT_0}{V_0}$　　(3) $\dfrac{3nRT_0}{2V_0}$　　(4) $\dfrac{2nRT_0}{V_0}$

(ウ)の解答群　下の(1)〜(4)の各図とも，左下角が原点，横軸が体積〔$\mathrm{m^3}$〕，たて軸が圧力〔Pa〕である。



(エ)，(オ)の解答群

(1) $\dfrac{1}{2}nRT_0$　　(2) nRT_0　　(3) $\dfrac{3}{2}nRT_0$

(4) $2nRT_0$　　(5) $\dfrac{5}{2}nRT_0$　　(6) $3nRT_0$

(カ)の解答群

(1) 13　　(2) 16　　(3) 19

次の2ページ分は白紙です。

3 次の文中の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(ソ)}}$ にあてはまる適当なものを指定の解答群の中から選び，その番号を解答用マークシートの指定欄にマークしなさい。

(45 点)

(1) 図 3－1 のように屈折率 n_1 のガラス板が，屈折率 n_2 の空気中に置かれている。ここで $n_1 > n_2$ である。ガラス板の表面は平坦で上下の面は平行である。

真空中の波長 λ〔m〕の単色光が，図 3－1 のように，入射角 θ_1〔rad〕でガラスの内側から A 点に入射する。単色光はガラス板の上下の面で反射を繰り返し，反射のたびに屈折角 θ_2〔rad〕で屈折して空気中に出る。

入射角 θ_1 を大きくしていくと，角 θ_C〔rad〕以上では光は空気中に出なくなる。このとき，角 θ_C は次の条件を満たす。

$$\sin\theta_C = \boxed{\text{(ア)}}$$

$\theta_1 < \theta_C$ のとき，A 点から出た屈折光と C 点から出た屈折光の干渉をじゅうぶん遠い点で観察する。図 3－1 のように，C 点から垂線 CD を下ろす。ここで C 点，D 点から観察点までの距離は等しいとする。経路 AB を l_1〔m〕とし経路 AD を l_2〔m〕とすると，屈折光が干渉して強め合う条件は，

$$\boxed{\text{(イ)}} = m\lambda\text{〔m〕}$$

と求められる。ただし，m は正の整数である。

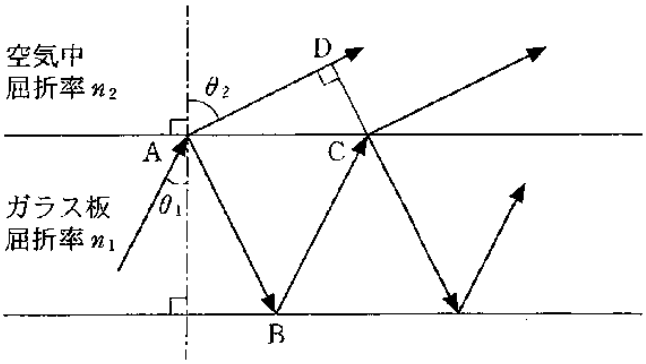


図 3 − 1

(ア), (イ)の解答群

(1) $n_1 n_2$　　(2) $\dfrac{n_1}{n_2}$　　(3) $\dfrac{n_2}{n_1}$

(4) $2n_1 l_1 - n_2 l_2$　　(5) $2n_1 l_1 - n_2 l_2 \sin\theta_2$

(6) $2n_1 l_1 \sin\theta_1 - n_2 l_2$

(2) 図3－2のように，y軸の正の向きに強さE〔N/C〕の一様な電界(電場)をかけ，紙面の裏から表の向きに磁束密度の大きさB〔T〕の一様な磁界(磁場)をかけた。この中で運動する電子に働く力について考えよう。負の電荷$-e$〔C〕を持つ電子が速さv〔m/s〕で運動すると，電子には大きさkv〔N〕の抵抗力が，速度の向きと逆向きに働くものとする。ここで，kは正の比例定数である。

電子が運動を始めてからじゅうぶん時間が経過したとき，図3－2のように，電子に働く3つの力①，②，③がxy平面内でつり合った。このとき電子はxy平面内で等速直線運動を行い，$v = v_f$〔m/s〕とする。

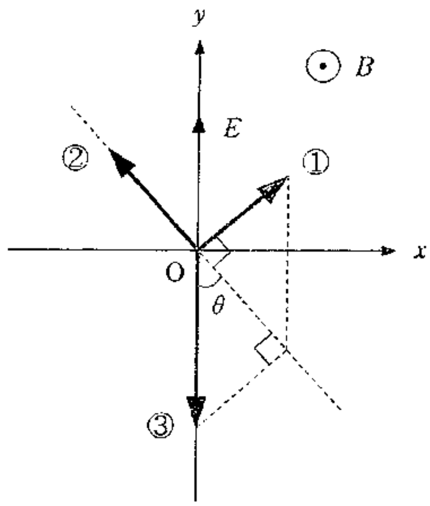


図3－2

図3－2に示す角度(θ〔rad〕および直角)と補助線(点線)を参考にすると，力①の大きさは $\boxed{\text{(ウ)}}$ 〔N〕，力②の大きさは $\boxed{\text{(エ)}}$ 〔N〕，力③の大きさは $\boxed{\text{(オ)}}$ 〔N〕，$\tan\theta =$ $\boxed{\text{(カ)}}$ と求められる。

抵抗力の比例定数kがゆっくりと小さくなっていき，最終的に0となった。その結果，電子はxy平面内で$v = v'_f$〔m/s〕の等速直線運動をするようになった。このとき，力①と力③のなす角度は $\boxed{\text{(キ)}}$ 〔rad〕，$v'_f =$ $\boxed{\text{(ク)}}$ 〔m/s〕，また電子の運動の向きは $\boxed{\text{(ケ)}}$ である。

(ウ)～(オ)の解答群

(1) eE　(2) ev_fB　(3) kv_f

(4) $\dfrac{kE}{B}$　(5) $\dfrac{eB}{k}$　(6) $\dfrac{v_fB}{E}$

(カ)の解答群

(1) $\dfrac{eB}{k}$　(2) $\dfrac{E}{v_fB}$　(3) $\dfrac{kv_f}{eE}$

(4) $\dfrac{k}{eB}$　(5) $\dfrac{v_fB}{E}$　(6) $\dfrac{eE}{kv_f}$

(キ)の解答群

(1) $\dfrac{\pi}{3}$　(2) $\dfrac{\pi}{2}$　(3) $\dfrac{2\pi}{3}$　(4) π

(ク)の解答群

(1) BE　(2) $\dfrac{1}{BE}$　(3) $\dfrac{E}{B}$　(4) $\dfrac{B}{E}$

(ケ)の解答群

(1) x 軸の正の向き　(2) x 軸の負の向き

(3) y 軸の正の向き　(4) y 軸の負の向き

(3) 図3－3のように，極板の面積がS〔m^2〕の平行平板コンデンサーの極板間に，同じ面積の導体を挿入した。極板，導体とも真空中にある。平行平板コンデンサーの極板間の距離を$2d$〔m〕，導体の厚さをd〔m〕，下の極板と導体の下面の距離をl〔m〕とする。$0 < l < d$である。真空の誘電率をϵ_0〔F/m〕とする。dは極板の大きさに比べてじゅうぶん小さく，極板の端における電場の乱れは無視できる。

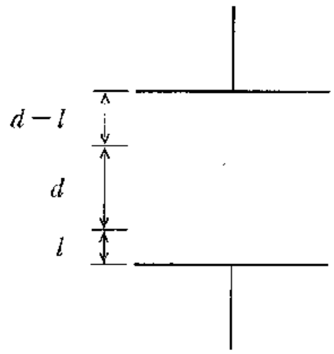
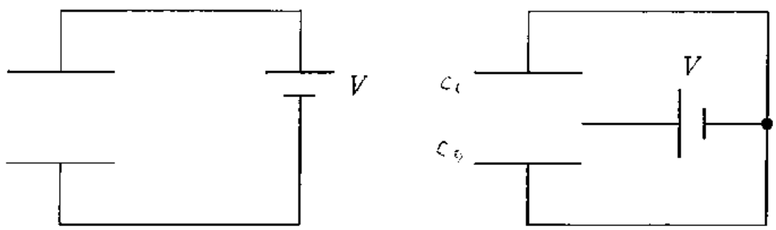


図3－3

このコンデンサーを用いて，図3－4(a)，(b)のような回路を作成し，じゅうぶん時間が経過した。回路内の電源電圧をV〔V〕とする。

(a) 図3－4(a)の場合，このコンデンサーの静電エネルギーは，$U_1 =$ $\boxed{\text{(コ)}}$ 〔J〕である。

(b) 図3－4(b)の場合，導体の上面に帯電する電気量は $\boxed{\text{(サ)}}$ 〔C〕になり，導体の下面に帯電する電気量は $\boxed{\text{(シ)}}$ 〔C〕になる。その結果，コンデンサーの静電エネルギーは$U_2 =$ $\boxed{\text{(ス)}}$ 〔J〕になる。lを変化させたとき，U_2が最小となるのは$l =$ $\boxed{\text{(セ)}}$ 〔m〕のときで，そのU_2の値はU_1の $\boxed{\text{(ソ)}}$ 倍である。



(a)　　(b)

図3－4

(コ)～(ス)の解答群

(1) $\frac{\varepsilon_0 S}{d} V$　(2) $\frac{\varepsilon_0 S}{l} V$　(3) $\frac{\varepsilon_0 S}{d-l} V$

(4) $\frac{\varepsilon_0 dS}{l(d-l)} V$　(5) $\frac{\varepsilon_0 S}{2d} V^2$　(6) $\frac{\varepsilon_0 S}{2l} V^2$

(7) $\frac{\varepsilon_0 S}{2(d-l)} V^2$　(8) $\frac{\varepsilon_0 dS}{2l(d-l)} V^2$

(セ)の解答群

(1) $\frac{d}{4}$　(2) $\frac{d}{3}$　(3) $\frac{d}{2}$　(4) $\frac{2d}{3}$

(ソ)の解答群

(1) $\frac{1}{4}$　(2) $\frac{1}{2}$　(3) 2　(4) 4