第１問

〔１〕

問１〔式と計算〕

力のつりあいより， $kx_0 = Mg \quad \therefore x_0 = \dfrac{Mg}{k}$

答	$x_0 = \dfrac{Mg}{k}$

問２〔式と計算〕

つりあいの位置を基準として，力学的エネルギー保存則より，

$\dfrac{1}{2}MV_0^2 = \dfrac{1}{2}kd^2 \quad \therefore d = V_0\sqrt{\dfrac{M}{k}}$

答	$V_0\sqrt{\dfrac{M}{k}}$

〔２〕

問１〔式と計算〕鉛直下向きを正とする。

衝突前の小球の速さを v_0 とすると，衝突前の力学的エネルギー保存則から，

$\dfrac{1}{2}mv_0^2 = mgh \quad \therefore v_0 = \sqrt{2gh}$

運動量保存則より， $mv_0 = m(-v_1) + MV_1$

はねかえり係数の式から， $e = -\dfrac{-v_1 - V_1}{v_0}$

$\therefore v_1 = \dfrac{eM - m}{M + m}\sqrt{2gh} \quad V_1 = \dfrac{(e+1)m}{M + m}\sqrt{2gh}$

答	v_1	$\dfrac{eM - m}{M + m}\sqrt{2gh}$
	V_1	$\dfrac{(e+1)m}{M + m}\sqrt{2gh}$

問２〔式と計算〕

〔１〕問１より，文字を変換して $d' = V_1\sqrt{\dfrac{M}{k}}$

$e = 1$ より， $V_1 = \dfrac{2m}{M + m}\sqrt{2gh} \quad \therefore d' = \dfrac{2m}{M + m}\sqrt{\dfrac{2Mgh}{k}}$

答	$\dfrac{2m}{M + m}\sqrt{\dfrac{2Mgh}{k}}$

問３［式と計算］

自然長を基準として，鉛直下向き正として，

運動方程式，$(M+m)a=-kx+(M+m)g$

$a=0$ のとき振動中心である。$\therefore x_1=\dfrac{(M+m)g}{k}$

$e=0$ より，$V_1=\dfrac{m}{M+m}\sqrt{2gh}$

つりあいの位置を基準として，

力学的エネルギー保存則

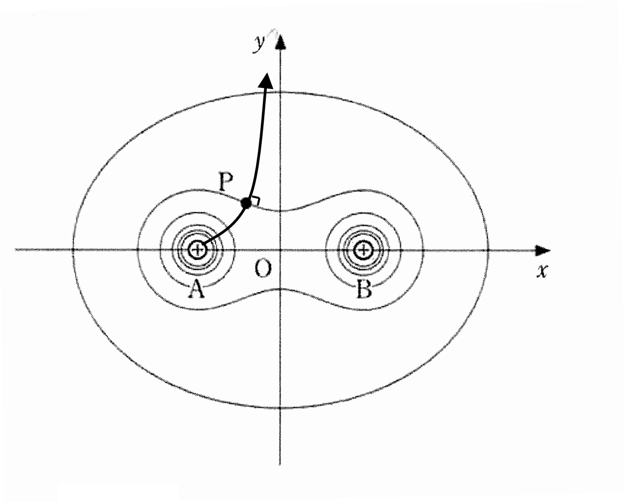
$$\frac{1}{2}(M+m)V_1^2+\frac{1}{2}k(x_1-x_0)^2=\frac{1}{2}kA^2$$

$$\therefore A=\frac{mg}{k}\sqrt{1+\frac{2kh}{g(M+m)}}$$

答	x_1	$\dfrac{(M+m)g}{k}$
	A	$\dfrac{mg}{k}\sqrt{1+\dfrac{2kh}{g(M+m)}}$

第２問

［１］



［２］

答	(a)

［３］(式と計算)

$$V_0 = \frac{kQ}{a} + \frac{kQ}{a} = \frac{2kQ}{a}$$

答	$V_0 = \dfrac{2kQ}{a}$

［４］(式と計算)

無限遠方の速さ v_∞ として

エネルギー保存則

$$qV_0 = \frac{1}{2}mv_\infty^2 \qquad v_\infty = \sqrt{\frac{2qV_0}{m}}$$

答	$\sqrt{\dfrac{2qV_0}{m}}$

［５］

問１　クーロンの法則から，

$$F = \frac{kQq}{(a+x)^2} - \frac{kQq}{(a-x)^2} = \frac{kQq}{a^2}\left\{\left(1+\frac{x}{a}\right)^{-2} - \left(1-\frac{x}{a}\right)^{-2}\right\}$$

$$\fallingdotseq \frac{kQq}{a^2}\left\{\left(1-\frac{2x}{a}\right) - \left(1+\frac{2x}{a}\right)\right\} = -\frac{4kQq}{a^3}x$$

答	$F = -\dfrac{4kQq}{a^3}x$

問２　問１より，加速度αとして運動方程式

$$m\alpha = -\frac{4kQq}{a^3}x \qquad \therefore \alpha = -\frac{4kQq}{ma^3}x = -\omega^2 x$$

$$\text{周期}\,T = \frac{2\pi}{\omega} = \pi a\sqrt{\frac{ma}{kQq}} \qquad \therefore t = \frac{T}{4} = \frac{\pi a}{4}\sqrt{\frac{ma}{kQq}}$$

答	$\dfrac{\pi a}{4}\sqrt{\dfrac{ma}{kQq}}$

第３問

〔１〕

〔式と計算〕

α崩壊の回数を m 回，β崩壊の回数を n 回とおいて，

$$\begin{cases} 238-4m=206 \\ 92-2m+n=82 \end{cases}$$ より，$m=8$，$n=6$

答	①　ベクレル	②　グレイ	③シーベルト	④　α崩壊	⑤　中性子
	⑥　陽子	⑦　β崩壊	⑧　4	⑨　8	⑩　6

〔２〕

問１〔式と計算〕

カリウムの質量数が 40 であるから、

$$\frac{140\times0.012\times10^{-2}}{40}\times6.0\times10^{23}$$

$$=2.5\times10^{20}$$

答	2.5×10^{20} ［個］

問２〔式と計算〕

原子核の個数は，$N(t)=N_0\left(\dfrac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ で表されるから、

減少個数は，$N_0-N(t)$ で求められる。

よって、1 秒あたりの減少個数は，$N_0-N(1)$ となるから、

$$(\text{放射能の強さ}) = N_0\left\{1-\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{T}}\right\}$$

$$\approx N_0\times\frac{0.69}{T}$$

$$=2.5\times10^{20}\times\frac{0.69}{4.0\times10^{16}}$$

$$=4.3\times10^{3}\ [\mathrm{Bq}]$$

答	4.3×10^{3} ［Bq］