解答速報

日本大学医学部 N方式（1期） 物理

2024年 2月1日実施

【物理（解答）】

I	1	⑦	2	②	3	②	4	⑥	5	④
II	6	③	7	⑤	8	②	9	①	10	②
III	11	②	12	⑤	13	①	14	④	15	⑥
IV	16	⑥	17	②	18	⑤	19	④	20	③
V	21	④	22	①	23	②	24	②	25	⑤

【物理（講評）】

【講評】

I（放物運動と斜面との衝突）

(4)までは正答したい。(5)は数学の計算力が必要になる。

II（熱サイクル）

典型問題。ミスなく完答したい。

III（マイケルソン干渉計）

(2)までは正答したい。(3)～(5)の誘導に乗れるかどうかで大きく差が付く。

IV（電場と電位の重ね合わせ）

(4)までは正答したい。(5)は難関大学の典型問題ではあるが，差が付くだろう。

V（光電効果）

基本問題。完答したい。

【総評】

昨年と同程度の難易度。I(5)，III(3)～(5)，IV(5)を適宜トバせれば時間的な余裕がある。その他の設問でいかに落とさなかったかが合否を分けるであろう。正規合格ラインは，I 8割，II 10割，III 4割，IV 8割，V 10割の「合計8割」と思われる。1次通過ラインは「合計7割」程度か。

【ポイント解説】

I

(1) 重力加速度を x，y 方向に分解する。

(2) 等加速度運動の式（y 方向の速度） $-v_0 \sin\theta = v_0 \sin\theta - g\cos\theta \cdot \Delta t_1$

(3) 以下，$\phi = \dfrac{\pi}{4}$ ゆえ，$a_x = -\dfrac{g}{\sqrt{2}}$，$a_y = -\dfrac{g}{\sqrt{2}}$

等加速度運動の式（x 方向の速度） $0 = v_0 \cos\theta_0 - \dfrac{g}{\sqrt{2}}\Delta t_1$

(4) 斜面との 1 回目の衝突直後の小球の速度の y 成分は $ev_0 \sin\theta_0$ ゆえ，

等加速度運動の式（y 方向の速度） $-ev_0 \sin\theta = ev_0 \sin\theta - \dfrac{g}{\sqrt{2}}\Delta t_2$

(5) 斜面との 1 回目の衝突点と点 O との距離 x_1 は，等加速度運動の式より，

$$
\begin{aligned}
x &= v_0 \cos\theta \cdot \Delta t_1 - \frac{1}{2}\frac{g}{\sqrt{2}}\left(\Delta t_1\right)^2 \\
&= \frac{2\sqrt{2}\,v_0^2}{g}\left(\sin\theta\cos\theta - \sin^2\theta\right) \\
&= \frac{2\sqrt{2}\,v_0^2}{g}\left\{\frac{1}{2}\sin 2\theta - \frac{1}{2}\left(1-\cos 2\theta\right)\right\} \\
&= \frac{\sqrt{2}\,v_0^2}{g}\left(-1+\sin 2\theta + \cos 2\theta\right) \\
&= \frac{\sqrt{2}\,v_0^2}{g}\left\{-1+\sqrt{2}\sin\left(2\theta+\frac{\pi}{4}\right)\right\}
\end{aligned}
$$

x が最大となるのは $\sin\left(2\theta+\dfrac{\pi}{4}\right)=1$ のときであり，$2\theta+\dfrac{\pi}{4}=\dfrac{\pi}{2} \Leftrightarrow \theta=\dfrac{\pi}{8}$

II

(1) B→C でボイルの法則より，$3p_0V_0 = p_C 2V_0 \quad \therefore p_C = \frac{3}{2}p_0$

(2) 熱力学第 1 法則より，$Q_{AB} = \frac{3}{2}nR(T_B - T_A) = \frac{3}{2}(3p_0V_0 - p_0V_0) = 3p_0V_0$

(4) 吸収熱は，$Q_{AB} = 3p_0V_0$，$Q_{BC} = \frac{21}{10}p_0V_0$で，放出熱は熱力学第 1 法則より，$|Q_{CD}| = \frac{3}{2}p_0V_0$，$|Q_{DA}| = \frac{5}{2}p_0V_0$(定圧より，$Q_{in} = nC_P\Delta T$を用いた)なので，正味の仕事は，
$W_{tot} = Q_{in} - Q_{out} = (Q_{AB}+Q_{BC}) - (|Q_{CD}|+|Q_{DA}|) = \frac{11}{10}p_0V_0$

(5) $e = \frac{W_{tot}}{Q_{in}} = \frac{11}{51} \fallingdotseq 0.22$

Ⅲ

◆以下，往復分の光路長を考慮することに注意する。

(1)　強め合う条件　$2l_1 - 2l_2 = m\lambda$

(2)　薄膜を設置したことによる光路差の変化分 $2(nt - t)$ が波長の整数倍であればよい。

(3)　スクリーン S 上の明線間隔を d とおくと，

強め合う条件　$2 \times d\tan\theta = \lambda \Leftrightarrow d = \dfrac{\lambda}{2\tan\theta} \fallingdotseq \dfrac{\lambda}{2\theta}$

したがって，θ の増加にともない明線間隔 d は小さくなる

(4)　(3) の通り，$d_0 \fallingdotseq \dfrac{\lambda}{2\theta_0}$

(5)　時間 Δt の間に平面鏡 M2 で反射する光 b の光路長は $2 \times v\Delta t$ だけ増加する。
一方，スクリーン S 上の干渉縞の移動速度を u とおくと，時間 Δt の間に平面鏡 M1 で反射する光 a の経路長は $2 \times u\Delta t \cdot \tan\theta_0 \fallingdotseq 2u\Delta t \cdot \theta_0$ だけ増加する。

それらが等しければよいので，$2 \times v\Delta t = 2u\Delta t \cdot \theta_0 \Leftrightarrow u = \dfrac{v}{\theta_0}$

Ⅳ

(1)　x 軸上の位置 $x(>a)$ の合成電場について　$0 = -k\dfrac{9Q}{(x+a)^2} + k\dfrac{4Q}{(x-a)^2}$

(2)　各電場の y 成分を合成して　$-k\dfrac{9Q}{\left(\sqrt{2}\,a\right)^2}\cos\dfrac{\pi}{4} + k\dfrac{4Q}{\left(\sqrt{2}\,a\right)^2}\cos\dfrac{\pi}{4}$

(3)　点 C の電位　$\phi_{\mathrm{C}} = k\dfrac{-9Q}{\sqrt{2}\,a} + k\dfrac{4Q}{\sqrt{2}\,a} = -k\dfrac{5Q}{\sqrt{2}\,a}$

外力の仕事 W の分だけ点電荷 P の位置エネルギーが増加するので，

$$W = q\phi_{\mathrm{D}} - q\phi_{\mathrm{C}} = q \cdot 0 - q\left(-k\dfrac{5Q}{\sqrt{2}\,a}\right)$$

(4)　エネルギー保存（点 D→点 E）

$$
\begin{aligned}
&0 + q\phi_{\mathrm{D}} = 0 + q\phi_{\mathrm{E}} \\
\Leftrightarrow\ &\phi_{\mathrm{E}} = 0 \ \left(\because \phi_{\mathrm{D}} = 0\right) \\
\Leftrightarrow\ &k\dfrac{-9Q}{x_{\mathrm{E}} + a} + k\dfrac{4Q}{x_{\mathrm{E}} - a} = 0 \\
\Leftrightarrow\ &x_{\mathrm{E}} = \dfrac{13}{5}a
\end{aligned}
$$

(5)　点 D で静かにはなしてからの点電荷 P は，しばらくの間は $-x$ 向きの合成電場により $-x$ 向きに加速され，合成電場が 0 となる位置（点 F とする）で $-x$ 向きの速さが最大となる。(1) より，$x_{\mathrm{F}} = 5a$ であり，その位置での電位 ϕ_{F} は，$\phi_{\mathrm{F}} = k\dfrac{-9Q}{5a-a} + k\dfrac{4Q}{5a+a} = -k\dfrac{Q}{2a}$

エネルギー保存（点 D→点 F）　$0 + q\phi_{\mathrm{D}} = \dfrac{m}{2}v_{\mathrm{F}}^2 + q\phi_{\mathrm{F}}$　　$\therefore v_{\mathrm{F}} = \sqrt{\dfrac{-2q\phi_{\mathrm{F}}}{m}} = \sqrt{\dfrac{kqQ}{ma}}$

V

(1)　光電効果

(2)　$E = \frac{hc}{\lambda}$，$p = \frac{h}{\lambda}$より，$E = cp$

(3)　光電方程式より，$\frac{hc}{\lambda_0} = W + eV_0$　$\therefore W = \frac{hc}{\lambda_0} - eV_0$

(4)　波長を変えずに強度を強くしたことから，阻止電圧は変わらず，飽和電流は大きくなる。

(5)　光電方程式より，$\frac{hc}{\lambda_0} = W + eV_0$，$\frac{hc}{\lambda_1} = W + eV_1$　2式よりWを消去して，$h = \frac{e\lambda_1\lambda_0(V_0 - V_1)}{c(\lambda_1 - \lambda_0)}$