第１問

〔１〕

問１　[式と説明]

力学的エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + mgR = mgR\cos\theta + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\therefore v = \sqrt{v_0^2 + 2gR(1-\cos\theta)}$$

答	$v = \sqrt{v_0^2 + 2gR(1-\cos\theta)}$

問２　[式と説明]

運動方程式：$m\dfrac{v^2}{R} = mg\cos\theta - N$

問１より，$\therefore N = mg(3\cos\theta - 2) - m\dfrac{v_0^2}{R}$

答	$N = mg(3\cos\theta - 2) - m\dfrac{v_0^2}{R}$

問３　[式と説明]

$N=0$ のとき，$\theta = \theta_0$ として，問２より

$$\cos\theta_0 = \frac{1}{3}\left(2 + \frac{v_0^2}{gR}\right)$$

点Ｂからの高さ $H = R\cos\theta_0 = \dfrac{2}{3}R + \dfrac{v_0^2}{3g}$

答	$\dfrac{2}{3}R + \dfrac{v_0^2}{3g}$

〔２〕

問４　[式と説明]

重心の式から，

$$\therefore X_{\mathrm{G}} = \frac{M\times 0 + mR\sin\beta}{M+m} = \frac{m\sin\beta}{M+m}R$$

$$\therefore Y_{\mathrm{G}} = \frac{M\times\frac{3}{8}R + mR\cos\beta}{M+m} = \frac{3M + 8m\cos\beta}{8(M+m)}R$$

答		
	X_{G}	$\dfrac{m\sin\beta}{M+m}R$
	Y_{G}	$\dfrac{3M+8m\cos\beta}{8(M+m)}R$

問５

答	運動量の和が０より，２物体の x 軸方向の重心は不動点である。小物体の x 座標 x_1，半球の重心の x 座標 X_1 とすると， 重心の式：$\dfrac{mR\sin\beta}{M+m} = \dfrac{MX_1 + mx_1}{M+m} \Leftrightarrow 0 = \dfrac{MX_1 + m(x_1 - R\sin\beta)}{M+m}$ 以上より，小物体は x の方向に，半球は $-x$ 方向に，重心は移動せず，$M:m$ に内分するように移動する。

第２問

問１　[式と説明]

エネルギー保存則より，$qV = \frac{1}{2}mv_0^2$

$\therefore v_0 = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$

答	$v_0 = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$

問２　[式と説明]

y 軸方向は等速度運動するので，$v_y = v_0$

平行電極を通りぬける時間 $t_0 = \frac{L}{v_0}$

z 軸方向に等加速度運動するので，加速度 a_z とすると，

運動方程式：$ma_z = qE$　　$\therefore a_z = \frac{qE}{m}$

速度 $v_z = a_z t_0 = \frac{qEL}{mv_0}$

x 方向は力を受けないので，$v_x = 0$

答	v_x	0
	v_y	v_0
	v_z	$\frac{qEL}{mv_0}$

問３　[式と計算]

答	F の名称	ローレンツ力	F の大きさ	$qvB\sin\theta$

問４　[式と説明]

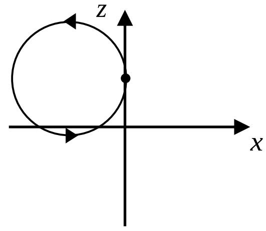
コイルに入射するときの z 方向の速度成分は $v\sin\theta$ であり，入射したとき問３のローレンツ力は $-x$ 方向に受ける

運動方程式：$m\frac{(v\sin\theta)^2}{R} = qvB\sin\theta$

$\therefore R = \frac{mv\sin\theta}{qB}$　　$T = \frac{2\pi R}{v\sin\theta} = \frac{2\pi m}{qB}$

作図は左図のようになる。

ただし，コイルとは衝突しないものとする。

答	R	$\frac{mv\sin\theta}{qB}$
	T	$\frac{2\pi m}{qB}$
答		

第 3 問

問 1

答	D

問 2　[式と説明]

α 崩壊を x 回，β 崩壊を y 回とする。

質量数：$238-4x=226$　$\therefore x=3$〔回〕

原子番号：$92-2x+y=88$　$\therefore y=2$〔回〕

答	α 崩壊	3	回
	β 崩壊	2	回

問 3

答	(A)	②
	(B)	He

問 4　静止した ${}^{226}_{88}\mathrm{Rn}$ が分裂して互いに逆向きに運動する。

ヘリウムの運動エネルギーを E〔MeV〕とすると，

運動量保存則から，${}^{222}_{86}\mathrm{Rn}$ の速度は，ヘリウムの $\dfrac{4}{222}$ 倍

また，質量は $\dfrac{222}{4}$ 倍となるので，運動エネルギーは質量に

比例し，速度の 2 乗に比例するので，${}^{222}_{86}\mathrm{Rn}$ のエネルギーは

$\dfrac{4}{222}E=\dfrac{2}{111}E$ である。エネルギーの式から，

$E+\dfrac{2}{111}E=\dfrac{113}{111}E=4.87$　$\therefore E\fallingdotseq 4.78$〔MeV〕

答	4.78	MeV