解答速報 物理

医学部受験 専門予備校 慧修会

2022 年度　昭和大学

【 講 評 】

典型問題が多く、どれも落とせない問題であった。高得点争いになることが予想される。

$\boxed{1}$は万有引力の標準的な問題であった。一部楕円の知識が要求され、差のつく部分となった。また、エネルギーの大小に気をつけたい。

$\boxed{2}$は気体分子運動論の典型問題。一度は解いたことがあるであろう問題設定である。

$\boxed{3}$はくさび形の干渉の問題。典型問題であるため、これも落とせない。

$\boxed{4}$電子線回析の問題。数値計算でのミスに注意だが、比較的綺麗な数値になるため問題ないだろう。

【 解 答 ・ 解 説 】

$\boxed{1}$

解答

(1) $V_0 = \sqrt{\dfrac{GM}{r}}$

(2) $T_1 = 2\pi r\sqrt{\dfrac{r}{GM}}$

(3) $V_A = \sqrt{\dfrac{2GMR}{r(R+r)}},\ V_B = \sqrt{\dfrac{2GMr}{R(R+r)}}$

(4) $\sqrt{Rr}$

(5) $T_2 = \pi(R+r)\sqrt{\dfrac{R+r}{2GM}}$

(6) $V_C = \sqrt{\dfrac{GM}{R}}$, 必要なエネルギー：$\dfrac{GMm(R-r)}{2R(R+r)}$

解説

(1) 円運動の運動方程式より $m\,\dfrac{{V_0}^2}{r} = \dfrac{GMm}{r^2}$. よって、$V_0 = \sqrt{\dfrac{GM}{r}}$.

(2) 円運動の 1 周の長さは $2\pi r$ であるから、周期は $\dfrac{2\pi r}{V_0} = 2\pi r\sqrt{\dfrac{r}{GM}}$ である。

(3) 面積速度一定の法則より $\dfrac{1}{2}\,rV_A = \dfrac{1}{2}\,RV_B$. よって、$V_A = \dfrac{R}{r}\,V_B$.

エネルギー保存則より $\dfrac{1}{2}\,m{V_A}^2 - \dfrac{GMm}{r} = \dfrac{1}{2}\,m{V_B}^2 - \dfrac{GMm}{R}$.

2 式より $V_A = \sqrt{\dfrac{2GMR}{r(R+r)}}, V_B = \sqrt{\dfrac{2GMr}{R(R+r)}}$.

(4) 半長軸の長さは $\dfrac{R+r}{2}$ で、焦点距離は $\dfrac{R-r}{2}$ であるから、$\sqrt{\left(\dfrac{R+r}{2}\right)^2 - \left(\dfrac{R-r}{2}\right)^2} = \sqrt{Rr}$.

(5) ケプラーの第三法則より $\dfrac{{T_1}^2}{r^3} = \dfrac{{T_2}^2}{\left(\frac{R+r}{2}\right)^3}$. よって、$T_2 = \pi(R+r)\sqrt{\dfrac{R+r}{2GM}}$

(6) (1) と同様に $V_C = \sqrt{\dfrac{GM}{R}}$. 円軌道 K_2 の方が円軌道 K_3 よりもエネルギーが大きいから、必要なエネルギーは $\dfrac{1}{2}\,m{V_B}^2 - \dfrac{1}{2}\,m{V_C}^2 = \dfrac{GMm(R-r)}{2R(R+r)}$.

$\boxed{2}$

解答

(1) $2mv\cos\theta$　　(2) $2r\cos\theta$　　(3) $\dfrac{nN_Am\overline{v^2}t}{r}$　　(4) $\dfrac{nN_Am\overline{v^2}}{4\pi r^3}$　　(5) $\dfrac{3RT}{2N_A}$

解説

(1) 力積の正の向きが示されていないため、力積の大きさを解答している。

(2) O から下ろした垂線の足を H とすると、$\mathrm{BH} = r\cos\theta$ より求める距離は $2r\cos\theta$.

(3) 時間 t の間に 1 個の分子が壁に与える力積の和は $\dfrac{vt}{2r\cos\theta}\cdot 2mv\cos\theta = \dfrac{mv^2t}{r}$.

容器内の分子全体の総和を考えると、$\sum \dfrac{mv^2t}{r} = \dfrac{nN_Am\overline{v^2}t}{r}$.

(4) 分子全体が壁に与える力の大きさは $\dfrac{nN_Am\overline{v^2}t}{r}\cdot\dfrac{1}{t} = \dfrac{nN_Am\overline{v^2}}{r}$ である。

容器の表面積は $4\pi r^2$ であるから、気体の圧力は $\dfrac{nN_Am\overline{v^2}}{4\pi r^3}$.

(5) 気体の内部エネルギーは $\dfrac{3}{2}nRT$ であり、これは運動エネルギーの総和である。

したがって、気体分子 1 個の運動エネルギーの平均値は $\dfrac{3RT}{2N_A}$.

$\boxed{3}$

解答

(1) $\dfrac{2D}{L}\ x$　(2) $\dfrac{2D}{L}\ x=\left(m+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$　(3) $\dfrac{L\lambda}{2D}$

(4)

赤色の単色光の波長は青色の単色光の波長よりも長く、明線の間隔は波長に比例するため明線の間隔は大きくなる。

(5) 3.3×10^{-5} m　(6) 1.5　(7) 変化しない　(8) $\Delta y=\dfrac{D}{L}\Delta x$

解説

(1) 三角形の相似より PQ の距離は $\dfrac{D}{L}\ x$. したがって、光路差は $\dfrac{2D}{L}\ x$.

(2) 点 Q で光の位相は π だけずれるから、2 つの光が強め合う条件は m を用いて、$\dfrac{2D}{L}\ x=\left(m+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$.

(3) m を 1 だけ変化させたとき、x の変化量は $\dfrac{L\lambda}{2D}$.

(4) 赤色の単色光の波長はおよそ $660-700$nm であるのに対して、青色の単色光の波長はおよそ $430-490$nm である。

(5) (3) の結果より、$\dfrac{L\lambda}{2D}=1.0\times10^{-3}$ なので、$D=3.3\times10^{-5}$ m.

(6) (3) の結果より、液体の屈折率を n とすると、明線の間隔は $\dfrac{1}{n}$ 倍になる。すなわち、$\dfrac{1}{n}=0.67$ より $n=1.5$.

(7) どの位置も等しく光路差が大きくなるため、明線の間隔は変化しない。

(8) m 番目の明線に注目すると、左に移動したことに注意して、

$$\frac{2D(x-\Delta x)}{L}+2\Delta y=\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda$$

これと (2) の結果より、$\Delta y=\dfrac{D}{L}\Delta x$.

$\boxed{4}$

解答

(1) $2d\sin\theta$

(2) $2d\sin\theta = n\lambda$

(3) 速さ：2.00×10^{7} m/s, 波長：3.64×10^{-11} m

(4) $\sin\theta_1 = 0.808$

解説

(1) 原子から垂線を下ろすと、$2d\sin\theta$ であることがわかる。

(2) 位相は変わらないから、強め合う条件は $2d\sin\theta = n\lambda$.

(3) 電子の速さを v とすると、$\dfrac{1}{2}mv^2 = eV$ より、$v = \sqrt{\dfrac{2eV}{m}}$.

したがって、$v = \sqrt{\dfrac{2\times1.60\times10^{-19}\times11.4\times10^{2}}{9.11\times10^{-31}}} \fallingdotseq \sqrt{4.00\times10^{14}} = 2.0\times10^{7}$ m/s.

$\dfrac{1}{2}mv^2 = \dfrac{hv}{\lambda}$ より $\lambda = \dfrac{2h}{mv} = \dfrac{2\times6.63\times10^{-34}}{9.11\times10^{-31}\times4.0\times10^{7}} = 3.638\times10^{-11} \fallingdotseq 3.64\times10^{-11}$ m.

(4) 強め合うとき、$n = \dfrac{2d\sin\theta}{\lambda}$ であり、$\theta = 50^\circ$ のとき、$n \fallingdotseq 7.58$ より、$\theta = \theta_1$ のとき $n = 8$ である。よって、

$\sin\theta_1 = \dfrac{4\lambda}{d} = 0.8084 \fallingdotseq 0.808.$