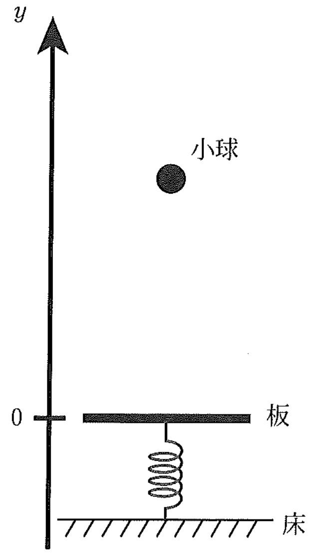
物　理

1. 以下の文章中の $\boxed{（ア）}$ ～ $\boxed{（エ）}$ に適切な式を，$\boxed{（オ）}$ ～ $\boxed{（ケ）}$ に適切な数値を記入しなさい。ただし，円周率が必要な場合は π を用いなさい。

図のように，下端を床に固定した軽いばねの上端に薄い板がとりつけられている。鉛直上向きに y 軸をとり，板のつり合いの位置を原点とする。時刻 0 で，質量 m の小球が板の真上から，初速度 0 で自由落下を始める。同時に，つり合いの位置 $y=0$ にある板に鉛直方向の初速度を与え，周期 T の単振動を開始させる。その後の運動の間，板は水平を保ち，床と接触することはないとする。時刻 $\frac{1}{2}T$ のときに小球と板が初めて衝突する（1 回目の衝突）。重力加速度の大きさを g とすると，時刻 0 での小球の位置は $y=$ $\boxed{（ア）}$ と表され，衝突直前の小球の速度は，y 軸の向きを正として $\boxed{（イ）}$ と表される。以下では，小球と板の間の反発係数（はねかえり係数）を 1 とする。

1） 板が十分重くて，衝突による板の速度変化を無視できるとする。時刻 0 における板の初速度を，y 軸の向きを正として V_0 とする。時刻 $\frac{1}{2}T$ における衝突直後の小球の速度は，y 軸の向きを正とし，g，T，V_0 を用いて $\boxed{（ウ）}$ と表される。1 回目の衝突後に小球は上昇し，時刻 $\frac{3}{2}T$ において最も高い位置に到達したとする。この場合，y 軸の向きを正として V_0 は $\boxed{（エ）}$ である。時刻 $\frac{3}{2}T$ の後，小球は落下し，再び板と衝突した。この 2 回目の衝突の時刻は，$\boxed{（オ）}$ $\times T$ と表される。

2） 板が小球と**同じ**質量をもち，衝突による板の速度変化を無視できないとする。時刻 0 で，小球は（ア）の高さから自由落下するが，板には（エ）と**異なる**初速度を与える。時刻 $\frac{1}{2}T$ における小球と板との 1 回目の衝突の後，板は時刻 $\frac{3}{4}T$ で再び小球と衝突した（2 回目の衝突）。1 回目の衝突後の板の運動を考えると，2 回目の衝突の位置は，$y=$ $\boxed{（カ）}$ $\times gT^2$ であることがわかる。このことから，時刻 0 における板の初速度は，y 軸の向きを正として $\boxed{（キ）}$ $\times gT$ と表される。2 回目の衝突直後の板の速度は，y 軸の向きを正として $\boxed{（ク）}$ $\times gT$ と表される。2 回目の衝突の後，板は下降してから上昇し，小球と 3 回目の衝突をする。2 回目と 3 回目の衝突の間で板が最も低くなる位置は $y=$ $\boxed{（ケ）}$ $\times gT^2$ と表される。



2. 以下の文章中の $\boxed{（ア）}$，$\boxed{（イ）}$ および $\boxed{（エ）}$ ～ $\boxed{（キ）}$ に適切な式を，また $\boxed{（ウ）}$ と $\boxed{（ク）}$ に適切な数値を記入しなさい。

導線を円筒状に密に巻いたソレノイドを考える。ソレノイドの長さは半径に対して十分に長く，ソレノイドが外部につくる磁界（磁場）の影響は無視できる。透磁率を μ とする。円周率が必要な場合は π を用いなさい。

1） 図1のような半径 R，長さ L，全巻数 N のソレノイド C_1 に電流を流す。電流はOからPに流れる向きを正として，時刻 t に比例し，At で表されるとする。ただし，A は定数である。図1の点線の矢印の向きを正として，時刻 t でのソレノイド C_1 内の磁界は $\boxed{（ア）}$ と表される。この磁界の変化により生じる誘導起電力を，Oを基準としたPの電位で書くと $\boxed{（イ）}$ と表される。次に，半径 $\frac{R}{2}$，長さ L，全巻数 $3N$ のソレノイド C_2 を，ソレノイド C_1 の内側に中心軸と両端をそろえて配置する。図2は中心軸に垂直な断面図である。ソレノイド C_1 にだけ電流 At を流すと，ソレノイド C_2 の両端に発生する誘導起電力の大きさは（イ）の大きさの $\boxed{（ウ）}$ 倍と表される。

2） 図2の2つのソレノイドの間に，十分細い絶縁体で作られたレールを半径 r の同心円に固定する。つまり，図3の点線のようにレールは固定され，その半径 r は $\frac{R}{2} < r < R$ を満たし，その中心はソレノイドの中心軸上にある。このレールに沿ってなめらかに円運動をする電荷 q，質量 m の質点を考える。重力や，質点の運動により発生する電磁界の影響は無視する。2つのソレノイドに同じ大きさの定常電流を図3の矢印の向きに流すと，レールの位置での磁束密度の大きさが B_0 になった。図3の矢印の向きに質点が速さ v で等速円運動をするとき，運動方程式を考えると，質点がレールからうける垂直抗力はレールの中心に向かう向きを正として $\boxed{（エ）}$ であるとわかる。また，レールの内側の領域をつらぬく磁束の大きさは $B_0 \times \boxed{（オ）}$ と表される。

3） 前問と異なり，図3の2つのソレノイドに流す電流を，矢印の向きを正として，いずれも At とする。ただし，電流は時刻 $t=0$ から流し始める。時刻 $t=0$ で，レール上の電荷 q，質量 m の質点は静止している。時刻 t（>0）では，誘導起電力によって，レールに沿った方向に電界が生じる。図3の矢印の向きを正として，この電界は（オ）$\times \boxed{（カ）}$ となる。したがって，時刻 t での質点の速度は矢印の向きを正として（オ）×（カ）$\times \boxed{（キ）}$ となる。レールの半径 r によっては，質点に働く垂直抗力がゼロになる場合がある。この場合の r は R の $\boxed{（ク）}$ 倍である。

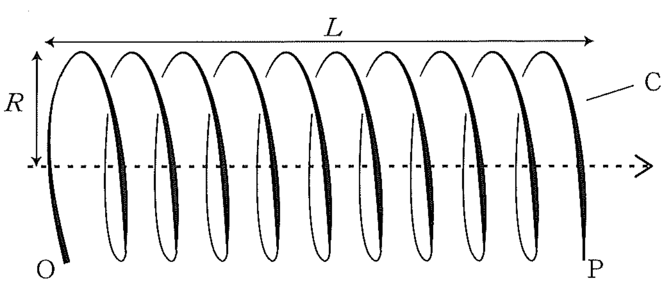


図1

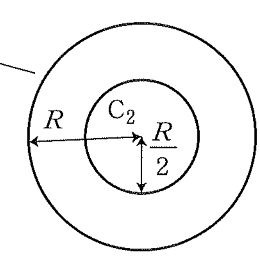


図2

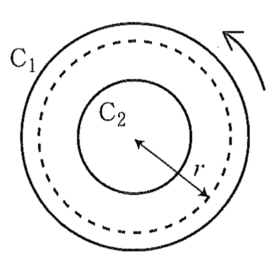


図3

3. 以下の文章中の $\boxed{\text{（ア）}}$ ～ $\boxed{\text{（ク）}}$ に適切な式を記入しなさい。音速を c とする。円周率が必要な場合は π を用いなさい。

1) x 軸上の原点Oに音源があって，音源での圧力の変化と媒質の変位は正弦波で等方的に伝わるものとする。音源での圧力変化は時刻 t の関数として $P_0 \sin \omega t$ で表される。ただし，P_0 と ω は正の定数である。x 軸上で観測すると，位置 x，時刻 t での圧力変化は，$x > 0$ において $\boxed{\text{（ア）}}$ と表される。媒質の変位の振幅を K_0（> 0）とすると，位置 x，時刻 t での媒質の変位は，$x > 0$ において $\boxed{\text{（イ）}}$ と表される。

図1のように音源を2つ用意して，それぞれ $x = \frac{L}{2}$，$x = -\frac{L}{2}$ の位置に置く（ただし，$L > 0$）。ともに音源での圧力変化は $P_0 \sin \omega t$ と表されるとする。このとき $x = 0$ における圧力変化は時刻 t の関数として $\boxed{\text{（ウ）}}$ と表される。媒質の変位の振幅が最大となる点のうち最も原点に近い点までの原点からの距離は $\boxed{\text{（エ）}}$ である。

$x = -\frac{L}{2}$ に置いた音源を固定したまま，$x = \frac{L}{2}$ に置いた音源を x 軸に沿って速度 V（> 0）で等速直線運動させる。V が c より十分に小さいとき，原点 $x = 0$ で単位時間あたりに N 回のうなりを観測した。このとき，V は c，ω，N を用いて $\boxed{\text{（オ）}}$ と表される。

図2のように，同一直線上に点B，O，A，Pがある。点A，Bは点Oからの距離が R であり，点PはOAの延長線上にあって点Oからの距離が R の n 倍である。音をよく反射する小球に，半径 R で中心Oの等速円運動を，時刻 $t = 0$ で点Aから開始させた。同時に点Pで振動数 f の音が発生した。小球の角速度の大きさは $\frac{c}{R}$ よりも十分に小さい。

2) 小球で反射して戻ってきた音が点Pで聞こえ始めたときに，小球は点Bにはじめて到達していた。戻ってきた音の振動数を $f + \Delta f$ とすると，$\Delta f = \boxed{\text{（カ）}} \times f$ となる。

3) 小球は，図2の円周上を，前問とは**異なる**角速度の等速円運動をする。点Pから振動数 f の音が発生し続けると，点Pに戻ってくる音の振動数は時刻の関数として変化した。この音の振動数の最大値が f の k 倍であるとすると，小球の角速度は，c，R，k を用いて $\boxed{\text{（キ）}}$ と表される。また，点Pに戻ってくる音の振動数の最小値は，f と k を用いて $\boxed{\text{（ク）}}$ と表される。

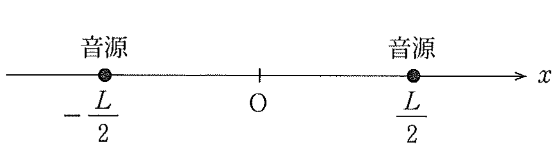


図1

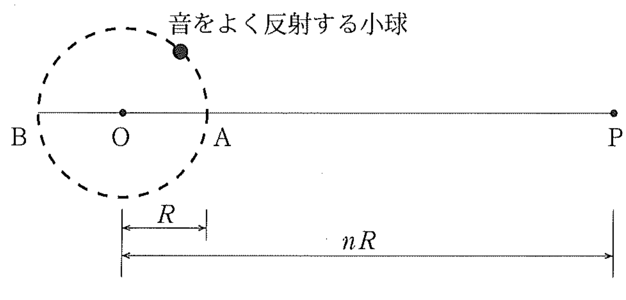


図2

2018年度　理工学部　一般入学試験問題　訂正

教科・科目	ページ	設問	誤	→	正
理科	4	3	6行目 （イ）と表される。	→	6行目 （イ）と表される。ただし、X軸の正の向きを、媒質の変位の正とする。
理科	4	3	7行目 図1のように音源を2つ用意して、	→	7行目 図1のように、上記と同じ音源を2つ用意して、