理　　　科

15：00〜17：00

解　答　上　の　注　意

1. 試験開始の合図があるまで，この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は47ページある。このうち，「物理」は2〜7ページ，「化学」は8〜22ページ,「生物」は23〜39ページ,「地学」は40〜47ページである。
3. 「物理」，「化学」，「生物」，「地学」のうちから，あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・群・学科・専攻 ／ 科目	総合入試					学部別入試								
	理系					医学部						歯学部	獣医学部	水産学部
							保健学科							
	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	総合科学選抜群	医学科	看護学専攻	放射線技術科学専攻	検査技術科学専攻	理学療法学専攻	作業療法学専攻			
物理	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○
化学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
生物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
地学	○	○	○	○	○									○

4. **受験する科目のすべての解答用紙には，受験番号および座席番号(上下2箇所)を，監督者の指示に従って，指定された箇所に必ず記入せよ。**
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

物　　　理

1　運動しながら，その一部をある相対速度で分離できるしくみを持つ物体がある。その分離前と後の運動の様子を，球の運動として考える。

重力加速度の大きさをg〔m/s^2〕とし，球の運動における空気の抵抗および球の大きさの影響は無視できるものとする。以下の文章中の $\boxed{(1)}$ ～ $\boxed{(12)}$ に適切な数式または数値を入れよ。

問 1　図1のように，摩擦のない水平な床の上の球の運動を考える。はじめに球は速度V_0〔m/s〕で正の向き(右向き)に等速運動していた。質量m_1〔kg〕を持つ球1と質量m_2〔kg〕の球2の2つに分離したとき，球1の速度が$V_0 - v$〔m/s〕であれば，この球が分離で受けた全ての力積は $\boxed{(1)}$ 〔N・s〕である。このとき，球2の運動量の変化は $\boxed{(2)}$ 〔kg・m/s〕であり，速度 $\boxed{(3)}$ 〔m/s〕で正の向きに運動する。分離がこのように起これば，分離の前後で運動量の総和は保存される。一方，球1と2の運動エネルギーの和は分離によって $\boxed{(4)}$ 〔J〕だけ増加する。

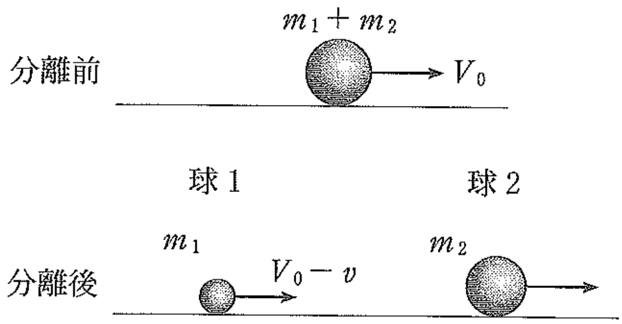

図1

問 2　図 2(あ)のように，質量 M〔kg〕の球を一定の長さ R〔m〕の糸で鉛直上方の点 O からつりさげ，静止した球の位置を A とする。水平方向の正の向き（右向き）に速度を与えると，球は O のまわりで運動をはじめた。図のように A から反時計回りに角度 θ〔rad〕をとり，$\theta = \frac{\pi}{2}$〔rad〕の円周上の位置を B，π〔rad〕を C とする。位置 θ において速度 v〔m/s〕で円周上を運動をしている球の力学的エネルギーは点 A を位置エネルギーの基準点として v と θ を用いて表すと $\boxed{\quad(5)\quad}$〔J〕であり，糸の張力は $\boxed{\quad(6)\quad}$〔N〕である。

今，A で正の向きにある初速度 V_0〔m/s〕を与えたところ，球は B まで運動し，それより先へは達しなかった。この初速度 V_0 は $\boxed{\quad(7)\quad}$〔m/s〕である。糸の張力は $\theta = \frac{\pi}{3}$〔rad〕で $\boxed{\quad(8)\quad}$〔N〕である。

次に，質量 M〔kg〕の球が，$\boxed{\quad(7)\quad}$ の初速度 V_0〔m/s〕で点 A から正の向きに運動をはじめ，B に達した瞬間に図 2(い)のように質量 $\frac{M}{2}$〔kg〕が分離され鉛直下方に速さ V_0〔m/s〕で運動した。O のまわりで糸につながれた残りの質量 $\frac{M}{2}$〔kg〕の球が円周上を運動した。このとき，角度 θ における球の速さは，$\boxed{\quad(7)\quad}$ を用いると $\boxed{\quad(9)\quad}$ $\times V_0$〔m/s〕であり，球は $\tan\theta =$ $\boxed{\quad(10)\quad}$ となる位置で円周上から離れる。また，もし B で分離して発射する質量が $\boxed{\quad(11)\quad}$ $\times M$〔kg〕以上であれば，球は B で上向き速度 $\boxed{\quad(12)\quad}$ $\times V_0$〔m/s〕以上で運動し，C に達する。

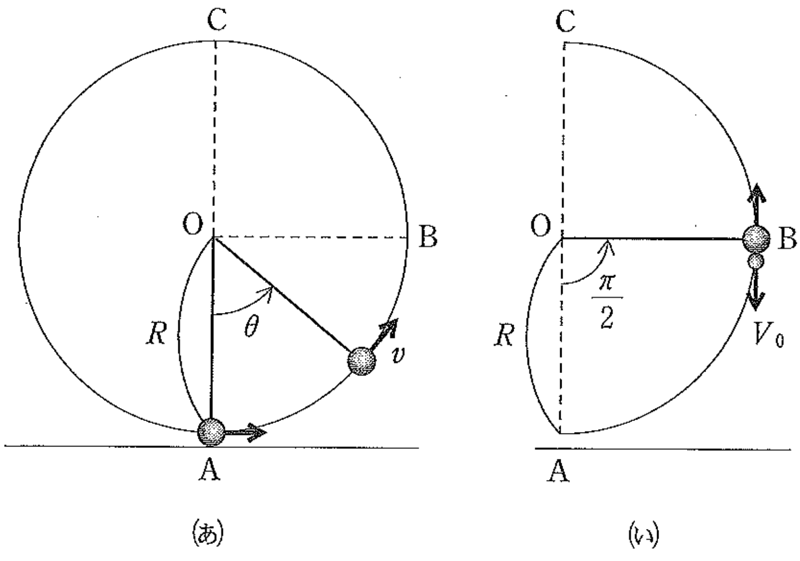

図 2

2 以下の文章中の $\boxed{(1)}$ ～ $\boxed{(11)}$ に適切な数式，言葉，または数値を入れよ。数値の有効数字は2桁とする。また，$\boxed{(a)}$ には，$\boxed{(8)}$ の理由を波の性質を考慮して30字程度で記述せよ。

問1　波の伝わり方は，次の二つの原理で理解できる。第一に，二つの波が同時に来たときの媒質の変位 y〔m〕は，それぞれの波が単独に来た場合の変位 y_1〔m〕および y_2〔m〕を用いて，$y = \boxed{(1)}$ と表せる。第二に，一つの波面上の各点からは，その各点を $\boxed{(2)}$ とし，波の進む方向に新たな球面波を生じる。以上から，次の瞬間における波面は，各 $\boxed{(2)}$ からの球面波の接平面になることが結論づけられる。

異なる媒質の境界面付近での平面波の伝わり方を考察しよう。図1のように，媒質1を速さ v_1〔m/s〕で伝わる波が，媒質2との境界面に入射角 θ_1〔度〕で入射した。図中の直線ABは，ある時刻における入射波の波面である。その後，境界線AD上に次々と届く波は，新たな $\boxed{(2)}$ となり，媒質2における新たな波面CDを形成する。媒質2における波の速さを v_2〔m/s〕，屈折角を θ_2〔度〕とすると，θ_1，θ_2，v_1，v_2 の間には，$\boxed{(3)}$ の関係が成立する。

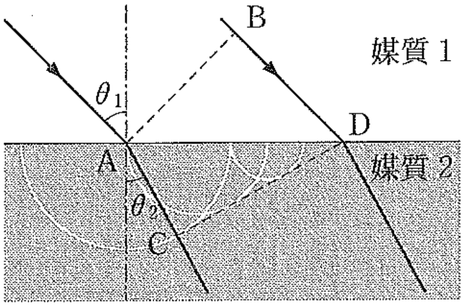

図1

光も波の一種である。真空中における光の速さ c〔m/s〕は，波長に関係なく，$c = \boxed{(4)}$ m/s の値を持つ。様々な波長の光のうち，人間の目に感じる光を可視光といい，その中での波長の違いは色の違いとして識別される。可視光の中でもっとも波長が長いのが，$\boxed{(5)}$ 色の光である。物質中の可視光の速さは，真空中よりも小さい。また，同じ物質でも波長や温度によって異なる。例えば，20℃の水中における可視光の平均的な速さ c_w〔m/s〕は，$c_w = 0.75\,c$ の値を持ち，波長が短くなるほど速さは $\boxed{(6)}$ なる。

問 2　以上の事実をもとにすると，晴れた日の空気中に水滴が浮かんでいる場合の虹の形成を理解できる。光が，水滴によって図 2 のように反射される過程を考える。簡単のため，空気中の光の速さは真空中と同じであるとし，水滴が球の場合を考える。すると，可視光の平均的な反射角 θ_r〔度〕は，入射角 θ_1 と屈折角 θ_2 を用いて，$\theta_r =$ (7) と表せる。(3) と (7) および $c_w = 0.75\,c$ より，θ_r が θ_1 の関数として表現できる。その関数を描いたのが，図 3 である。このグラフより，さまざまな角度で水滴に入射する光が，どのように反射されていくのかが読み取れる。そして，反射光が一番強くなるのは，入射角 θ_1 が約 (8) 度の場合であることがわかる。その理由は， (a) からである。さらに，光の分散を考慮すると，反射されて出てきた可視光の中で， (9) 色の光が一番下に見えることが説明できる。

上の虹に加えて，より薄い第二の虹が見える場合があるが，それは図 4 の反射過程によるものである。その反射角 θ_r は，入射角 θ_1 と屈折角 θ_2 を用いて，$\theta_r =$ (10) と表せる。この式を用いて θ_r を θ_1 の関数として表すと，図 5 のようになる。この第二の虹では，反射されて出てきた可視光の中で， (11) 色の光が一番下に見える。

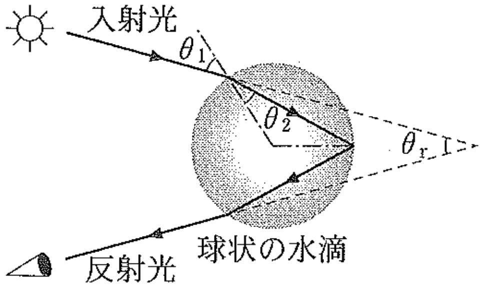

図 2

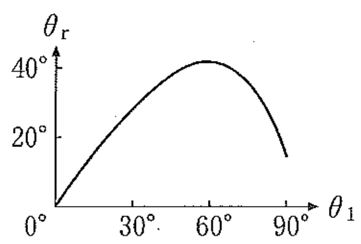

図 3

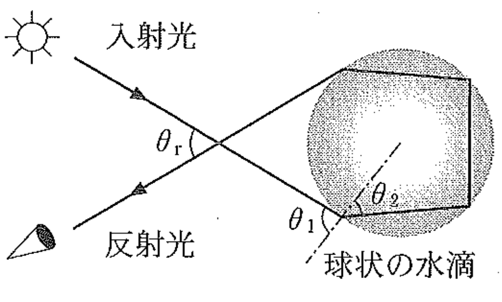

図 4

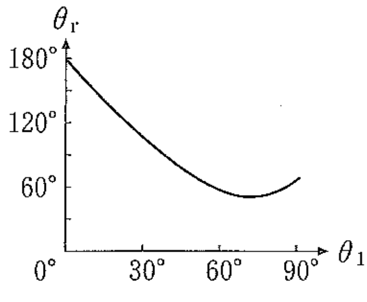

図 5

3 簡単なリニアモーターを使って発電や充電について考察する。図のように太さを無視できる2本の十分に長い直線導体LとL′がある。Oを原点として水平面にx軸とy軸をとり，鉛直上向きにz軸の正の向きをとる。z軸の正の向きに磁束密度B〔T〕の一様な磁場がかかっている。高さの基準は原点Oを含む$z=0$の面とし，重力加速度の大きさをg〔m/s^2〕とする。また回路の自己インダクタンスは無視する。以下の文章中の $\boxed{(1)}$ ～ $\boxed{(10)}$ に適切な数式を入れよ。$\boxed{(ア)}$ ～ $\boxed{(ウ)}$ には適切な答えを解答用紙の選択欄から選べ。

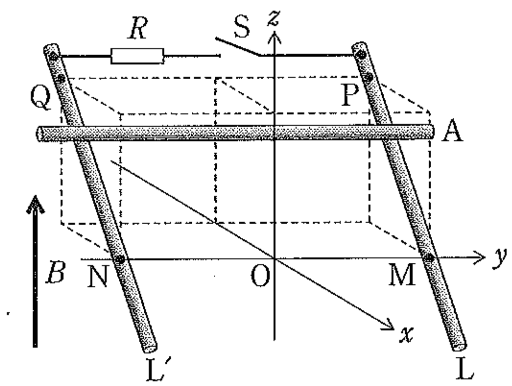

図1

問1 図1のようにLは2点M$(0,\ h,\ 0)$，P$(-h,\ h,\ h)$を通り，L′は2点N$(0,\ -h,\ 0)$，Q$(-h,\ -h,\ h)$を通るように配置する。LとL′の間に図のようにR〔Ω〕の抵抗とスイッチSを接続する。はじめスイッチSは開いている。太さを無視できる質量m〔kg〕の導体棒Aを高さh〔m〕にある2点P，Qの上に置き，静かに手を離した。導体棒Aは常にy軸と平行でL，L′上をy軸に垂直な方向に滑らかに運動するものとする。導体棒Aが原点Oを通過するとき導体棒Aの内部にある電荷$-e$〔C〕をもつ一つの自由電子が磁場から受けるローレンツ力の大きさは $\boxed{(1)}$ 〔N〕となり，導体棒Aの上の2点MとNの間に発生する起電力の大きさは $\boxed{(2)}$ 〔V〕となる。つぎに再び導体棒Aを2点P，Q上においてスイッチSを閉じて閉回路とした。時刻0で静かに導体棒Aから手を離すと導体棒AはL，L′上で運動をはじめた。時刻t〔s〕における導体棒Aの加速度をa_t〔m/s^2〕とし，流れる電流をI_t〔A〕とすると導体棒Aについての運動方程式は $\boxed{(3)}$ となる。ま

た時刻tにおける導体棒Aの速度をv_t〔m/s〕とするとき抵抗に流れる電流は$I_t =$ $\boxed{(4)}$ 〔A〕となる。十分に時間が経過すると導体棒Aは等速直線運動をし，このときの速度は $\boxed{(5)}$ 〔m/s〕となり，抵抗での消費電力は $\boxed{(6)}$ 〔W〕となる。

問 2 次に図2のようにL，L′がそれぞれM(0，h，0)，N(0，$-h$，0)を通り，$z = 0$の平面内でx軸に平行になるように配置する。LとL′の間には図2のようにR〔Ω〕の抵抗とスイッチSに加えて電気容量C〔F〕のコンデンサーを接続する。はじめスイッチSは開いていて，コンデンサーに電荷はないものとする。質量mの導体棒Aを$x = -h$から初速度v_0〔m/s〕でx軸の正の向きに運動させた。導体棒Aは常にy軸と平行で，L，L′上をx軸方向に滑らかに運動するものとする。そのとき導体棒Aにかかる力F〔N〕は$F =$ $\boxed{(7)}$ 〔N〕となる。つぎに，導体棒Aが原点Oを通過する瞬間の時刻0で，スイッチSを閉じた。その後のある時刻tにおける導体棒Aの速度をv_t〔m/s〕，抵抗に流れる電流をI_t〔A〕，コンデンサーにたくわえられた（充電された）電荷をq_t〔C〕とすると，v_t，I_t，q_tの間には $\boxed{(8)}$ の関係式が成立する。また時刻tにおける導体棒Aの加速度をa_t〔m/s^2〕とすると運動方程式は $\boxed{(9)}$ となる。よってスイッチSを閉じた直後の$x = 0$における導体棒Aの加速度は初速度v_0を用いると $\boxed{(10)}$ 〔m/s^2〕となる。スイッチSを閉じた直後，v_tは $\boxed{(ア)}$ 。q_tは $\boxed{(イ)}$ 。十分な時間が経過すると導体棒Aの速度はv_f〔m/s〕となった。v_0からv_fへ変化するまでの電流I_tの時間変化のようすについて最も適したグラフは $\boxed{(ウ)}$ となる。ただし，電流の最大値をI_M〔A〕とする。

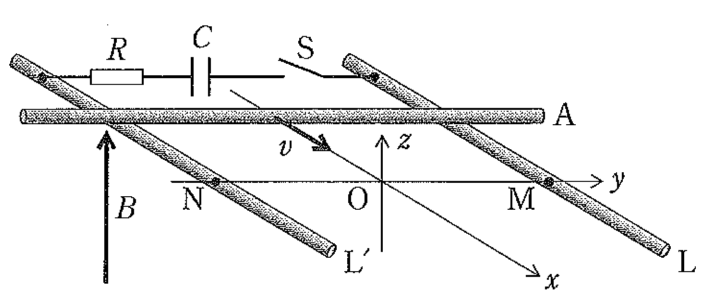

図2