

令和4年度 前期日程入学試験 総合問題B (イ) <物理>

【出題の意図とポイント】

高等学校の物理基礎・物理で学ぶ基礎的内容を十分理解しているか問うことを意図して、力と運動、波、電磁気から出題した。解答では、答えを導く過程を記述させる、制限字数内で説明させる、グラフや図で示させることによって、論理的思考力やその表現力が身につけているかを総合的に評価する。

文章で解答する設問については、解答の一例をあげている。文意が解答例と同等の場合は正答とした。また、誤字脱字なども採点の対象である。

I

問1

遠心力とは、物体とともに円運動をしている観測者から見た際に、円の中心から遠ざかる向きに物体に働く慣性力のこと。(55字)

問2

(ア) $\omega = 2\pi/T$, 遠心力 $F = mr\omega^2$ であるから, 半径 $r = 10\text{ m}$, 周期 $T = 17\text{ s}$ より,

$$F_1 = 50\text{ kg} \times 10\text{ m} \times (2^2 \times \pi^2 / 17^2) = 6.92\pi^2 \quad [\text{N}]$$

(イ) $F_2 = 50\text{ kg} \times 6\text{ m} \times (2^2 \times \pi^2 / 17^2) = 4.15\pi^2 \quad [\text{N}]$

$$F_2/F_1 = 60 \quad [\%] \quad (F = mr\omega^2 \text{ の } r \text{ が } 10\text{m} \text{ から } 6\text{m} \text{ になるから } 60\% \text{ も可})$$

問3

(1) 力学的エネルギー保存則 ($mgh = \frac{1}{2}mv^2$) より,

$$mg \frac{1}{2}l = \frac{1}{2}mv^2 \quad v = \sqrt{gl} \quad [\text{m/s}]$$

(2) 力のつり合いより,

$$T = mg + \frac{mv^2}{l} = 2mg \quad 2mg \quad [\text{N}]$$

問4

単振り子のゆれの周期は、微小振動では単振り子の長さや重力加速度だけで決まり、おりの質量や振幅には無関係であることを振り子の等時性という。(69字)

II

問 1

(1) 電気量保存の法則とは、電子の移動の前後で電気量の総和は変化しないという法則。
(38 字)

(2)(ア) スイッチ S_1 だけを閉じて十分に時間がたった時

C_1 に蓄えられる電気量 Q_1 は C_1 の電圧が電池の電圧に等しくなることから、 $Q=CV$ より、

$$Q_1 = 2.0 \times 10^{-6} \times 9.0 = 1.8 \times 10^{-5} \text{ C}$$

(イ) スイッチ S_1 だけを閉じたあと、スイッチ S_1 を開いて S_2 を閉じ、十分に時間がたった時

(1)のあと、 C_1 の極板(+)には $+Q_1$ の電気量が蓄えられている。この状態で S_1 を開くと、電池を含む左側の部分が孤立した状態になるので、 C_1 の極板(+)の電荷は動けなくなる。その後、 S_2 を閉じると、 C_1 、 C_2 、 C_3 の極板(+)を含む範囲が接続した状態になるので、電気量保存の法則より C_1 、 C_2 、 C_3 の極板(+)に現れる電気量の和が $+Q_1$ 。

よって、 C_1 、 C_2 、 C_3 に蓄えられる電気量をそれぞれ Q_1' 、 Q_2' 、 Q_3' とすると、

$$Q_1' + Q_2' + Q_3' = Q_1 = 1.8 \times 10^{-5} \text{ [C]}$$

また、 C_1 、 C_2 、 C_3 の極板間の電圧は互いに等しくなるので、これを V' とすると、

$$Q_1' = 2.0 \times 10^{-6} V'$$

$$Q_2' = 3.0 \times 10^{-6} V'$$

$$Q_3' = 4.0 \times 10^{-6} V'$$

以上より、 $V' = 2.0$,

$$Q_1' = 4.0 \times 10^{-6} \text{ C}, \quad Q_2' = 6.0 \times 10^{-6} \text{ C}, \quad Q_3' = 8.0 \times 10^{-6} \text{ C}$$

問 2

コンデンサーは、向かい合った平板の間の電荷の蓄積(充電)と放電を繰り返すことで、交流の電気を流すことができる。一方、直流の電気は、時間が経過しても蓄積され続け、いずれ飽和して流れなくなる。(94 字)

III

問1

- (ア) 増す
- (イ) 上がり
- (ウ) 下がる

問2

2

問3

(1) $M = 28.9 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$

(2)
$$V = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} = \sqrt{\frac{1.41 \times 8.31 \times (273+t)}{28.9 \times 10^{-3}}} = 10 \times \sqrt{\frac{1.41 \times 8.31 \times 273}{2.89} \left(1 + \frac{t}{273}\right)} = 333 \times \sqrt{1 + \frac{t}{273}} =$$

$$333 \times \left(1 + \frac{1}{2} \times \frac{t}{273}\right) = 333 + 0.6t$$

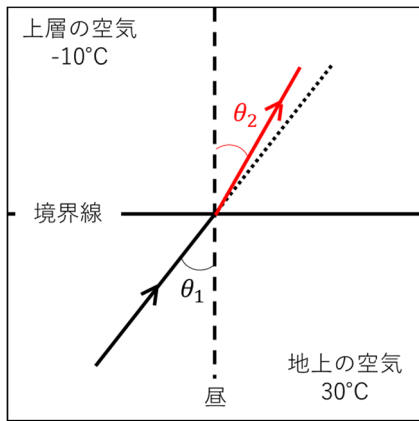
- (3) $25^\circ\text{C} : V = 333 + 0.6 \times 25 = 348 \text{ m/s}$
 $5^\circ\text{C} : V = 333 + 0.6 \times 5 = 336 \text{ m/s}$
- (4) $25^\circ\text{C} : 348 \text{ m/s} = 260 \text{ Hz} \times \lambda \quad \lambda = 1.34 \text{ m}$
 $5^\circ\text{C} : 336 \text{ m/s} = 260 \text{ Hz} \times \lambda \quad \lambda = 1.29 \text{ m}$

問4

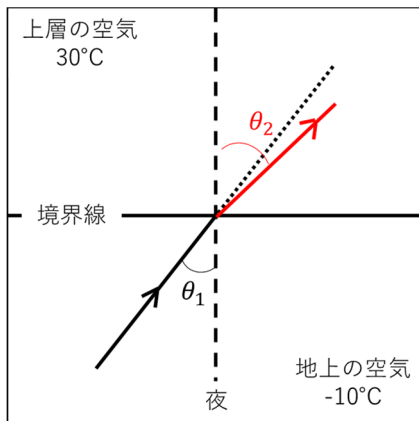
(1) $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \text{一定}$

(2) $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{333+0.6 \times 30}{333+0.6 \times (-10)} = \frac{351}{327} = 1.07$

$$\sin\theta_1 > \sin\theta_2 \quad \theta_1 > \theta_2$$



$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{333+0.6 \times (-10)}{333+0.6 \times 30} = \frac{327}{351} = 0.93$$



$$\sin\theta_1 < \sin\theta_2 \quad \theta_1 < \theta_2$$

問 5

ヤングの実験, ニュートンリング, 虹, 回折格子