

久留米大学医学部(後期) 物理

2021年 3月8日実施

1

- I. (1) $mg \sin \theta$ [N] (2) $H \tan \theta$ [m] (3) $\mu' < \tan \theta$
- (4) $\sqrt{\frac{2L}{g(\sin \theta - \mu' \cos \theta)}}$ [s]
- II. (5) $(m + M)g \tan \theta$ [N] (6) $\frac{m}{m + M}L \cos \theta$ [m] (7) $\sqrt{\frac{2(m + M)gL \sin \theta}{M + m \sin^2 \theta}}$ [m/s]
- III. (8) $\frac{7}{5}$ 倍

(注：(3) は問題用紙の冒頭に「ある小問のみで定義される物理量の記号を他の小問で用いないこと」とあるので， W ， H を用いた条件 $\mu' < \frac{W}{H}$ は不適。また，問題文にある条件は，静止摩擦係数 μ_0 を与えて， $\mu' < \mu_0 < \tan \theta < \frac{W}{H}$ のように書く必要がある。)

解説

- I. (1) 求める力を f とする。物体 B に作用する力の，斜面に平行な成分のつりあいより， $f = mg \sin \theta$ [N]
- (2) 角度 θ を 0 から大きくしていったときに，物体 B が転倒する直前，対角線のひとつが鉛直線と一致するので， $\tan \theta = \frac{W}{H}$ 。求める値は $H \tan \theta$ [m]
- (3) 摩擦角の考え方より，斜面を滑り降りるための条件は $\mu' < \tan \theta$
- (4) 物体 B の斜面に沿った加速度の大きさ $a = g(\sin \theta - \mu' \cos \theta)$ なので，

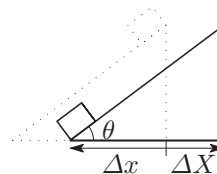
$$\frac{1}{2}at^2 = L \text{ より, } t = \sqrt{\frac{2L}{g(\sin \theta - \mu' \cos \theta)}} \text{ [s]}$$

- II. (5) 台 A の加速度を A とする。台 A から見た場合，物体 B に作用する重力と慣性力の合力が斜面に対して垂直になるので， $A = g \tan \theta$

あらためて，A と B を一体の物体とみた運動方程式を考えると，

$$\text{外力の大きさ } F = (M + m)A = (m + M)g \tan \theta \text{ [N]}$$

- (6) はじめ A，B ともに静止しているので，運動量の水平成分の和は常に 0 (ゼロ) である。そのため，A，B それぞれの変位の水平成分の大きさ ΔX ， Δx は質量の逆比となる。 $\Delta X + \Delta x = L \cos \theta$ であるので， $\Delta X = \frac{m}{M + m}L \cos \theta$ [m]



- (7) 台 A から見た物体 B の相対加速度の大きさを α ，外から見た A の加速度の大きさを A とし，A，B 間でやり取りされる垂直抗力の大きさを N とする。台 A については外から見た運動方程式，物体 B については，台 A から見た斜面に沿った方向の運動方程式と，台 A から見た斜面に垂直な方向の力の釣り合いの式は，それぞれ以下のようになる。

$$MA = N \sin \theta$$

$$m\alpha = mA \cos \theta + mg \sin \theta$$

$$mg \cos \theta = N + mA \sin \theta$$

これらを解いて、 $\alpha = \frac{(M+m)\sin\theta}{M+m\sin^2\theta}g$ より、 $v = \sqrt{2\alpha L} = \sqrt{\frac{2(m+M)gL\sin\theta}{M+m\sin^2\theta}}$ [m/s]

- III. (8) 台 A から見た物体 B の相対加速度の大きさを α' 、外から見た A の加速度の大きさを A' とし、A、B 間でやり取りされる垂直抗力の大きさを N' とする。動摩擦力を考慮したうえで、(7) と同様の式を立てると、

$$MA' = N' \sin \theta - \mu' N' \cos \theta$$

$$m\alpha' = mA \cos \theta + mg \sin \theta - \mu' N'$$

$$mg \cos \theta = N' + mA' \sin \theta$$

これらを α' について解くと、 $\alpha' = \frac{(M+m)(\sin\theta - \mu' \cos\theta)}{M+m\sin\theta(\sin\theta - \mu' \cos\theta)}g$

問題文で与えられた値を α 、 α' に代入すると $\alpha = \frac{14}{25}g$ 、 $\alpha' = \frac{2}{7}g$

$$\frac{t'}{t} = \sqrt{\frac{\alpha'}{\alpha}} = \sqrt{\frac{49}{25}} = \frac{7}{5} \text{ 倍}$$

2

I. (1) $\frac{2\ell D}{L} = m\lambda$ (2) $\frac{L\lambda}{2D}$ [m]

(3) 間隔が大きい色：赤 間隔が小さい色：青

II. (4) (ウ) (5) $\frac{D}{L}s$ [m]

(6) 5λ [m]

III. (7) $\frac{\lambda}{2w}v$ [m/s] (8) $\frac{\lambda}{2w}z$ [m]

解説

I. (1) 辺 ab から距離 ℓ 離れた位置におけるすきまの間隔を d とすると、 $d = \frac{\ell}{L}D$ となる。よって、この位置が

暗くなる条件は、 $2d = m\lambda \iff \frac{2\ell D}{L} = m\lambda$

(2) (1) より、 m 番目の暗線の位置は、 $\ell_m = \frac{mL\lambda}{2D}$

したがって、隣り合う暗線の間隔は、 $\Delta\ell = \ell_{m+1} - \ell_m = \frac{L\lambda}{2D}$ [m]

(3) (2) より、波長 λ が長い方が暗線の間隔は広がる。 $\lambda_{\text{赤}} > \lambda_{\text{黄}} > \lambda_{\text{青}}$ であるから、隣り合う暗線の間隔が最も大きい色は **赤**、最も小さい色は **青**

II. (4) ガラス板 C を置いたときのすきまの間隔が、ガラス板 C を置く前の点 P_B のところのすきまの間隔と等しくなるのは、点 P_B が辺 cd 側にずれた位置である。よって、選択肢は **ウ**

(5) ガラス板 C の厚さを x とすると、 $\frac{x}{s} = \frac{D}{L} \therefore x = \frac{D}{L}s$ [m]

(6) 点 P_C を 1 本目の暗線が横切ってから 11 本目の暗線が横切るまでの間に、暗線はずれる距離は $s = 10\Delta\ell$ である。したがって、(2)、(5) より、 $x = \frac{D}{L} \times 10\Delta\ell = \frac{D}{L} \cdot \frac{10L\lambda}{2D} = 5\lambda$ [m]

III. (7) (2) より、面 α での隣り合う暗線の間隔は $w = \frac{L\lambda}{2D}$

また、面 β で縞模様が移動する速さを $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ とすると、(5) より、時間 Δt での面 β の厚さの減少は、

$\Delta x = \frac{D}{L}\Delta s$ となり、単位時間当たりの厚さの減少は、 $\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{D}{L} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{D}{L}v = \frac{\lambda v}{2w}$ [m/s] と

なる。

(8) $\frac{\Delta x}{z} = \frac{D}{L}$ であるから、求める厚さの差は $\Delta x = \frac{D}{L}z = \frac{\lambda z}{2w}$ [m]

3

- I. (1) 1.0×10^{-2} [A] (2) 2.5 [V]
 (3) 小さくなる (4) 4.5 [V]
- II. (5) 35 倍
- III. (6) $\frac{1}{4}$ 倍 (7) 4.0×10^2 [Ω]
 (8) 4.0×10^{-2} [W] (9) 50 [Ω]

解説

- I. (1) $I_D = 10^{2(4-5)} = 1.0 \times 10^{-2}$ A (補足 1 の表参照)
 (2) $I_D = 1.0 \times 10^{-5} = 10^{2(V_D-5)}$ を解いて $V_D = 2.5$ V
 (3) 電源電圧と V_D が等しいので, $R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{V_D}{10^{2(V_D-5)}}$ を計算すると,
 (i) $V_D = 2$ [V] のとき, $R_D = 2.0 \times 10^{-6}$ Ω
 (ii) $V_D = 4.5$ [V] のとき, $R_D = 45$ Ω

よって電源電圧を大きくしていくと R_D は小さくなる。(補足 2 参照)

- (4) (3) で計算した通り, $V_D = 4.5$ V のとき $R_D = 45$ Ω である。
- II. (5) $I_D = 1.0 \times 10^{-3}$ A より, $1.0 \times 10^{-3} = 10^{2(V_D-5)}$ を解いて $V_D = 3.5$ V である。抵抗 R の両端にかかっている電圧は $100I_D = 0.10$ V であるから, 求める電圧の比は 35 倍となる。
- (6) 検流計に電流が流れないので,

$$(\text{抵抗 R の両端にかかる電圧}) : (\text{LED の両端にかかる電圧}) = (\text{KP 間の電圧}) : (\text{PL 間の電圧})$$

であり, KP と PL に流れる電流が等しいので

$$(\text{KP 間の電圧}) : (\text{PL 間の電圧}) = 1 : 4$$

となる。したがって求める電圧の比は $\frac{1}{4}$ となる。

- (7) (6) より $100I_D : V_D = 1 : 4$ であるから, $R_D = \frac{V_D}{I_D} = 4.0 \times 10^2$ Ω となる。
- (8) (7) より $V_D = 400I_D = 400 \times 10^{2(V_D-5)}$ である。 $V_D = 4.0$ V を代入するとこの式が成立することが分かり, このとき $\frac{V_D^2}{R_D} = 4.0 \times 10^{-2}$ W となる。(補足 2 参照)
- (9) 電流計に 1.1×10^{-1} A の電流が流れていて, 抵抗 R と LED に $I_D = \frac{V_D}{R} = \frac{4}{400} = 1.0 \times 10^{-2}$ A の電流が流れているので抵抗線には 1.0×10^{-1} A が流れている。抵抗 R と LED の合成抵抗は $100 + 400 = 500$ Ω である。この合成抵抗が抵抗線と並列なので, 抵抗の比は電流の逆比であるから抵抗線 KL の抵抗は $\frac{500}{10} = 50$ Ω となる。

(補足 1) : V_D, I_D, R_D の表は以下のようになる。

V_D [V]	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
I_D [A]	1.0×10^{-6}	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-2}	0.10
R_D [Ω]	2.0×10^6	2.5×10^5	3.0×10^4	3.5×10^3	4.0×10^2	45

(補足 2) : 2.0 V $\leq V_D \leq 4.5$ V の範囲で $R_D = \frac{V_D}{I_D}$ は V_D に関して単調に減少する。

講評

- 1 [力学：斜面上の物体の運動] (やや難)
前半は標準的だが, (7), (8) は誘導が無く計算量も多いので後回しにした方がよい。(6) までは得点して欲しい。
- 2 [波動：くさび型薄膜による干渉] (やや難)
I は標準的な問題。II 以降は少し難易度が高いので (5) くらいまで解ければ良いだろう。
- 3 [電磁気：ダイオードを含む回路] (標準)
ダイオードを含む回路の問題。表作成などの手間はありますが, 誘導が丁寧なので完答したい。

総評

例年に比べ難易度の高い問題が増え大幅に難化した。1, 2の後半は難易度が高くあまり差がつかないだろう。目標は 65%。

メルマガ無料登録で全教科配信! 本解答速報の内容に関するお問合せは… メビオ ☎0120-146-156 まで

医学部進学予備校
メビオ
☎0120-146-156
受付 9~21時 (土日祝可・携帯からOK)
大阪市中央区石町 2-3-12
ベルヴォア天満橋
<https://www.mebio.co.jp/>

医学部専門予備校
YMS
heart of medicine
☎03-3370-0410
受付 8~20時 (土日祝可)
東京都渋谷区代々木
1-37-14
<https://yms.ne.jp/>

医学部専門予備校
英進館メビオ
福岡校
☎0120-192-215
福岡市中央区渡辺通 4-8-20
英進館 天神本館新2号館2階
<https://www.mebio-eishinkan.com/>