物　　理

以下の $\boxed{\quad 1 \quad}$ から $\boxed{\quad 29 \quad}$ にあてはまる最も適切な答えを各解答群から１つ選び，解答用紙（マークシート）にマークせよ。ただし，同じ番号を繰り返して用いてもよい。数値を選ぶ場合は最も近い値を選ぶものとする。

Ⅰ　図１のように，水平な床の上の鉛直面内にレールの模型が置かれている。レールは線分 AP の直線部分と弧 PB の半円部分から構成されており，円の中心を O，半径を R とする。点 A に置かれた質量 m の小球を点 P に向かってすべらせるとき，線分 OP からなす角を θ（$0 \leqq \theta \leqq 180^\circ$）とすると，小球の運動は点 A における小球の初速度の大きさ v_0 に依存して

(A)　小球は円軌道上の $0 \leqq \theta \leqq 90^\circ$ のある点まで上がり，レールから外れずに円軌道を逆向きに戻る

(B)　小球は円軌道上の $90^\circ < \theta < 180^\circ$ の点でレールから外れてしまう

(C)　小球はレールから外れずに，半円の最高点 B に達する

の３つの場合が考えられる。ここで，小球はレールに沿った鉛直面内のみを運動するものとし，小球とレールの間の摩擦，および小球が受ける空気抵抗は無視できるものとする。また，重力加速度の大きさを g とする。

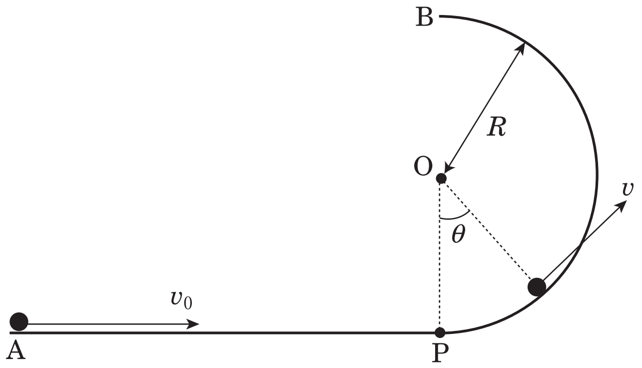


図１

(1) 点Aにある小球が初速度の大きさv_0でレールに沿って動き，小球は角がθの点を速さvで通過したとする。この瞬間における，小球の向心加速度の大きさは $\boxed{\quad 1 \quad}$ ，小球にはたらく向心力の大きさは，垂直抗力の大きさNと重力を用いて $\boxed{\quad 2 \quad}$ と書ける。また，力学的エネルギー保存の法則より，小球の速さvは $\boxed{\quad 3 \quad}$ と表されるので，小球にはたらく垂直抗力はv_0を用いて，$N=$ $\boxed{\quad 4 \quad}$ と書ける。

力学的エネルギー保存の法則，および小球がレールから離れることなく円運動を続けるための垂直抗力の条件が$N \geqq 0$であることより，小球の運動は，$0 < v_0 \leqq$ $\boxed{\quad 5 \quad}$ のときに(A)， $\boxed{\quad 5 \quad}$ $< v_0 <$ $\boxed{\quad 6 \quad}$ のときに(B)， $\boxed{\quad 6 \quad}$ $\leqq v_0$ のときに(C)と場合分けされる。

$\boxed{\quad 1 \quad}$ の解答群

① $\dfrac{v}{R^2}$	② $\dfrac{v\sin\theta}{R^2}$	③ $\dfrac{v\cos\theta}{R^2}$
④ $\dfrac{v^2}{R}$	⑤ $\dfrac{v^2\sin\theta}{R}$	⑥ $\dfrac{v^2\cos\theta}{R}$

$\boxed{\quad 2 \quad}$ の解答群

① $N+mg\sin\theta$	② $N-mg\sin\theta$	③ $-N+mg\sin\theta$
④ $-N-mg\sin\theta$	⑤ $N+mg\cos\theta$	⑥ $N-mg\cos\theta$
⑦ $-N+mg\cos\theta$	⑧ $-N-mg\cos\theta$	

$\boxed{\quad 3 \quad}$ の解答群

① v_0	② $\sqrt{{v_0}^2+2gR\sin\theta}$	③ $\sqrt{{v_0}^2+2gR(1-\sin\theta)}$
④ $\sqrt{{v_0}^2-2gR\sin\theta}$	⑤ $\sqrt{{v_0}^2-2gR(1-\sin\theta)}$	⑥ $\sqrt{{v_0}^2+2gR\cos\theta}$
⑦ $\sqrt{{v_0}^2+2gR(1-\cos\theta)}$	⑧ $\sqrt{{v_0}^2-2gR\cos\theta}$	⑨ $\sqrt{{v_0}^2-2gR(1-\cos\theta)}$

$\boxed{\quad 4 \quad}$ の解答群

① $\dfrac{m{v_0}^2}{R}$

② $\dfrac{m{v_0}^2}{R} - mg$

③ $\dfrac{m{v_0}^2}{R} - 2mg$

④ $\dfrac{m{v_0}^2}{R} - 2mg\sin\theta$

⑤ $\dfrac{m{v_0}^2}{R} - 2mg\cos\theta$

⑥ $\dfrac{m{v_0}^2}{R} - mg(2 - \sin\theta)$

⑦ $\dfrac{m{v_0}^2}{R} - mg(2 - \cos\theta)$

⑧ $\dfrac{m{v_0}^2}{R} - mg(2 - 3\sin\theta)$

⑨ $\dfrac{m{v_0}^2}{R} - mg(2 - 3\cos\theta)$

$\boxed{\quad 5 \quad}$ と $\boxed{\quad 6 \quad}$ の解答群

① $\sqrt{gR}$　② $\sqrt{2gR}$　③ $\sqrt{3gR}$　④ $2\sqrt{gR}$

⑤ $\sqrt{5gR}$　⑥ $\sqrt{6gR}$　⑦ $\sqrt{7gR}$　⑧ $2\sqrt{2gR}$

(2) 次に，図1の模型全体を図2のように傾けた。線分APは水平面から角度 ϕ（$0<\phi<90°$）の斜面となり，点Aは点Pを基準として高さ h の位置にある。いま，点Aにある小球を初速度0で静かに手をはなした。

小球は点Pから円軌道に入り，レールの最下点Qにおける小球の速さを v_1 とすると，$v_1=$ $\boxed{\ 7\ }$ である。小球がレールに沿って運動しているとき，線分OQからなす角が θ（$0\leqq\theta\leqq180°-\phi$）のときの小球の速さを v とすると，円運動の向心力の大きさは垂直抗力の大きさ N と重力を用いて $\boxed{\ 8\ }$ と書ける。また，力学的エネルギー保存の法則より v は $v=$ $\boxed{\ 9\ }$ と表される。よって，高さ h を変えることにより小球の運動は，$0<h\leqq$ $\boxed{\ 10\ }$ のときに(A)，$\boxed{\ 10\ }$ $<h<$ $\boxed{\ 11\ }$ のときに(B)，$\boxed{\ 11\ }$ $\leqq h$ のときに(C)と場合分けされる。ここで必要ならば，$\cos(180°-\phi)=-\cos\phi$ を用いてよい。

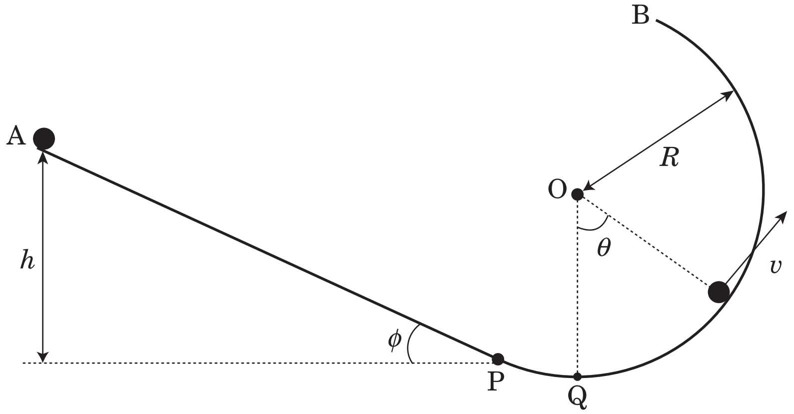


図2

$\boxed{\ 7\ }$ **の解答群**

① $\sqrt{2gh}$　② $\sqrt{2gR}$　③ $\sqrt{2g(h+R)}$　④ $\sqrt{2g(h+R\sin\phi)}$

⑤ $\sqrt{2g(h+R\cos\phi)}$　⑥ $\sqrt{2g\{h+R(1-\sin\phi)\}}$　⑦ $\sqrt{2g\{h+R(1-\cos\phi)\}}$

$\boxed{\quad 8 \quad}$ の解答群

① $N+mg\sin\theta$　② $N-mg\sin\theta$　③ $N+mg\sin(\theta+\phi)$

④ $N-mg\sin(\theta+\phi)$　⑤ $N+mg\cos\theta$　⑥ $N-mg\cos\theta$

⑦ $N+mg\cos(\theta+\phi)$　⑧ $N-mg\cos(\theta+\phi)$

$\boxed{\quad 9 \quad}$ の解答群

① $\sqrt{2g\{h+R(\sin\theta+\sin\phi)\}}$　② $\sqrt{2g\{h+R(\sin\theta-\sin\phi)\}}$

③ $\sqrt{2g\{h+R(\sin(\theta+\phi)+\sin\phi)\}}$　④ $\sqrt{2g\{h+R(\sin(\theta+\phi)-\sin\phi)\}}$

⑤ $\sqrt{2g\{h+R(\cos\theta+\cos\phi)\}}$　⑥ $\sqrt{2g\{h+R(\cos\theta-\cos\phi)\}}$

⑦ $\sqrt{2g\{h+R(\cos(\theta+\phi)+\cos\phi)\}}$　⑧ $\sqrt{2g\{h+R(\cos(\theta+\phi)-\cos\phi)\}}$

$\boxed{\quad 10 \quad}$ と $\boxed{\quad 11 \quad}$ の解答群

① R　② $2R$　③ $R\sin\phi$　④ $\frac{3}{2}R\sin\phi$

⑤ $\frac{5}{2}R\sin\phi$　⑥ $R\cos\phi$　⑦ $\frac{3}{2}R\cos\phi$　⑧ $\frac{5}{2}R\cos\phi$

Ⅱ　ダイオードとコンデンサーを用いた回路を考える。簡単のために，ダイオード（図１(a)）は，n_0 の電位が n_1 よりも高いか等しいときには閉じ，低いときには開くスイッチ（図１(b)）の動作をすると仮定する。

図１

電気容量が C〔F〕のコンデンサー C_1 と C_2，ダイオード D_1 と D_2，スイッチ，および起電力 V_0〔V〕の電池を２個用いて，V_0〔V〕よりも高い電圧を発生させることを考えよう。最初，スイッチは S_1 にも，S_2 にも接続されておらず，C_1 と C_2 には電荷は蓄えられていないものとする。まず，図２(a)に示すようにスイッチを S_1 に接続した。スイッチを切り替えた直後の n_0 と n_1 の電位は $\boxed{\ 12\ }$ $\times V_0$〔V〕であり，n_2 の電位は０〔V〕である。そのため，D_2 は閉じ，n_0 と n_2 の電位が等しくなるまで C_2 は充電される。充電が完了したときの C_2 に蓄えられる電気量 q_0〔C〕は，$\boxed{\ 13\ }$ $\times CV_0$〔C〕である。C_2 の充電が完了されるまで，n_1 の電位は n_2 の電位よりも高いため D_1 は開いたままである。したがって，C_2 の充電が完了したときに C_1 に蓄えられる電気量は，$Q_0 =$ $\boxed{\ 14\ }$ $\times CV_0$〔C〕である。

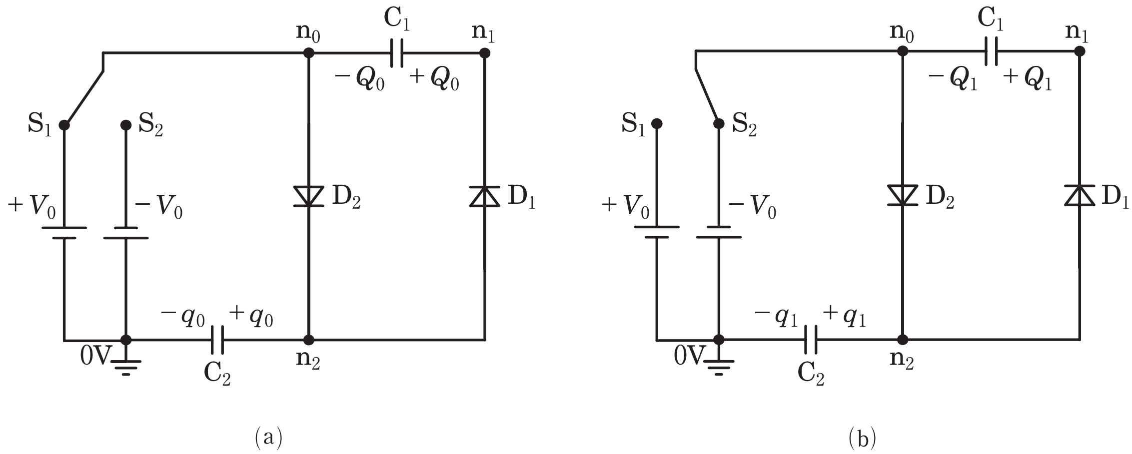


図２

次に，図２(b)に示すようにスイッチをS_2に切り替えた。スイッチを切り替えた直後のn_1の電位は $\boxed{\quad 15 \quad}$ $\times V_0$〔V〕であり，n_2の電位はV_0〔V〕である。そのためD_1は閉じ，n_1とn_2の電位が等しくなるまで，C_2に蓄えられていた電荷はC_1に移動する。その移動過程では，n_0の電位はn_2の電位よりも低いためD_2は開いたままであり，スイッチの切り替え前後でC_1とC_2に蓄えられる電気量の総和は保存する。電荷の移動が完了した後のC_1に蓄えられる電気量をQ_1〔C〕，C_2に蓄えられる電気量をq_1〔C〕とおくと

$$Q_1+q_1=\boxed{\quad 16 \quad}\times CV_0$$

となる。電荷の移動が完了した後のn_1とn_2の電位が等しいという条件から

$$-V_0+\boxed{\quad 17 \quad}\times\frac{Q_1}{C}=\frac{q_1}{C}$$

を得る。これらを解いて

$$Q_1=\boxed{\quad 18 \quad}\times CV_0$$

を得る。

再び，スイッチをS_1に接続した。n_0の電位はn_2の電位より高いため，D_2は閉じC_2のみ充電される。充電過程で，n_1の電位はn_2の電位よりも高いためD_1は開いたままであり，C_1に蓄えられる電気量はQ_1〔C〕のまま変化しない。

その後，スイッチの切り替えを何度も繰り返す。n回目にスイッチをS_1からS_2に切り替え，電荷の移動が完了した後のC_1に蓄えられる電気量をQ_n〔C〕，C_2に蓄えられる電気量をq_n〔C〕とおくとき，$n+1$回目にスイッチをS_1からS_2に切り替える過程で電気量が保存するという条件より

$$Q_{n+1}+q_{n+1}=Q_n+\boxed{\quad 19 \quad}\times CV_0 \qquad (1)$$

が得られ，電荷の移動が完了した後のn_1とn_2の電位が等しいという条件から

$$-V_0+\frac{Q_{n+1}}{C}=\frac{q_{n+1}}{C} \qquad (2)$$

が得られる。

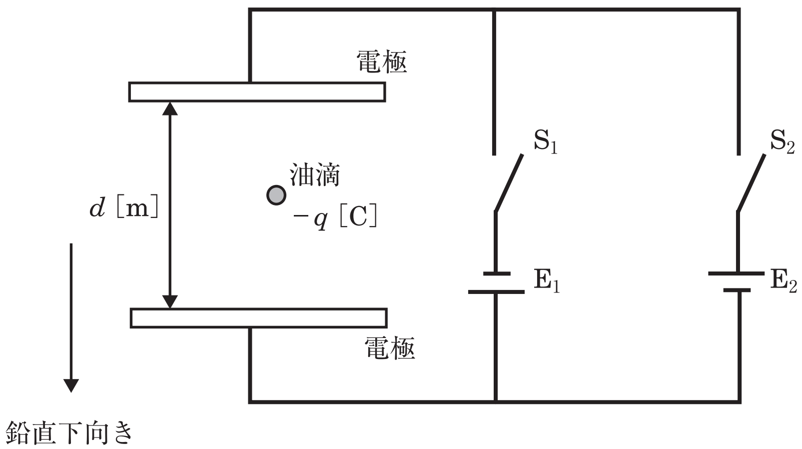
切り替えを何度も繰り返すと，スイッチをS_2からS_1に切り替えても，S_1からS_2に切り替えてもQ_n〔C〕，q_n〔C〕ともに変化しなくなる。変化しなくなったときのQ_n〔C〕をQ^*〔C〕，q_n〔C〕をq^*〔C〕とおく。式(1)と(2)を解いて，$Q^*=\boxed{\quad 20 \quad}\times CV_0$〔C〕を得る。その状態で，スイッチを$S_1$に切り替えたときの$n_1$の電位は $\boxed{\quad 21 \quad}\times V_0$〔V〕となる。

$\boxed{12}$ から $\boxed{21}$ の解答群

① -4	② -3	③ -2	④ -1	⑤ $-\frac{1}{2}$	⑥ 0
⑦ $\frac{1}{2}$	⑧ 1	⑨ 2	⓪ 3	ⓐ 4	

Ⅲ　図のように，空気中に鉛直に置かれた間隔 d〔m〕の平行板電極の間に，電気量 $-q$〔C〕($q>0$) に帯電した微小な油滴が浮遊している。電極は同じ電圧 V〔V〕($V>0$) をもつ電源装置 E_1，E_2 と接続されており，E_1 と E_2 は正極と負極が反対になっている。

この油滴の上下運動を顕微鏡で観測することによって，電気量の最小単位である電気素量 e〔C〕が測定できることを示そう。ここで1つの油滴の運動にのみ注目する。油滴には運動方向と逆向きに速さに比例した抵抗力がはたらき，その比例定数を k〔N･s/m〕とする。また，重力加速度を g〔m/s^2〕とし，油滴にはたらく浮力は無視できるものとする。



(1)　スイッチ S_1 と S_2 が開いているとき，電極間に電場は生じないため，油滴は重力によって鉛直下向きに落下する。落下し始めるとすぐに重力と空気抵抗がつり合って，一定の速さ v_g〔m/s〕に達した。油滴の質量を m〔kg〕とすると，$v_g=$ $\boxed{22}$〔m/s〕と与えられる。

$\boxed{22}$ の解答群

① $\dfrac{g}{k}$　② $\sqrt{\dfrac{g}{k}}$　③ $\dfrac{mg}{k}$　④ $\sqrt{\dfrac{mg}{k}}$

⑤ $\dfrac{2mg}{k}$　⑥ $\sqrt{\dfrac{2mg}{k}}$　⑦ $\dfrac{mg}{2k}$　⑧ $\sqrt{\dfrac{mg}{2k}}$

(2)　まず，スイッチ S_1 を閉じて平行板電極に電圧 V〔V〕をかけると，電極間には一様な電場が発生し，電場から油滴がうける力は $\boxed{23}$〔N〕となる。この場合，油滴は空気抵抗のために一定の速さ $v_1 = \boxed{24}$〔m/s〕となって落下する。次に，スイッチ S_1 を開いて，スイッチ S_2 を閉じた場合，電圧が $\boxed{25}$〔V〕より大きい場合は油滴は鉛直上向きに上昇し，空気抵抗のために一定の速さ $v_2 = \boxed{26}$〔m/s〕となる。

以上より，油滴の電気量は v_1 と v_2 の平均を用いれば，$q = \boxed{27} \times \dfrac{v_1 + v_2}{2}$〔C〕と表される。よって，実験で v_1 と v_2 を測定すれば，この式を利用して油滴の電気量を求めることができる。

$\boxed{23}$ の解答群

① 鉛直上向きに qd　② 鉛直上向きに qV　③ 鉛直上向きに $\dfrac{qV}{d}$

④ 鉛直上向きに $\dfrac{qd}{V}$　⑤ 鉛直下向きに qd　⑥ 鉛直下向きに qV

⑦ 鉛直下向きに $\dfrac{qV}{d}$　⑧ 鉛直下向きに $\dfrac{qd}{V}$

$\boxed{24}$ と $\boxed{26}$ の解答群

① $\dfrac{qV}{k}$　② $\dfrac{qV+mg}{k}$　③ $\dfrac{-qV+mg}{k}$　④ $\dfrac{qV-mg}{k}$

⑤ $\dfrac{qV}{kd}$　⑥ $\dfrac{qV+mgd}{kd}$　⑦ $\dfrac{-qV+mgd}{kd}$　⑧ $\dfrac{qV-mgd}{kd}$

$\boxed{\quad 25 \quad}$ の解答群

① $\dfrac{d}{q}$　② $\dfrac{mg}{q}$　③ $\dfrac{md}{q}$　④ $\dfrac{mgd}{q}$

⑤ $\dfrac{q}{d}$　⑥ $\dfrac{mgq}{d}$　⑦ $\dfrac{mg}{qd}$　⑧ $\dfrac{q}{mgd}$

$\boxed{\quad 27 \quad}$ の解答群

① $\dfrac{k}{V}$　② $\dfrac{V}{k}$　③ Vk　④ $\dfrac{Vk}{d}$

⑤ $\dfrac{kd}{V}$　⑥ $\dfrac{Vd}{k}$　⑦ $\dfrac{k}{Vd}$　⑧ $\dfrac{d}{Vk}$

⑨ $\dfrac{V}{kd}$　⓪ Vkd　ⓐ $\dfrac{1}{Vkd}$

(3)　実験条件として $k = 1.7\times10^{-10}$ N・s/m，$V = 300$ V，$d = 5.0\times10^{-3}$ m を共通として，異なる3つの油滴について実験を行い，v_1 と v_2 について以下のデータを得た。

データ	v_1〔m/s〕	v_2〔m/s〕
A	1.6×10^{-4}	8.0×10^{-5}
B	2.2×10^{-4}	1.4×10^{-4}
C	3.5×10^{-4}	2.7×10^{-4}

いま，この実験の油滴の電気量は正の整数 n を用いて $q = ne$〔C〕と書けると仮定すると，各油滴の n の値の比は各データの v_1 と v_2 の平均値の比と一致する。よって，各油滴の n の値をそれぞれ n_A，n_B，n_C とおくと，$n_A : n_B : n_C =$ 28 と推定できる。ただし，n_A，n_B，n_C は6を超えない整数であると仮定する。以上より，この実験のデータから計算される e の平均値は 29 C である。

28 の解答群

① 1：2：3　② 1：2：4　③ 1：2：5　④ 1：3：4

⑤ 1：3：5　⑥ 2：3：4　⑦ 2：3：5　⑧ 2：4：5

29 の解答群

① 1.3×10^{-19}　② 1.5×10^{-19}　③ 1.7×10^{-19}　④ 1.9×10^{-19}

⑤ 1.3×10^{-20}　⑥ 1.5×10^{-20}　⑦ 1.7×10^{-20}　⑧ 1.9×10^{-20}

令和3年度　一般入試　前期A日程　[1月31日実施問題]解答と配点

物理「1/31」(理工学部・建築学部・薬学部・農学部・生物理工学部・工学部・産業理工学部)

問題番号	Ⅰ											Ⅱ										Ⅲ							
解答番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
正　解	4	6	9	9	2	5	7	6	6	6	8	8	8	6	4	8	8	8	8	9	0	3	7	6	4	8	5	7	3
配　点	5	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	4	4	4	4	4	4	3	3

(1)

$\boxed{1}$ $\dfrac{v^2}{R}$ ④

$\boxed{2}\cdot\boxed{3}$

向心運動方程式より

$$m\left(\frac{v^2}{R}\right)=N-mg\cos\theta \quad \cdots ①$$

$\boxed{2}$ ⑥

力学的エネルギー保存より

$$\frac{1}{2}mv_0^2+0=\frac{1}{2}mv^2+mgR(1-\cos\theta) \quad \cdots ②$$

②より

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

$\boxed{3}$ ⑨

$\boxed{4}$

①より

$$N=\frac{m}{R}\left\{v_0^2-2gR(1-\cos\theta)\right\}+mg\cos\theta$$

$$=\frac{mv_0^2}{R}-mg(2-3\cos\theta)$$

⑨

$\boxed{5}$

②より $\theta=90^\circ$ のとき $v=0$ となるのは

$$\frac{1}{2}mv_{05}^2+0=0+mgR$$

$$\therefore v_{05}=\underline{\sqrt{2gR}}$$ ②

$\boxed{6}$ $\theta=180^\circ$ で $N\geqq 0$ が最高点,
到達条件

$\boxed{4}$より

$$\frac{mv_{06}^2}{R}-5mg\geqq 0 \quad \therefore v_{06}\geqq \underline{\sqrt{5gR}}$$ ⑤

(2)

7 力学的エネルギー保存より

$$0+mg\{R(1-\cos\phi)+h\}=\frac{1}{2}mv_1^2+0 \cdots ③$$

$$\therefore v_1=\underline{\sqrt{2g\{R(1-\cos\phi)+h\}}} \quad ⑦$$

8 向心運動方程式より

$$m\left(\frac{v^2}{R}\right)=\underline{N-mg\cos\theta} \cdots ④ \quad ⑥$$

9 Q→θのとき

$$\frac{1}{2}mv_1^2+0=\frac{1}{2}mv^2+mgR(1-\cos\theta)$$

7 を代入して.

$$v=\underline{\sqrt{2g\{R(\cos\theta-\cos\phi)+h\}}} \quad ⑥$$

10 $\theta=90°$で $v=0$となるとき

9 より

$$h=\underline{R\cos\phi} \quad ⑥$$

11 $\theta=180°-\phi$で$N\geqq 0$となるとき. ④ 9 より

$$N=\frac{mg}{R}(-5R\cos\phi+2h)\geqq 0$$

$$\therefore h\geqq\underline{\frac{5}{2}R\cos\phi} \quad ⑧$$

$\boxed{16}$ 電気量保存より

$$Q_1 + q_1 = 0 + \underline{CV_0}$$

$\boxed{17}$ m_1 と m_2 の電位が等しいので

$$-V_0 + \underline{\frac{Q_1}{C}} = +\frac{q_1}{C}$$

$\boxed{18}$ これらより

$$Q_1 = \underline{CV_0} \quad (q_1 = 0)$$

$\boxed{19}$ ～ $\boxed{21}$

C_2 は (a) の度に、CV_0 充電される

ことがポイント！

(1) $\boxed{22}$ 力のつり合いより

$$mg = kv_f \quad \therefore v_f = \frac{mg}{k}$$ ③

(2) $\boxed{23}$ 電場 $E = \frac{V}{d}$

$$\therefore F = qE = \frac{qV}{d}$$ 鉛直下向き ⑦

$\boxed{24}$ 力のつり合いより

$$mg + \frac{qV}{d} = kv_1$$

$$\therefore v_1 = \frac{mgd + qV}{kd}$$ ⑥

$\boxed{25}$ 題意より

$$mg < q\frac{V}{d} \quad \therefore V > \frac{mgd}{q}$$ ④

$\boxed{26}$ 力のつり合いより

$$mg + kv_2 = q\frac{V}{d}$$

$$\therefore v_2 = \frac{qV - mgd}{kd}$$ ⑧

$\boxed{27}$ $\boxed{24}$ $\boxed{26}$ より

$$mg = kv_1 - \frac{qV}{d} = \frac{qV}{d} - kv_2$$

me $$\therefore q = \frac{kd}{V} \times \frac{v_1 + v_2}{2}$$ ⑤

$\boxed{28}$

$$m_A : m_B : m_C = 1.2 : 1.8 : 3.1$$

$$\fallingdotseq \underline{2 : 3 : 5} \quad ⑦$$

$\boxed{29}$ データAで $m=2$ として

$$2e = \frac{1.7\times10^{-10}\times5.0\times10^{-3}}{300}\times1.2\times10^{-4}$$

$$\therefore e = \underline{1.7\times10^{-19}} \quad ③$$

動画教材「ベリタスアカデミー」を受講してみたい方は
info@veritas.bz または info@v-a-l.jp までお問い合わせ下さい。