

2025年2月28日 実施

日本医科大学

医学部 後期 物理

(制限時間 理科2科120分)

解答速報

医学部専門予備校



解 答

[I]

$$\boxed{\text{ア}} : \frac{a_1}{g}$$

$$\boxed{\text{イ}} : \frac{g}{r\omega_1^2}$$

$$\boxed{\text{ウ}} : mg\sin\theta$$

$$\boxed{\text{エ}} : -\frac{mg}{R}x$$

$$\boxed{\text{オ}} : \sqrt{\frac{g}{R}}$$

$$\boxed{\text{カ}} : -\frac{F}{2R}x$$

$$\boxed{\text{キ}} : \sqrt{1 + \frac{F}{2mg}}$$

[II]

$$\boxed{\text{ア}} : 20$$

$$\boxed{\text{イ}} : 2.0$$

$$\boxed{\text{ウ}} : 40$$

$$\boxed{\text{エ}} : 200$$

$$\boxed{\text{オ}} : 1.5$$

$$\boxed{\text{カ}} : 0.6$$

$$\boxed{\text{キ}} : 1.0$$

[III]

$$\boxed{\text{ア}} : \frac{c}{\lambda}$$

$$\boxed{\text{イ}} : > \frac{hc}{W}$$

$$\boxed{\text{ウ}} : \sqrt{2mK}$$

$$\boxed{\text{エ}} : \frac{h}{\sqrt{2mK}}$$

$$\boxed{\text{オ}} : \frac{Bd}{m}$$

$$\boxed{\text{カ}} : \frac{b}{a}$$

解 説

[I]

(1) 本の質量を m 、本と座席の間の垂直抗力の大きさを N 、静止摩擦係数を μ とする。

○ バスの中から見た滑り出す直前の本に働く力のつり合い

$$\text{水平方向} : ma_1 = \mu N \quad \text{鉛直方向} : N = mg$$

$$\therefore \mu = \frac{a_1}{g}$$

(2) 物体の質量を m 、物体と円筒の間の垂直抗力の大きさを N 、静止摩擦係数を μ とする。

○ 円筒とともに回転して見た滑り出す直前の物体に働く力のつり合い

$$\text{水平方向} : mr\omega^2 = N \quad \text{鉛直方向} : \mu N = mg$$

$$\therefore \mu = \frac{g}{r\omega^2}$$

(3) 「お椀にそってPを微小に動かす」とあるが、特別な外力なしに手を放してPが最下点近傍で微小振動しているとする。

お椀の表面におけるPが受ける接線方向の力は重力の成分のみであるからその大きさは $mg\sin\theta$ となる。接線方向の運動方程式より、

ウ

$$ma_x = -mg\sin\theta \doteq -mg\theta$$

$x = R\theta$ であるから、

$$ma_x = -\frac{mg}{R}x$$

エ

よってこの運動は単振動であり、その角振動数は $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{R}}$ である。

オ

大きさ F の力でバネにそって押してくる特殊なバネが取り付けられた後について考える。お椀の中心とPを結ぶ直線とバネとのなす角は $\frac{\theta}{2}$ だから、バネがPに及ぼす力の接線方向成分の大きさは $F\sin\frac{\theta}{2} \doteq \frac{F\theta}{2} = \frac{F}{2R}x$ である。接線方向の運動方程式より、

$$ma_x = -\frac{mg}{R}x + \frac{F}{2R}x = -\frac{2mg + F}{2R}x$$

カ

よってこの運動は単振動であり、その角振動数は

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{2mg + F}{2mR}} = \sqrt{\frac{g}{R}} \cdot \sqrt{1 + \frac{F}{2mg}}$$

である。

[II]

○ 端子bをつなぐときの電流の最大測定値

電流の測定値とは電流計を流れる電流のことではない。端子間を流れる電流である。

直流電流計には0.200Aの測定限界の電流が流れている。9.00Ωの直流電流計Dと0.900Ωの抵抗の合成抵抗値は9.90Ωであり、これが0.100Ωの抵抗と並列しているから、端子bを流れる電流は、

$$0.200 \text{ A} + \frac{9.90 \Omega}{0.100 \Omega} \cdot 0.200 \text{ A} = \underline{20 \text{ A}}$$

これが端子bをつなぐときの電流の最大測定値である。

○ 端子cをつなぐときの電流の最大測定値

直流電流計には0.200Aの測定限界の電流が流れている。0.100Ωの抵抗と0.900Ωの抵抗の合成抵抗値は1.000Ωであり、これが9.00Ωの直流電流計Dと並列しているから、端子cを流れる電流は、

$$0.200 \text{ A} + \frac{9.00 \Omega}{1.00 \Omega} \cdot 0.200 \text{ A} = \underline{2.0 \text{ A}}$$

これが端子cをつなぐときの電流の最大測定値である。

○ 端子dをつなぐときの電圧の最大測定値

電圧の測定値とは電流計にかかる電圧のことではない。端子間にかかる電圧である。

直流電流計には0.200Aの測定限界の電流が流れている。9.00Ωの直流電流計Dと191Ωの抵抗の合成抵抗値は200Ωであるから、端子aと端子dの間の電圧は、

$$200 \Omega \times 0.200 \text{ A} = \underline{40 \text{ V}}$$

これが端子dをつなぐときの電圧の最大測定値である。

○ 端子eをつなぐときの電圧の最大測定値

直流電流計には0.200Aの測定限界の電流が流れている。9.00Ωの直流電流計Dと191Ωの抵抗と800Ωの抵抗の合成抵抗値は1000Ωであるから、端子aと端子eの間の電圧は、

$$1000 \Omega \times 0.200 \text{ A} = \underline{200 \text{ V}}$$

これが端子eをつなぐときの電圧の最大測定値である。

○ 端子fをつなぐとき

9.00 Ω の直流電流計 D と 0.100 Ω の抵抗と 0.900 Ω の抵抗の合成抵抗値は 0.900 Ω である。電流を I 、可変抵抗の抵抗値を R 、電池 X の内部抵抗を r として、キルヒホッフの第二法則より、

$$(R + 0.9 \Omega + r)I = 3 \text{ V} \quad \therefore I = \frac{3 \text{ V}}{R + 0.9 \Omega + r}$$

電池 X 以外の抵抗で消費される電力 P は、

$$P = (R + 0.9 \Omega)I^2 = \frac{(R + 0.9 \Omega)(3 \text{ V})^2}{(R + 0.9 \Omega + r)^2} = \frac{(3 \text{ V})^2}{\left(\sqrt{R + 0.9 \Omega} + \frac{r}{\sqrt{R + 0.9 \Omega}} \right)^2}$$

相加平均と相乗平均の関係より、 P を最大とする R は、

$$R + 0.9 \Omega = r \quad \therefore R = r - 0.9 \Omega$$

であり、 P の最大値 P_M は、

$$P_M = \frac{(3 \text{ V})^2}{4r}$$

これが設問に与えられたように 1.50 W であるから、 $r = \frac{1.5 \text{ W}}{\text{オ}}$ となる。このときの R と

I の値はそれぞれ、

$$R = r - 0.9 \Omega = \frac{0.6 \text{ W}}{\text{カ}} \quad I = \frac{3 \text{ V}}{R + 0.9 \Omega + r} = \frac{3 \text{ V}}{3 \Omega} = \frac{1.0 \text{ A}}{\text{キ}}$$

[III]

波長 λ の光の振動数は $\frac{c}{\lambda}$ であり、光子のエネルギーは $h\frac{c}{\lambda}$ であるから、仕事関数 W

の電極 M から光電子が飛び出さないのは、

$$h\frac{c}{\lambda} < W \quad \therefore \lambda > \frac{hc}{W}$$

のとき。運動エネルギー K の電子の運動量の大きさ p は $p = \sqrt{2mK}$ であり、ドブロイ

波長は $\lambda_e = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mK}}$ である。QR 間を通過するためには光電子が電場から受ける

力と磁場から受ける力が釣り合っていないなければならない。光電子の速さ $v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$ を用いて、

$$\text{力の釣り合い} : e\frac{V}{d} = evB \quad \therefore V = Bdv = \frac{Bd}{m}\sqrt{2mK} = \frac{Bd}{m} \cdot p$$

以降、複スリットに入射した電子は波長 λ_e の光をもちいたヤングの干渉実験と同等のふるまいをする。OP の距離は干渉縞の間隔であるから、

$$OP = \frac{b}{a} \lambda_e$$

となる。