

2015 年度大学入試センター試験 解説 〈物理〉

第 1 問 小問集合

問 1 障壁の裏側まで波が回りこむ現象⑤は、「回折」である。

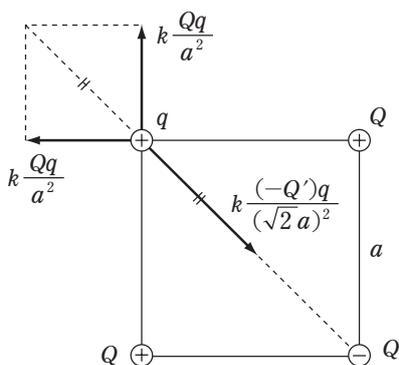
他は、①が光の屈折、②が共鳴、③が音の屈折、④が反射（自由端反射）、⑥が散乱、⑦がドップラー効果、でそれぞれ説明される。

(答) …⑤

問 2 正方形の一辺の長さを a 、クーロンの法則の比例定数を k とおく。 q の点電荷が Q の点電荷から受ける力は斥力（反発力）で、その大きさは $k \frac{Qq}{a^2}$ である。これら 2 つの力の合力と、 Q' の点電荷から受ける力が釣り合うから $Q' < 0$ であり、つり合いの式は、

$$\sqrt{2} \times k \frac{Qq}{a^2} = k \frac{(-Q')q}{(\sqrt{2}a)^2}$$

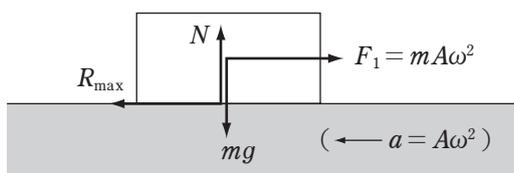
とできる。これより $Q' = -2\sqrt{2}Q$



(答) …⑧

問 3 水平方向に大きさ a の加速度で動く台上で、質量 m の物体を観測すると、見かけの力（慣性力）が水平方向に大きさ ma で働くように見える。振幅 A 、角振動数 ω の単振動では加速度の最大値が $A\omega^2$ なので、慣性力の大きさの最大値 F_1 は $F_1 = mA\omega^2$

鉛直方向のつり合いより、物体が台から受ける垂直抗力の大きさ N は $N = mg$ なので、物体がすべり出す直前の最大静止摩擦力の大きさ R_{\max} は、 $R_{\max} = \mu N = \mu mg$



(答) …⑩

問4 $V = 2.5 \times 10^{-2} [\text{m}^3]$, $T = (273 + 27) [\text{K}] = 300 [\text{K}]$, $n = 2.0 [\text{mol}]$, $R = 8.3 [\text{J/mol} \cdot \text{K}]$ とする。

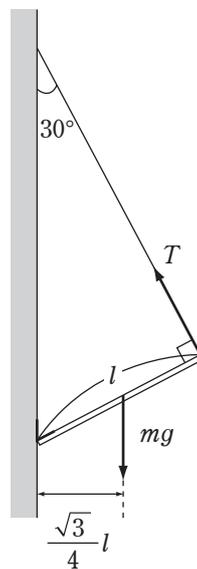
求める圧力を p として、状態方程式 $pV = nRT$ より、

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{2.0 [\text{mol}] \times 8.3 [\text{J/mol} \cdot \text{K}] \times 300 [\text{K}]}{2.5 \times 10^{-2} [\text{m}^3]} = 1.99 \dots \times 10^5 [\text{Pa}] \doteq \underline{2.0 \times 10^5} [\text{Pa}]$$

(答) ...⑧

問5 棒の長さを l とする。重力は棒の重心である中央に働くので、ちょうつがいを基準にした力のモーメントのつり合いの式を立てると、

$$l \times T = \frac{\sqrt{3}}{4} l \times mg \quad \therefore T = \underline{\frac{\sqrt{3}}{4} mg}$$

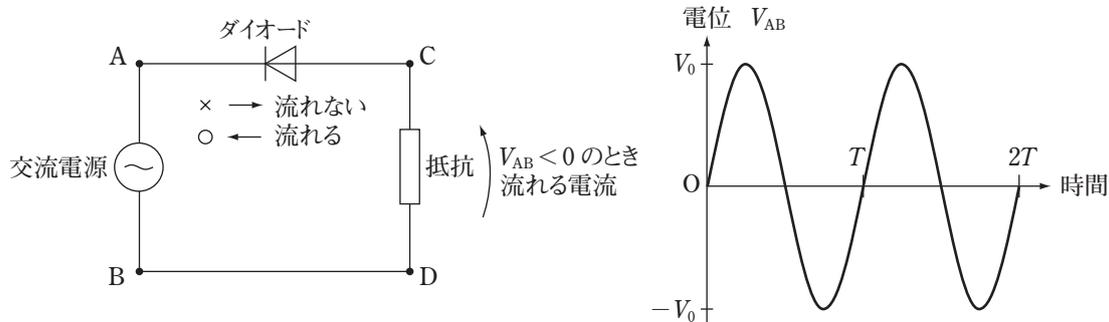


(答) ...②

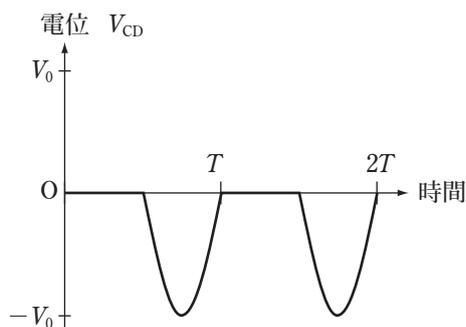
第2問 電磁気

A

問1 点Bを基準とした点Aの電位を V_{AB} , 点Dを基準とした点Cの電位を V_{CD} とする。



$V_{AB} \geq 0$ のときはダイオードに逆方向電圧がかかるため回路に電流は流れず、 $V_{CD} = 0$ である。
また、 $V_{AB} < 0$ のときはダイオードに順方向電圧がかかるので、電流が $D \rightarrow C$ の向きに流れ、 $V_{CD} < 0$ である。ダイオードの抵抗を無視すると、 V_{CD} の時間変化は図のようになる。



(答) …⑤

問2 交流電圧の実効値 V_e が $V_e = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$ なので、消費電力の時間平均 \bar{P} は、電流の流れる時間が周期 T のうち $\frac{T}{2}$ だけであることを考慮して、

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \times \frac{V_e^2}{R} = \frac{1}{4} \frac{V_0^2}{R}$$

(答) …③

B

問3 粒子は電極間を通過するごとに、なされた仕事 qV の分だけ運動エネルギーが増す。はじめ E_0 をもつので、電極間を n 回通過したときの粒子の運動エネルギー E_n は、

$$E_n = \underbrace{nqV + E_0}$$

(答) …①

問4 運動エネルギーが $\frac{1}{2}mv^2 = E_n$ なので、 $v = \sqrt{\frac{2E_n}{m}}$

また、粒子は電極内で大きさ qvB のローレンツ力を受けて等速円運動するので、半径を r とすると、

$$m \frac{v^2}{r} = qvB \text{ より, } r = \underbrace{\frac{mv}{qB}}$$

(答) …①

第3問 波動

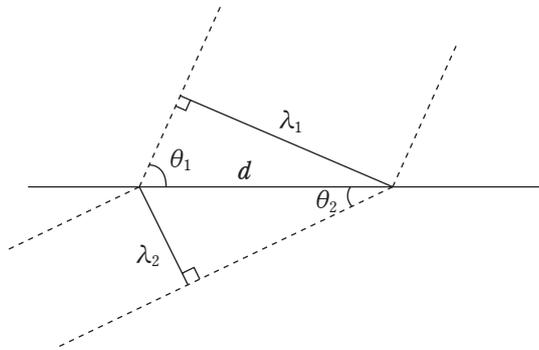
A

問1 単位時間あたりに境界上の一点を通る波の山の数, すなわち波の振動数 f は媒質1と媒質2とで共通なので,

$$f = \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$$

(答) …①

問2 図において $d = \frac{\lambda_1}{\sin \theta_1} = \frac{\lambda_2}{\sin \theta_2}$ (屈折の法則に相当する)

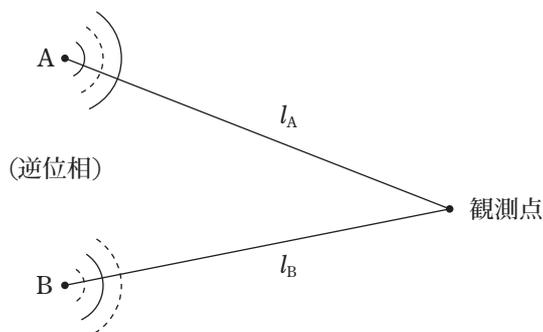


(答) …②

B

問3 A と B の振動が逆位相なので、観測点で波が強めあうのは、経路差が波長 $\lambda = vT$ の半整数倍になる場合である。 $m = 0, 1, 2, \dots$ を用いて、

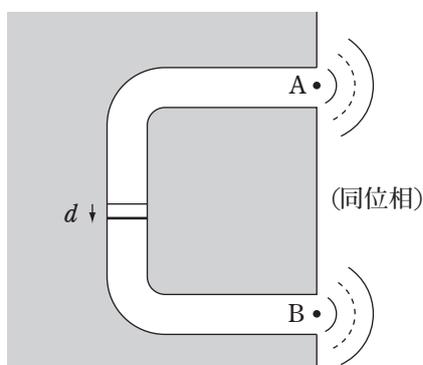
$$|l_A - l_B| = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \therefore |l_A - l_B| = \left(m + \frac{1}{2}\right)vT$$



(答) ...⑥

問4 問3の条件を満たす場所が弱めあう場所になるには、A と B が同位相の振動をするように仕切り板を移動させればよい。波源である仕切り板を d だけずらすと、A と B までの距離差は $2d$ だけ変化する。これが波長の半整数倍になればよいから、 d の最小値 d_{\min} は

$$2d_{\min} = \frac{\lambda}{2} \quad \therefore d_{\min} = \frac{\lambda}{4} = \frac{vT}{4}$$



(答) ...②

第4問 力学

A

問1 水平方向には速さ v_0 の等速度運動をするので、求める時間 t_1 は、

$$t_1 = \frac{L}{v_0}$$

(答) …②

問2 鉛直方向には自由落下をするので、求める時間 t_2 は、

$$\frac{1}{2}gt_2^2 = h \quad \text{より,} \quad t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

(答) …⑤

問3 点 P で壁面に衝突したのち、水平方向の速度の大きさは ev_0 になる。床を高さの基準として、小球の力学的エネルギーは、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{点 O から投げた直後} : E_0 = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh \\ \text{点 Q に落ちる直前} : E_1 = \frac{1}{2}m\{(ev_0)^2 + (gt_2)^2\} = \frac{1}{2}m(ev_0)^2 + mgh \end{array} \right.$$

$$\therefore E_0 - E_1 = \frac{1}{2}(1 - e^2)mv_0^2$$

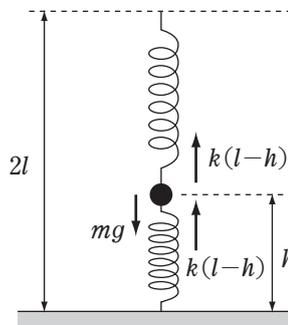
(答) …⑤

B

問 4 上側のばねは長さが $2l-h$ 、自然長からの伸びが $(2l-h)-l=l-h$ となる。また、下側のばねは自然長からの縮みが $l-h$ であり、小球のつり合いの式は、

$$mg = 2 \times k(l-h)$$

とできる。これより $h = l - \frac{mg}{2k}$



(答) 4 …①

問 5 求める仕事 W は、操作前後での位置エネルギー (小球の重力による位置エネルギーと、2本のばねの弾性力による位置エネルギー) の和の変化に等しい。ここで、高さの基準は床に定める。

小球を引き上げた後、上側のばねは長さが $y-l$ 、自然長からの伸びが $(y-l)-l=y-2l$ となる。下側のばねは自然長なので、小球のつり合いの式

$$mg = k(y-2l) \quad \text{より、} \quad y = \frac{mg}{k} + 2l$$

また、このときの位置エネルギーの和 U_1 は、

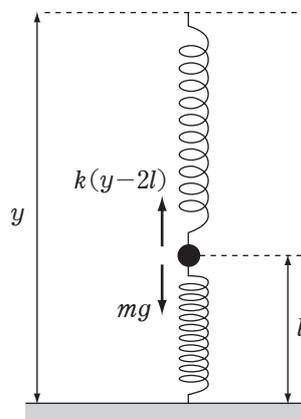
$$U_1 = mgl + \frac{1}{2}k(y-2l)^2$$

引き上げる前の位置エネルギーの和 U_0 は、

$$U_0 = mgh + \frac{1}{2}k(l-h)^2 \times 2 = mgh + k(l-h)^2$$

である。したがって、

$$W = U_1 - U_0 = mgl + \frac{1}{2}k(y-2l)^2 - k(l-h)^2$$



(答) 5 …⑥

第 5 問 熱力学

問 1 熱の出入りが無い過程は、断熱変化 (a), 内部エネルギーが変化しない過程は、温度が一定の等温変化 (b) である。

(答) …②

問 2 気体が外部からされる仕事は、縦軸を圧力、横軸を体積とする与えられたグラフにおいて、変化を表す曲線または直線が横軸との間で囲む面積に等しい。これより大小関係を、

$$\underline{W_c} < \underline{W_b} < \underline{W_a}$$

と定められる。

(答) …⑥

問 3 (a) の断熱変化では、体積が減少 (断熱圧縮) すると、温度は上昇するので、力が適切。

(b) の等温変化では、気体の温度が T_0 で不変なので、オが適切。

(c) の定圧変化では、気体の温度と体積の比が一定 (シャルルの法則) なので、与えられたグラフの中では原点を通る直線に沿って変化するウが適切。

(答) …⑧

第 6 問 原子

問 1 α 粒子は金の原子核からのクーロン反発力を受けて、跳ね飛ばされるように運動の向きを変える。反発力の大きさは原子核に接近するほど大きくなるので、金の原子核に近い場所を通るものほど大きく軌跡を曲げられる。適切なものは③

(答) …③

問 2 ラザフォードの原子模型では、電子が原子核の周りを円運動すると考えるが、電磁気学によると、このような電子は周囲に電磁波を放射してエネルギーを徐々に失い、やがて中心の原子核に落ち込んでしまう。

ボーアは次のような仮説を立てて、原子の安定性と水素原子のスペクトルの説明に成功した。

- ・量子条件 特定の条件を満たす電子は軌道上に安定して存在でき、電磁波を放射しない。
- ・振動数条件 電子は、異なるエネルギー準位間を移るとき、それらの差のエネルギーを持つ 1 個の光子を放出または吸収する。

(答) …④

問 3 原子内の電子の定常状態は、軌道円周上を電子の物質波（電子波）が定常波をつくる条件と

して理解できる。電子波の波長 $\lambda = \frac{h}{mv}$ と、量子数 $n = 1, 2, \dots$ を用いて、この定常状態は、

$$2\pi r = n\lambda \quad \therefore \quad 2\pi r = \frac{nh}{mv}$$

とできる（量子条件）。

(答) …⑥