物　　理

I　[　　] にあてはまる最も適当な数字をマークすること。数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。[ヌ] の解答は該当する解答群から最も適当なものを一つ選べ。

(1) 水平でなめらかな床の上に質量 $3m$ の物体Aが静止している。床の上を速さ v_0 で運動してきた質量 m の物体BがAに衝突した。AとBの間の反発係数を0.76として以下の問に答えよ。ただし，衝突は一直線上で起こるものとする。

(a) 衝突後のAの速さは [ア].[イ] $\times 10^{-[ウ]} v_0$ であり，Bの速さは [エ].[オ] $\times 10^{-[カ]} v_0$ である。

(b) 衝突後のA，Bの運動エネルギーの和は $\frac{1}{2}mv_0^2 \times$ [キ].[ク] $\times 10^{-[ケ]}$ と表される。

(2) 比熱0.90 J/(g·K)のアルミニウムの粒が入った2.0 kgの袋を地面からの高さが19.6 mの位置から初速度0で落下させる。以下の問に答えよ。ただし，重力加速度の大きさを $g = 9.8\ \mathrm{m/s^2}$ とし，袋の大きさと質量および空気抵抗は無視する。

(c) 袋が地面に落下するのに要する時間は [コ].[サ] sである。

(d) アルミニウムの粒の持つ運動エネルギーが全てアルミニウムの粒に熱として吸収されるとすると，地面に衝突後アルミニウムの粒の温度は [シ].[ス] $\times 10^{-[セ]}$ ℃上昇する。

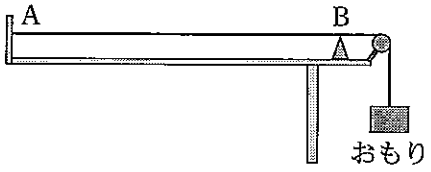
(3) 図のように，弦の左端を固定し，右端に滑車を通しておもりを付け，弦を振動させる。固定端AとBの距離を0.50 mとして，以下の問に答えよ。

(e) 弦を振動数40 Hzで振動させたところ，ABの間に腹が1個の定常波ができた。このとき，弦を伝わる波の波長は [ソ].[タ] m，速さは [チツ] m/sである。

(f) おもりを変えて問題(e)と同じ弦を振動数60 Hzで振動させたところ，ABの間に腹が3個の定常波ができた。このとき，弦を伝わる波の波長は0.[テト] m，速さは [ナニ] m/sである。また，このおもりは問題(e)のおもりより [ヌ]。

[ヌ] の解答群

① 軽い　　② 重い



II [　　] にあてはまる最も適当な数字をマークすること。整数以外の数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。

(1) ニクロムの抵抗率を $1.1 \times 10^{-6}\,\Omega\cdot\mathrm{m}$ とすると，断面積 $2.0\,\mathrm{mm}^2$，長さ 12 m のニクロム線の抵抗は [ア] . [イ] Ω である。このニクロム線に 3.0 A の電流が流れるとき，ニクロム線に発生するジュール熱は毎秒 [ウエ] J である。

(2) 波長 $\lambda = 1.0 \times 10^{-11}$ m の X 線を静止している電子に入射させたところ，散乱角 $\theta = 90°$ の方向に波長 $\lambda' = 1.2 \times 10^{-11}$ m の散乱 X 線が観測された。このとき，散乱された電子の運動エネルギーは [オ] . [カ] $\times 10^{-[キク]}$ J であり，X 線の入射方向に対する電子の運動方向を表す角度を ϕ とすると，$\tan\phi = 0.$ [ケコ] となる。ただし，真空中の光速を $c = 3.0 \times 10^8$ m/s，プランク定数を $h = 6.6 \times 10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$ とする。

(3) 核反応 ${}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{27}_{13}\mathrm{Al} \longrightarrow \mathrm{X} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$ で得られる原子核 X の質量数と原子番号はそれぞれ [サシ] と [スセ] である。

Ⅲ [　　] にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。ただし [ソ] ～ [ナ] については，最も適当な数字をマークすること。分数形で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。

地面からの高さが h である点Aから，質量 m の小球を速さ v_0，水平面とのなす角 θ で斜め上方に投げたところ，小球は投射から T 秒後に点Bに着地した。点A直下の地面上の点Oを原点とし，原点Oから着地点Bに向かう水平方向を x 軸の正の方向，鉛直上向きを y 軸の正の方向にとった座標系を考える。小球を投げた時刻を $t=0$，重力加速度の大きさを g として，以下の問に答えよ。

(a) 投射後の時刻 t(ただし，$0 \leqq t < T$)における小球の速度は

$$\left([ア],\ [イ] + [ウ] \right)$$

である。着地直前の小球の速さ V は $V=$ [エ] であり，原点Oから着地点Bまでの距離 L は $L=$ [オ] と表される。

時刻 t における小球の速度ベクトルの始点を定点O′に固定し，横軸に速度の x 成分 v_x，縦軸に速度の y 成分 v_y をとって，時刻 t の経過にともない小球の速度ベクトルが描く図形を考える。小球が投射されてから着地までの間に，速度ベクトルが通過する領域を表す図は [カ] であり，この領域の面積 S は $S=$ [キ] と書ける。

小球を斜め上に投げ上げる角度 θ を $0<\theta<\frac{\pi}{2}$ の範囲で変化させたとき，原点Oから着地点Bまでの距離 L が最大となる角度を θ_M とする。距離 L を最大とするには，着地までに速度ベクトルが通過する領域の面積 S を最大とすればよく，着地直前の小球の速度と x 軸とのなす角の大きさが [ク] となることがわかる。したがって，$\tan\theta_M=$ [ケ] が成り立ち，$h>0$ であれば [コ] を満たす。

[ア] ～ [ウ] の解答群

① v_0　② $v_0 t$　③ $v_0 \sin\theta$　④ $v_0 \cos\theta$　⑤ $v_0 \tan\theta$
⑥ g　⑦ $(-g)$　⑧ gt　⑨ $(-gt)$　⓪ $\frac{1}{2}gt^2$

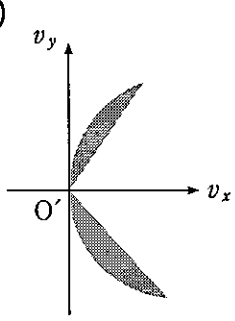
[エ] の解答群

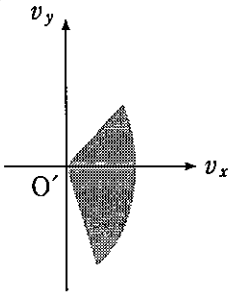
① v_0　② $v_0+\sqrt{gh}$　③ $v_0\sin\theta+\sqrt{gh}$
④ $v_0\cos\theta+\sqrt{gh}$　⑤ $\sqrt{v_0^2+gh}$　⑥ $\sqrt{v_0^2+2gh}$
⑦ $\sqrt{\frac{1}{2}v_0^2+gh}$　⑧ $v_0\sin\theta+\sqrt{v_0^2\cos^2\theta+gh}$　⑨ $v_0\cos\theta+\sqrt{v_0^2\sin^2\theta+gh}$

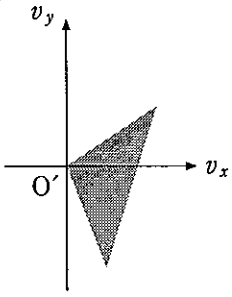
[オ] の解答群

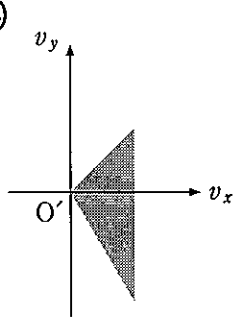
① v_0T　② $v_0T\sin\theta$　③ $v_0T\cos\theta$　④ gT
⑤ gT^2　⑥ $\frac{1}{2}gT^2$　⑦ v_0T+gT^2　⑧ $v_0T+\frac{1}{2}gT^2$
⑨ $v_0T\sin\theta+gT^2$　⓪ $v_0T\cos\theta+gT^2$

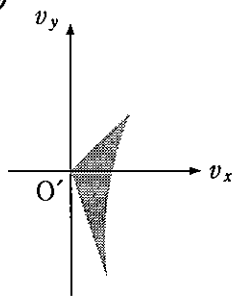
カ の解答群

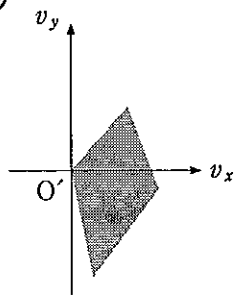
①


②


③


④


⑤


⑥


キ の解答群

① $\frac{v_0}{T}L$　② $\frac{v_0}{T}L\sin\theta$　③ $\frac{v_0}{T}L\cos\theta$　④ gL　⑤ $\frac{1}{2}gL$

⑥ $\frac{1}{2}gL^2$　⑦ $\frac{L^2}{T^2}$　⑧ $\frac{L^2}{2T^2}$　⑨ $2\frac{L^2}{T^2}$

ク の解答群

① $\frac{\pi}{4}$　② $\frac{\pi}{3}$　③ θ_M　④ $\frac{\pi}{4}+\theta_M$

⑤ $\frac{\pi}{4}-\theta_M$　⑥ $\frac{\pi}{2}-\theta_M$　⑦ $2\theta_M$　⑧ $\frac{\theta_M}{2}$

ケ の解答群

① $\frac{1}{\sqrt{2}}$　② $\frac{1}{2}$　③ $\frac{\sqrt{3}}{2}$　④ $\frac{v_0}{V}$　⑤ $\frac{2v_0}{V}$

⑥ $\frac{v_0}{2V}$　⑦ $\frac{V}{v_0}$　⑧ $\frac{2V}{v_0}$　⑨ $\frac{V}{2v_0}$

コ の解答群

① $\theta_M < \frac{\pi}{4}$　② $\theta_M = \frac{\pi}{4}$　③ $\theta_M > \frac{\pi}{4}$

問題は次頁につづく

(b) 以下では点Aの高さを $h=0$ とし，原点Oから小球を投げる状況を考える。投射後の時刻 t（ただし，$0 \leqq t < T$）における小球の位置は（ サ ， シ ＋ ス ）である。

小球を斜め上に投げ上げる角度 θ を $0 < \theta \leqq \frac{\pi}{2}$ の範囲で変化させたとき，原点Oから着地点Bまでの距離 L の最大値 L_M は $L_M =$ セ である。また，角度 θ を同じ範囲で変化させたとき，小球の最高点の地面からの高さの最大値は $\frac{\text{ソ}}{\text{タ}} \times L_M$ である。

角度 θ を $0 < \theta \leqq \frac{\pi}{2}$ の範囲で変化させたとき，小球が通過しうる領域は

$$0 \leqq x,\quad 0 \leqq y \leqq L_M \times \left\{ \frac{\text{チ}}{\text{ツ}} - \frac{\text{テ}}{\text{ト}} \left(\frac{x}{L_M} \right)^{\text{ナ}} \right\}$$

である。

サ ～ ス の解答群

① $v_0 t$　② $v_0 t \sin\theta$　③ $v_0 t \cos\theta$　④ gt　⑤ $(-gt)$

⑥ gt^2　⑦ $(-gt^2)$　⑧ $\frac{1}{2}gt^2$　⑨ $\left(-\frac{1}{2}gt^2\right)$

セ の解答群

① $\frac{g}{2v_0}$　② $\frac{g}{v_0}$　③ $\frac{2g}{v_0}$　④ $\frac{v_0}{2g}$　⑤ $\frac{v_0}{g}$

⑥ $\frac{2v_0}{g}$　⑦ $\frac{v_0^2}{2g}$　⑧ $\frac{v_0^2}{g}$　⑨ $\frac{2v_0^2}{g}$

Ⅳ [　　] にあてはまる最も適当なものを対応する解答群から一つずつ選べ。ただし，[ケ]，[サ]，[ス] については，最も適当な数字をマークすること。電気素量を e とする。

(1) 図1のように，磁束密度の大きさが B で向きが z 軸の正方向の一様な磁場の中で，長さ L の導体PQを y 軸と平行に保って x 軸正の方向に一定の速さ v で移動させる。導体中の自由電子が磁場から受ける力の大きさは [ア] で向きは [イ] である。自由電子の移動によって向きが [ウ] の電場が導体中に生じる。これらの磁場による力と電場による力がつり合うとそれ以上自由電子は移動しなくなり，電場の大きさは一定になる。このときPの電位はQよりも [エ] だけ [オ]。

[ア]，[エ] の解答群

① vBL　② evB　③ eBL　④ evL　⑤ eB　⑥ vB　⑦ BL　⑧ ev

[イ]，[ウ] の解答群

① x 軸の正方向　② x 軸の負方向　③ y 軸の正方向　④ y 軸の負方向
⑤ z 軸の正方向　⑥ z 軸の負方向

[オ] の解答群

① 高い　② 低い

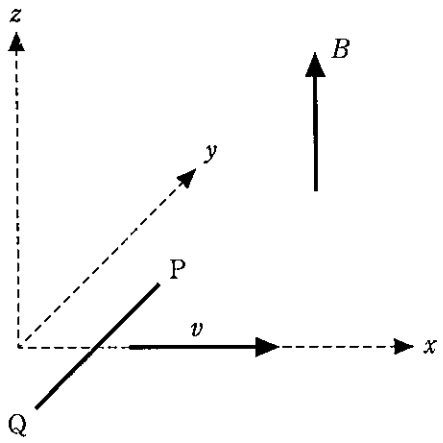


図1

問題は次頁につづく

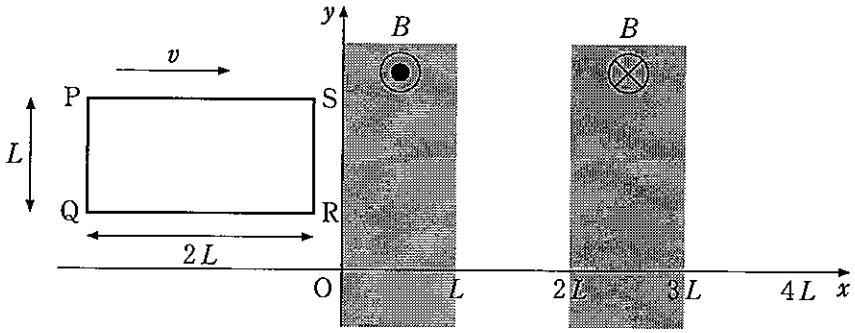


図 2

(2) 図 2 のように高さ L，幅 $2L$ の長方形状のコイル PQRS がある。辺 PQ を y 軸と平行に保って x 軸の正の向きにコイルを一定の速さ v で移動させる。コイルは 1 回巻きでコイル全体の電気抵抗を r とする。

$0 \leqq x \leqq L$ の空間では紙面に垂直に裏から表の向き（z 軸正方向）に，磁束密度の大きさが B の一様な磁場が存在する。また，$2L \leqq x \leqq 3L$ の空間では紙面に垂直に表から裏の向きに，磁束密度の大きさが B の一様な磁場が存在し，それ以外の空間に磁場はないとする。コイルの自己誘導は無視する。

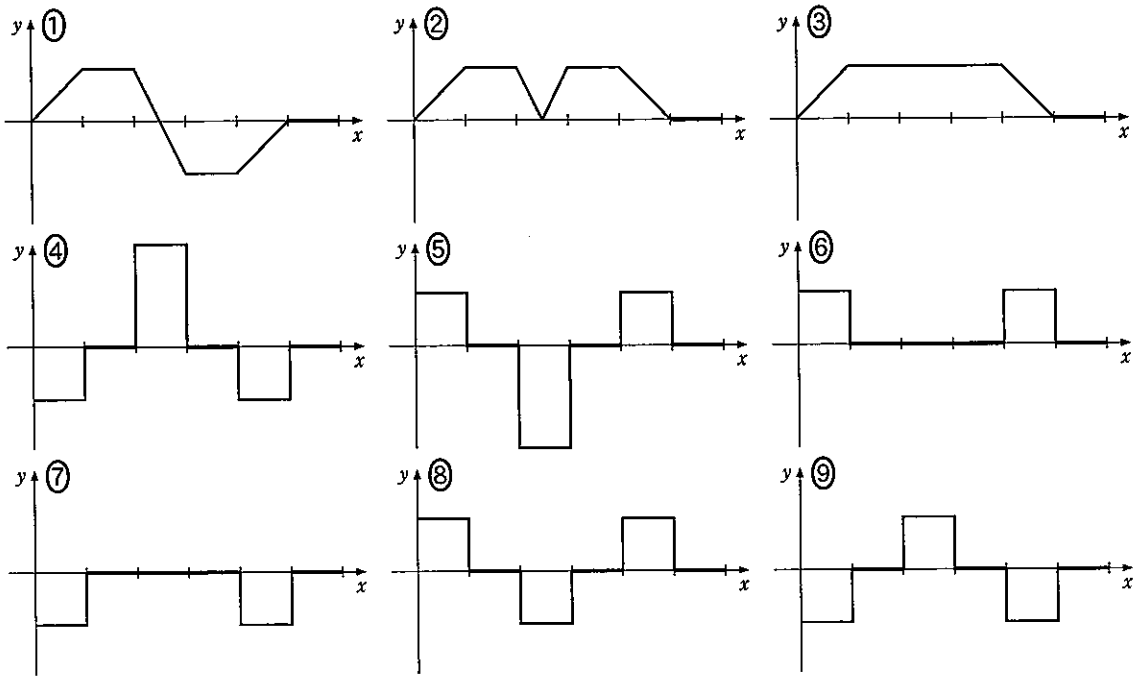
(a) 点 R の x 座標を横軸，コイルを貫く磁束を縦軸に取ったグラフの概形として最も適当なものは [カ] である。ただし磁束の符号は，磁場がコイルを z 軸正方向に貫く場合を正，逆向きの場合を負とする。

(b) 点 R の x 座標を横軸，コイルを流れる電流を縦軸とするグラフの概形として最も適当なものは [キ] である。ただし電流の符号は P → S → R → Q の向きを正とする。

(c) コイルを流れる電流の大きさが最大となるのは [ク] のときで，その値は [ケ] × [コ] である。

(d) $2L < x < 3L$ のとき，コイルの速さを一定に保つために外部から加える力の大きさは [サ] × [シ] で，その仕事率は [ス] × [セ] である。

カ , キ の解答群



ク の解答群

① $0 < x < L$　② $L < x < 2L$　③ $2L < x < 3L$　④ $3L < x < 4L$

⑤ $4L < x < 5L$　⑥ $5L < x < 6L$

コ , シ , セ の解答群

① $\dfrac{vBL}{r}$　② $\dfrac{v^2BL}{r}$　③ $\dfrac{vB^2L}{r}$　④ $\dfrac{vBL^2}{r}$

⑤ $\dfrac{v^2B^2L}{r}$　⑥ $\dfrac{v^2BL^2}{r}$　⑦ $\dfrac{vB^2L^2}{r}$　⑧ $\dfrac{v^2B^2L^2}{r}$