平成27年度入学者選抜学力検査問題

（前期日程）

物　理

学類によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答しなさい。

<table>
<tr><th>学　域</th><th>学　類</th><th>解答する問題</th></tr>
<tr><td>人間社会学域</td><td>学校教育学類</td><td>Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ　（3問）</td></tr>
<tr><td>理工学域</td><td>数物科学類
機械工学類
電子情報学類
環境デザイン学類
自然システム学類</td><td>Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ　（5問）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">医薬保健学域</td><td>医学類
薬学類・創薬科学類</td><td>Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ　（3問）</td></tr>
<tr><td>保健学類</td><td>Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ　（3問）</td></tr>
</table>

（注　意）

1　問題紙は指示があるまで開かないこと。

2　問題紙は本文10ページであり，答案用紙は，学校教育学類，保健学類はⅠ，Ⅱ，Ⅲの3枚，数物科学類，機械工学類，電子情報学類，環境デザイン学類，自然システム学類はⅠ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴの5枚，医学類，薬学類・創薬科学類はⅢ，Ⅳ，Ⅴの3枚である。

3　答えはすべて答案用紙の指定のところに記入すること。

4　問題紙と下書き用紙は持ち帰ること。

I ［学校教育学類，数物科学類，機械工学類，電子情報学類，環境デザイン学類，自然システム学類，保健学類］

以下の文章が正しい記述となるように，$\boxed{}$ の中に適切な語句，式あるいは値を，＿＿＿＿には，単位を記入しなさい。また，図１ａ中の(a)～(e)に以下の語句からそれぞれ一つ選択し解答欄に記入しなさい。ただし，選択肢は重複して用いてはいけません。

位置，熱，化学，核，光，電気，力学的

我々は，日常の生活や経済活動において様々な形でエネルギーを利用している。その際，石油，水力，太陽光などのエネルギーは，利用可能なエネルギー形態に変換して消費される。図１ａは，燃料となる天然ガスから火力発電所と蛍光灯を経由して変換されるエネルギーの流れについて表したものである。エネルギーはどのような形態のエネルギーに変わってもその総量は一定不変であるという法則を $\boxed{(1)}$ 法則という。しかし，エネルギーの変換の際には，得ようとする形態のエネルギーに全て変換することができないため，変換の効率が問題となる。熱機関の場合，その効率を $\boxed{(2)}$ といい，$\boxed{(2)}$ を100％にできないことは $\boxed{(3)}$ 法則の表現の一つである。

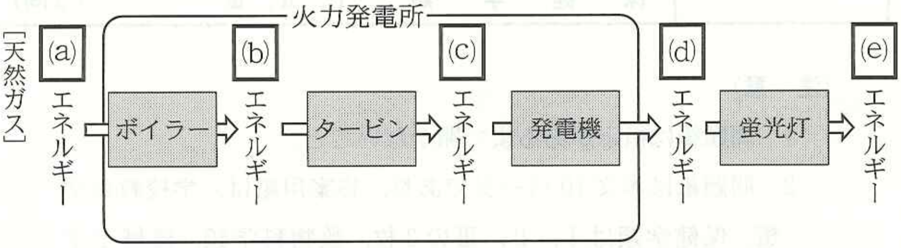

図１ａ

以下では，物体を温めることについて考える。物体に熱を加えれば温度が上昇するが，その上昇量は物体の質量や材質によって異なる。ある物体の温度を１Ｋだけ上昇させるのに必要な熱量を $\boxed{(4)}$ といい，物体の比熱 c，物体の質量 m

を用いれば $\boxed{(5)}$ と表すことができ，用いる単位は $\underline{\quad(6)\quad}$ である。また，物体の温度変化を ΔT とすれば，物体に加えた熱量は $Q = \boxed{(7)}$ である。

温度の異なる二つの物体を接触させて最終的に等しい温度になった状態を $\boxed{(8)}$ という。このように外部から何らかの操作をしない限り元の状態に戻らない変化のことを $\boxed{(9)}$ 変化という。質量 5.0 kg，温度 10 ℃ の水を入れた断熱容器を 2 つ用意する。図 1 b に示すように，一つには質量 2.0 kg，温度 75 ℃ の球 A を，もう一方には質量 5.0 kg，温度 60 ℃ の球 B を静かに投入し，両容器内が均一な温度になるまでしばらく放置した。球 A，B の比熱をそれぞれ c_A，c_B，水の比熱を c_W とし，$c_A = \dfrac{c_W}{10}$ とする。また，比熱は温度によらず一定とする。これらの変化を周囲と断熱であるとすれば，$\boxed{(1)}$ 法則から，球 A が得た熱量 Q_A と水が得た熱量 Q_W の関係は $Q_A = \boxed{(10)}$ となる。この関係式から，球 A と水が $\boxed{(8)}$ にあるときの温度は $T = \boxed{(11)}$ ℃と求められる。また，球 B と水が $\boxed{(8)}$ にあるときの温度を測定したところ 20 ℃ であった。球 B の比熱 c_B は $\boxed{(12)}$ $\times\, c_W$ である。

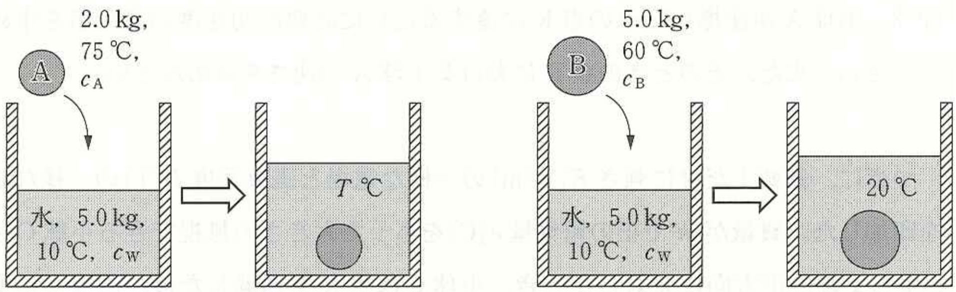

図 1 b

Ⅱ ［学校教育学類，数物科学類，機械工学類，電子情報学類，環境デザイン学類，自然システム学類，保健学類］

図2のように，内側が半径r[m]の半円筒の中心を，$+x$軸が水平右方向，$+y$軸が鉛直上方向となるxy座標系の原点Oに固定した。$x<0$の領域Ⅰだけに電場と磁場を印加できる。質量m[kg]で大きさの無視できる小球Aを座標$(0, -r)$の点Sの位置からx軸の正方向に初速度v[m/s]で発射した。小球は半円筒の内面に沿って摩擦力を受けずに進むとする。はじめ，領域Ⅰの電場と磁場は0とする。重力加速度の大きさをg[m/s^2]として以下の問いに答えなさい。

問1　小球Aは半円筒の内面の点Pに達した。線分OSとOPのなす角度をθ[rad]$(0 \leqq \theta \leqq \pi)$として，点Pにおける小球Aの速さと小球Aが半円筒から受ける垂直抗力の大きさをそれぞれ求めなさい。

問2　小球Aは点Qの位置で半円筒内面から離れて半円筒の内側空間に飛び出した。線分OSとOQのなす角度をϕ[rad]としたとき，ϕは$\dfrac{\pi}{2}<\phi<\pi$を満たす。$\cos\phi$の値をv，r，gを用いて表しなさい。

問3　小球Aが座標$(0, r)$の点Rに達するために必要な初速度の最小値を求めなさい。また，そのときの点Rにおける小球Aの速さを求めなさい。

つぎに，領域Ⅰだけに強さE[V/m]の一様な電場と磁束密度B[T]の一様な磁場を印加した。質量がmで正の電気量e[C]をもった大きさの無視できる小球Cを点Sからx軸の正方向に発射したとき，小球Cは点Rを通過した後，領域Ⅰに進入した。小球Cは半円筒の内面に沿って進んでもその電気量は変わらないとする。

問4　磁束密度Bが0のとき，一様な電場をある方向に加えることで領域Ⅰ内において小球Cにかかる重力を打ち消すことができる。この状態を作るために必要な電場の強さを求めなさい。また，電場の向きを下の(ア)～(カ)の中から一つ選び，解答欄に記号で答えなさい。

(ア)　$+x$方向　　(イ)　$-x$方向　　(ウ)　$+y$方向　　(エ)　$-y$方向

(オ)　紙面に垂直で裏から表方向　　(カ)　紙面に垂直で表から裏方向

領域Ⅰ内は問4で求めた電場のままで，磁束密度Bは0でないとする。このとき，小球Cは点Rから領域Ⅰ内を進行して再び発射点Sに到達した。

問 5　磁場の向きを下の(ア)～(カ)の中から一つ選び，解答欄に記号で答えなさい。

(ア)　$+x$方向　　(イ)　$-x$方向　　(ウ)　$+y$方向　　(エ)　$-y$方向

(オ)　紙面に垂直で裏から表方向　　(カ)　紙面に垂直で表から裏方向

問 6　点Rにおける小球Cの速さをv_{R}[m/s]として，磁束密度Bの大きさを求めなさい。

問 7　小球Cが点Rを飛び出してから点Sに到達するまでの時間をm，e，Bを用いて表しなさい。

問 8　小球Cが点Rを飛び出してから点Sに到達するまでの軌跡を解答欄の図に実線で示しなさい。

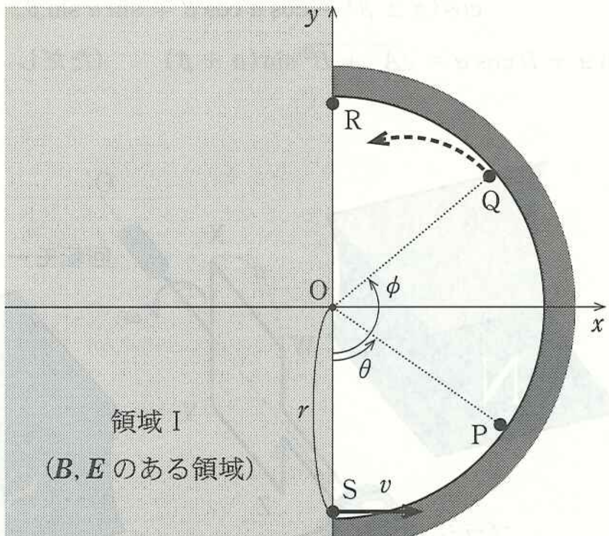

図 2

Ⅲ ［学校教育学類，数物科学類，機械工学類，電子情報学類，環境デザイン学類，自然システム学類，保健学類，医学類，薬学類・創薬科学学類］

一辺の長さ a[m]の正方形状一巻きコイル XYZW を，図 3 のように配置した磁石が作る磁束密度 B[T]の一様な磁場中で，磁場に垂直な軸 OO′ を中心軸として，O から O′ を見て時計回りに角速度 ω[rad/s]で回転させる。時刻 $t = 0$ [s]で一巻きコイル面は磁場に対して垂直になっている。一巻きコイルには図 3 に示すように抵抗値 R[Ω]の抵抗，電気容量 C[F]のコンデンサとインダクタンス L[H]のコイルからなる RLC 並列回路が接続してある。一巻きコイルの自己インダクタンスや導線の抵抗，電磁波の放射は無視できるものとして，以下の問いに答えなさい。また，必要であれば下記の公式を用いなさい。

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

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

$$A\sin\alpha + B\cos\alpha = \sqrt{A^2 + B^2}\sin(\alpha + \beta) \qquad (\text{ただし}\quad \tan\beta = B/A)$$

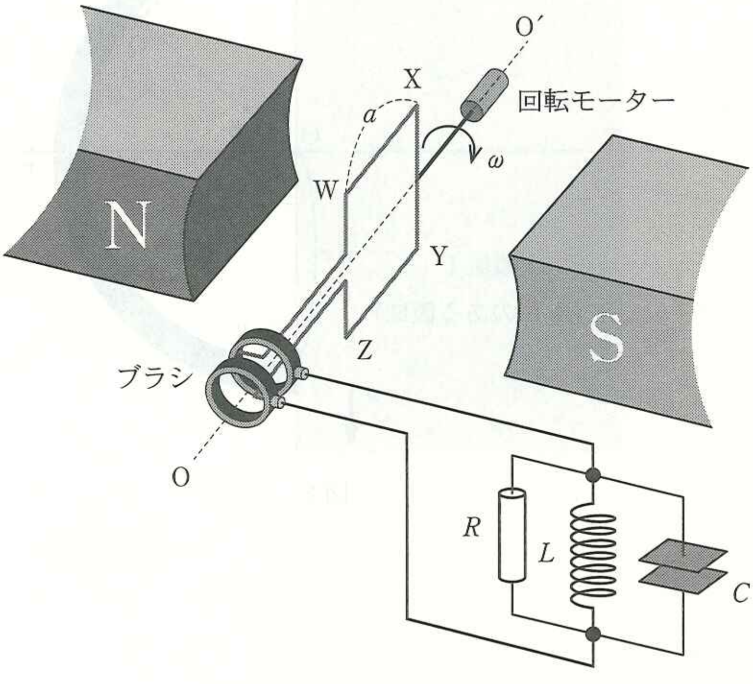

図 3

問 1　時刻 t での一巻きコイルを貫く磁束 $\Phi(t)$ [Wb] を求めなさい。

問 2　時刻が t から $t + \Delta t$ の間に一巻きコイルを貫く磁束の変化量 $\Delta\Phi(t) = \Phi(t + \Delta t) - \Phi(t)$ を求めなさい。ただし，$\omega\Delta t$ がじゅうぶんに小さいとき，$\sin(\omega\Delta t) \fallingdotseq \omega\Delta t$，$\cos(\omega\Delta t) \fallingdotseq 1$ となることを用いなさい。

問 3　時刻 t での一巻きコイルに発生する誘導起電力 $V(t)$ [V] を求めなさい。

問 4　時刻が $t = 0$ から $t = \pi/(2\omega)$ の間に一巻きコイルに流れる電流の向きは，X→Y または Y→X のどちらになるか答えなさい。

問 5　RLC 並列回路に加わる交流電圧が $V(t) = V_0 \sin\omega t$ のとき，以下の文章中の $\boxed{}$ に当てはまる語句あるいは式を答えなさい。なお，式は V_0，R，L，C，ω のうち必要なものを用いなさい。

抵抗を流れる電流は $\boxed{(1)}$ $\times V_0 \sin\omega t$[A]，コンデンサを流れる電流は $\boxed{(2)}$ $\times V_0 \sin(\omega t + \phi)$（ただし，$\phi > 0$），コイルを流れる電流は $\boxed{(3)}$ $\times V_0 \sin(\omega t - \phi)$ になる。ここで，ϕ の大きさは $\boxed{(4)}$ [rad] である。これより，抵抗，コンデンサとコイルを流れる電流の総和は，$I(t) =$ $\boxed{(1)}$ $\times V_0 \sin\omega t +$ $\boxed{(5)}$ $\times V_0 \cos\omega t$ となる。この式は，$I(t) = \dfrac{V_0}{Z}\sin(\omega t + \theta)$ と表すことができ，$Z =$ $\boxed{(6)}$ [Ω]，$\tan\theta =$ $\boxed{(7)}$ になる。一巻きコイル XYZW の回転周波数を変化させると，周波数 $f_0 =$ $\boxed{(8)}$ [Hz] で $I(t)$ の振幅は最小になり，この周波数は $\boxed{(9)}$ 周波数と呼ばれる。

Ⅳ ［数物科学類，機械工学類，電子情報学類，環境デザイン学類，自然システム学類，医学類，薬学類・創薬科学類］

水平な摩擦のない床の上に質量M[kg]で大きさの無視できる台をおき，一方の端を壁に固定された質量を無視できる水平におかれたばねにつなぐ。ばね定数をk[N/m]とする。ばねを自然長からa[m]だけ伸ばして台から手をはなす。ただしaはばねの自然長より短い。

問 1　台の振動の周期T[s]を求めなさい。

問 2　台の速さの最大値u[m/s]を求めなさい。

次に，図４ａのように台の上に一定の振動数f[Hz]の音源をのせる。音源の質量は無視する。ばねの自然長の位置から，音源の波長やばねの自然長よりじゅうぶん長い距離L[m]離れた位置に観測者がいて，音源から出た音の振動数を測定する。ばねを自然長からaだけ伸ばして，時刻$t = 0$ [s]のときに，音源から音を出すと同時に台から手をはなす。音が空気中を伝わる速さをV[m/s]とする。以下の問いに答えなさい。必要なら，台の振動の周期T，台の最大の速さuを用いなさい。ただし，uはVに比べてじゅうぶん小さく，また，台の振動数はfよりじゅうぶん小さい。

問 3　時刻$t = 0$に出た音を観測者が聞く時刻と音の振動数を求めなさい。

問 4　観測者が１回目と２回目，２回目と３回目に振動数fの音を聞く時間の間隔をそれぞれ求めなさい。

問 5　観測者が聞く音の振動数の最大値と最小値を求めなさい。

問 6　観測者が聞く音の振動数が最大となる２回目の時刻を求めなさい。振動数が最大となる２回目と３回目の間の時間を求めなさい。

最後に，図４ｂのように，台から音源とばねをはずして，反射板を取り付けた。振動数fの音源は反射板から波長に比べてじゅうぶん長い距離L離れた観測者の位置におき，観測者は反射板で反射された音だけを観測する。

問 7　以下の文章が正しい記述になるように $\boxed{}$ の中に式を入れ，（　　　）内の選択肢のいずれかを選び解答欄に○をつけなさい。

反射板が静止しているときには，反射板には1秒間に $\boxed{\quad(1)\quad}$ 個の波が到達し，波長は $\boxed{\quad(2)\quad}$ [m]と表せる。一方，反射板が音速 V に比べてじゅうぶん小さい一定の速さ w[m/s]で観測者に向かって動いているときには，反射板には1秒間に $\boxed{\quad(1)\quad}$ より $\boxed{\quad(3)\quad}$ 個（多い・少ない）波が到達する。

時刻 $t = 0$ で音源から音を出し始め，同時に反射板を速さ w で図4bの右の方向に動かし始めた。観測者は $\boxed{\quad(4)\quad}$ 秒後に振動数 $\boxed{\quad(5)\quad}$ [Hz]の反射音を観測する。この状況で，音源は動かさずに観測者が振動数 f の反射音を聞くためには，観測者は速さ $\boxed{\quad(6)\quad}$ [m/s]で図4bの(右・左)に動く必要がある。

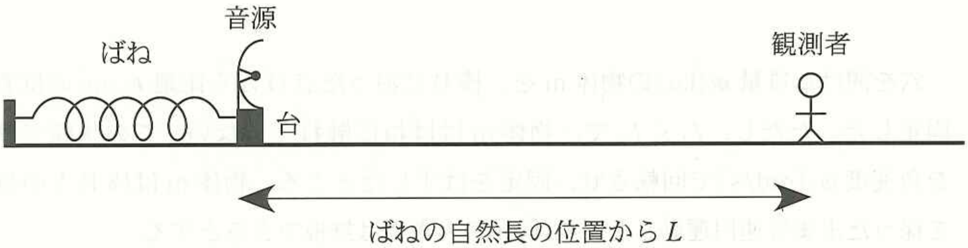

図4a

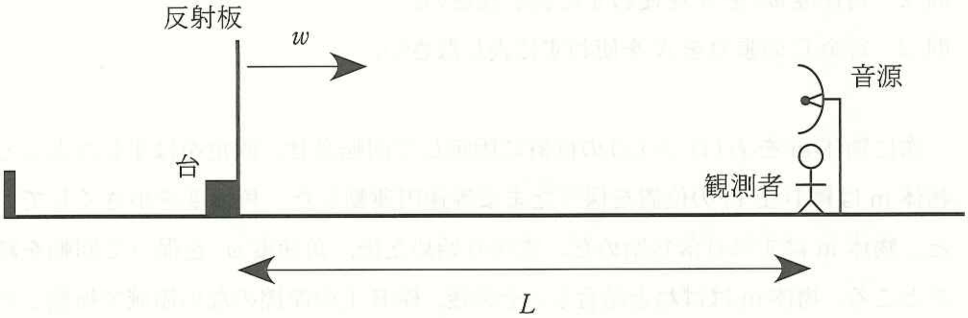

図4b

V ［数物科学類，機械工学類，電子情報学類，環境デザイン学類，自然システム学類，医学類，薬学類・創薬科学類］

図５ａのように，水平な床に鉛直に立った棒Ａに，質量の無視できる長さL[m]の細い棒Ｂの一端を点Ｏで結合した。棒Ｂは点Ｏから距離L'[m]の位置で棒Ａと針金Ｃを用いて結合した。針金Ｃと棒Ｂのなす角は直角，棒Ｂと水平面のなす角はθ[rad]であり，棒Ａを軸として形を保って回転させることができる。棒Ｂは点ＯからL_0[m]より先の部分で静止摩擦係数μを持つが，それ以外の部分ではなめらかである。また，棒Ｂには図のように下端を固定されたばね定数k[N/m]のつるまきばねがある。重力加速度の大きさをg[m/s^2]とする。

穴を開けた質量m[kg]の物体ｍを，棒Ｂに沿った点Ｏから距離ℓ_0[m]の位置に固定した。ただし，$\ell_0 < L_0$で，物体ｍはばねに触れていない。この状態で棒Ａを角速度ω_0[rad/s]で回転させ，固定をはずしたところ，物体ｍは棒Ｂ上の位置を保ったまま等速円運動した。物体ｍの大きさは無視できるとする。

問１　物体ｍに働く棒Ｂに沿った方向と棒Ｂに垂直な方向の力のつり合いの式を書きなさい。ただし，棒Ｂが物体ｍに及ぼす垂直抗力をN[N]とする。

問２　角速度ω_0をNを使わずに表しなさい。

問３　針金Ｃの張力をNを使わずに表しなさい。

次に物体ｍをℓ_1($\ell_1 > L_0$)の位置に固定して回転させ，固定をはずしたところ，物体ｍは棒Ｂ上ℓ_1の位置を保ったまま等速円運動した。角速度を小さくしていくと，物体ｍはすべり落ち始めた。すべり始めた後，角速度ω_1を保って回転を続けたところ，物体ｍはばねと結合し，その後，棒Ｂ上の摩擦のない領域で振動した。

問４　すべり始める直前の角速度を求めなさい。

問５　物体ｍの振動の周期を求めなさい。

物体ｍをℓ_1に置き，角速度ωで回転させたところ，物体ｍはＢ上の位置を保ったまま等速円運動した。物体ｍを先端の方向に少しずつずらしたところ，点Ｏからの距離がある値を越えたところで物体ｍはすべり上がり始めた。その後，物体ｍは棒Ｂの上端から飛び出し，床に落ちた。

問 6　すべり上がり始める直前の点 O からの距離を求めなさい。

問 7　物体 m が床に落ちる点を解答欄の黒点の中から選び○で囲みなさい。また，飛び出してから床に落ちるまでの真上から見た軌跡を，実線で図示しなさい。

物体 m と穴を開けた質量 M[kg]($m < M$)の物体 M を長さ a[m]の軽くて伸び縮みしない糸でつないで，図 5 b のように物体 M を上にして棒 B の $\ell_2 + a$　($\ell_2 + a < L_0$)の位置に固定した。この状態で棒 A を角速度 ω_2 で回転させた。固定をはずしたところ，物体 m は ℓ_2 の位置を，物体 M は $\ell_2 + a$ の位置を保ったまま等速円運動した。物体 M の大きさは無視できるとする。

問 8　角速度 ω_2 を求めなさい。

問 9　この回転状態で糸を切った。切れた瞬間の物体 m，M の棒 B に沿った方向の加速度を ω_2 を用いてそれぞれ求めなさい。ただし，棒 B に沿って上向きを正とする。

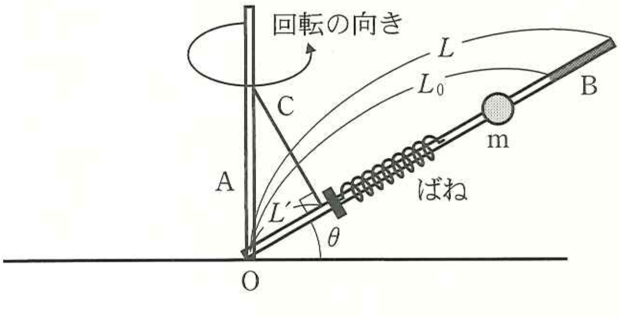

図 5 a

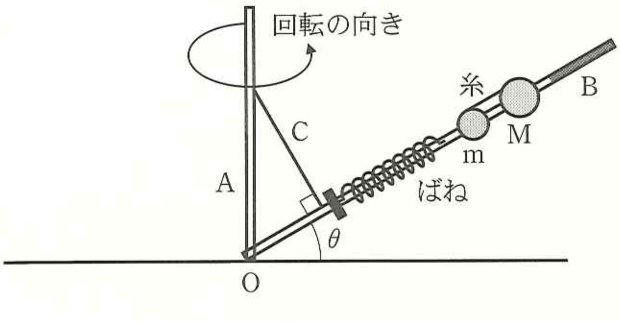

図 5 b