

関西医科大学 物理

2019年1月26日実施

I

略解

問 1  $F_1 = mg \frac{\mu \cos \theta - \sin \theta}{\cos \theta + \mu \sin \theta}$

問 2  $F_2 = mg \frac{\mu \cos \theta + \sin \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta}$

問 3  $\mu = \tan \phi$

問 4 緩め始めるために必要な  $W$  の方が  $\frac{mgd \sin 2\theta}{2L \sin(\theta + \phi) \sin(\theta - \phi)}$  だけ大きい.

問 5 ②

解説

問 1 P にはたらく垂直抗力の大きさを  $N$  として、鉛直方向と水平方向についての力のつりあいの式を立てると

$$\begin{cases} F_1 \sin \theta + N = mg \cos \theta \\ F_1 \cos \theta + mg \sin \theta = \mu N \end{cases}$$

$N$  を消去して  $F_1$  について解くと  $F_1 = mg \frac{\mu \cos \theta - \sin \theta}{\cos \theta + \mu \sin \theta}$ .

問 2 P にはたらく垂直抗力の大きさを  $N'$  として、鉛直方向と水平方向についての力のつりあいの式を立てると

$$\begin{cases} N' = mg \cos \theta + F_2 \sin \theta \\ \mu N' + mg \sin \theta = F_2 \cos \theta \end{cases}$$

$N'$  を消去して  $F_2$  について解くと  $F_2 = mg \frac{\mu \cos \theta + \sin \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta}$ .

解答者注： $F_2$  は、問 1 の解答において  $F_1 \rightarrow -F_2$ ,  $\mu \rightarrow -\mu$  と置き換えたものに等しくなる.

問 3 P にはたらく垂直抗力の大きさを  $N''$  として、鉛直方向と水平方向についての力のつりあいの式を立てると

$$\begin{cases} \mu N'' = mg \sin \phi \\ N'' = mg \cos \phi \end{cases}$$

$N''$  を消去して  $\mu$  について解くと  $\mu = \tan \phi$ .

解答者注： $\phi$  を摩擦角という.

問 4 ネジの中心のまわりの力のモーメントを考えると、 $W$  と  $F$ (つまり  $F_1$  または  $F_2$ ) の間には

$$WL = \frac{d}{2}F$$

という関係がある。締め始めるために必要な  $W$  を  $W_1$ 、緩め始めるために必要な  $W$  を  $W_2$  とすると

$$W_1 - W_2 = \frac{dL}{2}(F_1 - F_2).$$

この式に問 1~3 の結果を代入して整理すると

$$W_1 - W_2 = -\frac{mgd \sin 2\theta}{2L \sin(\theta + \phi) \sin(\theta - \phi)}$$

が得られる。よって緩め始めるために必要な  $W$  の方が  $\frac{mgd \sin 2\theta}{2L \sin(\theta + \phi) \sin(\theta - \phi)}$  だけ大きい。

問 5 ②が正しいので、①、③、④は不適。⑤は、摩擦が小さくなると  $\phi$  が小さくなるので不適。⑥は、摩擦係数はネジの材質によっても変わるので不適。⑦は、 $L$  を短くしても  $F_1$  や  $F_2$  には関係無いので不適。

## II

### 略解

問 1  $CV_A$

問 2 電流:  $\frac{V_A + V_B}{R_A + R_B}$ , P の電位:  $\frac{R_A V_B - R_B V_A}{R_A + R_B}$

問 3  $\frac{C}{2} \left\{ \left( \frac{R_A V_C + R_C V_A}{R_A + R_C} \right)^2 - \left( \frac{R_A V_B - R_B V_A}{R_A + R_B} \right)^2 \right\}$

問 4  $R_A = 15 [\Omega]$ ,  $R_B = 6.25 \doteq 6.3 [\Omega]$

問 5  $\frac{V_A + V_B}{F(R_A + R_B)} [\text{mol}]$

### 解答

問 1 略

問 2 電池と抵抗の名前をそれぞれ電池 A, 抵抗 A などと呼ぶことにする. 抵抗 A, 抵抗 B, 電池 A, 電池 B で作られる閉回路に流れる電流  $i$  は,  $i = \frac{V_A + V_B}{R_A + R_B}$ . したがって, 点 P の電位は,  $V_P = R_A i - V_A = \frac{R_A V_B - R_B V_A}{R_A + R_B}$ .

問 3 スイッチを X につないでいるときのコンデンサの電圧は  $V_P$  である. スイッチを Y につなぎかえた後のコンデンサ電圧を  $V'_P$  とする. スイッチを Y につないだ後の回路は X につないでいるときの回路の抵抗 B の抵抗値と電源 B の電圧をそれぞれ  $R_B \rightarrow R_C$ ,  $V_B \rightarrow -V_C$  と置き換えた回路となるので, 問 2 で求めた  $V_P$  に式から,

$$V'_P = -\frac{R_A V_C + R_C V_A}{R_A + R_C}$$

と求まる. よって,

$$\Delta U = \frac{1}{2} C (V'^2_P - V^2_P) = \frac{C}{2} \left\{ \left( \frac{R_A V_C + R_C V_A}{R_A + R_C} \right)^2 - \left( \frac{R_A V_B - R_B V_A}{R_A + R_B} \right)^2 \right\}$$

問 4 スイッチを X に入れた場合も Y に入れた場合も図 2 の左右の点 P が等電位なので,  $R_C$  に電流は流れない. つまり, スイッチを X に入れた場合は問 2 で求めた  $V_P = \frac{R_A V_B - R_B V_A}{R_A + R_B} = 50 [\text{mV}]$ , スイッチを Y に入れた場合

は問 3 で求めた  $V'_P = -\frac{R_A V_C + R_C V_A}{R_A + R_C} = -80 [\text{mV}]$  の場合に相当する. 問題文に与えられた数値を代入して

この 2 式を解けば  $R_A = 15 [\Omega]$ ,  $R_B = 6.25 \doteq 6.3 [\Omega]$  と求まる.

問 5 図 1 のスイッチを X につないだ場合に X に流れる電流は問 2 から  $i = \frac{V_A + V_B}{R_A + R_B}$  であった. このとき単位時間

あたりに X を通過する  $\text{Na}^+$  の物質量を  $n [\text{mol/s}]$  とすると, 題意から  $i [\text{A}] = i [\text{C/s}] = F [\text{C/mol}] \cdot n [\text{mol/s}]$ .

よって  $n = \frac{V_A + V_B}{F(R_A + R_B)} [\text{mol}]$ .

### III

#### 略解

問 1

<input type="checkbox"/> ア	CD	<input type="checkbox"/> イ	BC	<input type="checkbox"/> ウ	DR
<input type="checkbox"/> エ	CR	<input type="checkbox"/> オ	CS	<input type="checkbox"/> カ	BS

問 2

<input type="checkbox"/> 1	$\sin i$	<input type="checkbox"/> 2	$\sin r$	<input type="checkbox"/> 3	$n$
<input type="checkbox"/> 4	$n$	<input type="checkbox"/> 5	$\cos(\theta + r)$	<input type="checkbox"/> 6	$2nt \cos(\theta + r)$
<input type="checkbox"/> 7	$\left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda$	<input type="checkbox"/> 8	$X_m \tan \theta$	<input type="checkbox"/> 9	$\frac{(2m - 1)\lambda}{4n \cos(\theta + r) \tan \theta}$
<input type="checkbox"/> 10	$\frac{\lambda}{2n \cos(\theta + r) \tan \theta}$				

問 3  $2.5 \times 10^{-5}$  [m]

#### 解説

問 1～問 2 光路長を記号  $\widetilde{\quad}$  で表すことにする.

$$\Delta = \widetilde{DC} + \widetilde{CB} - QB.$$

ここで,  $QB = \widetilde{DR}$  であることに注意すると,

$$\begin{aligned} \Delta &= \widetilde{RC} + \widetilde{CB} \\ &= n \times RS. \end{aligned}$$

また,  $\angle BDR + r = 90^\circ$  より,  $\angle DBR = r$ . したがって,  $\triangle OBU$  に関して,

$$\angle BUP = \angle BOU + \angle OBU = \theta + r$$

となることがわかる.  $\triangle BSR \sim \triangle BUP$  より,

$$\angle BSR = \angle BUP = \theta + r.$$

以上より,

$$\Delta = n \times BS \cos \angle BSR = 2nt \cos(\theta + r).$$

反射による位相のずれを考慮すると, 明線条件は,

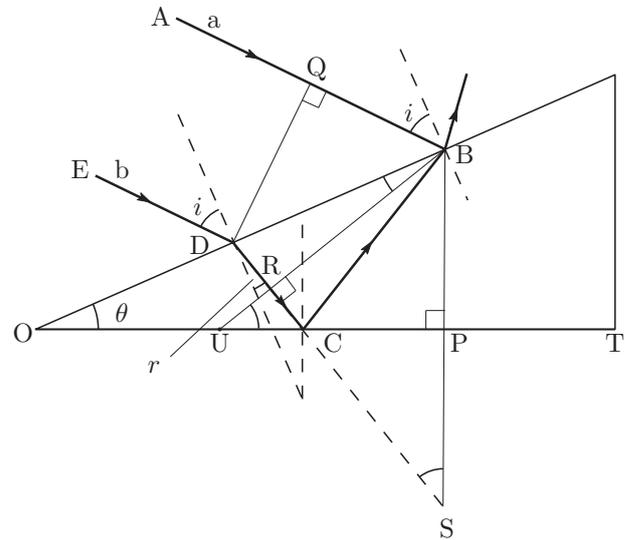
$$2nt \cos(\theta + r) = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

となる. したがって,

$$t = \frac{(2m - 1)\lambda}{4n \cos(\theta + r)}.$$

$t = X_m \tan \theta$  を代入して  $X_m$  について解くと,

$$X_m = \frac{(2m - 1)\lambda}{4n \cos(\theta + r) \tan \theta}.$$



これを用いると、明線の間隔は、

$$\Delta X = X_{m+1} - X_m = \frac{\lambda}{2n \cos(\theta + r) \tan \theta}$$

と求まる。

問3 ガラス板に垂直な方向から光をあてているので、 $i = r = 0^\circ$ 。したがって、

$$\Delta X = \frac{\lambda}{2n \cos \theta \tan \theta} = \frac{\lambda}{2n \sin \theta} \doteq \frac{\lambda}{2n \tan \theta}.$$

アルミ箔の厚みを  $D$  [m] とする。問題文の記述から、 $n = 1$ ,  $L = 0.10$  [m],  $\lambda = 7.00 \times 10^{-7}$  [m],  $\Delta X = 1.4 \times 10^{-3}$  [m]. また、 $\tan \theta = \frac{D}{L}$  となるので、 $\Delta X \doteq \frac{L\lambda}{2nD}$ 。したがって、

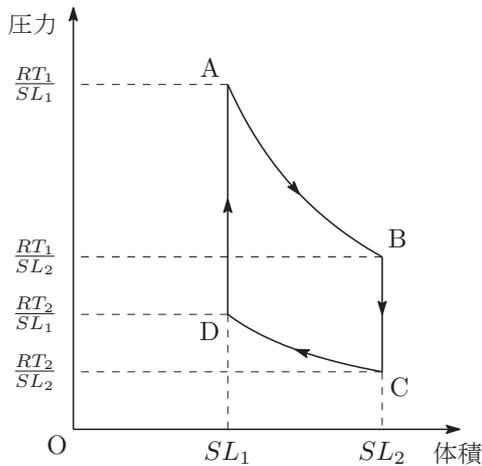
$$D \doteq \frac{L\lambda}{2n\Delta X} = \frac{0.10 \times 7.00 \times 10^{-7}}{2 \times 1 \times 1.4 \times 10^{-3}} = 2.5 \times 10^{-5} \text{ [m]}$$

# IV

## 略解

問 1  $P_A = \frac{RT_1}{SL_1}$

問 2



※ B と D の圧力の大小関係はこのとおりでなくてもよい

問 3  $RT_1 \log_e \frac{L_2}{L_1}$

問 4  $R(T_1 - T_2) \log_e \frac{L_2}{L_1}$

問 5  $1 - \frac{T_2}{T_1}$

熱効率を 1 に近づける方法：絶対温度  $T_1$  に対する  $T_2$  の比を小さくする。

## 解説

問 1 気体の体積は  $SL_1$  なので、状態方程式より  $P_A = \frac{RT_1}{SL_1}$

問 2 B と D の圧力の大小関係は問題の条件からは定まらないので、大小関係は上のグラフと逆になっていても良い。

問 3 A → B の過程は等温変化なので内部エネルギーの変化は 0。よって、吸収する熱量は気体のする仕事に等しい。

$$Q_{AB} = W_{AB} = RT_1 \log_e \frac{L_2}{L_1}$$

問 4 B → C、および、D → A の過程での気体のする仕事は 0。また、 $W_{CD} = RT_2 \log_e \frac{L_1}{L_2}$  より、1 サイクルで外部

$$\text{にする仕事は } W_{\text{tot}} = R(T_1 - T_2) \log_e \frac{L_2}{L_1}$$

問 5 問題文より熱効率を求めるときの分母は  $Q_{AB}$  であるので、熱効率  $e = \frac{W_{\text{tot}}}{Q_{AB}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

熱効率を 1 に近づけるには、絶対温度  $T_1$  に対する  $T_2$  の比を小さくすればよい。

## 講評

I [力学：ネジをまわす力・静止摩擦力](標準) ネジを締める運動と緩める運動を斜面上の物体の運動に対応させて考える問題。誘導が丁寧なので解きやすい。できれば完答したい。

II [電磁気：イオンチャンネルの物理モデル](やや難) 問3までは、標準的な回路の問題。問4から状況が複雑になるので、問題の内容を読み取って丁寧に作業する必要がある。

III [波動：くさび型薄膜による干渉] (標準) 前半は問題文中の空所補充の形式で、光路差を誘導にしたがって順序良く求める。図中の記号や文字を用いていくので、しっかり図を見ながら進めていかなければいけない。途中、経路の置き換えがあるが、薄膜の斜め入射の問題と同じ考え方である。問3は数値計算。前半の結論を用いて解いても良いが、結果的によく知られたくさび型薄膜の結論と同じになる。

IV [熱力学：スターリングエンジン] (標準) 標準的な熱サイクルの問題。等温変化が含まれているが、問題文中に等温変化における仕事を与えられているので、計算は必要ない。最後に熱効率を求める際に問題文に書いてある条件に従う必要があり注意が必要。

2018年度に比べると全体的に解きやすい問題が増えた。目標は、70%。

医学部進学予備校

**メビオ**

〒540-0033 大阪市中央区石町2-3-12 ヘルヴォア天満橋



**0120-146-156**

<https://www.mebio.co.jp/>

**M e B i o**  
S c h o l a s t i c s

