解答速報

東京慈恵会医科大学　物理

2026年 2月 11日実施

【解答】

1.　問 1　垂直抗力の大きさ：$mg\cos\theta_A$，接線方向にはたらく力の大きさ：$mg\sin\theta_A$

問 2　$2\pi\sqrt{\dfrac{R}{g}}$（導出は解説参照）　　問 3　$2\pi\sqrt{\dfrac{R}{\sqrt{g^2+\alpha^2}}}$（導出は解説参照）

問 4　$\sqrt{2gR(1-\cos\theta_B)}$　　問 5　$v_P=\dfrac{(1+e)M}{m+M}V_0$，$V_P=\dfrac{M-em}{m+M}V_0$

問 6　$\dfrac{(1-e^2)mM}{2(m+M)}V_0^2$　　問 7　$\dfrac{m}{r}v_P^2+mg(3\cos\theta_C-2)$　　問 8　$0\leqq\cos\theta_B\leqq\dfrac{1}{6}$

2.　問 1　$CvBD$　　問 2　$CaBD$（導出は解説参照）　　問 3　$-CaB^2D^2$

問 4　$\dfrac{M}{m+M+CB^2D^2}g$（導出は解説参照）　　問 5　$\dfrac{vBD}{L}$　　問 6　$\dfrac{BD}{L}x$（導出は解説参照）

問 7　$\dfrac{M}{m+M}g-\dfrac{B^2D^2}{(m+M)L}x$（導出は解説参照）

問 8　$\omega=\dfrac{BD}{\sqrt{(m+M)L}}$，　$A=\dfrac{LMg}{B^2D^2}$（導出は解説参照）

【講評】

１．半円筒上での非等速円運動

標準レベルの典型問題であり誘導も丁寧であるため，完答必須。

２．コンデンサーもしくはコイルが含まれた回路と導体棒の電磁誘導

難関大での頻出のテーマであり誘導も丁寧であるため，完答必須。

【総評】

近年の難易度と比較して大幅に易化。おそらく出題者が変わり，素直な典型問題で時間的余裕のある国公立型の試験となった。符号などでのわずかなミスはありうるが，見直しの時間が十分にあるため，本学受験生であれば導出過程の記述も含めて完答したい。正規合格ラインは，部分点がもらえるミス 1 つの「合計 95%」，一次合格ラインは「合計 85%」程度であろう。

【解説】

1.

問１　重力を接線方向と中心方向に分解する。

垂直抗力Nは運動方程式$m\frac{0^2}{R}=N-mg\cos\theta_c$ より $N=mg\cos\theta_c$

接線方向にはたらく力は$mg\sin\theta_C$

問２　円に沿って最下点を原点としてx軸を反時計回りを正に取り，位置xにいるときの角度をθとすると，接線方向にはたらく力は$-mg\sin\theta$となる。運動方程式を書いて近似を用いると

$$ma=-mg\sin\theta \fallingdotseq -mg\theta=-mg\frac{x}{R}$$

これにより，この運動は角振動数$\omega=\sqrt{\frac{g}{R}}$の単振動をすることがわかる。よって周期は$2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$

問３　この円筒内は鉛直下向きにmgの重力，水平方向に$m\alpha$の慣性力がはたらくので見かけの重力が$m\sqrt{g^2+\alpha^2}$になる。問２と同様に考えれば，重力加速度が$g\to\sqrt{g^2+\alpha^2}$になるので周期は$2\pi\sqrt{\frac{R}{\sqrt{g^2+\alpha^2}}}$

問４　力学的エネルギー保存則より，$\frac{1}{2}M{V_0}^2=MgR(1-\cos\theta_C)\therefore V_0=\sqrt{2gR(1-\cos\theta_C)}$

問５　運動量保存則と反発係数の式を連立して求める。

$$MV_0=MV_P+mv_P \quad -e=\frac{V_P-v_P}{V_0} \qquad \therefore v_P=\frac{(1-e)M}{m+M}V_0,\ V_P=\frac{M-em}{m+M}V_0$$

問６　衝突によって失われた力学的エネルギーの大きさは運動エネルギーの差によって求める。

$$\Delta E=\frac{1}{2}m{v_P}^2+\frac{1}{2}M{V_P}^2-\frac{1}{2}M{V_0}^2=\frac{mM(1-e^2)}{2(m+M)}{V_0}^2$$

問７　角度θ_Cの位置における速さをv_P'として，力学的エネルギー保存則と中心方向のつり合いの式を連立して求める。

$$\frac{1}{2}m{v_P}^2=\frac{1}{2}m{v_P}'^2+mgr(1-\cos\theta_C) \qquad N=mg\cos\theta_C+m\frac{{v_P}'^2}{r}$$

$$\therefore N=mg(3\cos\theta_C-2)+m\frac{{v_P}^2}{r}$$

問８　前問において，$\theta_C=\pi$のとき$N\geqq 0$となるようなＰ点の速さの範囲は，$v_P\geqq\sqrt{5gr}$となる。

問５の答えを用いて$v_P=\frac{(1-0.5)2m}{m+2m}V_0=V_0\geqq\sqrt{5gr}$

問４の答えを用いて$V_0=\sqrt{2gR(1-\cos\theta_B)}\geqq\sqrt{5gr} \quad \therefore\cos\theta_B\leqq\frac{1}{6}$

またθ_Cは$\frac{\pi}{2}$以下のはずなので，求める範囲は$0\leqq\cos\theta_B\leqq\frac{1}{6}$

2.

問１　回路方程式　$vBD = \dfrac{Q}{C}$　$\therefore Q = CvBD$

問２　$I = +\dfrac{dQ}{dt} = \dfrac{d(CvBD)}{dt} = CBD\dfrac{dv}{dt} = CBDa$

問３　x軸負方向になるので，符号に注意して，$F = -IBD = -CBDa \cdot BD = -C(BD)^2 a$

問４　糸の張力の大きさをTとすると，棒とおもりの運動方程式はそれぞれ，

$ma = T - IBD$，$Ma = Mg - T$　辺々足して，$(M+m)a = Mg - IBD = Mg - C(BD)^2 a$

$$\therefore \quad a = \frac{Mg}{m + M + C(BD)^2}$$

問５　回路方程式　$vBD = L\dfrac{dI}{dt}$　　$\therefore \dfrac{dI}{dt} = \dfrac{vBD}{L}$

問６　$v = \dfrac{dx}{dt}$なので，問５の$\dfrac{dI}{dt} = \dfrac{vBD}{L}$を tで積分して，$I = \dfrac{BD}{L}x + C_1$(積分定数)

ここで，初期条件$t = 0$のとき，$x = 0$，$I = 0$を代入すると，$C_1 = 0$　となるので，$I = \dfrac{BD}{L}x$

問７　糸の張力の大きさをTとすると，棒とおもりの運動方程式はそれぞれ，

$ma = T - IBD$，$Ma = Mg - T$　辺々足して，$I = \dfrac{BD}{L}x$を代入すると，

$$(M+m)a = Mg - \frac{(BD)^2}{L}x = -\frac{(BD)^2}{L}\left\{x - \frac{MgL}{(BD)^2}\right\} \qquad \therefore a = --\frac{(BD)^2}{(m+M)L}\left\{x - \frac{MgL}{(BD)^2}\right\}$$

問８　問７の加速度を，単振動の加速度$a = -\omega^2(x - x_0)$と比較して，

$$\omega = \sqrt{\frac{(BD)^2}{(m+M)L}} = \frac{BD}{\sqrt{(m+M)L}}x$$

また，振動中心は$x = x_0 = \dfrac{MgL}{(BD)^2}$ で$x = 0$から静かに放すので，振幅は，$\dfrac{MgL}{(BD)^2}$