

2022 年度 日本大学

【 講 評 】

全体としてやや簡単な問題であったため、かなりの高得点争いになったであろう。

I は典型的な二体問題。素早く処理したい。

II は熱力学の基本的な問題。定数であるものや保存則に気をつけたい。

III は音に関する基本的な問題。満点をとりたい。

IV は電磁誘導の基本的な問題。落とせない。

V は原子分野の基本的な問題。計算ミスせずに満点を狙いたい。

【 解 答 ・ 解 説 】

I

解答

① ① ② ③ ③ ④ ④ ① ⑤ ⑥

解説

(1) 求める速度を V とすると、 $mv_0 = (m + 2m)V = 3mV$. したがって、 $V = \frac{1}{3} v_0$.

(2) 求める高さを h とすると、エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2} mv_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 3mV^2 + mgh = \frac{1}{6} mv_0^2 + mgh.$$

したがって、 $h = \frac{v_0^2}{3g}$.

(3) 三角台の水平方向の運動方程式は $2mA = N \sin 30^\circ$. 小球の力のつり合いの式は $N + mA \cos 60^\circ = mg \cos 30^\circ$. すなわち、

$$2mA = \frac{1}{2} N \tag{ア}$$

$$N + \frac{1}{2} mA = \frac{\sqrt{3}}{2} mg \tag{イ}$$

(4) (ア)、(イ) より $A = \frac{\sqrt{3}}{9} g$. 三角台上の観測者から見た小球の加速度を斜面下向きを正として a とすると、

$$ma = mg \sin 30^\circ + mA \sin 60^\circ.$$

したがって、 $a = \frac{2}{3} g$.

(5) 点 P から水平面に戻るまでの時間 t は

$$\frac{h}{\sin 30^\circ} = \frac{1}{2} at^2 \iff \frac{2v_0^2}{3g} = \frac{1}{3} gt^2$$

したがって、 $t = \frac{\sqrt{2}v_0}{g}$. 求める時間はこれの 2 倍であるから、

$$2t = \frac{2\sqrt{2}v_0}{g}.$$

II

解答

6

④

7

②

8

⑥

9

④

10

②

解説

(1) 状態方程式より

$$n_X = \frac{4pV}{RT}.$$

(2) (1) と同様に、容器 Y 内の気体の物質量を n_Y とすると、

$$n_Y = \frac{2pV}{RT}.$$

理想気体の状態方程式より

$$p' \cdot 3V = (n_X + n_Y)RT = 6pV.$$

したがって、 $p' = 2p$.(3) コック C_1 を閉じたときの容器 X 内の気体の物質量を $n_{X'}$ とすると、

$$n_{X'} = \frac{2pV}{RT}.$$

温度の変化量は $2T$ であり、外部に仕事はしていないから与えられた熱量は内部エネルギーの増加量と等しい。
したがって、

$$\frac{3}{2} \cdot n_{X'} \cdot 2T = 6pV.$$

(4) コック C_1 を開く前の容器 X, Y の内部エネルギーはそれぞれ、

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{2pV}{RT} \cdot R \cdot 3T = 9pV,$$

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{4pV}{RT} \cdot RT = 6pV.$$

内部エネルギーの和は保存するから、

$$9pV + 6pV = 15pV = \frac{3}{2} \cdot \frac{6pV}{RT} \cdot RT' = 9pV \frac{T'}{T}$$

したがって、 $T' = \frac{5}{3}T$ であり、理想気体の状態方程式より

$$p'' \cdot 3V = \frac{6pV}{RT} \cdot R \cdot \frac{5}{3}T = 10pV$$

ゆえに、 $p'' = \frac{10}{3}p$.(5) 断熱自由膨張では気体は外部に仕事をしない。したがって、温度は変化せず、 $\frac{5}{3}T$ である。

III

解答

11 ⑤

12 ①

13 ⑤

14 ②

15 ④

解説

(1) $l = \frac{1}{2} \lambda$ より $\lambda = 2l$.(2) 糸を伝わる波の速さを v とすると、 $v = \sqrt{\frac{mg}{\rho}}$ であるから、

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{mg}{\rho}}.$$

(3) 波長は $l = 2\lambda'$ より $\lambda' = \frac{l}{2}$. したがって、

$$f' = \frac{v'}{\lambda'} = \frac{2}{l} \sqrt{\frac{mg}{\rho}} = 4f.$$

(4) 波長は $2l = 4\lambda$ より $\lambda = \frac{1}{2} \lambda$. 波の速さは $v' = \sqrt{\frac{Mg}{\rho}}$. 振動数は f であるから、

$$\frac{1}{2l} \sqrt{\frac{mg}{\rho}} = \frac{2}{l} \sqrt{\frac{Mg}{\rho}} \iff \frac{1}{4} \sqrt{m} = \sqrt{M}.$$

したがって、 $M = \frac{1}{16} m$.

(5) ①はドップラー効果による現象。②はうなりによる現象。③は音の屈折による現象。④は共振による現象。

⑤はエネルギー保存による現象。⑥は波の干渉による現象。

IV

解答

16 ③

17 ①

18 ⑤

19 ⑤

20 ①

解説

(1) エネルギー保存則より $mgh = \frac{1}{2}mv^2$. したがって、 $v = \sqrt{2gh}$.

(2) 紙面の裏から表に向かう向きの磁束が増加するから、表から裏向きに向かう向きの磁束が生じる電流が流れる。すなわち、正の向きに電流が流れる。辺 bc と辺 da に流れる電流は互いに逆向きであるから打ち消し合う。したがって、コイルに流れる電流は辺 cd に生じる電流である。コイルに生じる起電力 V は

$$V = vBl.$$

より、流れる電流 I は

$$I = \frac{vBl}{R}.$$

(3) (2) と同様に、辺 bc と辺 da にかかる力は互いに逆向きであるから打ち消し合う。したがって、コイルが磁場から受ける力 F は

$$F = IBl = \frac{vB^2l^2}{R}.$$

(4) F は重力 mg と釣り合っているから、

$$mg = \frac{vB^2l^2}{R} = \frac{B^2l^2}{R}\sqrt{2gh}.$$

したがって、

$$h = \frac{m^2gR^2}{2B^4l^4}.$$

(5) $v-t$ グラフであるので、傾きは $\frac{\Delta v}{\Delta t} = a$ (加速度) を表す。 $0 < t < t_1$ ではコイルは等加速度直線運動をするから、一次関数になる。 $t_1 < t < t_2$ では等速直線運動をするから、グラフは横ばいになる。 $t_2 < t$ では辺 ab と辺 cd にはたらく力が打ち消し合うから、再び等加速度直線運動をするため、一次関数になる。したがって、グラフは①になる。

V

解答

21 ③

22 ③

23 ⑥

24 ⑤

25 ⑤

解説

- (1) 反応による質量欠損は、 $2 \times 2.0136 - (3.0155 + 1.0073) = 0.0044 \text{ u}$.
 (2) 放出されるエネルギーは減少した質量のエネルギーと等しいから、 $0.0044 \times 931 = 4.0964 \approx 4.1 \text{ MeV}$.
 (3) 反応後の ${}^1_1\text{H}$ の速さを v_1 とし、 ${}^3_1\text{H}$ の速さを v_3 とする。運動量保存則より

$$0 = m_1 v_1 - m_3 v_3 = m_1 v_1 - 3m_1 v_3.$$

したがって、

$$v_1 = 3v_3.$$

- (4) 反応後の ${}^1_1\text{H}$ の運動エネルギーを K_1 、 ${}^3_1\text{H}$ の運動エネルギーを K_3 とすると

$$K_1 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_3}{3} \cdot (3v_3)^2 = 3 \cdot \frac{1}{2} m_3 v_3^2 = 3K_3.$$

したがって、3倍である。

- (5) エネルギー保存則より

$$2 \times 0.60 + 4.0964 = K_1 + K_3 = 4K_3.$$

したがって、 $K_3 = 1.32 \text{ MeV}$.

お問い合わせは ☎0120-302-872

<https://keishu-kai.jp/>