平成23年度学力検査問題

理　　科　①

	ページ		ページ	(解答用紙枚数)	
物　理	1	～	10	2	枚
化　学	11	～	20	3	枚
生　物	21	～	32	2	枚

○志望学部別，科目選択方法及び解答時間

志望学部	科　目　選　択　方　法	解答時間
医　学　部	物理，化学，生物から2科目選択すること。	2時間30分
工　学　部	物理，化学から1科目選択すること。 ただし，第1・第2志望にかかわらず電気電子工学科を志望する場合は，物理を選択すること。	1時間30分
生物資源学部	物理，化学，生物から1科目選択すること。	1時間30分

注　意　事　項

1. 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 本冊子のページ数は上記のとおりである。落丁，乱丁，印刷不鮮明の箇所などがある場合は申し出ること。
3. 解答はすべて**別紙解答用紙のそれぞれの解答欄**に記入すること。
4. あらかじめ届け出た科目について解答すること。
5. 解答用紙の指定された欄(物理の場合は計**4箇所**，化学の場合は計**6箇所**，生物の場合は計**4箇所**)に，忘れずに本学の**受験番号**を記入すること。
6. 試験場内で配布された問題冊子は試験終了後持ち帰ること。

物　　　理

1　図に示されているように，水平面と角度 θ をなす平坦な斜面に沿ってばね(ばね定数 k)が置かれている。ばねの一端は斜面下方の壁の上の点Pに固定され，他端には小さな物体A(質量 M)が取り付けられている。点Pを通り斜面に沿って下向きを正方向にして x 軸をとる。ばねから受ける力と重力および斜面からの垂直抗力以外の力が加わっていない状態において，これらの力が釣り合ってAは原点Oで静止したとする。そこへ小球B(質量は m で $m < M$)を x 軸上の $x = -L$ の位置から初速度ゼロで斜面に沿って滑らせAに衝突させたところ，衝突後にAとBは離れ，ともに x 軸上を運動した。重力加速度を g として以下の問に答えなさい。解答では $\boxed{}$ の中に適切な数式を記入しなさい。ただし，ばねの質量と空気の抵抗や斜面からの摩擦力は無視できるものとする。

問 1　衝突直前のBの速度 v_0 を求めなさい。

$v_0 = \boxed{\text{(i)}}$

問 2　AとBの衝突は，はね返り係数(反発係数) e ($e > m/M$)の非弾性衝突として，衝突直後のA，Bそれぞれの速度 v_{A1}，v_{B1} を求めなさい。ただし，v_0 を含む式で表しなさい。この衝突ではばねから受ける力は無視できるものとする。

$v_{A1} = \boxed{\text{(ii)}}$

$v_{B1} = \boxed{\text{(iii)}}$

問 3　衝突後Bが最高点に到達するまでにかかる時間 t_B と最高点の x 座標 x_{B2} を求めなさい。ただし，v_{B1} を含む式で表しなさい。

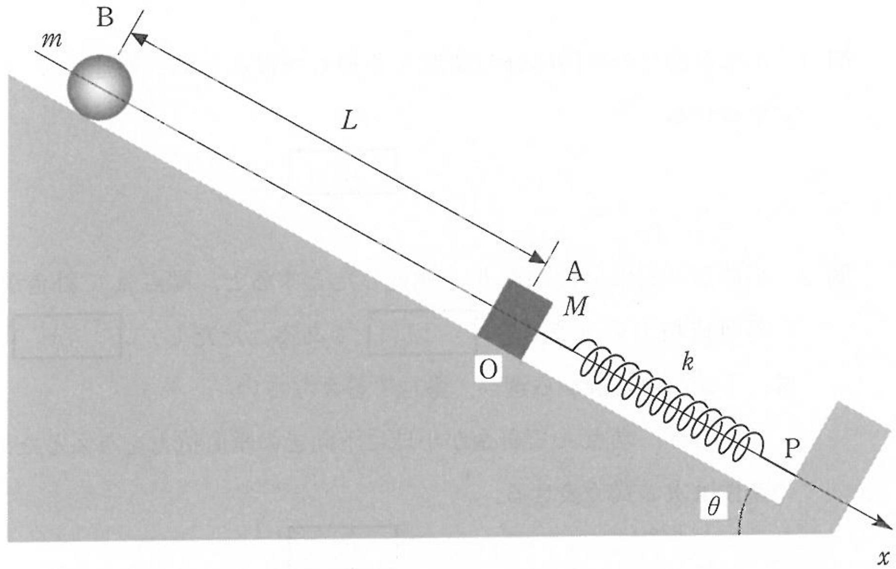
$t_B = \boxed{\text{(iv)}}$

$x_{B2} = \boxed{\text{(v)}}$

問 4　衝突後Aは徐々に減速していったん静止する。この静止点のx座標x_{A2}と衝突後そこに到達するまでの時間t_Aを求めなさい。ただし，x_{A2}はv_{A1}を含む式で，t_Aはx_{A2}もv_{A1}も含まない式で表しなさい。なお，Aはいったん静止するまでに再びBと衝突することはないものとする。また，ばねは十分に長くてばねの伸び縮みと復元力の間の比例関係は保たれているとする。

x_{A2} = $\boxed{\text{(vi)}}$

t_A = $\boxed{\text{(vii)}}$



図

2 図に示されているように，形状が変わらない硬い針金が壁に固定されている。針金は水平な直線部分と，点 O で滑らかに接続されている半径 r の半円部分とからなり，針金全体は一つの鉛直な平面内にある。孔の開いた質量 m の小球を針金に通すと，小球は針金に沿って滑らかに運動することができるものとする。小球の大きさおよび針金の太さは無視できるものとし，小球と針金との間の摩擦力および空気の抵抗力も無視できるものとする。

針金の直線部分で静止していた小球に初速 v_0 を与えて右へ運動させた後の小球の運動について，重力加速度を g として次の問に答えなさい。解答では $\boxed{}$ の中に適切な数式または解答群の番号を記入しなさい。

問 1　小球が針金の半円部分の端点 A を通り抜けるための初速 v_0 の条件は次の式で表せる。

$$\boxed{\text{(a)}}$$

問 2　小球が半円部分の端点 A を通過したとすると，端点 A で針金が小球に与える垂直抗力の大きさは $\boxed{\text{(b)}}$ である。ただし，$\boxed{\text{(b)}}$ については，下記の解答群から選び，番号で答えなさい。

このとき，端点 A で針金が小球に下向きの垂直抗力を与えるための半径 r の条件は次の式で表せる。

$$\boxed{\text{(c)}}$$

$\boxed{\text{(b)}}$ の解答群

① $\left|m\left(g-\dfrac{v_0{}^2-4\,gr^2}{r}\right)\right|$　② $\left|mg-\dfrac{v_0{}^2-2\,gr}{r^2}\right|$

③ $\left|mg-\dfrac{v_0{}^2-4\,mgr}{r}\right|$　④ $\left|mg-\dfrac{v_0{}^2-2\,gr}{r}\right|$

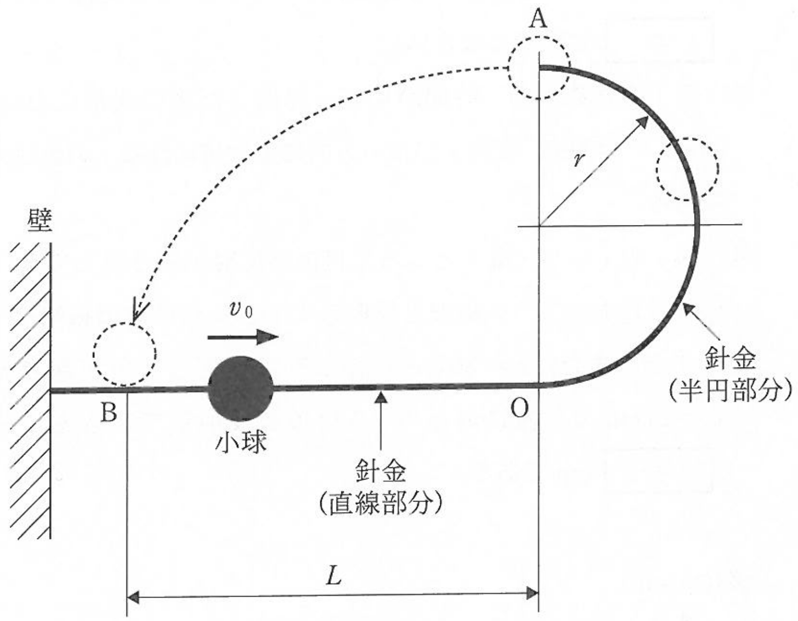
⑤ $\left|m\left(\dfrac{v_0{}^2-4\,gr}{r}-g\right)\right|$

問 3　問1の条件を満たす v_0 で小球を右へ運動させた後，小球は針金の直線部分上にあるB点に落ちた。針金の直線部分と半円部分との接続点Oから B点までの水平距離 L は $\boxed{\text{(d)}}$ である。ただし，$\boxed{\text{(d)}}$ については，下記の解答群から選び，番号で答えなさい。

$\boxed{\text{(d)}}$ の解答群

① $\sqrt{\dfrac{rv_0^{\,2}}{g} - 2r^2}$　② $2\sqrt{\dfrac{rv_0^{\,2}}{g} - 4r^2}$　③ $4\sqrt{\dfrac{rv_0^{\,2}}{g} - r^2}$

④ $\sqrt{\dfrac{2rv_0^{\,2}}{g} - 4r^2}$　⑤ $8\sqrt{\dfrac{rv_0^{\,2}}{g} - r^2}$



図

3

問 1　図1に示されている波を考える。この図はある媒質の時刻 $t = 0$ s での変位を表したものである。x 軸上にある媒質は y 軸方向に振動することができるようになっており，波は x 軸の正の向きに進んでいる。波は振幅が 12 cm の正弦曲線であり，波の振動数は 5 Hz とする。以下の問に答えなさい。解答では $\boxed{}$ の中に適切な数値を記入しなさい。ただし $\boxed{(エ)}$ は図示しなさい。

(1)　波の周期は $\boxed{(ア)}$ s，波長は $\boxed{(イ)}$ cm，速さは $\boxed{(ウ)}$ cm/s である。

(2)　$x = 40$ cm の位置にある媒質の $t = 0 \sim 0.6$ s の範囲での変位を解答欄 $\boxed{(エ)}$ に図示しなさい。

(3)　図1の状態から，時間が 0.55 s 経過した後の波形において，$x = 0 \sim 50$ cm の範囲で，変位 y が正の方向に最大値になる x の値は $\boxed{(オ)}$ cm である。

(4)　図1の $x = 80$ cm のところで自由端反射が起きるとすると，$x = 20$ cm の位置において，入射波と反射波でできる合成波の振幅は $\boxed{(カ)}$ cm である。また，$x = 80$ cm のところで固定端反射が起きるとすると，$x = 20$ cm の位置において，入射波と反射波でできる合成波の振幅は $\boxed{(キ)}$ cm である。

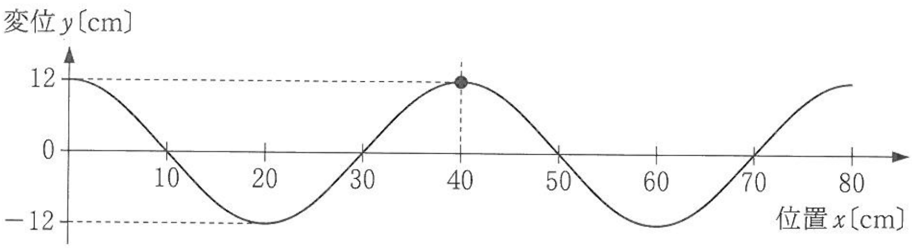


図1

問 2　図 2 に示されているような波を考える。x 軸上にある媒質は，y 軸方向に振動することができるようになっている。波が x 軸の正の向きに速さ v で伝わっていくとき，A を振幅，T を周期，t を時刻とすると，$x=0$ の位置にある原点 O での媒質は式 $y = A\sin 2\pi\dfrac{t}{T}$ で表される単振動をする。このとき，任意の位置 x での媒質の振動を表す式を考える。以下の問に答えなさい。解答では $\boxed{}$ の中に適切な数式を記入しなさい。

点 O から位置 x に波が伝わるのに $\boxed{(ク)}$ だけ時間がかかるから，時刻 t における位置 x での媒質の変位は時刻 $\boxed{(ケ)}$ における点 O での媒質の変位に等しい。したがって，時刻 t における位置 x での媒質の変位 y は $y = A\sin\dfrac{2\pi}{T}\left(\boxed{(コ)}\right)$ で表される。この式は波長 λ を使用することにより，$y = A\sin 2\pi\left(\boxed{(サ)}\right)$ で表される。ただし，$\boxed{(サ)}$ の解答には速さ v を使ってはいけない。

次に，振幅，周期，波長が図 2 の波と同じで，x 軸上の負の向きに進む波は $y = A\sin 2\pi\left(\boxed{(シ)}\right)$ で表される。この波は時刻 $t=0$ の瞬間における原点 O での媒質の変位が 0 で，波の位相は正の方向に進む波と同位相になっている。ただし，$\boxed{(シ)}$ の解答には速さ v を使ってはいけない。

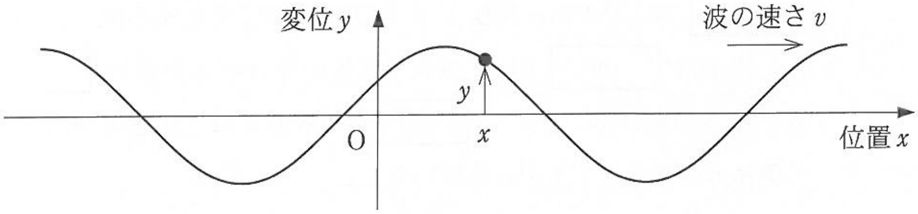


図 2

4 図1に示すように，大気中で鉛直に設置されたピストンとシリンダーがある。シリンダー内にはn〔mol〕の単原子分子の理想気体が封入されている。シリンダー底部には体積の無視できる加熱・冷却器があって気体の温度を調節することができる。質量の無視できる断面積S〔m^2〕のピストンはなめらかに上下に移動する。このとき，ピストンおよびシリンダーを通した熱の出入りや気体の漏れはないものとする。また，ピストンとシリンダーの熱膨張もないものとする。気体定数をR〔J/(mol·K)〕，大気圧をp_0〔Pa〕，重力加速度の大きさをg〔m/s^2〕とする。以下の問に答えなさい。解答では $\boxed{}$ に適切な数式または語句を入れなさい。

問 1　加熱器により気体を加熱したところ，図1に示すように，ピストンはシリンダー底部より高さh〔m〕の位置に移動した。このときを状態1とする。状態1における気体の温度は $\boxed{(あ)}$ 〔K〕である。

問 2　ピストンにm〔kg〕のおもりをのせ，いったん加熱してピストンの位置をもとの高さh〔m〕にもどした。このときを状態1′とする。さらに加熱を行い，図2に示すように，ピストンが高さ$2h$〔m〕に移動したとき，加熱を停止した。このときを状態2とする。状態2における気体の温度は $\boxed{(い)}$ 〔K〕である。状態1′から状態2まで変化する間に気体が外部にした仕事は $\boxed{(う)}$ 〔J〕であり，気体が受けとる熱量は $\boxed{(え)}$ 〔J〕と表すことができる。ただし $\boxed{(え)}$ の解答には，状態1′および2のときの気体の圧力としてp〔Pa〕を用いること。

問 3　状態2から冷却器を用いて，図3に示すようにピストンがもとの高さh〔m〕の位置までもどるように気体の温度を下げた。このときを状態3とする。状態3における気体の内部エネルギーは状態1にくらべて $\boxed{(お)}$ 〔J〕だけ $\boxed{(か)}$ （下の選択肢から選択すること）ことになる。ただし，$\boxed{(お)}$ の解答には，p〔Pa〕を用いないこと。

問 4 $\boxed{\text{(お)}}$〔J〕の熱量を抵抗 r〔Ω〕の加熱器により発生させるには，電流 I〔A〕を時間 $\boxed{\text{(き)}}$〔s〕だけ通電すればよい。

$\boxed{\text{(か)}}$ の選択肢
減少した　　　　増加した

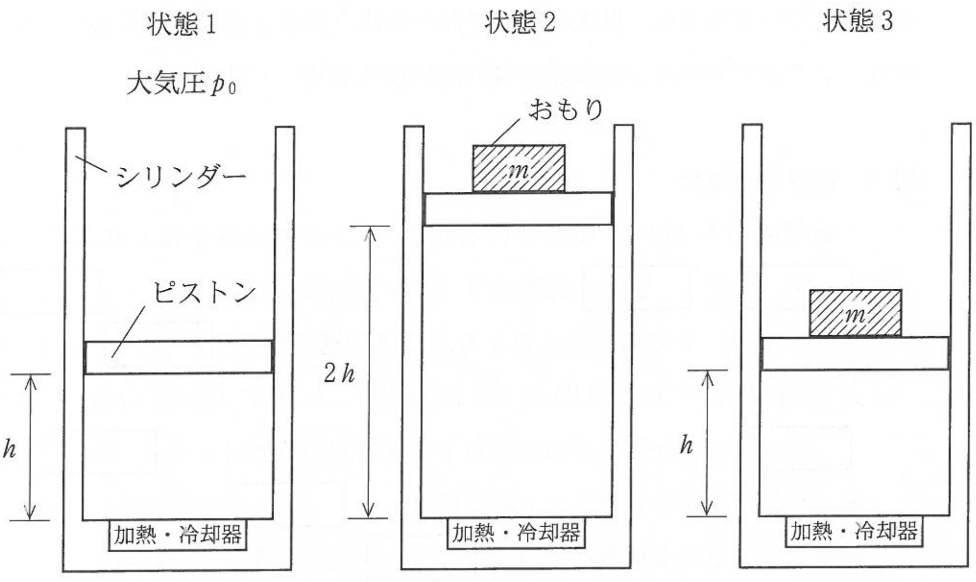


図 1　　図 2　　図 3

5 真空中の荷電粒子の運動について以下の問に答えなさい。解答では $\boxed{}$ に適切な語句や数式を記入しなさい。ただし問3の $\boxed{(17)}$ については図を描きなさい。

電荷 $q(q>0)$ を持った質量 m の粒子が，図に示されている座標軸 $(x,\ y,\ z)$ の原点Oから時刻 $t=0$ で初速 v_x で x 軸上の正の方向に飛び出したとする。空間全体には大きさ E の電界(電場)や磁束密度の大きさが B である磁界(磁場)を z 軸の正の方向にかけることができる。重力の影響は無視して，その後の粒子の運動について考える。以後の解答で記号を使う場合には，特にことわらないかぎり，ここまでで与えられた記号(物理量)以外を使ってはいけない。

問 1　電界中の運動

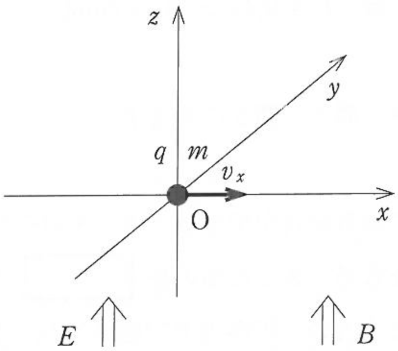
電界 E のみがかけられている場合，$t>0$ では粒子は x 方向には速さ $\boxed{(1)}$ で $\boxed{(2)}$ 運動をする。z 方向には電気力 $F_1=\boxed{(3)}$ を受けるので，その結果粒子は z 方向には加速度 $a_z=\boxed{(4)}$ を持った加速度運動をする。時間が t だけ経過した後の z 方向の速さは $v_z=\boxed{(5)}$ と表せる。その時の粒子の z 方向の位置は $z=\boxed{(6)}$ と表せる。粒子の軌跡を表す z と x の関係は $z=\boxed{(7)}$ と表せる。このような関係式で表される運動を一般に $\boxed{(8)}$ 運動と呼ぶ。

問 2　磁界中の運動

磁界(磁束密度 B)のみがかけられている場合，原点では粒子は速さ v_x を持つので，$F_2=\boxed{(9)}$ と表される $\boxed{(10)}$ 力を受けて進行方向が曲げられる。受ける力の方向は $\boxed{(11)}$ の法則に従うので，原点では進行方向が y 軸の $\boxed{(12)\ 正，負}$ (正，負のいずれかを選択する)方向に曲げられる。その結果，粒子は $\boxed{(13)}$ 円運動を行うことになる。ただし，$\boxed{(13)}$ では運動のしかたを表す語句を記入しなさい。この円の半径 R は，上記の力が遠心力 $F_3=\boxed{(14)}$ (R を用いる)と大きさが等しくなることから求められる。その結果，$R=\boxed{(15)}$ と表せる。円運動の周期は $T=\boxed{(16)}$ となる。

問 3　電界と磁界中の運動

電界と磁界の両方がかけられている場合，$t > 0$ における粒子の運動の概略の軌跡を解答用紙 $\boxed{(17)}$ の座標上に描きなさい。ただし，作用する力は上記の 2 種の力の単純な合力と考えて良い。3 周期分の作図をし，軌跡がどれかの軸と交わるなら，その交点に黒丸を付けなさい。



図