26 B

理　　科

理科は 物　理 化　学 生　物 のうち2科目を選択受験のこと。

物　理 …… 1頁　化　学 ……15頁　生　物 ……27頁

問題 Ⅰ はマークシート方式，Ⅱ は記述式である。

Ⅰ の解答はマークシートに，Ⅱ の解答は解答用紙に記入すること。

〔注　意　事　項〕

1. 監督者の指示があるまでは，この問題冊子を開かないこと。
2. マークシートは，コンピュータで処理するので，折り曲げたり汚したりしないこと。
3. マークシートに，**氏名・受験番号を記入し，科目選択・受験番号をマークする。** マークがない場合や誤って記入した場合の答案は無効となる。

受験番号のマーク例(13015の場合)

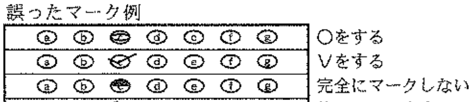
受験番号				
1	3	0	1	5
万位	千位	百位	十位	一位
⓪	⓪	●	⓪	⓪
●	①	①	●	①
②	②	②	②	②
③	●	③	③	③
④	④	④	④	④
⑤	⑤	⑤	⑤	●
⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
⑦	⑦	⑦	⑦	⑦
⑧	⑧	⑧	⑧	⑧
⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

4. マークシートにマークするときは，HBまたはBの黒鉛筆を用いること。**誤ってマークした場合には，消しゴムで丁寧(ていねい)に消し，消しくずを完全に取り除いたうえで，新たにマークし直すこと。**
5. 下記の例に従い，**正しくマークすること。**

(例えばcと答えたいとき)

正しいマーク例

誤ったマーク例



6. 各科目とも基本的に正解は一つであるが，科目によっては二つ以上解答を求めている場合があるので設問をよく読み解答すること。
7. 解答は所定の位置に記入すること。

物　　理

I　以下の問題（第１問～第３問）の答えをマークシートに記せ。

第１問　次の問い（問１～問５）に答えよ。〔解答番号 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{7}$ 〕

問１　図１のように，一様な棒を水平なあらい床の上にのせ，水平とのなす角が45°のなめらかな斜面に立てかける。棒を傾けていくとき，棒と水平とのなす角 θ がある値になると棒がすべり出した。このときの $\tan\theta$ はいくらか。正しいものを，下の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし，棒と床との間の静止摩擦係数を μ とし，三角関数の公式

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha\cos\beta \mp \sin\alpha\sin\beta$$

を用いてよい。

$\tan\theta = \boxed{1}$

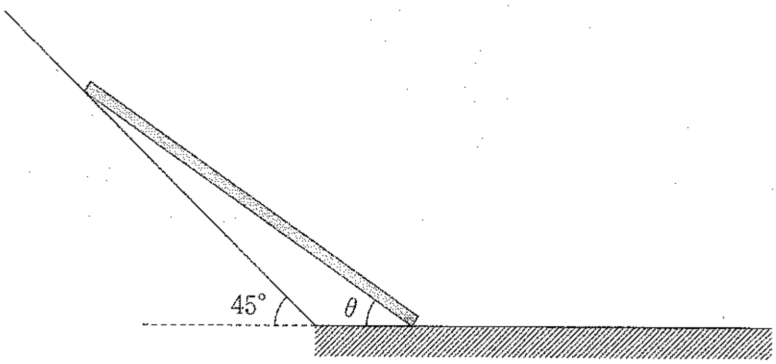


図１

① $\dfrac{1}{\mu} - \dfrac{\sqrt{2}}{2}$　　② $\dfrac{1}{\mu} - 1$　　③ $\dfrac{1}{\mu}$

④ $\dfrac{1}{\mu} + \dfrac{\sqrt{2}}{2}$　　⑤ $\dfrac{1}{\mu} + 1$　　⑥ $\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{1}{\mu} - \dfrac{\sqrt{2}}{2}\right)$

⑦ $\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{1}{\mu} - 1\right)$　　⑧ $\dfrac{1}{2\mu}$　　⑨ $\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{1}{\mu} + \dfrac{\sqrt{2}}{2}\right)$

⑩ $\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{1}{\mu} + 1\right)$

問 2　図2のように，音波発信部と受信部が一体となった装置が静止している。発信部から出た振動数f，波長λの音波は，装置に向かって速さvで進む車に当たり，反射されて受信部で測定される。空気中の音の速さを$V(V > v)$として，下の問い((a)，(b))に答えよ。

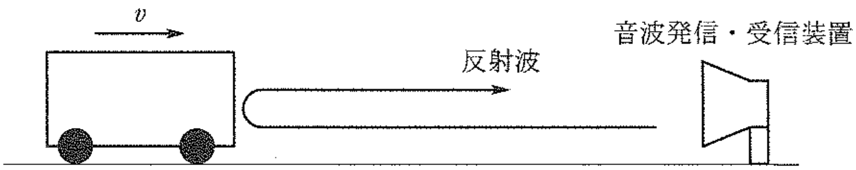


図2

(a)　装置から発信された音波を，速さvで進む車で観測すると，音波の振動数はfの何倍になるか。正しいものを，下の解答群①～⑨のうちから一つ選べ。$\boxed{\quad 2 \quad}$ 倍

(b)　装置の受信部で測定された反射波の波長は，λの何倍になるか。正しいものを，下の解答群①～⑨のうちから一つ選べ。$\boxed{\quad 3 \quad}$ 倍

$\boxed{\quad 2 \quad}$・$\boxed{\quad 3 \quad}$ の解答群

① $\dfrac{V-v}{V}$	② $\dfrac{V+v}{V}$	③ $\dfrac{V}{V-v}$
④ $\dfrac{V}{V+v}$	⑤ $\dfrac{V-v}{V+v}$	⑥ $\dfrac{V+v}{V-v}$
⑦ $\dfrac{(V-v)(V+v)}{V^2}$	⑧ $\dfrac{(V+v)^2}{V(V-v)}$	⑨ $\dfrac{(V-v)^2}{V(V+v)}$

問 3　図3のように，電気量 $Q\,(Q > 0)$ の点電荷を x 軸上の原点Oに，電気量 $-2\,Q$ の点電荷を x 軸上の座標が $x = -\,a\,(a > 0)$ の点に固定した。下の問い((a)，(b))に答えよ。

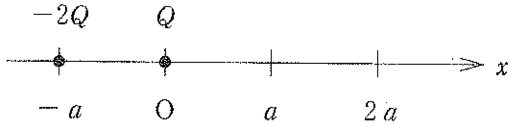


図3

(a)　x 軸上の座標が x である位置の電位は $x > 0$ のときどのように表されるか。正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，静電気力に関するクーロンの法則の比例定数を k とし，無限遠方の電位を0にとるものとする。 $\boxed{\quad 4 \quad}$

① $k\dfrac{Q(a-x)}{x(x+a)}$　② $k\dfrac{Q(a+x)}{x(x-a)}$　③ $k\dfrac{Q(a-x)}{(x+a)^2}$

④ $k\dfrac{Qa}{x(x+a)}$　⑤ $k\dfrac{Qa}{x(x-a)}$　⑥ $k\dfrac{Qa}{(x-a)^2}$

(b)　x 軸上で座標が $2\,a$ の位置に正の電気量を持つ点電荷を静かに置いたところ，点電荷は x 軸上を動き始めた。この点電荷が x 軸上を運動するとき，到達できる最大の x 座標はいくらか。正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\boxed{\quad 5 \quad}$

① $(1+\sqrt{2})a$　② $3\,a$　③ $(2+\sqrt{2})a$

④ $4\,a$　⑤ $(3+\sqrt{2})a$　⑥ $5\,a$

問 4　半径aの円形の金属リングが磁束密度B_0の一様な磁界に垂直に置かれている(図4)。この一様な磁束密度の大きさを，時刻tで$B = B_0 \times (1 - \dfrac{t}{T})$となるように，$t = 0$から$t = T$まで一定の割合で減少させた。リング全体の電気抵抗をRとすると，この間に生じたジュール熱はいくらか。正しいものを，下の①～⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{\ 6\ }$

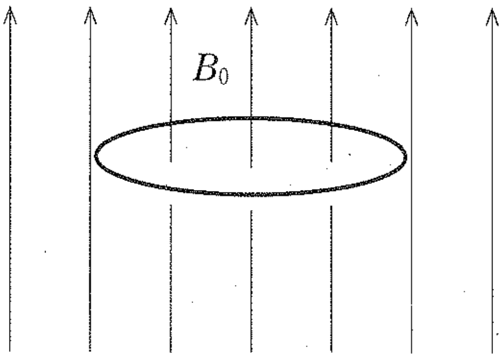


図4

① $\dfrac{\pi a^2 B_0}{RT}$　② $\dfrac{\pi a^2 B_0}{2RT}$　③ $\dfrac{\pi a^2 B_0}{RT^2}$　④ $\dfrac{\pi a^2 B_0}{2RT^2}$

⑤ $\dfrac{\pi^2 a^4 B_0^2}{RT}$　⑥ $\dfrac{\pi^2 a^4 B_0^2}{2RT}$　⑦ $\dfrac{\pi^2 a^4 B_0^2}{RT^2}$　⑧ $\dfrac{\pi^2 a^4 B_0^2}{2RT^2}$

問 5　温度48℃の酸素分子(分子量32)の理想気体がある。気体分子の速度の2乗平均の平方根$\sqrt{\overline{v^2}}$を分子の平均速度とするとき，この酸素分子の平均速度を求めよ。気体定数を$R = 8.3\,\mathrm{J/(mol \cdot K)}$として，最も近いものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

$\sqrt{\overline{v^2}} = \boxed{\ 7\ }$ m/s

① 50　② 100　③ 200　④ 300

⑤ 400　⑥ 500　⑦ 700　⑧ 1000

第２問　図１は，抵抗値 R の三つの抵抗を Δ(デルタ)形に接続した閉回路に端子をつけたもので，Δ 接続回路とよばれる。端子から点Ａに流れ込む電流を I_A として，点Ｂ，点Ｃから端子に流れ出る電流をそれぞれ I_B，I_C とする($I_C = I_A - I_B$)。また，AB 間をつなぐ抵抗に流れる電流を J とする。導線の抵抗は無視できるとして，下の問い(**問１～問４**)に答えよ。〔**解答番号** $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 4\ }$〕

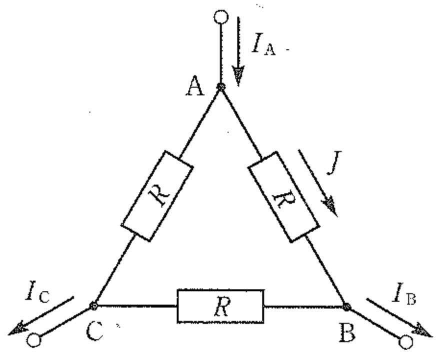


図１

問１　図１の電流 J を表す式として，正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

$J = \boxed{\ 1\ }$

① $\dfrac{1}{2}(I_A + I_B)$　② $\dfrac{1}{2}(I_A - 2I_B)$　③ $\dfrac{1}{3}(I_A + I_B)$

④ $\dfrac{1}{3}(3I_A - 2I_B)$　⑤ $\dfrac{1}{6}(I_A + 2I_B)$　⑥ $\dfrac{1}{6}(I_A - 3I_B)$

⑦ $\dfrac{1}{6}(3I_A + 2I_B)$　⑧ $\dfrac{1}{8}(I_A + 3I_B)$

問 2　図1のΔ接続回路で消費される電力はいくらか。正しいものを，次の①〜⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{\quad 2 \quad}$

① $\dfrac{R}{9}(I_A - I_B)^2$　　② $\dfrac{R}{9}(I_A + I_B)^2$

③ $\dfrac{R}{6}(2I_A + I_B)^2$　　④ $\dfrac{R}{3}(I_A{}^2 + I_B{}^2)$

⑤ $\dfrac{R}{3}(I_A{}^2 + I_AI_B - I_B{}^2)$　　⑥ $\dfrac{2R}{3}(I_A{}^2 - I_AI_B + I_B{}^2)$

⑦ $\dfrac{R}{9}(2I_A{}^2 + I_AI_B + I_B{}^2)$　　⑧ $\dfrac{R}{3}(2I_A{}^2 - I_AI_B + 2I_B{}^2)$

問 3　各端子に流れる電流と，各端子間の電位差が常に等しい二つの回路を等価回路とよぶ。図2は，図1のΔ接続回路と，逆Y形の接続回路(Y接続回路)である。Y接続回路の抵抗値 r を適当に選ぶと，各端子に流れる電流 I_A , I_B , I_C とAB，BC，CA間の電位差が二つの回路で等しくなり，Y接続回路はΔ接続回路の等価回路となる。このときのY接続回路の抵抗値 r として正しいものを，下の①〜⑧のうちから一つ選べ。

$r = \boxed{\quad 3 \quad}$

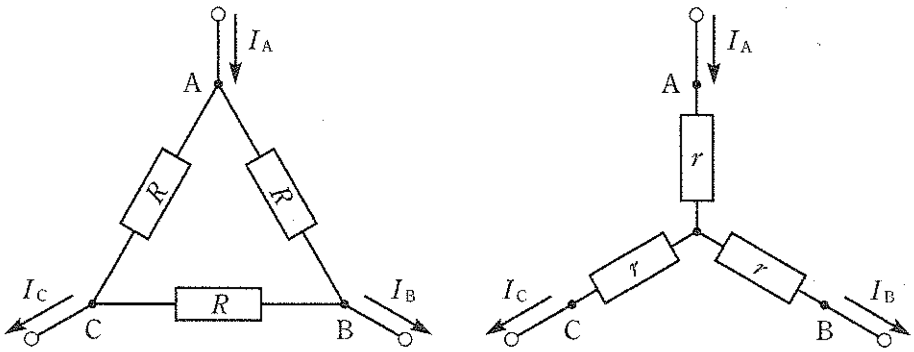


図2

① R　　② $2R$　　③ $3R$　　④ $6R$

⑤ $\dfrac{R}{2}$　　⑥ $\dfrac{R}{3}$　　⑦ $\dfrac{R}{6}$　　⑧ $\dfrac{R}{9}$

問 4　図3は，抵抗値 R の四つの抵抗と抵抗値 $2R$ の一つの抵抗を接続したもので，図1のΔ接続回路を一部分に含む回路である。電流 I_A が端子から点Aに流れ込み，点Dから I_A が流れ出る。等価回路の考え方を用いて，AD間の合成抵抗を求めるといくらになるか。正しいものを，下の①～⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{\quad 4 \quad}$

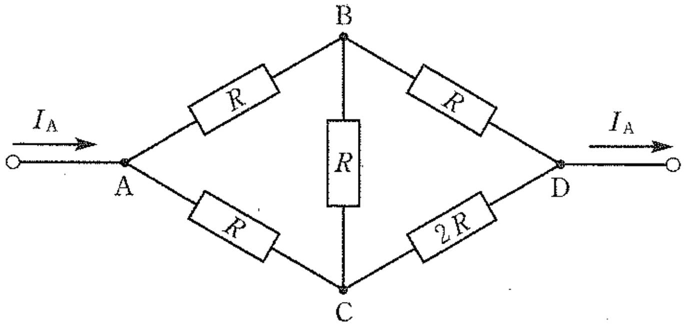


図3

① $\dfrac{3R}{2}$　② $\dfrac{3R}{4}$　③ $\dfrac{3R}{5}$　④ $\dfrac{5R}{7}$

⑤ $\dfrac{12R}{7}$　⑥ $\dfrac{7R}{10}$　⑦ $\dfrac{13R}{11}$　⑧ $\dfrac{17R}{12}$

第3問　音は，音を伝える媒質の密度変化が伝わる現象である。音速 U を求めるために，断面積 S の管内の圧力 p，密度 ρ の静止した気体に伝わる音を次のように考えよう。図1(a)のピストンを時刻 $t=0$ に速度 Δv で押すと，ピストンに接する気体の層はピストンと同じ速度 Δv で右に押し込まれ，密度変化 $\Delta\rho$ とともに圧力変化 Δp，速度変化 Δv が次々と音速 U で伝わり，時刻 t にはこの変化が図1(b)の領域Aに広がるとする。この領域Aの気体は，時刻 $t=0$ における図1(a)の領域 A_0 の気体と質量が等しい。図1(a)の気体全体は速度をもたないが，図1(b)の領域Aの気体の速度は Δv である。気体を理想気体として，下の問い(**問1～問6**)に答えよ。〔**解答番号** $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 6\ }$〕

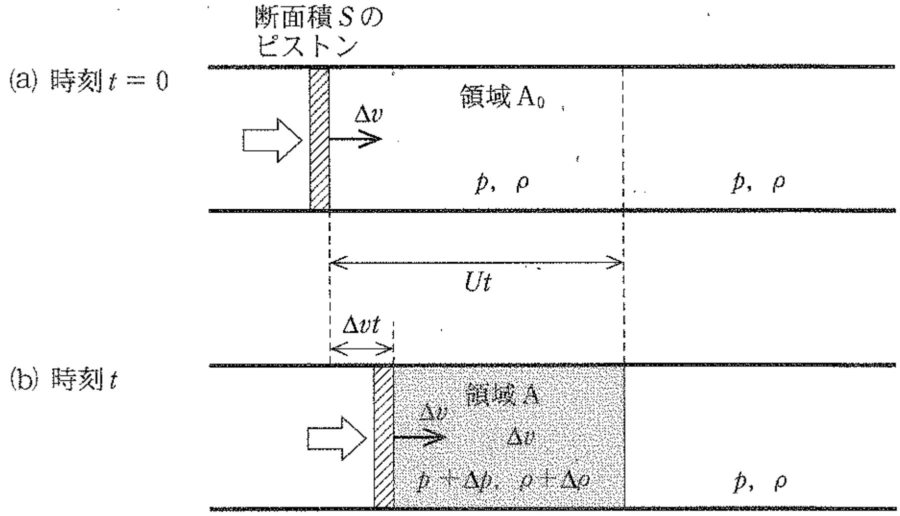


図1

問 1　音の伝わりは速いので，熱が出入りする間もない断熱変化の現象である。断熱変化における圧力変化 Δp と体積変化 ΔV の関係は，圧力 p，体積 V，温度 T を $p + \Delta p$，$V + \Delta V$，$T + \Delta T$ となるように微小変化させたときの状態方程式と，断熱変化の場合の熱力学第一法則から導ける。Δp は ΔV を用いてどのように表わされるか。$\Delta p \times \Delta V$ は無視できるとして，正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，気体の定積モル比熱を C_V，気体定数を R として $\gamma = \dfrac{C_V + R}{C_V}$ とする。 $\boxed{\quad 1 \quad}$

① $\dfrac{\gamma p \Delta V}{V}$　　② $\dfrac{p\Delta V}{\gamma V}$　　③ $pV^{\gamma-1}\Delta V$

④ $-\dfrac{\gamma p \Delta V}{V}$　　⑤ $-\dfrac{p\Delta V}{\gamma V}$　　⑥ $-pV^{\gamma-1}\Delta V$

問 2　問 1 の結果から圧力変化 Δp と密度変化 $\Delta\rho$ の関係を求めよう。密度 ρ と体積 V の積は一定なので，体積を ΔV 微小変化させたとき密度の微小変化 $\Delta\rho$ は

$$\rho V = (\rho + \Delta\rho)(V + \Delta V)$$

という関係式で決まる。$\Delta\rho \times \Delta V$ を無視したとき，Δp は $\Delta\rho$ でどのように表わされるか。正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\boxed{\quad 2 \quad}$

① $\dfrac{\gamma p \Delta\rho}{\rho}$　　② $\dfrac{p\Delta\rho}{\gamma\rho}$　　③ $p\rho^{-\gamma-1}\Delta\rho$

④ $-\dfrac{\gamma p \Delta\rho}{\rho}$　　⑤ $-\dfrac{p\Delta\rho}{\gamma\rho}$　　⑥ $-p\rho^{-\gamma-1}\Delta\rho$

問 3　図 1(a)の領域 A_0 と図 1(b)の領域 A の気体の質量は等しいことから，Δv は U を用いてどのように表されるか。$\Delta\rho \times \Delta v$ は無視できるとして，正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\boxed{\quad 3 \quad}$

① $\dfrac{\Delta p}{U\rho}$　　② $\dfrac{\Delta p}{2U\rho}$　　③ $\dfrac{U\Delta p}{p}$

④ $\dfrac{U\Delta p}{2p}$　　⑤ $\dfrac{U\Delta\rho}{\rho}$　　⑥ $\dfrac{U\Delta\rho}{2\rho}$

問 4　図1(b)の領域Aの気体は運動量をもつ。領域Aの気体は右向きに $(p+\Delta p)S$，左向きに pS の力を受けているので，時刻 t までにこの気体に与えられた力積は右向きに ΔpSt となる。Δp はどのように表されるか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{\quad 4 \quad}$

① $\rho\Delta v$　　② $2\rho\Delta v$　　③ $\dfrac{1}{2}\rho U^2$　　④ ρU^2

⑤ $2\rho U^2$　　⑥ $\dfrac{1}{2}\rho U\Delta v$　　⑦ $\rho U\Delta v$　　⑧ $2\rho U\Delta v$

問 5　問2～問4の結果から音速 U は，p，ρ，γ を用いてどのように表せるか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{\quad 5 \quad}$

① $\dfrac{\gamma p}{\rho}$　　② $\dfrac{p}{\gamma\rho}$　　③ $\dfrac{\gamma p}{2\rho}$　　④ $\dfrac{p}{2\gamma\rho}$

⑤ $\sqrt{\dfrac{\gamma p}{\rho}}$　　⑥ $\sqrt{\dfrac{p}{\gamma\rho}}$　　⑦ $\sqrt{\dfrac{\gamma p}{2\rho}}$　　⑧ $\sqrt{\dfrac{p}{2\gamma\rho}}$

問 6　絶対温度 T_1 の理想気体中の音速は，T_2 のときの何倍か。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。 $\boxed{\quad 6 \quad}$ 倍

① $\dfrac{T_2}{T_1}$　　② $\dfrac{T_1}{T_2}$　　③ $\dfrac{T_2}{2T_1}$　　④ $\dfrac{T_1}{2T_2}$

⑤ $\sqrt{\dfrac{T_2}{T_1}}$　　⑥ $\sqrt{\dfrac{T_1}{T_2}}$　　⑦ $\sqrt{\dfrac{T_2}{2T_1}}$　　⑧ $\sqrt{\dfrac{T_1}{2T_2}}$

II 次の問いに答えよ。解答用紙の所定の欄には，結果だけでなく考え方と途中の式も記せ。

質量 m の小球Aと質量 $3m$ の小球Bを，それぞれ長さ ℓ の軽い糸で点Oからつり下げ二つの振り子をつくった。図1のように，小球Aをつるした糸と鉛直線とのなす角∠AOBが θ_0 の位置からAを静かに放し，Oの真下で静止している小球Bと衝突させる。AとBの衝突は弾性衝突とし，重力加速度の大きさを g として，下の問い(**問1**～**問4**)に答えよ。

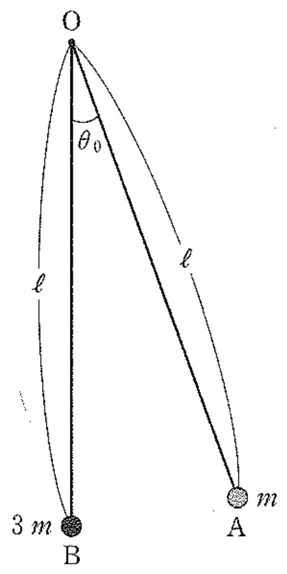


図1

問1 小球Aが静かに放されてから小球Bに最初に衝突するまでのAの運動で，Aをつるした糸が∠AOB $= \theta$ となる位置にきた瞬間について，次の問い((a)，(b))に答えよ。

(a) このとき，Aの速さはいくらか。

(b) このとき，Aを糸が引く力はいくらか。

問 2　小球Aが小球Bに最初に衝突する直前の速さをvで表すものとする。このとき，最初の衝突直後の小球Aと小球Bの速度は，vを用いてそれぞれどのように表されるか。ただし，衝突直前のAの速度の向きを正とする。

問 3　最初の衝突の後，二つの振り子はもどってきて，点Oの真下で二度目の衝突をした。このとき，二度目の衝突直後のAの速度は，最初の衝突直前の速さvを用いてどのように表されるか。ただし，最初の衝突直前のAの速度の向きを正とする。

問 4　次に，点 O から鉛直に $\frac{3}{4}\ell$ だけ下の位置にくぎを打った場合を考えよう（図 2）。点 O の真下で静止している小球 B をつるす糸は，くぎに右側から触れているので，小球 B は図 2 の位置から右に動くと O を支点とする振り子となり，左に動くとくぎを支点とする振り子とみなせる。図 2 のように，小球 A を $\angle AOB = \theta_0$ の位置で静かに放し，小球 B と衝突させるとき，下の問い（(a)，(b)）に答えよ。ただし，ここでは θ_0 がじゅうぶん小さい場合を考えるものとし，二つの振り子の振れの角もじゅうぶん小さいので，角 θ が小さい場合に成り立つ三角関数の関係式

$$\sin\theta \fallingdotseq \theta$$

$$\cos\theta = \sqrt{1-\sin^2\theta} \fallingdotseq 1 - \frac{\theta^2}{2}$$

を用いて計算してよい。

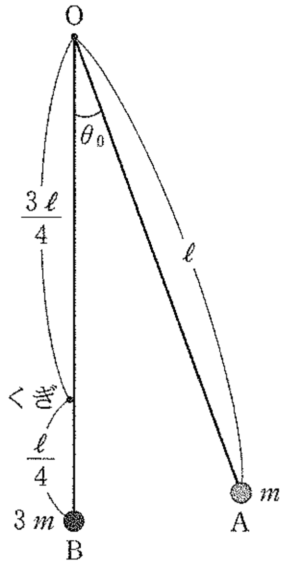


図 2

(a) 上の三角関数の近似式を使うとき，θ_0 は，小球Aが小球Bに最初に衝突する直前の速さ v および ℓ，g を用いてどのように表されるか。

(b) 振り子の振幅はじゅうぶん小さいので，二つの小球は水平方向の直線上を動くとしてよい。この直線を x 軸とし，図2でのBの静止位置を原点にとり，右方向を正の方向とする。$x = 0$ の位置での最初の衝突の後，二つの振り子が二度目の衝突をする位置の x 座標は，ℓ と θ_0 を用いてどのように表されるか。