物理
出題の意図

問題 I

設問（1）　初速度が水平方向の場合の放物運動が理解できているかを問う。

設問（2）　放物運動および反発係数が理解できているかを問う。

設問（3）　水平方向の等速運動および落下時間が理解できているかを問う。

設問（4）　運動量保存および力学的エネルギー保存を理解できているかを問う。

設問（5）　完全非弾性衝突を理解できているかを問う。

設問（6）　非弾性衝突における全力学的エネルギーの減少が理解できているかを問う。

設問（7）　床とのはね返り後の小球の運動を理解できているかを問う。

設問（8）　斜方投射の放物運動が理解できているかを問う。

設問（9）　相対速度が理解できているかを問う。

問題 II

設問（1）　静電場のポテンシャルと運動エネルギーの関係を適切に理解できているかを問う。

設問（2）　静電場によるクーロン力が作用する時の運動を理解できているかを問う。

設問（3）　運動と作用する力の関係を理解できているかを問う。

設問（4）　静磁場によるローレンツ力が作用する時の運動を理解できているかを問う。

設問（5）　複数の運動を介した式から，運動を支配する法則・物理量を見出せるかを問う。

設問（6）　運動を定量的に考察し，図示・説明できるかを問う。

設問（7）　具体的な定量化・計算を通して，電場の表式を正しく理解，活用できるかを問う。

設問（8）　具体的な定量化・計算を通して，質量差による荷電粒子の分離を理解できるかを問う。

問題 III

設問（1）　理想気体の状態方程式の理解を問う。

設問（2）　気球の浮力の理解を問う。

設問（3）　比熱の理解を問う。

設問（4）　理想気体の状態方程式から，気体の質量を定量的に計算する力を問う。

設問（5）　断熱変化のもとで圧力と体積の満たす関係式として問題文に与えた式を応用できる力を問う。

設問（6）　潜熱に対する理解を問う。気体の温度変化を定量的に計算する力を問う。

設問（7）　断熱変化のもとで圧力と体積の満たす関係式として問題文に与えた式を応用できる力を問う。

物理　正解・解答例

問題Ⅰ

(1)［答］

$x_{\mathrm{A}} = v\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$

(2)［答］

$x = (1+2e)x_{\mathrm{A}}$

(3)［答］

$v > x_{\mathrm{B}}\sqrt{\dfrac{g}{2h}}$

(4)［答］　小球A

$x = x_{\mathrm{B}}$

［答］　小球B

$x = x_{\mathrm{A}}$

(5)［答］　小球A

$x = \dfrac{x_{\mathrm{A}} + x_{\mathrm{B}}}{2}$

［答］　小球B

$x = \dfrac{x_{\mathrm{A}} + x_{\mathrm{B}}}{2}$

(6)［答］エネルギーの減少量

$\dfrac{mv^2}{4}$

［答］エネルギー変化の例

熱

(7)［計算］

小球Bが床に衝突後，最高点に到達する時刻は $2n\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$

小球Bが最高点に到達したときに小球Aを投げ出すと，落下中の小球Bに衝突するため $T = 2n\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$

小球Aを投げ出してから小球Bに衝突するまでの時間は $\dfrac{x_{\mathrm{B}}}{v}$ であるので、

時刻 $2n\sqrt{\dfrac{2h}{g}} - \dfrac{x_{\mathrm{B}}}{v}$ において、上昇中の小球Bは小球Aの軌道上に位置する。

したがって，小球Bが上昇中に小球Aと衝突するためには $T = 2n\sqrt{\dfrac{2h}{g}} - \dfrac{2x_{\mathrm{B}}}{v}$

［答］小球B落下中

$T = 2n\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$

［答］小球B上昇中

$T = 2n\sqrt{\dfrac{2h}{g}} - \dfrac{2x_{\mathrm{B}}}{v}$

(8)［計算］

小球Aを投げ出す時刻を 0 とすると、衝突する時刻は $t = \dfrac{x_{\mathrm{B}}}{V\cos\theta}$

時刻 t のときの小球Aの床からの高さは $h+Vt\sin\theta \quad \dfrac{gt^2}{2}$

時刻 t のときの小球Bの床からの高さは $H \quad \dfrac{gt^2}{2}$

時刻 t のときの小球AとBの床からの高さは等しいので

$H = h+Vt\sin\theta = h+x_{\mathrm{B}}\tan\theta$

［答］

$H = h+x_{\mathrm{B}}\tan\theta$

(9)［答］

（ウ）

問題II

(1) [答]

$$v_1 = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

(2) [答]

$$R = \frac{2V}{E}$$

(3) [答]

（イ）

(4) [計算]

荷電粒子はローレンツ力を受けて磁場中で円運動する．ローレンツ力の働く方向における運動方程式より

$$\frac{mv_4^2}{(L/2)} = qv_4B$$

$v_1 = v_4$ であり，Lを求めると

$$L = \frac{2mv_1}{qB} = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}$$

[答]

$$L = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}$$

(5) [計算]

設問(2) より，$R = \frac{mv_1^2}{qE}$

設問(4) より，$L = \frac{2mv_1}{qB}$

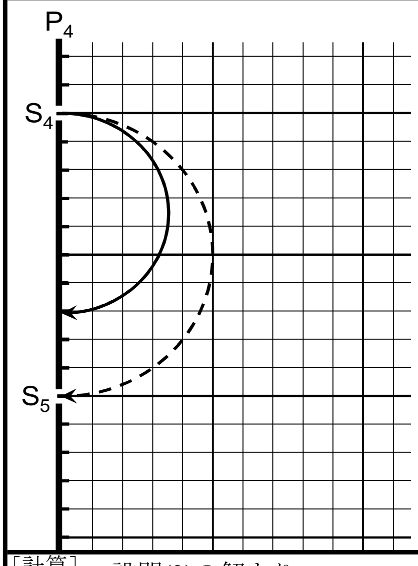
これらを用いて，v_1を消去し，Eを求めると，

$$E = \frac{qB^2L^2}{4mR}$$

[答]

$$E = \frac{qB^2L^2}{4mR}$$

(6)



[説明]

荷電粒子Yの軌道は，半円を描き，
その直径は $L/\sqrt{2} \cong 0.71L$ となる．

(7) [計算]

設問(2)の解より

$$E = \frac{2V}{R} = \frac{2 \times 1.00 \times 10^4}{1.00} = 2.00 \times 10^4 \ \mathrm{V/m}$$

[答]

$E =$ 2.00×10^4 V/m

(8) [計算]

^{12}Cおよび^{14}Cの質量をそれぞれm_{12}およびm_{14}とおくと，求める差は，

$$\frac{2}{B}\sqrt{\frac{2m_{14}V}{q}} - \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2m_{12}V}{q}} = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2V}{q}}\left(\sqrt{m_{14}} - \sqrt{m_{12}}\right)$$

$$= \frac{2}{1.00 \times 10^{-1}} \times \sqrt{\frac{2 \times 1.00 \times 10^4}{1.60 \times 10^{-19}}} \times \left(\sqrt{2.32 \times 10^{-26}} - \sqrt{1.99 \times 10^{-26}}\right)$$

$$\cong \sqrt{\frac{1}{2}} \times 10^{13} \times (1.52 - 1.41) \times 10^{-13} \cong \frac{0.11}{1.41} \cong 0.078\ \mathrm{m} = 7.8\ \mathrm{cm}$$

[答]

（ウ）

問題Ⅲ

(1) [答]

$m = \dfrac{PV_{\mathrm{b}}A}{RT_{\mathrm{b}}}$

(2) [答]

$F = \dfrac{PV_{\mathrm{b}}Ag}{RT_0}$

[答]

$T_{\mathrm{b}} = \dfrac{PV_{\mathrm{b}}AT_0}{PV_{\mathrm{b}}A - RMT_0}$

(3) [計算]

質量mの空気を定圧過程でT_0からT_{b}に昇温させるので，$Q = Cm(T_{\mathrm{b}} - T_0)$。
この式に$m = \frac{PV_{\mathrm{b}}A}{RT_{\mathrm{b}}}$を代入し，さらに，(2)から得られる $1 - \frac{T_0}{T_{\mathrm{b}}} = \frac{RMT_0}{PV_{\mathrm{b}}A}$ を使って，

$$Q = \frac{CPV_{\mathrm{b}}A}{R}\left(1 - \frac{T_0}{T_b}\right) = \frac{CPV_{\mathrm{b}}A}{R}\frac{RMT_0}{PV_{\mathrm{b}}A} = CMT_0$$

[答1]

$Q = Cm(T_{\mathrm{b}} - T_0)$

[答2]

$Q = CMT_0$

(4) [答]

29 kg
(または 2.9×10^1 kg)

(5) (あ) [答]

ア

(い) [答]

246
(または 2.46×10^2)

(6) (あ) [答]

エ

(い) [答]

4.8

(7) [計算]

問題文に与えられた $PV^{\frac{7}{5}} =$ 一定とボイル・シャルルの法則 $\frac{PV}{T} =$ 一定を組み合わせて，

$$T_1 = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{2}{7}} T_2, \quad T_3 = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{2}{7}} (T_2 + \Delta T)$$

上式の両辺の差をとって、

$$T_3 - T_1 = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{2}{7}} \Delta T$$

よって、$\frac{T_3 - T_1}{\Delta T} = 2\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{5}{7}} = 2\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{1.4}} \simeq 1.219$

[答]

1.2 倍