校種	高 ・ 特高	受験番号	

⑤ 高等学校　物　理　解答例

1 23点

（１）	① 3点	$\frac{9}{4}mgL$	② 3点	$\sqrt{gL}$
（２）	① 3点	$\frac{5P_0V_0}{RT_0}$ mol	② 3点	$\frac{2P_0V_0}{RT_0}$ mol
（３）	① 2点	3 個	② 3点	4 個
（４）	① 3点	$\frac{I}{2\pi a}$	② 3点	強さ $\frac{I}{2\pi a}$　向き ｙ軸の負の向き

2 16点

（１） 2点

（例）求める速さをv_0とすると，力学的エネルギー保存則より，

$$mgh=\frac{1}{2}mv_0^2 \qquad \therefore v_0=\sqrt{2gh}$$

（２） 3点

（例）斜面方向のｘ成分は変わらないので，$v_0\sin\theta$

斜面方向のｙ成分は大きさがｅ倍になるので，$ev_0\cos\theta$

２式から，$\tan\alpha$を求めると，$\tan\alpha=\frac{ev_0\cos\theta}{v_0\sin\theta}=\frac{e}{\tan\theta}$

（３） 4点

（例）P_1のｙ座標は０であり，ｙ方向には初速$ev_0\cos\theta$で加速度$-g\cos\theta$の等加速度運動をするので，求める時間をt_1とすると，

$$0=ev_0\cos\theta\, t_1+\frac{1}{2}(-g\cos\theta)t_1^2 \qquad \therefore t_1=\frac{2ev_0}{g}=2e\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

ｘ方向には初速$v_0\sin\theta$で加速度$g\sin\theta$の等加速度運動をするので，

$$OP_1=v_0\sin\theta\, t_1+\frac{1}{2}(g\sin\theta)t_1^2$$
$$=\frac{2e(1+e)v_0^2}{g}\sin\theta=4e(1+e)h\sin\theta$$

（４） 3点

（例）ｙ方向は衝突毎に正負の入れ替わる等加速度運動であり，点P_1に当たる直前の速度のｙ成分の大きさは点Ｏでの $ev_0\cos\theta$ に等しい。よって，衝突直後は$e\times ev_0\cos\theta=e^2v_0\cos\theta$ である。

P_1P_2間の時間をt_2とすると，

$$0=e^2v_0\cos\theta\, t_2+\frac{1}{2}(-g\cos\theta)t_2^2 \qquad \therefore t_2=\frac{2e^2v_0}{g}=et_1$$

よって，ｅ倍

（５） 4点

（例）同様に繰り返すので，以後，衝突時間はｅ倍ずつされていく。つまり，初項t_1，公比ｅの等比数列となる。同時に，衝突直後のｙ成分もｅ倍ずつされ，０に近づくので，滑り始めるまでの時間Ｔは，

$$T=t_1+t_2+t_3+\cdots=t_1(1+e+e^2+\cdots)=\frac{2ev_0}{g}\cdot\frac{1}{1-e}=\frac{2e}{1-e}\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

衝突してもｘ方向の速度成分は変わらないので，この時間Ｔの間，初速 $v_0\sin\theta$で加速度$g\sin\theta$の等加速度運動がずっと続く。よって，

$$OQ=v_0\sin\theta T+\frac{1}{2}(g\sin\theta)T^2=\frac{2ev_0^2\sin\theta}{g(1-e)}+\frac{2e^2v_0^2\sin\theta}{g(1-e)^2}=\frac{4eh}{(1-e)^2}\sin\theta$$

校種	高 ・ 特高	受験番号	

⑤ 高等学校　物　理　解答例

3
13点

（１） 2点	（例）屈折の法則より， $1 \times \sin\theta_1 = n_1 \sin\theta_2$ … ① $\therefore \sin\theta_2 = \dfrac{\sin\theta_1}{n_1}$
（２） 3点	（例）円柱状ガラスと円筒状ガラスの界面で全反射が起こり始めるのは，その界面上の点での屈折角が90°となるときである。このときのθ_1の値をθ_{1C}とおくと，$1 \times \sin\theta_{1C} = n_1 \sin\theta_2$ … ② 界面上の点における屈折の法則より，$n_1 \sin(90° - \theta_2) = n_2 \sin 90°$　$\therefore n_2 = n_1 \cos\theta_2$ … ③ ②，③をそれぞれ２乗したものを辺々加えると， $\sin^2\theta_{1C} + n_2^2 = n_1^2(\sin^2\theta_2 + \cos^2\theta_2) = n_1^2$　$\therefore \sin\theta_{1C} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ $0 < \theta_1 \leqq \theta_{1C}$ であれば全反射が起こるので， $0 < \sin\theta_1 \leqq \sin\theta_{1C} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$　$\therefore 0 < \sin\theta_1 \leqq \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$
（３） 2点	（例）円柱状ガラス内での光速は $\dfrac{c}{n_1}$ なので $t_1 = \dfrac{L}{\frac{c}{n_1}} = \dfrac{n_1 L}{c}$
（４） 3点	（例）θ_3が臨界角のとき，光ファイバーの円柱状ガラス内を斜めに進む光の速度の，光ファイバーの長さ方向の成分は，$\dfrac{c}{n_1}\cos\theta_2$ なので， $t_2 = \dfrac{L}{\frac{c}{n_1}\cos\theta_2} = \dfrac{n_1 L}{c\sqrt{1-\sin^2\theta_2}} = \dfrac{n_1 L}{c\sqrt{1-\left(\frac{1}{n_1}\sin\theta_{1C}\right)^2}}$ $= \dfrac{n_1 L}{c\sqrt{n_1^2 - \sin^2\theta_{1C}}} = \dfrac{n_1 L}{c\sqrt{n_1^2 - (n_1^2 - n_2^2)}} = \dfrac{n_1^2 L}{n_2 c}$
（５） 3点	（例）光の分散により，波長が短いほど屈折角θ_2が小さくなるので，波長の短い青系統の光は大きな反射角で，波長の長い赤系統の光は小さな反射角で全反射をして伝搬する経路となる。

校種	高 ・ 特高	受験番号	

⑤ 高等学校　物　理　解答例

4　18点

（１）	① 2点	$\frac{V}{R}$	② 2点	$\frac{V}{d}$	③ 2点	$\frac{1}{2}CV^2$	

（２）

① 3点

（例） 金属板Ａ，Ｂの面積をＳ，空気（真空）の誘電率をε_0とすると，誘電体を挿入する前の金属板Ａ，Ｂからなるコンデンサーの電気容量Ｃは，　$C=\varepsilon_0\frac{S}{d}$

挿入した誘電体の比誘電率をε_rとする。金属板Ａ，Ｂ間は，空気部分のコンデンサーと誘電体部分のコンデンサーが直列接続されたものとみなすことができる。空気部分の電気容量をC_1，誘電体部分の電気容量をC_2とすると，極板間隔は，$\frac{1}{2}d+\frac{1}{4}d=\frac{3d}{4}$　なので，

$$C_1=\varepsilon_0\frac{S}{\frac{3}{4}d}=\frac{4}{3}C \qquad C_2=\varepsilon_r\varepsilon_0\frac{S}{\frac{1}{4}d}=4\varepsilon_rC$$

これらの合成容量をC'とすると，　$\frac{1}{C'}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$

$C'=\frac{8}{7}C$　なので，　$\frac{1}{\frac{8}{7}C}=\frac{1}{\frac{4}{3}C}+\frac{1}{4\varepsilon_rC}$　　$\therefore\ \varepsilon_r=2$

② 3点

（例） 誘導体の挿入前の静電エネルギーは$U=\frac{1}{2}CV^2$，挿入後は　$U'=\frac{Q^2}{2C'}$　である。外力がした仕事をＷとすると，エネルギー保存の法則より，この仕事は静電エネルギーの変化に等しいので，

$$W=\frac{Q^2}{2C'}-U=\frac{7}{16}CV^2-\frac{1}{2}CV^2=-\frac{1}{16}CV^2$$

（３）

① 3点

（例） 金属板Ｂ，Ｄからなるコンデンサーの電気容量C_3は，　$C_3=\varepsilon_0\frac{S}{\frac{1}{4}d}=4C$

スイッチS_2を閉じてから十分に時間が経過したときの，金属板Ｂの電位をV_Bとすると，金属板Ｂについての電気量保存の法則（電荷保存の法則）より，

$$CV+0=CV_B+4CV_B \qquad \therefore\ V_B=\frac{1}{5}V$$

② 3点

（例） 金属板Ｄに蓄えられている電気量をQ_Dとすると，

$$Q_D=-4CV_B \qquad \therefore\ Q_B=-\frac{4}{5}CV$$

校種	高 ・ 特高	受験番号	

⑤ 高等学校　物　理　解答例

5 10点

（１）2点	$\dfrac{h}{mv}$	（２）2点	$\dfrac{nh}{2\pi mv}$	（３）2点	$m\dfrac{v^2}{r}=\dfrac{k_0e^2}{r^2}$
（４）2点	$\dfrac{n^2h^2}{4\pi^2mk_0e^2}$	（５）2点	5.3×10^{-11} m		

6 10点

（例）「勢いよく」という条件から，この短い時間での外部との熱のやり取りは無視でき，断熱変化とみなすことができる。このとき，熱力学第一法則より，気体が外部からされた仕事の分だけ，気体の内部エネルギーが増加する。空気の内部エネルギーが増加すると，その温度も増加するので，管内の空気の温度は上昇する。

（例）勢いよくピストンを押すと，ピストンは気体分子に対して正の仕事をするので，気体分子の運動エネルギーは増加する。また，変化が瞬間的であることから，外との熱のやり取りによる運動エネルギーの減少を考える必要はない。ゆえに，空気の平均運動エネルギーも大きくなり，温度は上昇する。

7 10点

① 2点	気付き	② 2点	仮説
③ 1点	観察（実験）	④ 1点	実験（観察）
⑤ 2点	推論	⑥ 2点	表現