令和 8 年度　入学者選抜学力試験問題【後期日程】「理科（物理）」出題意図・解答例（略解）

I 出題意図：自由落下や放物運動に関する力学の基本的な事項を理解し，それをもとに思考する力を問うた。

問 1 小物体 B の速度の水平方向成分は $v_0 \cos\theta$ なので，$L = v_0 t_1 \cos\theta$ の関係が成り立つ。よって，$\underline{t_1 = \dfrac{L}{v_0 \cos\theta}}$ となる。

問 2 小物体 A の初速度は V_0 なので，$\underline{y_{\mathrm{A}} = V_0 t - \dfrac{1}{2} g t^2}$ となる。

問 3 小物体 B の初速度の鉛直方向成分は $v_0 \sin\theta$ なので，$\underline{y_{\mathrm{B}} = v_0 t \sin\theta - \dfrac{1}{2} g t^2}$ となる。

問 4 時刻 t_1 で小物体 A と B が同じ高さである条件は，時刻 t_1 で $y_{\mathrm{A}} = y_{\mathrm{B}}$ である。これに問 2 と問 3 の答えを代入すると，$V_0 t_1 - \dfrac{1}{2} g t_1^2 = v_0 t_1 \sin\theta - \dfrac{1}{2} g t_1^2$ となる。よって，関係式は $\underline{v_0 = \dfrac{V_0}{\sin\theta}}$ である。

問 5 小物体 B が $x = L$ に到達する時刻 t_1 で小物体 A が空中にある条件は $y_{\mathrm{A}} > 0$ である。問 2 の答えを代入すると時刻 t_1 で $y_{\mathrm{A}} = V_0 t_1 - \dfrac{1}{2} g t_1^2 > 0$ となり，$t_1 < \dfrac{2V_0}{g}$ を得る。これに問 1 の答えを代入して変形すると，$v_0 > \dfrac{gL}{2V_0 \cos\theta}$ となる。よって答えは <u>(お)</u> である。

問 6 問 4 と問 5 より得られる $v_0 = \dfrac{V_0}{\sin\theta}$ と $v_0 > \dfrac{gL}{2V_0 \cos\theta}$ の条件を同時に満たすグラフは <u>(え)</u> となる。

II 出題意図：電場，磁場および重力がはたらく場合の荷電粒子の運動に関して，基礎的な事項を正しく理解し表現する力を問うた。

問 1 (1) 荷電粒子にはローレンツ力と重力がはたらいているので，打ち出された直後の $\overrightarrow{F}$ の各成分は，
$\underline{F_x = +qvB, \quad F_y = 0, \quad F_z = -mg}$ となる。

(2) 等速円運動の半径 R は，ローレンツ力を円運動の向心力と等しいとおくことによって定まる。
$\dfrac{mv^2}{R} = qvB$ より $\underline{R = \dfrac{mv}{qB}}$ となる。これより等速円運動の周期 T は $\underline{T = \dfrac{2\pi R}{v} = \dfrac{2\pi m}{qB}}$ となる。

(3) z 軸方向の運動は重力による自由落下である。点 P_1 を通過する時刻 t_1 は T であるから，
$|z_1| = \dfrac{1}{2}gT^2$ となる。したがって， $\underline{z_1 = -\dfrac{2\pi^2 m^2 g}{q^2 B^2}}$ となる。

(4) 点 P_1 を通過した瞬間における，荷電粒子の速度の z 軸方向の成分は $-gT$ である。したがって，
$\underline{K_1} = \dfrac{1}{2}m(v^2 + (-gT)^2) = \underline{\dfrac{1}{2}m\left(v^2 + \dfrac{4\pi^2 m^2 g^2}{q^2 B^2}\right)}$ となる。

問 2 (1) 点 P_1 を通過した後，z 軸方向にかかる電場によってはたらく力と重力がつりあうので，荷電粒子の z 軸方向の運動は速さ gT の等速直線運動となる。xy 平面上に射影された荷電粒子の運動は，電場の有無にかかわらず速さ v の等速円運動である。したがって，点 P_1 と点 P_2 を通過する瞬間における，荷電粒子の速さは等しい。これより $K_1 = K_2$ となる。したがって，$\underline{r_K = 1}$ となる。

(2) 点 P_1 を通過した後，z 軸方向の運動は速度 $-gT$ の等速直線運動なので
$z_2 = (-gT)T + z_1 = -\dfrac{3}{2}gT^2$ である。これより $\underline{r_z = 3}$ となる。

(3) xy 平面上に射影された荷電粒子の運動は等速円運動であり，また z 軸方向の運動は等速直線運動である。2 つの運動を合成すると荷電粒子の運動はらせん運動になる。

Ⅲ 出題意図：光の反射・屈折に関する基礎的な事項を理解した上で，光が全反射するための屈折率 n についての条件を思考する力を問うた。また，光を光子の集まりの流れとして取り扱い，光が物体におよぼす力という発展的な事象について，思考・判断する力を問うた。

問 1 臨界角 i_c が満たす式は $\underline{\sin i_\mathrm{c} = \dfrac{1}{n}}$ である。

問 2 図 1 より $\phi = i_1 + r_3$ である。反射の法則と屈折の法則より $r_3 = i_1$ となることから $\underline{\phi = 2i_1}$ となる。

問 3 面 B で全反射するための条件は

$$\sin i_2 > \frac{1}{n}$$

である。ここで $\sin i_2 = \sin\left(\dfrac{\pi}{2} - r_1\right) = \cos r_1 = \sqrt{1 - \sin^2 r_1} = \sqrt{1 - \dfrac{1}{n^2}\sin^2 i_1}$ となるため，この条件式を i_1 についての条件式に書き直すと

$$|\sin i_1| < \sqrt{n^2 - 1}$$

となる。ここで $n > \sqrt{2}$ のとき，どんな入射角 i_1 であっても，この条件は常に満たされるため，常に全反射することを意味している。一方，$n < \sqrt{2}$ のときは，この条件を満たさない i_1 の範囲が存在し，その範囲では一部の光は面 B で屈折して真空に進むことになる。したがって，境となる n の値 n_c は $\underline{n_\mathrm{c} = \sqrt{2}}$ である。

問 4 $E = pc$ より，光子 1 個あたりでは $p = \dfrac{E}{c} = \dfrac{w}{c}$ となる。Δt の間に出される光子の運動量の総量 p_total は $p_\mathrm{total} = pN\Delta t$ であるため，<u>運動量の総和の大きさは $\dfrac{w}{c}N\Delta t$</u> となる。

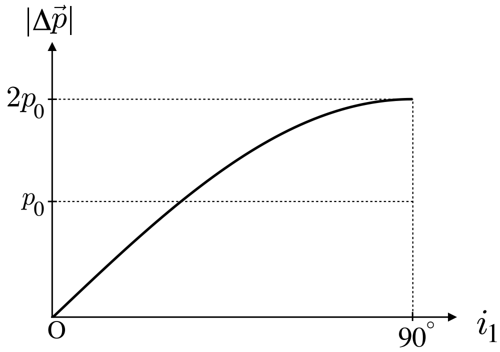
問 5 運動量の変化 $\Delta\vec{p} = \vec{p}_\mathrm{f} - \vec{p}_\mathrm{i}$ の二乗を計算すると

$$\begin{aligned}
|\Delta\vec{p}|^2 &= (\vec{p}_\mathrm{f} - \vec{p}_\mathrm{i})^2 \\
&= \vec{p}_\mathrm{f}^{\,2} + \vec{p}_\mathrm{i}^{\,2} - 2\,\vec{p}_\mathrm{f}\cdot\vec{p}_\mathrm{i} \\
&= p_0^2 + p_0^2 - 2p_0^2\cos\phi \\
&= 2p_0^2(1 - \cos\phi) \\
&= 2p_0^2(1 - \cos 2i_1) \\
&= 2p_0^2\left[1 - (1 - 2\sin^2 i_1)\right] \\
&= 4p_0^2\sin^2 i_1
\end{aligned}$$

したがって，i_1 と $|\Delta\vec{p}|$ の関係式は

$$\underline{|\Delta\vec{p}| = 2p_0\sin i_1}$$

となる。概形は右図である。



問 6 光子の流れが媒質に与えた力積の大きさ $f\Delta t$ は，作用・反作用の法則から，光子の運動量変化の総和に対応するため $f\Delta t = 2p_\mathrm{total}\sin i_1 = 2\dfrac{wN\Delta t}{c}\sin i_1$ となる。よって $\underline{f = 2\dfrac{wN}{c}\sin i_1}$ が得られる。