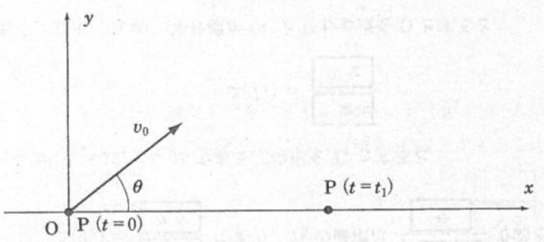
近畿 後期2012

理科 理工学部・薬学部・農学部・医学部・生物理工学部・工学部

物　理

以下の $\boxed{1}$ から $\boxed{28}$ 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，同じ番号をくり返し用いてもよい。

I　図のように，x 軸を水平右向きに，y 軸を鉛直上向きにとる。原点Oに静止していた自動車Pが，時刻 $t=0$ で x 軸の正の方向に大きさ a の等加速度運動を始める。以下では，重力加速度の大きさを g とし，自動車の大きさと空気抵抗は無視せよ。



(1)　時刻 $t=0$ で，自動車Pから小物体を速さ v_0，x 軸の正の向きとなす角度 θ $\left(ただし 0<\theta<\frac{\pi}{2}\right)$ で発射した。自動車の質量は小物体の質量に比べて十分大きく，発射の反作用は無視できる。以下，小物体は xy 面内で運動するものとする。このとき，小物体の軌道の最高点の y 座標は $\boxed{1}\times\frac{v_0^2}{g}$ である。また，発射された小物体は，時刻 $\boxed{2}\times\frac{v_0}{g}$ で着地する。着地点の x 座標は $\boxed{3}\times\frac{v_0^2}{g}$ である。必要であれば，公式 $\sin 2\theta=2\sin\theta\cos\theta$ を用いよ。

$\boxed{1}$ の解答群

① $\frac{\sin\theta}{2}$　② $\sin\theta$　③ $\frac{\sin^2\theta}{2}$　④ $\sin^2\theta$
⑤ $\frac{\cos\theta}{2}$　⑥ $\cos\theta$　⑦ $\frac{\cos^2\theta}{2}$　⑧ $\cos^2\theta$

$\boxed{2}$ の解答群

① $\frac{\sin\theta}{3}$　② $\frac{\sin\theta}{2}$　③ $\sin\theta$　④ $2\sin\theta$
⑤ $\frac{\cos\theta}{3}$　⑥ $\frac{\cos\theta}{2}$　⑦ $\cos\theta$　⑧ $2\cos\theta$

$\boxed{3}$ の解答群

① $\frac{\sin\theta}{2}$　② $\sin\theta$　③ $\sin 2\theta$　④ $2\sin 2\theta$
⑤ $\frac{\cos\theta}{2}$　⑥ $\cos\theta$　⑦ $\cos 2\theta$　⑧ $2\cos 2\theta$

(2)　時刻 t_1 における自動車Pの x 座標は $x_1=\boxed{4}$ で，そのときの速さは $\boxed{5}$ である。t_1 において，自動車Pから別の小物体を発射する。発射する小物体の速さ，および x 軸の正の向きとなす角度は，自動車Pから見て v_0 と θ である。発射の反作用は無視できる。このとき，原点Oにいる人から見ると，t_1 において発射された小物体の初速度は，x 成分が $\boxed{6}$，y 成分が $\boxed{7}$ である。この小物体が着地するときの時刻は $t_1+\boxed{8}\times\frac{v_0}{g}$，着地する点の x 座標は $x_1+\boxed{9}$ である。時刻 t_1 において自動車Pから発射した小物体が着地するときに，そこにやってきた自動車Pに命中したとする。このとき，角度 θ は $\tan\theta=\boxed{10}$ を満たす。

$\boxed{4}$ と $\boxed{5}$ の解答群

① $\frac{1}{4}at_1$　② $\frac{1}{3}at_1$　③ at_1　④ $2at_1$
⑤ $\frac{1}{4}at_1^2$　⑥ $\frac{1}{2}at_1^2$　⑦ at_1^2　⑧ $2at_1^2$

$\boxed{6}$ の解答群

① $\frac{1}{2}at_1+v_0\sin\theta$　② $at_1+v_0\sin\theta$　③ $2at_1+v_0\sin\theta$　④ $at_1+2v_0\sin\theta$
⑤ $\frac{1}{2}at_1+v_0\cos\theta$　⑥ $at_1+v_0\cos\theta$　⑦ $2at_1+v_0\cos\theta$　⑧ $at_1+2v_0\cos\theta$

$\boxed{7}$ の解答群

① $\frac{1}{2}v_0\sin\theta$　② $v_0\sin\theta$　③ $2v_0\sin\theta$　④ $at_1+v_0\sin\theta$
⑤ $\frac{1}{2}v_0\cos\theta$　⑥ $v_0\cos\theta$　⑦ $2v_0\cos\theta$　⑧ $at_1+v_0\cos\theta$

$\boxed{8}$ の解答群

① $\frac{\sin\theta}{2}$　② $\sin\theta$　③ $2\sin\theta$　④ $4\sin\theta$
⑤ $\frac{\cos\theta}{2}$　⑥ $\cos\theta$　⑦ $2\cos\theta$　⑧ $4\cos\theta$

$\boxed{9}$ の解答群

① $\frac{v_0\sin\theta}{2g}(at_1+v_0\sin\theta)$　② $\frac{v_0\sin\theta}{g}(at_1+v_0\sin\theta)$
③ $\frac{2v_0\sin\theta}{g}(at_1+v_0\sin\theta)$　④ $\frac{4v_0\sin\theta}{g}(at_1+v_0\sin\theta)$
⑤ $\frac{v_0\sin\theta}{2g}(at_1+v_0\cos\theta)$　⑥ $\frac{v_0\sin\theta}{g}(at_1+v_0\cos\theta)$
⑦ $\frac{2v_0\sin\theta}{g}(at_1+v_0\cos\theta)$　⑧ $\frac{4v_0\sin\theta}{g}(at_1+v_0\cos\theta)$

$\boxed{10}$ の解答群

① $\frac{g}{4a}$　② $\frac{g}{3a}$　③ $\frac{g}{2a}$　④ $\frac{g}{a}$　⑤ $\frac{a}{4g}$　⑥ $\frac{a}{3g}$　⑦ $\frac{a}{2g}$　⑧ $\frac{a}{g}$

II　荷電粒子が電場や磁場から受ける力を利用して，陽子などの荷電粒子を加速させる装置の一つにサイクロトロンがある。図1はサイクロトロンを上部から見たときの概略図，図2は同じサイクロトロンを斜め上から見たときの概略図である。

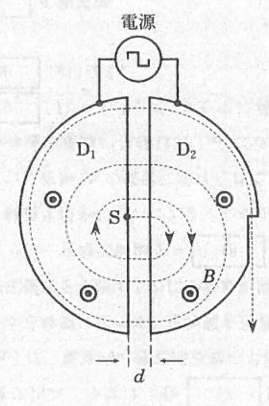


図1

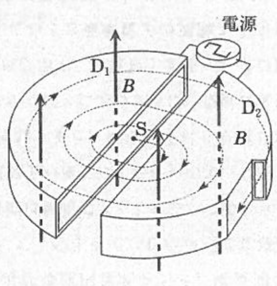


図2

(1)　2つのD字型の中空の電極 D_1 と D_2 を距離 d〔m〕だけ離して，電極の切り口（図1の直線部分）を平行に向かい合わせて固定する。D_1 と D_2 には，図1のように磁束密度の大きさが B〔T〕の一様磁場が紙面の下から上へかけられている。両電極には，はじめに D_1 が正になるように電圧 V〔V〕がかけられており，このとき D_1 の切り口面内の中央に置いたイオン源Sから正の電荷 q〔C〕をもつ質量 m〔kg〕の荷電粒子が静かに放出された。装置は真空中にあり，以下の考察において重力は無視できるものとする。また簡単のため2つの電極 D_1 と D_2 の間には磁場はなく，そこでの電場は一様であると仮定する。また，電極 D_1 と D_2 の内部の電場は無視できる。

荷電粒子がイオン源Sから放出されたときの初速度を0とすると，荷電粒子は電極 D_1 と D_2 の間にある大きさ $\boxed{11}$〔V/m〕の電場により加速され，速さ $\boxed{12}$〔m/s〕で電極 D_2 に入射する。すると今度は磁場 B〔T〕による大きさ $\boxed{13}$〔N〕の力を受けるが，その力が荷電粒子に対して行う仕事は $\boxed{14}$〔J〕

であるため，電極 D_2 内で荷電粒子の速さは変化せず，半径 $\boxed{15}$〔m〕の等速円運動を行って電極 D_2 を飛び出す。

$\boxed{11}$ の解答群

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

⑤ $\dfrac{V}{2d}$　⑥ $\dfrac{V}{d}$　⑦ $\dfrac{2V}{d}$　⑧ $\dfrac{4V}{d}$

$\boxed{12}$ の解答群

① $\sqrt{\dfrac{qV}{2m}}$　② $\sqrt{\dfrac{qV}{m}}$　③ $\sqrt{\dfrac{2qV}{m}}$　④ $\sqrt{\dfrac{4qV}{m}}$

⑤ $\sqrt{\dfrac{mV}{2q}}$　⑥ $\sqrt{\dfrac{mV}{q}}$　⑦ $\sqrt{\dfrac{2mV}{q}}$　⑧ $\sqrt{\dfrac{4mV}{q}}$

$\boxed{13}$ の解答群

① $B\sqrt{\dfrac{qV}{4m}}$　② $B\sqrt{\dfrac{qV}{2m}}$　③ $B\sqrt{\dfrac{qV}{m}}$　④ $B\sqrt{\dfrac{2qV}{m}}$

⑤ $qB\sqrt{\dfrac{qV}{4m}}$　⑥ $qB\sqrt{\dfrac{qV}{2m}}$　⑦ $qB\sqrt{\dfrac{qV}{m}}$　⑧ $qB\sqrt{\dfrac{2qV}{m}}$

$\boxed{14}$ の解答群

① 0　② qV　③ qV^2　④ qmV

⑤ qVB　⑥ qV^2B　⑦ $qmVB$　⑧ qmV^2B

$\boxed{15}$ の解答群

① $B\sqrt{\dfrac{mV}{2q}}$　② $B\sqrt{\dfrac{mV}{q}}$　③ $B\sqrt{\dfrac{2mV}{q}}$　④ $B\sqrt{\dfrac{4mV}{q}}$

⑤ $\dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{mV}{2q}}$　⑥ $\dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{mV}{q}}$　⑦ $\dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{2mV}{q}}$　⑧ $\dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{4mV}{q}}$

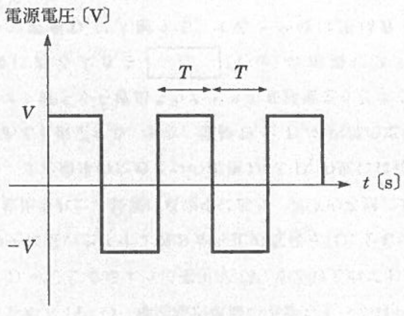


図 3

(2) 荷電粒子が電極 D_2 内を半周する間に D_1 と D_2 の間の電圧の向きを逆転させておけば，D_2 を飛び出した荷電粒子は D_1 へ向けて加速され，速さ $\boxed{16}$〔m/s〕で D_1 へ飛び込み，今度は半径 $\boxed{17}$〔m〕で再び等速円運動を行う。電極間の間隔 d〔m〕は，電極内の等速円運動の半径に比べて十分小さく，したがって等速円運動にかかる時間に比べて，電極間を通過する時間は無視できるとする。このとき荷電粒子が電極内を半周するのにかかる時間は荷電粒子の速さによらないので，電圧を図 3 のように一定時間間隔 $T = \boxed{18}$〔s〕で逆転すると，荷電粒子はくり返し加速され，軌道半径をしだいに大きくしながら，やがて図 2 にあるように，側壁に衝突することなく電極 D_2 の側壁に設けられた窓から飛び出す。荷電粒子が窓から飛び出す直前の等速円運動の半径は R〔m〕であった。このとき荷電粒子の運動エネルギーは $\boxed{19}$〔J〕であり，それまでに荷電粒子が電極間で加速された回数は合計 $\boxed{20}$ 回になる。

$\boxed{16}$ の解答群

① $\sqrt{\dfrac{qV}{2m}}$　② $\sqrt{\dfrac{qV}{m}}$　③ $\sqrt{\dfrac{2qV}{m}}$　④ $2\sqrt{\dfrac{qV}{m}}$

⑤ $\sqrt{\dfrac{mV}{2q}}$　⑥ $\sqrt{\dfrac{mV}{q}}$　⑦ $\sqrt{\dfrac{2mV}{q}}$　⑧ $2\sqrt{\dfrac{mV}{q}}$

$\boxed{17}$ の解答群

① $B\sqrt{\dfrac{mV}{2q}}$　② $B\sqrt{\dfrac{mV}{q}}$　③ $2B\sqrt{\dfrac{mV}{q}}$　④ $4B\sqrt{\dfrac{mV}{q}}$

⑤ $\dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{mV}{2q}}$　⑥ $\dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{mV}{q}}$　⑦ $\dfrac{2}{B}\sqrt{\dfrac{mV}{q}}$　⑧ $\dfrac{4}{B}\sqrt{\dfrac{mV}{q}}$

$\boxed{18}$ の解答群

① $\dfrac{qB}{4\pi m}$　② $\dfrac{qB}{2\pi m}$　③ $\dfrac{qB}{\pi m}$　④ $\dfrac{2qB}{\pi m}$

⑤ $\dfrac{\pi m}{4qB}$　⑥ $\dfrac{\pi m}{2qB}$　⑦ $\dfrac{\pi m}{qB}$　⑧ $\dfrac{2\pi m}{qB}$

$\boxed{19}$ の解答群

① $\dfrac{(qBR)^2}{4m}$　② $\dfrac{(qBR)^2}{2m}$　③ $\dfrac{(qBR)^2}{m}$　④ $\dfrac{2(qBR)^2}{m}$

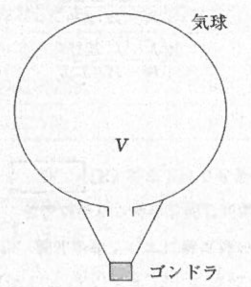
⑤ $\dfrac{(qB)^2}{4mR^2}$　⑥ $\dfrac{(qB)^2}{2mR^2}$　⑦ $\dfrac{(qB)^2}{mR^2}$　⑧ $\dfrac{2(qB)^2}{mR^2}$

$\boxed{20}$ の解答群

① $\dfrac{q(BR)^2}{2mV}$　② $\dfrac{q(BR)^2}{mV}$　③ $\dfrac{2q(BR)^2}{mV}$　④ $\dfrac{4q(BR)^2}{mV}$

⑤ $\dfrac{qB^2}{2mVR^2}$　⑥ $\dfrac{qB^2}{mVR^2}$　⑦ $\dfrac{2qB^2}{mVR^2}$　⑧ $\dfrac{4qB^2}{mVR^2}$

Ⅲ　図の気球は，下端に小さな開口部があり，内部の空気の圧力は外気の圧力と等しく，その体積は V〔m^3〕である。気球内の空気の温度はヒーターにより調節することができる。気球は薄い材料でできており，材料の体積は無視できる。気球は，質量と体積の無視できるひもでゴンドラと結ばれている。以下，気球とゴンドラを合わせて熱気球という。気球内部の空気を含まない熱気球本体の質量を M〔kg〕とする。空気の 1 mol の質量を m〔kg/mol〕，地上における圧力を p_0〔Pa〕，地上における温度を T_0〔K〕とする。また，温度の変化によって気球の体積は変化せず，気球内の温度と圧力は一様であるとしてよい。気体定数を R〔J/(mol·K)〕，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。また，熱気球において気球以外の部分には浮力は働かないとする。



(1) 加熱する前には熱気球は地上で停止している。このとき，気球内の空気は地上における外気と同じ圧力と温度となっていることから，気球内の空気の量は $\boxed{21}$〔mol〕である。また，気球内の空気の質量は $\boxed{22}$〔kg〕である。以下，空気を含まない熱気球の質量 M〔kg〕は $\boxed{22}$〔kg〕よりも小さいものとする。

$\boxed{21}$ の解答群

① $\dfrac{RT_0}{2p_0V}$　② $\dfrac{2RT_0}{3p_0V}$　③ $\dfrac{RT_0}{p_0V}$　④ $\dfrac{3RT_0}{2p_0V}$

⑤ $\dfrac{p_0V}{2RT_0}$　⑥ $\dfrac{2p_0V}{3RT_0}$　⑦ $\dfrac{p_0V}{RT_0}$　⑧ $\dfrac{3p_0V}{2RT_0}$

$\boxed{22}$ **の解答群**

① $\dfrac{mp_0V}{3RT_0}$　② $\dfrac{mp_0V}{2RT_0}$　③ $\dfrac{mp_0V}{RT_0}$　④ $\dfrac{3mp_0V}{2RT_0}$

⑤ $\dfrac{mRT_0}{3p_0V}$　⑥ $\dfrac{mRT_0}{2p_0V}$　⑦ $\dfrac{mRT_0}{p_0V}$　⑧ $\dfrac{3mRT_0}{2p_0V}$

(2) 次に気球内の空気を加熱して温度を T_1〔K〕に上昇させる。空気が加熱されたことで，気球内部の空気の量は $\boxed{23}$〔mol〕に減少し，空気の質量は $\boxed{24}$〔kg〕になる。気球にはたらく浮力の大きさは $\boxed{25}$〔N〕であるから，熱気球が浮力によって地上から浮上しないためには，T_1〔K〕は $\boxed{26}$〔K〕よりも低くなければならない。

$\boxed{23}$ **の解答群**

① $\dfrac{p_0V}{3RT_1}$　② $\dfrac{p_0V}{RT_1}$　③ $\dfrac{3p_0V}{2RT_1}$　④ $\dfrac{2p_0V}{RT_1}$

⑤ $\dfrac{RT_1}{3p_0V}$　⑥ $\dfrac{RT_1}{p_0V}$　⑦ $\dfrac{3RT_1}{2p_0V}$　⑧ $\dfrac{2RT_1}{p_0V}$

$\boxed{24}$ **の解答群**

① $\dfrac{mp_0V}{2RT_1}$　② $\dfrac{2mp_0V}{3RT_1}$　③ $\dfrac{mp_0V}{RT_1}$　④ $\dfrac{3mp_0V}{2RT_1}$

⑤ $\dfrac{mRT_1}{2p_0V}$　⑥ $\dfrac{2mRT_1}{3p_0V}$　⑦ $\dfrac{mRT_1}{p_0V}$　⑧ $\dfrac{3mRT_1}{2p_0V}$

$\boxed{25}$ **の解答群**

① $\dfrac{2R}{3mgp_0VT_0}$　② $\dfrac{R}{mgp_0VT_0}$　③ $\dfrac{3R}{2mgp_0VT_0}$　④ $\dfrac{2mgp_0V}{3RT_0}$

⑤ $\dfrac{mgp_0V}{RT_0}$　⑥ $\dfrac{3mgp_0V}{2RT_0}$　⑦ $\dfrac{gp_0V}{2mRT_0}$　⑧ $\dfrac{gp_0V}{mRT_0}$

$\boxed{26}$ **の解答群**

① $\dfrac{mp_0V-MRT_0}{3mp_0VT_0}$　② $\dfrac{mp_0V-MRT_0}{mp_0VT_0}$　③ $\dfrac{2mp_0V-MRT_0}{mp_0VT_0}$

④ $\dfrac{3mp_0V-MRT_0}{2mp_0VT_0}$　⑤ $\dfrac{mp_0VT_0}{3mp_0V-MRT_0}$　⑥ $\dfrac{mp_0VT_0}{2mp_0V-MRT_0}$

⑦ $\dfrac{mp_0VT_0}{mp_0V-MRT_0}$　⑧ $\dfrac{2mp_0VT_0}{mp_0V-MRT_0}$

(3) ヒーターを調節して気球内の空気の温度を T_1〔K〕に保ったまま地上に停止しているときに，ゴンドラから質量 M_0〔kg〕の部品が落ちてしまった。すると熱気球は上昇をはじめ，ある高度で浮力と重力がつりあった。その高度で外気の温度を計測したところ，T_2〔K〕であることがわかった。ただし，高度の上昇とともに外気の温度は低下し，外気の圧力は減少していくとする。この高度における外気の圧力は $\boxed{27}$〔Pa〕である。もし，部品が落下せずに熱気球の質量が M〔kg〕のままのとき，気球内の温度を上げて，部品が落ちた場合と同じ高度で浮力と重力がつりあうには，気球内の空気の温度を $\boxed{28}$〔K〕まで上げる必要がある。

$\boxed{27}$ **の解答群**

① $\dfrac{RT_1T_2(M-M_0)}{mV(T_1-T_2)}$　② $\dfrac{T_1T_2(M-M_0)}{mVR(T_1-T_2)}$　③ $\dfrac{T_2(M-M_0)}{mVRT_1(T_1-T_2)}$

④ $\dfrac{T_1(M-M_0)}{mVRT_2(T_1-T_2)}$　⑤ $\dfrac{mV(M-M_0)}{RT_1T_2(T_1-T_2)}$　⑥ $\dfrac{mVR(M-M_0)}{T_1T_2(T_1-T_2)}$

⑦ $\dfrac{mVT_2(M-M_0)}{RT_1(T_1-T_2)}$　⑧ $\dfrac{mVT_1(M-M_0)}{RT_2(T_1-T_2)}$

$\boxed{28}$ **の解答群**

① $\dfrac{T_2(MT_1-M_0T_2)}{2T_1(M-M_0)}$　② $\dfrac{T_2(MT_1-M_0T_2)}{T_1(M-M_0)}$　③ $\dfrac{T_1(MT_1-M_0T_2)}{2T_2(M-M_0)}$

④ $\dfrac{T_1(MT_1-M_0T_2)}{T_2(M-M_0)}$　⑤ $\dfrac{T_1T_2(M-M_0)}{2(MT_1-M_0T_2)}$　⑥ $\dfrac{T_1T_2(M-M_0)}{MT_1-M_0T_2}$

⑦ $\dfrac{T_1T_2(M-M_0)}{2(MT_2-M_0T_1)}$　⑧ $\dfrac{T_1T_2(M-M_0)}{MT_2-M_0T_1}$