物　　理

次の $\boxed{1}$ ～ $\boxed{42}$ の解答を解答欄にマークしなさい。ただし数値で解答する場合の最後の桁は四捨五入によって求めなさい。また，分数で解答する場合は，既約分数で答えなさい。**＜解答群＞**のあるものは最も適切なものを１つ選びその番号をマークしなさい。

1　図１のように水平でなめらかな床に沿って水平右向きにx軸，壁に沿って鉛直上向きにy軸をとる。点P$(L, 0)$から水平面となす角θ，初速度の大きさv_0で質量mの小球を壁に向かって発射する。小球は鉛直面内で運動するものとする。

小球は最高点に達したとき，壁上の点Q$\left(0, \dfrac{L}{2}\right)$で壁に垂直にぶつかり跳ね返る。その後，小球は床で何度も跳ね返りながらx軸の正の向きに運動する。空気抵抗を無視し，重力加速度の大きさをg，壁と小球および床と小球との間のはね返り係数をeとする。

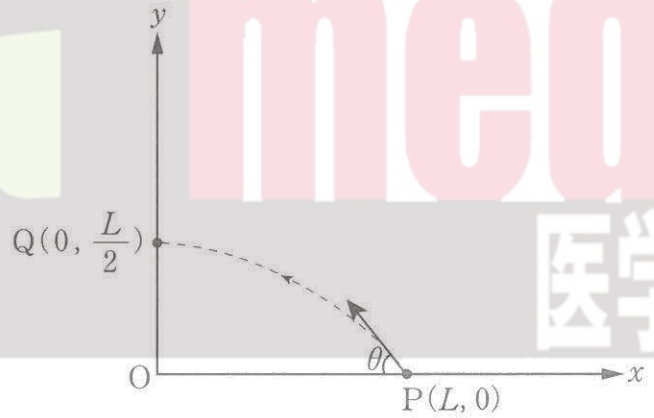


図１

問１　$\tan\theta$は $\boxed{1}.\boxed{2}$ である。また初速度の大きさv_0は $\boxed{3}.\boxed{4}\sqrt{gL}$ である。

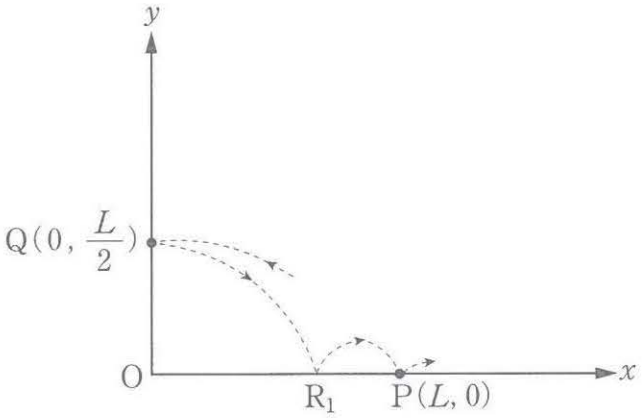


図2

問2　図2のように，小球は壁で跳ね返った後，n回目に床に着地した点をR_nとする。R_2がPと一致したときはね返り係数は$e = 0.$ $\boxed{5}\boxed{6}$ である。

問3　R_2で跳ね返った後の小球の最高到達点の高さは点Qよりも0. $\boxed{7}\boxed{8}$ L だけ低い。

問4　$n \to \infty$のときR_nの座標は($\boxed{9}$. $\boxed{10}$ $L, 0$)となる。

2　図1の回路でR_1，R_2はそれぞれ$R_1 = 200\,\Omega$，$R_2 = 100\,\Omega$の抵抗，Lは抵抗が無視できる自己インダクタンス$L = \dfrac{1}{\pi}$〔H〕のコイル，C_1は電気容量C_1のコンデンサーで，Eは内部抵抗が無視できる交流電源である。ここで$\sqrt{10} = 3.16$とする。

スイッチSをB側に接続したところ，R_1に流れる電流iは図2のように変化した。

問1　電源の周波数は$f =$ [11][12]〔Hz〕である。

問2　AA′間の最大電圧$V_{AA'}$とA′D間の最大電圧$V_{A'D}$の比は

$$\frac{V_{AA'}}{V_{A'D}} = \frac{\boxed{13}}{\boxed{14}}$$ である。

問3　交流電源Eの最大電圧は$V_0 =$ [15][16].[17]〔V〕である。

次にスイッチSをC側に接続したところ，AC間の最大電圧V_{AC}とCD間の最大電圧V_{CD}が等しくなった。

問4　コンデンサーC_1の電気容量は$C_1 = \dfrac{\boxed{18}\boxed{19}}{\pi}$〔μF〕である。

問5　回路の全インピーダンスは$Z =$ [20][21][22]〔Ω〕である。

問6　この回路で1分間に消費する電力量は$W =$ [23][24][25]〔J〕である。

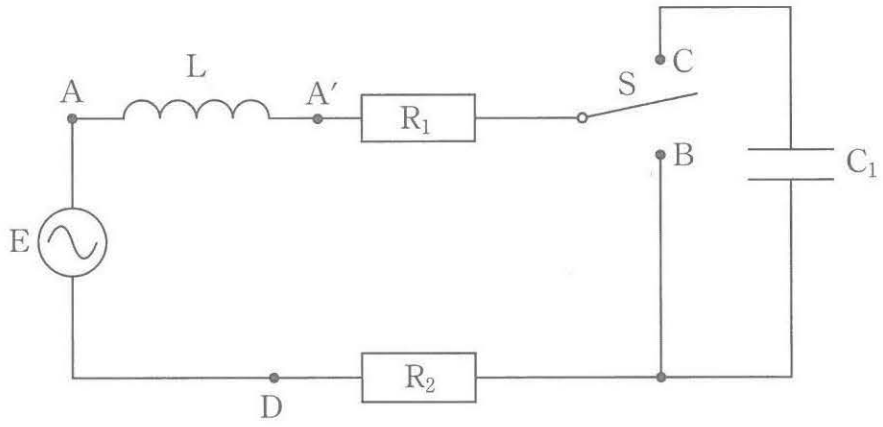


図1

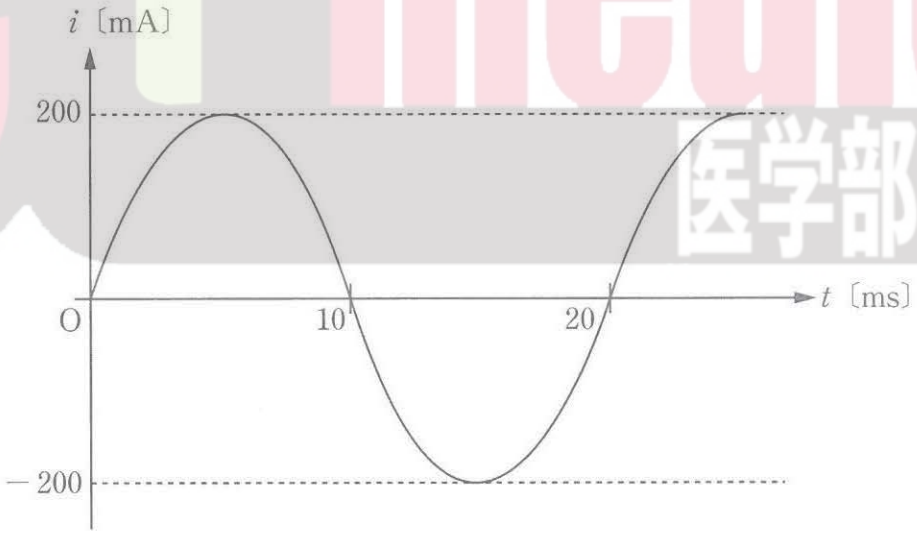
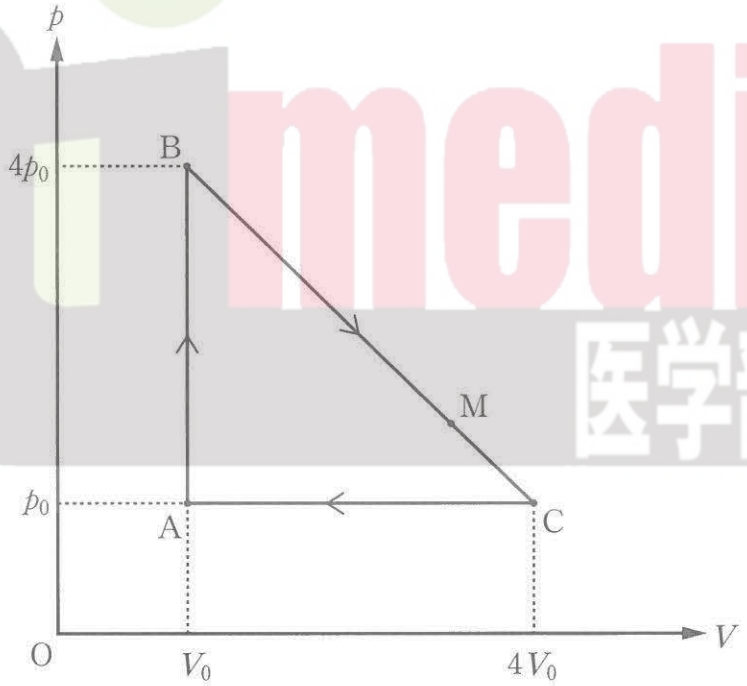


図2

3　1molの単原子分子からなる理想気体の状態を，図のようにA→B→C→Aとゆっくりと変化させる熱機関を考える。状態Aでは体積V_0，圧力p_0，温度T_0であり，状態Bでは体積V_0，圧力$4p_0$，状態Cでは体積$4V_0$，圧力p_0である。A→Bの過程は定積変化であり，B→Cの過程はp-V図上において直線で表せ，C→Aの過程は定圧変化である。状態Bの温度は $\boxed{26}$ T_0である。1サイクルで気体が外部にする仕事の総和は $\dfrac{\boxed{27}}{\boxed{28}}p_0V_0$である。またこのサイクル中で気体のとる最高温度は $\dfrac{\boxed{29}\boxed{30}}{\boxed{31}}T_0$である。B→Cの過程では途中の状態Mまで気体は外部から熱を吸収し，その後外部へ熱を放出する。状態Mの体積は $\dfrac{\boxed{32}\boxed{33}}{\boxed{34}}V_0$である。この熱機関の熱効率を有効数字2桁求めると，0.$\boxed{35}\boxed{36}$となる。



4

Ⅰ　図1のように屈折率n，厚さdの平行な面を持つガラス板に入射角θで光線を入射する。光線の一部はガラス板の上面と下面で反射し，一部はガラス板を透過する。

透過光線Ⅳは入射光線Ⅰに平行で入射光線Ⅰから距離 $\delta =$ [37] だけずれる。下面での反射光線Ⅲはガラス上面での反射光線Ⅱと平行で反射光線Ⅱから距離 $\delta' =$ [38] だけずれる。

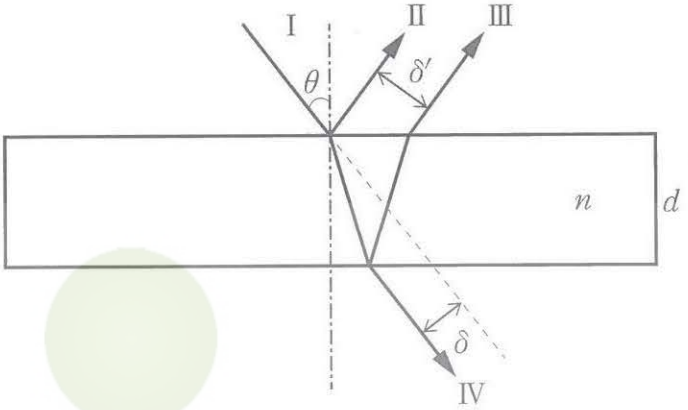


図1

＜ [37] の解答群＞

① $d\cos\theta\left(1-\dfrac{\cos\theta}{\sqrt{n^2-\cos^2\theta}}\right)$　② $d\sin\theta\left(1-\dfrac{\cos\theta}{\sqrt{n^2-\cos^2\theta}}\right)$

③ $d\cos\theta\left(1-\dfrac{\sin\theta}{\sqrt{n^2-\cos^2\theta}}\right)$　④ $d\sin\theta\left(1-\dfrac{\sin\theta}{\sqrt{n^2-\cos^2\theta}}\right)$

⑤ $d\cos\theta\left(1-\dfrac{\cos\theta}{\sqrt{n^2-\sin^2\theta}}\right)$　⑥ $d\sin\theta\left(1-\dfrac{\cos\theta}{\sqrt{n^2-\sin^2\theta}}\right)$

⑦ $d\cos\theta\left(1-\dfrac{\sin\theta}{\sqrt{n^2-\sin^2\theta}}\right)$　⑧ $d\sin\theta\left(1-\dfrac{\sin\theta}{\sqrt{n^2-\sin^2\theta}}\right)$

＜ [38] の解答群＞

① $\dfrac{2d\cos^2\theta}{\sqrt{n^2-\cos^2\theta}}$　② $\dfrac{2d\sin^2\theta}{\sqrt{n^2-\cos^2\theta}}$　③ $\dfrac{2d\sin\theta\cos\theta}{\sqrt{n^2-\cos^2\theta}}$

④ $\dfrac{2d\cos^2\theta}{\sqrt{n^2-\sin^2\theta}}$　⑤ $\dfrac{2d\sin^2\theta}{\sqrt{n^2-\sin^2\theta}}$　⑥ $\dfrac{2d\sin\theta\cos\theta}{\sqrt{n^2-\sin^2\theta}}$

⑦ $\dfrac{2d\cos^2\theta}{\sqrt{n^2-\sin\theta\cos\theta}}$　⑧ $\dfrac{2d\sin^2\theta}{\sqrt{n^2-\sin\theta\cos\theta}}$　⑨ $\dfrac{2d\sin\theta\cos\theta}{\sqrt{n^2-\sin\theta\cos\theta}}$

Ⅱ　図2のように屈折率n，厚さdの平行な面を持つガラス板G_1とG_2を設置する。光源Sを出た光は水平右向きに距離l進んでG_1で反射し，距離L_0進んでG_2で再度反射してから距離l進んで望遠鏡Zに到達する。ガラス板G_1，G_2への光の入射角はそれぞれθ_1，θ_2とする。

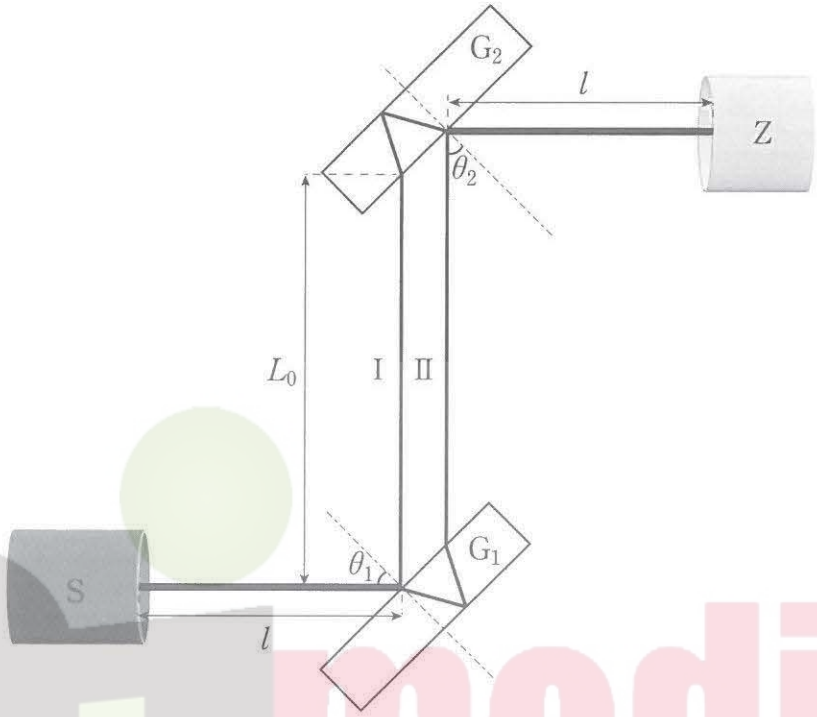


図2

問1　$\theta_1 = \theta_2 = \theta$のとき光源Sから望遠鏡Zまでの光路Iと光路IIの光路長は等しく $\boxed{39}$ である。

＜ $\boxed{39}$ の解答群＞

① $2l + L_0 + \dfrac{2nd}{\sqrt{n^2 - \cos^2\theta}}$

② $2l + L_0 + \dfrac{2nd\cos\theta}{\sqrt{n^2 - \sin^2\theta}}$

③ $2l + L_0 + \dfrac{2nd\sin\theta}{\sqrt{n^2 - \cos^2\theta}}$

④ $2l + L_0 + \dfrac{2nd}{\sqrt{n^2 - \sin^2\theta}}$

⑤ $2l + L_0 + \dfrac{2n^2d}{\sqrt{n^2 - \cos^2\theta}}$

⑥ $2l + L_0 + \dfrac{2n^2d\cos\theta}{\sqrt{n^2 - \sin^2\theta}}$

⑦ $2l + L_0 + \dfrac{2n^2d\sin\theta}{\sqrt{n^2 - \cos^2\theta}}$

⑧ $2l + L_0 + \dfrac{2n^2d}{\sqrt{n^2 - \sin^2\theta}}$

問2　$\theta_1 = \theta_2 = \dfrac{\pi}{4}$ とする。図3のように一辺1cmの正方形の底面を持ち，高さ50 cmの真空の透明な容器A_1とA_2をそれぞれ光路I，IIに挿入する。波長635 nmの光を入射して望遠鏡をのぞきながらA_2のみに窒素ガスをゆっくりと注入した。望遠鏡の視野は少しずつ暗くなったが，圧力が $P = \boxed{40}.\boxed{41} \times 10^{\boxed{42}}$〔Pa〕になったとき，もとの明るさに戻った。

窒素ガスの屈折率は1 m^3あたりのモル数をρとすると，$n_\rho = 1 + K\rho$で表される。窒素ガスの定数Kは，光の波長が635 nmの場合$6.68 \times 10^{-6}\ m^3/mol$である。容器$A_2$の窒素ガスは理想気体と見なしてよい。ただし測定温度は300 Kで，気体定数を$R = 8.31\ J/(mol \cdot K)$とする。

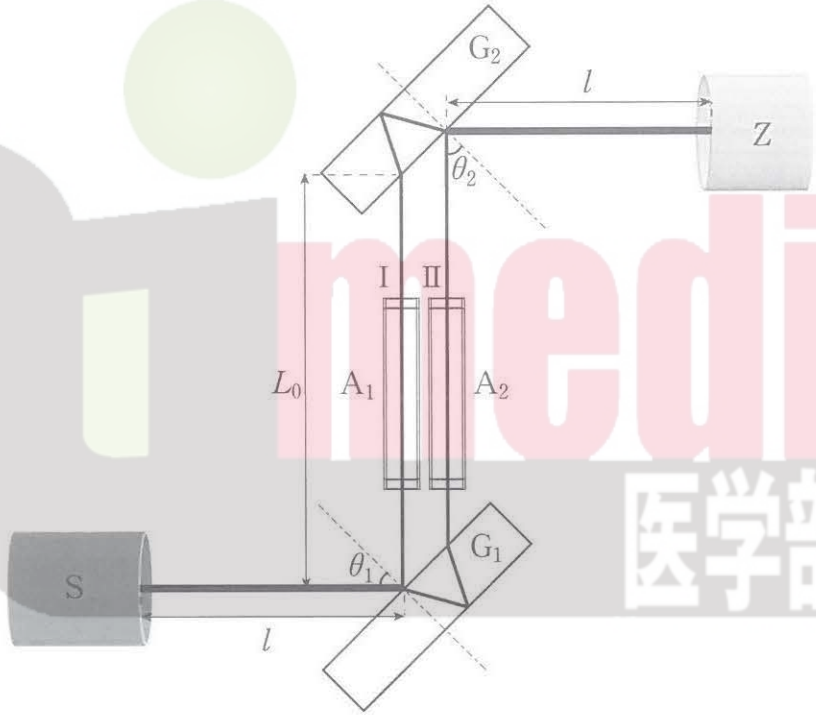


図3