福岡大学医学部　物理

2019年2月2日実施

〔 I 〕

略解

(1)　〔11〕 $\dfrac{V_0}{R}$　　(2)　〔24〕 ωt　　(3)　〔15〕 $\dfrac{V_0}{\omega L}$

(4)　〔23〕 $\omega t-\dfrac{\pi}{2}$　　(5)　〔16〕 $-\dfrac{V_0}{\omega L}$　　(6)　〔21〕 $\omega C V_0$

(7)　〔25〕 $\omega t+\dfrac{\pi}{2}$　　(8)　〔21〕 $\omega C V_0$　　(9)　〔11〕 $\dfrac{V_0}{R}$

(10)　〔26〕 $\left(\omega C-\dfrac{1}{\omega L}\right)V_0$　　(11)　〔30〕 $\sqrt{\left(\dfrac{1}{R}\right)^2+\left(\omega C-\dfrac{1}{\omega L}\right)^2}$

(12)　〔34〕 $\dfrac{\omega C-\dfrac{1}{\omega L}}{\dfrac{1}{R}}$　　(13)　〔37〕 $\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$

解説

抵抗，コイル，コンデンサのリアクタンスはそれぞれ R，ωL，$\dfrac{1}{\omega C}$ である．リアクタンス Z の回路素子に流れる電流の最大値 I_0 は電圧の最大値 V_0 を用いて $I_0=\dfrac{V_0}{Z}$ と求まる．この問題では各回路素子 (抵抗，コイル，コンデンサ) が並列で，各素子にかかる電圧は $V=V_0\sin\omega t$ で共通なので，抵抗，コイル，コンデンサの電流位相が電圧位相に対してそれぞれ 0〔rad〕，$-\dfrac{\pi}{2}$〔rad〕，$\dfrac{\pi}{2}$〔rad〕だけ進むことに注意して

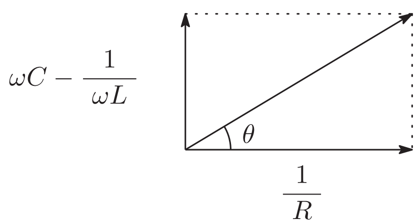
$$
\begin{aligned}
I_{\mathrm{R}}&=\frac{V_0}{R}\sin\omega t,\\
I_{\mathrm{L}}&=\frac{V_0}{\omega L}\sin\left(\omega t-\frac{\pi}{2}\right)=-\frac{V_0}{\omega L}\cos\omega t,\\
I_{\mathrm{C}}&=\omega C V_0\sin\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right)=\omega C V_0\cos\omega t.
\end{aligned}
$$

よって，

$$
\begin{aligned}
I=I_{\mathrm{R}}+I_{\mathrm{L}}+I_{\mathrm{C}}&=\frac{V_0}{R}\sin\omega t+\left(\omega C-\frac{1}{\omega L}\right)V_0\cos\omega t\\
&=V_0\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2+\left(\omega C-\frac{1}{\omega L}\right)^2}\sin(\omega t+\theta).
\end{aligned}
$$

ここで，$\tan\theta=\dfrac{\omega C-\dfrac{1}{\omega L}}{\dfrac{1}{R}}$ である (右図参照).

よって電流の最大値 I_0 が最小になるには，$\omega C-\dfrac{1}{\omega L}=0$ であればよい．これを解いて $\omega=\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$.



図

〔Ⅱ〕

略解

(1)　〔4〕$\dfrac{v}{n}$

(2)　〔3〕$\dfrac{\sin\alpha}{n}$

(3)　〔2〕$\sin^2\alpha+\sin^2\gamma=n^2$

(4)　〔1〕小さく

(5)　〔4〕$\sqrt{n^2-1}$

(6)　〔1〕変わらず

(7)　〔3〕π ずれる

(8)　〔1〕$2x\theta$

(9)　〔2〕$\dfrac{\lambda}{2\theta}\left(m+\dfrac{1}{2}\right)$

(10)　〔1〕4

(11)　〔1〕左側

(12)　〔4〕$\dfrac{1}{2m+1}$

解説

(1)　媒質中の光速を相対屈折率で割って〔4〕$\dfrac{v}{n}$〔m/s〕

(2)　A における屈折の法則より〔3〕$1\cdot\sin\alpha=n\sin\beta \iff \sin\beta=\dfrac{1}{n}\sin\alpha$

(3)　B における屈折の法則より $n\cos\beta=1\cdot\sin\gamma$　　$\therefore\ \cos^2\beta=\dfrac{\sin^2\gamma}{n^2}$ また前問の答えより $\sin^2\beta=\dfrac{\sin^2\alpha}{n^2}$

辺々を加えると $1=\dfrac{\sin^2\alpha+\sin^2\gamma}{n^2}$　　ゆえに〔2〕$\sin^2\alpha+\sin^2\gamma=n^2$

(4)　γ を大きくしていくとやがて全反射をするようになる．前問の答えより，α が小さくなると γ が大きくなるので，〔1〕小さく

(5)　$\alpha=\alpha_0$ のとき $\gamma=\dfrac{\pi}{2}$ なので，$\sin^2\alpha_0+1=n^2 \iff \sin^2\alpha_0=n^2-1$　　ゆえに〔4〕$\sqrt{n^2-1}$

(6)　自由端反射なので〔1〕変わらず

(7)　固定端反射なので〔3〕π ずれる

(8)　$x\tan\theta\fallingdotseq x\theta$ と近似でき，往復なので経路差は 2 倍となる．よって〔1〕$2x\theta$〔m〕

(9)　下の板の上面で反射されるときのみ位相が π ずれることに注意すると，明線条件は $2x\theta=\left(m+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$ なので〔2〕$\dfrac{\lambda}{2\theta}\left(m+\dfrac{1}{2}\right)$〔m〕

(10)　前問の結果において m を 1 増やすと x は $\dfrac{\lambda}{2\theta}$ だけ増える．よって明線の間隔 Δx は $\Delta x=\dfrac{\lambda}{2\theta}$ と表される．$\Delta x=0.1$ mm と $\theta=0.002$ rad を代入して整理すると〔1〕4×10^{-7} m

(11)　前々問より，θ が大きくなると x は小さくなる．よって〔1〕左側

(12)　m 番目の明線の明線条件は $2x\theta=\left(m+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$，その 1 つ外側の暗線の暗線条件は $2x(\theta+\Delta\theta)=(m+1)\lambda$．

各辺同士で割ると $1+\dfrac{\Delta\theta}{\theta}=\dfrac{2(m+1)}{2m+1}=1+\dfrac{1}{2m+1}$　　よって $\Delta\theta=$〔4〕$\dfrac{1}{2m+1}\times0.002$ rad

解答者注：(12) の「m 番目の明線」という記述に関しては，問題文中に m は 0 以上の整数とあるので，もっとも左側の明線を「0 番目」の明線と解釈して解答を選んだ．

〔Ⅲ〕

略解

(1) $g\tan\phi$

(2) $\sqrt{2gL\left(\dfrac{1}{\cos\phi}-1\right)}$

(3) $mg\left(\dfrac{3}{\cos\phi}-2\right)$

(4) $2\pi\sqrt{\dfrac{L\cos\phi}{g}}$

(5) $\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$

(6) $\dfrac{\sqrt{2gh}}{\cos\phi}$

(7) $h\tan\phi$

解説

(1) 単振り子が点 O から点 A の間で振動することから，見かけの重力の方向と鉛直方向のなす角は ϕ となる．

したがって，$\tan\phi=\dfrac{a}{g}$　$\therefore a=g\tan\phi$

(2) 見かけの重力加速度を g' とすると，(1) より，$g'=\sqrt{g^2+a^2}=g\sqrt{1+\tan^2\phi}=\dfrac{g}{\cos\phi}$

したがって，小球の速さの最大値を v_0 とすると，力学的エネルギー保存則より，$\dfrac{1}{2}m{v_0}^2=mg'L(1-\cos\phi)$

よって，$v_0=\sqrt{2g'L(1-\cos\phi)}=\sqrt{2gL\left(\dfrac{1}{\cos\phi}-1\right)}$

解答者注：問題文には「近似」を用いよと明記されていないので上記の厳密解を載せた．通常近似の必要がない場合には近似解を使って解を表記してはならないことは注意しておきたい．しかし，本問はリード文に「振幅の小さな」とあるので，(4) のように近似せざるを得ない問題の場合，通常は"近似せよとは明記されていないが近似解であること"をことわって解を求めるのが正しい．

(3) 糸の張力の最大値を S_0 とすると，速さが最大となる瞬間の運動方程式より，$m\dfrac{{v_0}^2}{L}=S_0-mg'$

したがって，$S_0=m\dfrac{{v_0}^2}{L}+mg'=mg\left(\dfrac{3}{\cos\phi}-2\right)$

(4) 単振り子の周期の公式で見かけの重力加速度を用いると，

小球の振動の周期 T' は $T'=2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g'}}=2\pi\sqrt{\dfrac{L\cos\phi}{g}}$

(5) 糸を切った瞬間，電車の中から見て小球は静止している．

求める時間を t とすると，鉛直方向には下向き加速度 g で等加速度運動するので，$h=\dfrac{1}{2}gt^2$　$\therefore t=\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$

(6) 求める速さを v' とすると，見かけの重力の方向の等加速度運動の式より，$v=g't=\dfrac{g}{\cos\phi}\sqrt{\dfrac{2h}{g}}=\dfrac{\sqrt{2gh}}{\cos\phi}$

(7) 求める距離を x とすると，$\tan\phi=\dfrac{x}{h}$　$\therefore x=h\tan\phi$

講評

〔Ⅰ〕［電磁気：RLC 並列共振回路］（標準）内容は難しいが，誘導が丁寧なため (10) までは解いておきたい．(11)，(12) は難しく感じた受験生も多かったと思うが解答の選択肢の次元を見れば正答が選べる．(13) に関しては共振の知識があれば選べるので正解しておきたい．

〔Ⅱ〕［波動：プリズム・くさび型薄膜による干渉］（標準）前半のプリズムの問題は，光ファイバーの問題で触れたことのある受験生も多かったのではないだろうか．くさび型薄膜の (12) の計算は難しく感じたかもしれない．

〔Ⅲ〕［力学：慣性力，見かけの重力］（標準）慣性力の問題だが，みかけの重力を用いて考えることができないと完答するのは難しいだろう．(5) 以降は成分で考えると見通しが良くとける．

全体として，問題のテーマは重ためではあるが，選択肢が用意された穴埋め問題ということもあり正答が出しやすい．いずれの問題も典型的な解法を使って解いて時間を節約できるので時間的な制約はそれほどなかっただろう．目標は，80%