三条市立大学　令和５年度
工学部　技術・経営工学科
一般選抜　**前**期日程

個別学力検査

物理　解答例

令和５年２月25日　　13時～14時30分（90分）

1

（1）鉛直方向の速度が 0 となるとき最高点に到達するので，そのときの高さh_1は

公式　$v^2 - {v_0}^2 = 2ay$　より　（aは加速度，y は高さ）

$$0^2 - (v_0 \sin\alpha)^2 = -2gh_1$$

$$h_1 = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2\alpha$$

※解答はエネルギ保存則を用いても可

また，その時刻t_1は，

公式　$v = v_0 + at$より　（aは加速度）

$$0 = v_0 \sin\alpha - gt_1$$

$$t_1 = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}$$

（2）初速度v_0，角度αで投げ出された小球の水平方向の速度は$v_0 \cos\alpha$であるので，距離l進む時間t_Pは$\frac{l}{v_0 \cos\alpha}$となる．その時刻の高さh_Pを求めるので

公式　$y = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$より　（$a$は加速度）

$$h_\mathrm{P} = v_0 \sin\alpha \frac{l}{v_0 \cos\alpha} - \frac{1}{2} g \left(\frac{l}{v_0 \cos\alpha}\right)^2$$

$$h_\mathrm{P} = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} l - \frac{g}{2}\left(\frac{l}{v_0 \cos\alpha}\right)^2$$

$$h_\mathrm{P} = l \tan\alpha - \frac{g}{2}\left(\frac{l}{v_0 \cos\alpha}\right)^2$$

（3）鉛直方向の距離が 0 となるときが落下地点となるので

公式　$y = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$より　（$a$は加速度）

$$0 = v_0 \sin\alpha\, t_\mathrm{Q} - \frac{1}{2} g{t_\mathrm{Q}}^2$$

$$t_\mathrm{Q} = \frac{2v_0}{g} \sin\alpha$$

点 P で壁に衝突した時間t_Pから床の点Ｑに落下する時間t_Qまでに水平方向に進んだ距離l_Qは，

$$l_\mathrm{Q} = v_0 \cos\alpha\,(t_\mathrm{Q} - t_P) = v_0 \cos\alpha \left(\frac{2v_0}{g} \sin\alpha - \frac{l}{v_0 \cos\alpha}\right)$$

$$l_\mathrm{Q} = \frac{2{v_0}^2}{g} \sin\alpha \cos\alpha - l$$

1 （つづき）

（４）鉛直方向の速度が再び０となる高さを求めるので

$$\text{公式}\quad v^2 - {v_0}^2 = 2ay \ \text{より}$$

$$0^2 - (v_0 \sin\alpha)^2 = -2gh_2$$

$$h_2 = \frac{v_0^2}{2g}\sin^2\alpha$$

※別解として，「床と壁は滑らず，小球が完全弾性衝突すると(1)の解答のh_1と等しくなる」も可とする。

2

（1）伸び $x=-a$ より，弾性力は $F=kx=k(-a)=-ka$

よって，弾性力の大きさは ka〔N〕

（2）弾性力による位置エネルギーを E とすると，E は

$$E=\frac{k}{2}(-a)^2=\frac{ka^2}{2}\ [\mathrm{J}]$$

（3）小球は，ばねの伸びが 0 のときに速さが最大となり，ばねから離れる。力学的エネルギー保存の法則より，

$$\frac{k(-a)^2}{2}+\frac{m\times 0^2}{2}=\frac{k\times 0^2}{2}+\frac{mv_1^2}{2}$$

整理して

$$\frac{ka^2}{2}=\frac{mv_1^2}{2}$$

よって，

$$v_1=a\sqrt{\frac{k}{m}}\ [\mathrm{m/s}]$$

（4）C を超えた後の速さを v とすると，力学的エネルギー保存の法則より，

$$\frac{1}{2}ka^2=mgh+\frac{1}{2}mv^2$$

C を超えて進むためには

$$\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}ka^2-mgh>0$$

を満足しなければならない。

よって，

$$\frac{1}{2}ka^2>mgh$$

これを解いて

$$a>\sqrt{\frac{2mgh}{k}}\ [\mathrm{m}]$$

2 （つづき）

（５）力学的エネルギー保存の法則より

$$\frac{1}{2}ka^2 = mgh + \frac{1}{2}mv_2^2$$

これより，

$$a = \sqrt{\frac{m(2gh + v_2^2)}{k}} \ \text{[m]}$$

3

（１）図２より，ダイオードの両端の電位差 V_D>0.75〔V〕のときに，ダイオードに電流が流れることが読み取れる。

（２）図２より，抵抗 V_D>0.75〔V〕のときの直線の式を求める。

$i = 0.4V_D + i_0$

$V_D = 0.75$のとき$i = 0$より

$i_0 = -0.4V_D \times 0.75 = -0.3[\mathrm{A}]$

よって，$i = 0.4V_D - 0.3[\mathrm{A}]$

(別解)

図２より，抵抗 V_D>0.75〔V〕のときの直線の式を求める。

傾き：$\frac{0.2}{0.5} = 0.4$，切片：－0.3　より，

$i = 0.4V_D - 0.3[\mathrm{A}]$

（３）(2）で求めた式を変形して，

$$V_D = \frac{1}{0.4}i + \frac{0.3}{0.4}[\mathrm{V}]$$

$V_D = 2.5i + 0.75[\mathrm{V}]$　――(a)

オームの法則に当てはめて考えると，R_1＝2.5〔Ω〕，E_1＝0.75〔V〕

（４）キルヒホッフの法則より，V_Rを抵抗両端の電位差として，

$E - V_R - V_D = 0$

$E - Ri - V_D = 0$　――(b)

$E - 10i - V_D = 0$

V_Dに（３）で求めた（a）式を代入して，

$E - 10i - (2.5i + 0.75) = 0$　　　$E - 12.5i - 0.75 = 0$

$$i = \frac{E - 0.75}{12.5}[\mathrm{A}]$$

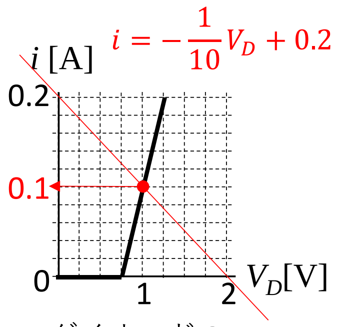
$$i = \frac{2 - 0.75}{12.5} = \frac{1.25}{12.5} = 0.1[\mathrm{A}]$$

（別解）(b)式の E と R に代入して，回路方程式から電流を求めると，

$$2-10i-V_D=0$$

$$i=-\frac{1}{10}V_D+0.2$$

これを図 2 に書き込んで，交点を読むと，0.1〔A〕



ダイオードの
電圧―電流特性

（5）（1）からダイオードに電流が流れるのは V_D>0.75〔V〕なので，1.5～6.5〔s〕で，それ以外はゼロになる。

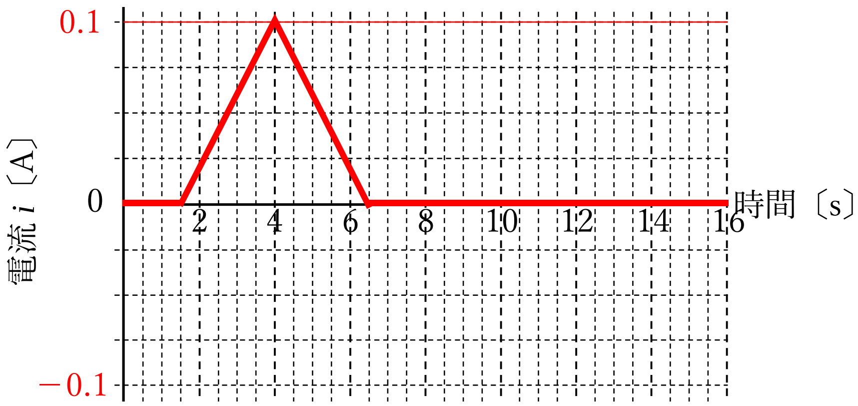
（4）から回路に流れる電流は，

$$i=\frac{E-0.75}{12.5}\,[\mathrm{A}]$$

$t=4$〔s〕，$E=2$〔V〕で $i=0.1$〔A〕

$t=1.5$〔s〕，$E=0.75$〔V〕で $i=0$〔A〕

$t=6.5$〔s〕，$E=0.75$〔V〕で $i=0$〔A〕



4

（１）力のつりあいから，$p_1 S = p_0 S + mg$ [N]

$$p_1 = p_0 + \frac{mg}{S} \text{[Pa]}$$

（２）理想気体の状態方程式 $\boxed{pV=nRT}$ より，$p_1 S h_1 = nRT_1$

$$h_1 = \frac{nRT_1}{p_1 S} \text{[m]}$$

（３）$V_1 = Sh_1$ ，$V_2 = Sh_2$ より，

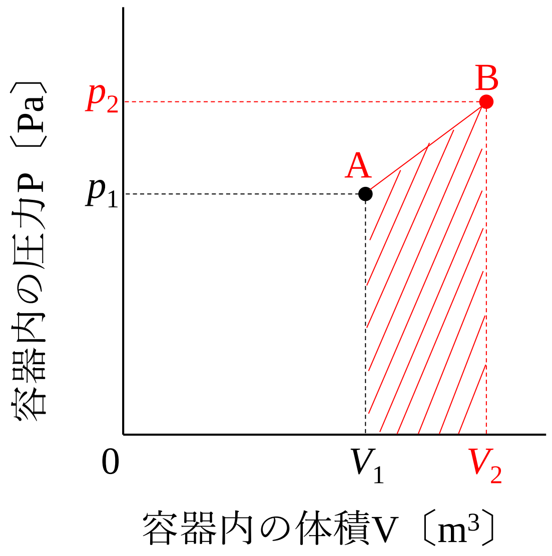
$$h_2 - h_1 = \frac{V_2 - V_1}{S}$$

力のつりあいから，$p_2 S = p_0 S + mg + k(h_2 - h_1)$ [N]

$$p_2 S = p_0 S + mg + k\left(\frac{V_2 - V_1}{S}\right)$$

$$p_2 = p_0 + \frac{mg}{S} + k\left(\frac{V_2 - V_1}{S^2}\right) \text{[Pa]}$$

（４）



仕事 $= \int_A^B PdV$ であるから，図の面積に等しい。

4　(つづき)

（５）$(V_2 - V_1)p_1 + \frac{1}{2}(V_2 - V_1)(p_2 - p_1)$

$$= (V_2 - V_1)p_1 + \frac{1}{2}(V_2 - V_1)p_2 - \frac{1}{2}(V_2 - V_1)p_1$$

$$= \frac{1}{2}(V_2 - V_1)(p_1 + p_2)[\mathrm{J}]$$

（別解）（４）の図示を用いて，台形の面積で求めることも可