三条市立大学 令和６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

理科　解答編

令和６年２月25日　　13時30分～15時（90分）

$\boxed{1}$

（１）PがAからCに達するまでの時間をtとすると，このときの

鉛直方向の速さは$v_0 \sin\theta - gt$〔m/s〕と表せる。

C点は最高点であるため鉛直方向の速さは0である。よって，

$0 = v_0 \sin\theta - gt$

$t = \frac{v_0 \sin\theta}{g}$〔s〕

（２）水平方向の速さは$v_0 \cos\theta$〔m/s〕であり，これに（１）のtを乗じたものがABの長さとなることより

$\overline{\mathrm{AB}} = v_0 \cos\theta \times \frac{v_0 \sin\theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin\theta \cos\theta}{g}$〔m〕

（３）最高点では鉛直方向の速さは0であるから

$0 - (v_0 \sin\theta)^2 = 2\overline{\mathrm{BC}} \times (-g)$ より

$\overline{\mathrm{BC}} = \frac{v_0^2 \sin^2\theta}{2g}$〔m〕

〔別解〕

高さ方向の距離は

$\overline{\mathrm{BC}} = v_0 \sin\theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$

これに（１）のtを代入して

$\overline{\mathrm{BC}} = v_0 \sin\theta \cdot \frac{v_0 \sin\theta}{g} - \frac{1}{2} g \left(\frac{v_0 \sin\theta}{g}\right)^2 = \frac{v_0^2 \sin^2\theta}{2g}$〔m〕

（４）衝突前のPの速さは$v_0 \cos\theta$〔m/s〕，衝突後のそれぞれの速さをv_{P}'，v_{Q}'とすると，運動量保存則より

$m \cdot v_0 \cos\theta = m v_{\mathrm{P}}' + M v_{\mathrm{Q}}'$ ・・・①

完全弾性衝突より反発係数は1である。したがって，

$$e = -\frac{v_{\mathrm{P}}' - v_{Q}'}{v_0 \cos\theta - 0} = 1$$

より$v_{\mathrm{P}}' = v_{\mathrm{Q}}' - v_0 \cos\theta$　・・・②　②を①に代入して

$v_{\mathrm{Q}}' = \frac{2 m v_0 \cos\theta}{m + M}$〔m/s〕

（５）PがQに与える力積の大きさはQの運動量の変化に等しいから，（４）の解を用いて

$M \times v_{Q}' - M \cdot 0 = M \frac{2 m v_0 \cos\theta}{m + M}$〔N・s〕

$\boxed{2}$

（１）傾斜面方向の分力　$Q = W_A \sin\theta$

傾斜面鉛直方向分力 $R = W_A \cos\theta$

荷物Aは斜面に沿って運動するため，斜面鉛直方向に作用する力はつり合うから，荷物Aに作用する垂直抗力$N = W_A \cos\theta$である。斜面上を荷物は下っていくため摩擦力Fは動摩擦力である。よって，

摩擦力$F = \mu N = \mu W_A \cos\theta$

（２）$T = W_B$

（３）斜面方向の力のつり合い

$Q - T - F' = 0$より

$F' = Q - T$

$= W_A \sin\theta - W_B$ より

$= 49 - 20 = 29$〔N〕

（４）最大静止摩擦力を$F_{\max}$とすると

$F_{\max} = \mu_0 N \geqq F'$

$$\mu_0 \geq \frac{F'}{N} = \frac{Q - W_B}{R} = \frac{\mathrm{W_A}\sin\theta - W_\mathrm{B}}{\mathrm{W_A}\cos\theta} = \frac{98 \cdot 0.5 - 20}{98 \cdot 0.87} = 0.34$$

$\therefore \mu_0 \geqq 0.34$

$\boxed{3}$

（１）クーロンの法則より，この２つの点電荷間に働く静電気力はクーロン力である。したがってその大きさ F は，

$$F = \mathrm{k}\frac{Qq}{r^2} \quad [\mathrm{N}]$$

（２）同符号の電荷なので，斥力である。

（３）定義より，（1)において q=1 [C]とすれば点電荷+q の位置の電場の強さとなる。したがって，

$$E = \mathrm{k}\frac{Q}{r^2} \quad [\mathrm{N/C}]$$

（４）点電荷+q は点電荷+Q の位置から r [m]離れた点にある。この点における電場の大きさは（３）で求めた値であり，その位置では単位面積当たりにこの本数の電気力線が貫いている。

一方で，点電荷+Qを中心とし半径rの球面を考えると，その表面積 S[m^2]は，

$$S = 4\pi r^2 \quad [\mathrm{m}^2]$$

であるから，この球面を貫く電気力線の総数Nは，

$$N = 4\pi r^2 \cdot \mathrm{k}\frac{Q}{r^2} = 4\pi \mathrm{k} Q \quad [本]$$

これが，点電荷+Q [C]から出ている電気力線の本数である。

$\boxed{4}$

（１）気体の物質量をn〔mol〕，Rを気体定数，Tを気体の絶対温度として，Aにおける各物質量を気体の状態方程式$pV = nRT$に代入すると，

$(1.0\times10^{5})\times(1.0\times10^{-3}) = n\times8.3\times(273 + 27)$

$n = 0.040$〔mol〕

（２）Bの温度をT〔K〕としてAとBにおいてボイル・シャルルの法則を適用すると，

$\frac{pV}{T} =$ 一定より

$$\frac{(1.0\times10^{5})\times(1.0\times10^{-3})}{300} = \frac{(4.0\times10^{5}\times1.0\times10^{-3})}{T}$$

よって，$T = 1200$〔K〕

セルシウス温度で表すと，$1200 - 273 = 927$〔℃〕

（３）B→Cの過程で気体が外部にした仕事をW_{BC}とすると，W_{BC}は図1の台形部分の面積で表されるので

$$W_{\mathrm{BC}} = (4.0 + 1.0)\times10^{5}\times(4.0 - 1.0)\times10^{-3}\times\frac{1}{2} = 7.5\times10^{2} = 750\ [\mathrm{J}]$$

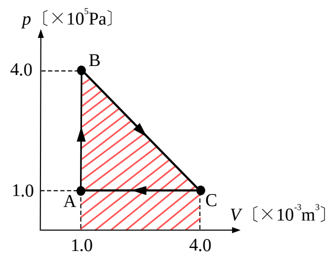

図1

（４）C→Aの過程で気体が外部からされた仕事をW_{CA}とすると，W_{CA}は図2の長方形の面積で表されるので，

$$W_{\mathrm{CA}} = 1.0\times10^{5}\times(4.0 - 1.0)\times10^{-3} = 3.0\times10^{2} = 300\ [\mathrm{J}]$$

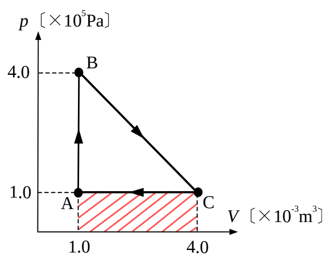

図2

（５） 気体の内部エネルギーの変化をΔU〔J〕，気体に加えられた熱量をQ〔J〕，気体が外部からされた仕事をW〔J〕とすると，熱力学の第一法則より，

$\Delta U = Q + W$

温度変化はないので $\Delta U = 0$ であるから，

$0 = Q + W$

A→Bへは体積変化はないので$W_{AB} = 0$である。（３），（４）の解を用いて

$W = W_{AB} + W_{CA} - W_{BC} = 0 + 300 - 750 = -450$

$0 = Q + W$ より

$Q = -W = -(-450) = 450$〔J〕