

令和 8 年度採用

群馬県公立高等学校教員選考試験問題

物 理

受 験 番 号		氏 名	
------------------	--	------------	--

注 意 事 項

- 1 「開始」の指示があるまでは、問題用紙を開かないでください。
- 2 問題は、1 ページから 11 ページまであります。「開始」の指示後、すぐに確認してください。
- 3 解答は、すべて解答用紙に記入してください。
- 4 「終了」の指示があったら、直ちに筆記具を置き、問題用紙と番号順に重ねた解答用紙を机の上に置いてください。
- 5 退席の指示があるまで、その場でお待ちください。
- 6 この問題用紙は、持ち帰ってください。

1 物体の衝突に関して、以下の (A・B) の問いに答えなさい。

A なめらかな水平面上で、速度 v_1 [m/s] で進む質量 m [kg] の小球 1 が、静止している同じ質量の小球 2 に、一直線上で衝突することを考える。衝突後の小球 1, 2 の速度をそれぞれ v'_1 [m/s] , v'_2 [m/s] とし、2 球間の反発係数を e とする。このとき、次の(1)～(4)の問いに答えなさい。

(1) 衝突前の小球 1 の運動量 p_1 [kg・m/s] を m, v_1 を用いて表せ。

(2) 2 球間の反発係数 e を v_1, v'_1, v'_2 を用いて表せ。

(3) 衝突後の小球 1 の速度 v'_1 [m/s] を v_1, e を用いて表せ。

(4) 小球 1 が小球 2 から受ける力積 I_1 [N・s] を m, v_1, e を用いて表せ。

B 図1のように、鉛直上向きを正の向きとして、質量 M [kg] の小球2の上に質量 m [kg] の小球1 ($m < M$) を乗せ、同時に自由落下させる。床に衝突する直前の小球1, 2の速度をともに $-v$ [m/s] として、床や小球どうしの衝突は弾性衝突であるとする。まず、小球2が床に衝突して速度 v ではね返り、それが落下してくる小球1と衝突すると考える(図2)。図3のように、2球の衝突直後の小球1, 2の速度をそれぞれ v_1 [m/s], v_2 [m/s] とし、衝突の際に鉛直方向の運動量は保存されるものとする。また、小球の大きさは無視できるものとする。このとき、下の(5)~(8)の問いに答えなさい。

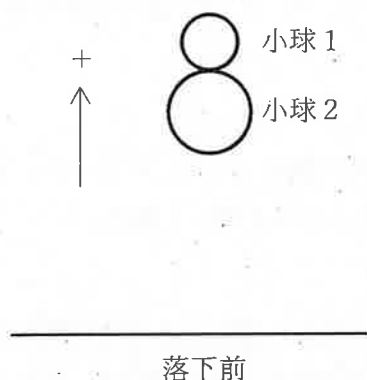


図1

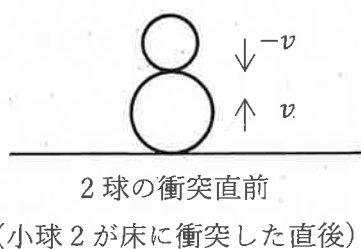


図2

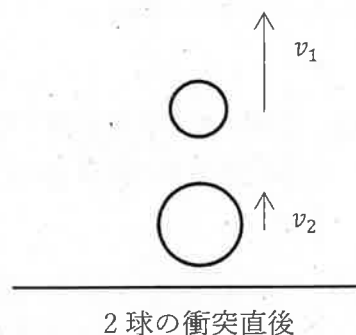


図3

- (5) 小球1と小球2の衝突前後の鉛直方向の運動量保存則を表す式を M , m , v , v_1 , v_2 を用いて表せ。
- (6) 小球2が床に衝突した直後の速度 v [m/s] を v_1 , v_2 を用いて表せ。
- (7) 2球の衝突直後の小球1の速度 v_1 [m/s] を M , m , v を用いて表せ。
- (8) 2球の衝突後、小球1は初めの高さを通り越してはね上がった。そのようになる理由を(7)の結果を用いて説明せよ。

2 熱に関して、以下の(A・B)の問いに答えなさい。

A 比熱 c [$\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$]、全質量 M [kg] の金属の粒を軽くてじょうぶな容器に満たして、落下の際に金属の粒が容器から飛び出さないようにして、床から h [m] の高さから N 回落下させ、床と衝突させたときに金属の粒の温度がどのように変化するかを確かめる実験を行う。ただし、重力加速度の大きさを g [m/s^2] とし、容器の質量と熱容量及び空気抵抗は無視できるものとする。また、金属の粒は床と衝突した瞬間に、熱平衡に達するものとする。次の(1)～(3)の問いに答えなさい。

(1) N 回の落下で、金属の粒に対して重力がする仕事 W [J] を、 c , M , h , N , g の中から必要なものを用いて表せ。

(2) 金属の粒の温度は落下前には t_1 [$^{\circ}\text{C}$] であったが、 N 回の衝突直後に t_2 [$^{\circ}\text{C}$] になった。温度上昇に使われた熱量 Q [J] を、 c , M , N , t_1 , t_2 の中から必要なものを用いて表せ。

(3) (1)の仕事 W [J] の一部が(2)の熱量 Q [J] になったと考えられる。表1のような実験結果が得られた場合、(1)の仕事 W [J] の何%が金属の粒の温度上昇に使われた熱量 Q [J] になったかを求めよ。

表 1

金属の粒の全質量 M [kg]	0.999
金属の比熱 c [$\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$]	0.147
落差 h [m]	0.50
落下回数 N [回]	100
金属の粒の初めの温度 t_1 [$^{\circ}\text{C}$]	26.6
金属の粒の終わりの温度 t_2 [$^{\circ}\text{C}$]	28.3
重力加速度 g [m/s^2]	9.8

- B 火力発電の多くでは、化石燃料をボイラーで燃やし、発生させた水蒸気や燃焼ガスでタービン（羽根車）を回している。

ここで、燃焼ガスを考えず、水蒸気のみでタービンが回る仮想の熱機関を考える。この熱機関では、高温高圧の水蒸気はタービンを回す仕事をしたあと 100°C の水蒸気になり、外部へ捨てられることなく、冷却器で 1 秒あたり質量 m [g/s] ずつ 100°C の水へもどされる。この水はその後加熱されて高温高圧の水蒸気となり、再びタービンを動かすのに用いられる。ただし、 100°C の水 1g あたりの蒸発熱と凝縮熱は大きさが等しく q [J/g] とし、この熱機関の熱効率を e として、水蒸気がタービンを回す際のエネルギー損失は無いものとする。次の(4)～(6)の問いに答えなさい。

- (4) この熱機関で 100°C の水蒸気を 100°C の水へもどす際に、外部へ放出される 1 秒あたりの熱量 q_1 [J/s] を m , q を用いて表せ。
- (5) この熱機関が高温の熱源から取り入れている 1 秒あたりの熱量 q_2 [J/s] を m , q , e を用いて表せ。
- (6) この熱機関が 1 秒あたりにする仕事の大きさ w [J/s] を m , q , e を用いて表せ。

3 弦の固有振動に関して、以下の（A・B）の問いに答えなさい。

A 図1のように、一様な線密度 ρ [kg/m] の弦の一端を、正弦波を発振するスピーカの振動部に固定し、もう一端は滑車を通して質量 m [kg] のおもりをつるした。スピーカと滑車の間には、2個の支柱 α と β が L [m] の距離で置かれている。スピーカの振動数 f [Hz] と弦に伝わる波の振動数は一致するものとし、支柱 α と β の位置では弦は振動しない。おもりの質量 m [kg]、 α β 間の距離 L [m] は、自由に変えることができ、弦が共振していてもおもりは静止しているとみなせる。また、 α β 間の距離を変更しても、支柱 α と β はスピーカや滑車と接触しないものとする。ただし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、弦にはたらく張力の大きさを S [N] とし、弦を伝わる波の速さ V [m/s] は $V = \sqrt{\frac{S}{\rho}}$ [m/s] と表すことができるものとする。次の(1)、(2)の問いに答えなさい。

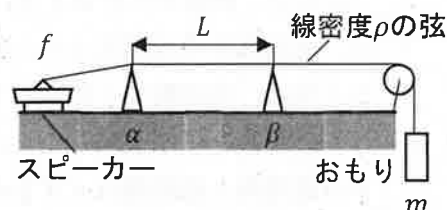


図1

(1) スピーカの振動数が $f = f_1$ [Hz]、弦につるすおもりの質量が $m = m_1$ [kg]、 α β 間の長さが $L = L_1$ [m] のとき、 α β 間に腹が1つの定常波が生じた。この状態を【状態1】とする。次の①、②の問いに答えよ。

① 【状態1】のとき、 α β 間で発生している定常波の波長 λ_1 [m] を L_1 を用いて表せ。

② 【状態1】のとき、弦を伝わる波の速さ V_1 [m/s] を f_1 、 L_1 を用いて表せ。

(2) 【状態1】から、弦につるすおもりの質量だけを調整すると、 α β 間に腹が2つの定常波が生じた。このとき、スピーカの振動数は $f = f_1$ [Hz]、おもりの質量は $m = m_2$ [kg]、 α β 間の長さは $L = L_1$ [m] であった。おもりの質量 m_2 [kg] は、【状態1】で弦につるしたおもりの質量 m_1 [kg] の何倍か。

B 高等学校学習指導要領（平成30年3月告示）の第2章第5節「理科」では、「自然の事物・現象に関わり，理科の見方・考え方を働かせ，見通しをもって観察，実験を行うことなどを通して，自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。（以下省略）」とある。弦の共振現象は，「理科の見方・考え方を働かせ，見通しをもって観察，実験を行う」ためのよい題材となる。以下では，弦の共振を題材にして，未知の弦の線密度を測定する実験を考える。次の(3)の問いに答えなさい。

- (3) 前ページの図1のような実験系を組み， $\alpha\beta$ 間を l [m] で固定して，おもりの質量 m [kg] を変えながら，随時，スピーカーの振動数 f [Hz] を調整して， $\alpha\beta$ 間で腹が2つの定常波を観察できるようにする。この測定を繰り返すと，弦の張力の大きさ S [N] と弦を伝わる波の速さ V [m/s] のデータが得られ，データを基にして，図2のようなグラフをつくることができる。また，この実験では前問Aと同じく，弦を伝わる波の速さ V [m/s] と弦の張力の大きさ S [N] との間には，理論式

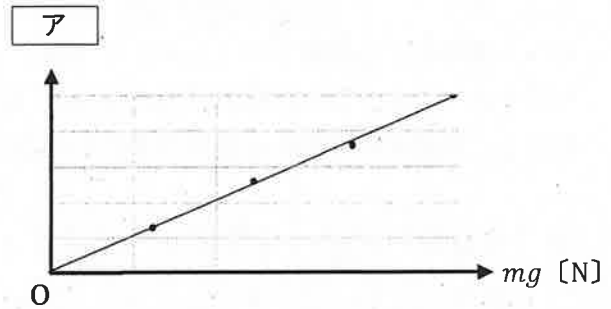


図2

が得られ，データを基にして，図2のようなグラフをつくることができる。また，この実験では前問Aと同じく，弦を伝わる波の速さ V [m/s] と弦の張力の大きさ S [N] との間には，理論式 $V = \sqrt{\frac{S}{\rho}}$ [m/s] の関係が成立すると仮定し，データと理論式を比べることで未知の弦の線密度 ρ [kg/m] を推定することができる。ただし，重力加速度の大きさを g [m/s²] とし，この実験では $\alpha\beta$ 間で腹が2つの定常波が生じていてもおもりは静止したままと見なせるため，弦を伝わる波の速さは $V = fl$ [m/s]，張力は $S = mg$ [N] として測定できるとする。

- ① この実験で得られたデータと理論式の間を踏まえ，図2のようにグラフの横軸を mg [N] とした。このとき，縦軸の空欄「ア」に当てはまる物理量を，単位とともに示せ。ただし，解答の際には，物理量は f , l を用いて表せ。また，単位は m(メートル), s(秒)を用いて表し，[] で示せ。
- ② 図2のグラフと理論式を用いて，弦の線密度を求める方法を，考え方とともに具体的に述べよ。

4 自由電子の運動モデルに関して、以下の (A・B) の問いに答えなさい。

A 図1のように、断面積 S [m²] で全長 L [m] の一様な導体中に、電気量 $-e$ [C] をもつ自由電子が、数密度 n [1/m³] で分布している。ここで、 e は電気素量である。導体の両端に起電力 V [V] の電池を接続して、導体内部に強さ E [V/m] の電場をかけると、次第に自由電子は平均の速さ $\bar{v}$ [m/s] の等速直線運動をし、強さ I [A] の定常電流が生じた。このとき、自由電子にはたらく電場による静電気力 (大きさ F [N]) と、熱運動をしている陽イオンなどからの抵抗 (大きさ $k\bar{v}$ [N], k [(N・s)/m] は比例定数) がつりあっている。ただし、電池の内部抵抗は無視できるものとする。次の(1)～(5)の問いに答えなさい。

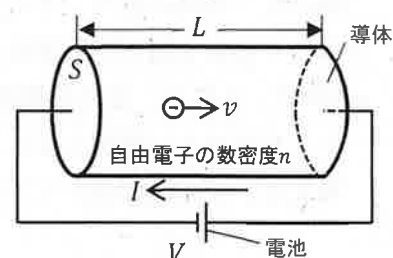


図1

- (1) 自由電子にはたらく静電気力の大きさ F [N] を e , L , V を用いて表せ。
- (2) 自由電子の平均の速さ $\bar{v}$ [m/s] を e , k , L , V を用いて表せ。
- (3) 定常電流の強さ I [A] を e , n , S , k , L , V を用いて表せ。
- (4) 抵抗 R [Ω] は、 $R = \rho \frac{L}{S}$ [Ω] と表せる。ここで、 ρ [$\Omega \cdot \text{m}$] は抵抗率である。導体の抵抗率 ρ [$\Omega \cdot \text{m}$] を e , n , k を用いて表せ。
- (5) 導体内部で、すべての自由電子に対して静電気力がする仕事率 P [W] は、電池が供給する電力 VI [W] に等しいことを示せ。

B 自由電子の運動モデルは、初速度 0m/s で空気中を落下する雨滴に重力と空気の抵抗力がはたらき、やがて一定の速さで鉛直に落下する運動と同等の運動方程式を仮定している。A についての授業の際に、生徒から「自由電子の運動モデルは、図 2 のような運動を仮定したのに、等速直線運動と見なしていたのは、なぜですか。」と質問を受けた。次の(6)の問いに答えなさい。

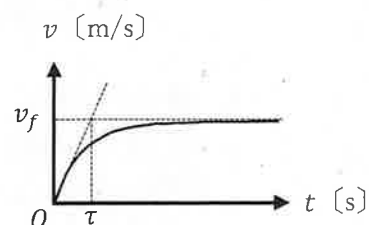


図 2

- (6) 次の対話文は質問に関する教師と生徒のやりとりの一部である。文中の□ア～□ウに当てはまる適切な数式を書け。

教師：自由電子の平均の速さ $\bar{v}$ [m/s] は、図 2 の終端速度の大きさ v_f [m/s] です。終端速度に達する時間の目安として、緩和時間を考えてみましょう。緩和時間 τ [s] は図 2 のように、自由電子が初速度 0m/s のときの加速度のまま、終端速度の大きさ v_f [m/s] に達するまでにかかる時間として定義します。緩和時間 τ [s] を用いて終端速度の大きさ v_f [m/s] を表してみましょう。

生徒：緩和時間の定義を踏まえて、等加速度直線運動の式を使えば、 v_f [m/s] は、自由電子にはたらく静電気力 F [N]、自由電子の質量 m [kg]、緩和時間 τ [s] を用いて□アと表せます。

教師：その通りですね。授業の結果を踏まえると、導体の抵抗率 ρ [$\Omega \cdot \text{m}$]、自由電子の電気量の大きさ e [C]、自由電子にはたらく静電気力の大きさ F [N]、導体中の自由電子の数密度 n [$1/\text{m}^3$] を用いれば、自由電子の平均の速さ $\bar{v}$ [m/s] は□イと表せるのです。

$\bar{v}$ [m/s] と v_f [m/s] が等しいと考えると、緩和時間 τ [s] を求めることができますね。

生徒： $\bar{v}$ [m/s] = v_f [m/s] より、緩和時間 τ [s] は□ウと表せました。

教師：よくできました。例えば、銅の場合、この結果と教科書の値から、緩和時間 τ [s] を $2.5 \times 10^{-14}\text{s}$ と計算できます。人が測定する際には、緩和時間よりも十分長い時間が経過するので、自由電子は終端速度に達して等速直線運動をするとみなすのですね。

5 コイルを含む回路に関して、以下の (A・B) の問いに答えなさい。

A 図1のように、抵抗値 R_1 [Ω], R_2 [Ω] の抵抗, 自己インダクタンス L_1 [H] のコイル, 起電力 E [V] の電池, スイッチが接続された回路を考える。はじめ, スイッチは開いており, コイルに電流は流れていない状態であった。ただし, コイルと電池の内部抵抗を無視する。このとき, 下の(1)~(3)の問いに答えなさい。

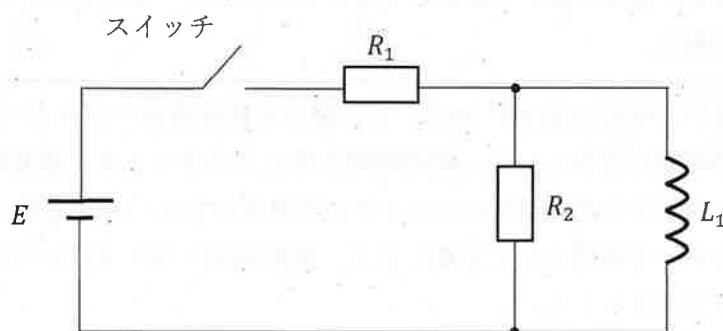


図 1

- (1) スイッチを閉じた直後に, 抵抗値 R_1 [Ω] の抵抗を流れる電流の大きさ I_1 [A] を R_1 , R_2 , L_1 , E の中から必要なものを用いて表せ。
- (2) スイッチを閉じた直後に, コイルに生じる誘導起電力の大きさ V_1 [V] を R_1 , R_2 , L_1 , E の中から必要なものを用いて表せ。
- (3) スイッチを閉じてから十分に時間が経過したとき, コイルに蓄えられたエネルギー U_1 [J] を R_1 , R_2 , L_1 , E の中から必要なものを用いて表せ。

B 次に、図1の回路中の、抵抗値 R_2 $[\Omega]$ の抵抗を、電気容量 C $[F]$ のコンデンサーに交換した図2のような回路を考える。はじめ、スイッチは開いており、コンデンサーには電荷がたまっておらず、コイルに電流は流れていない状態であった。下の(4)～(6)の問いに答えなさい。

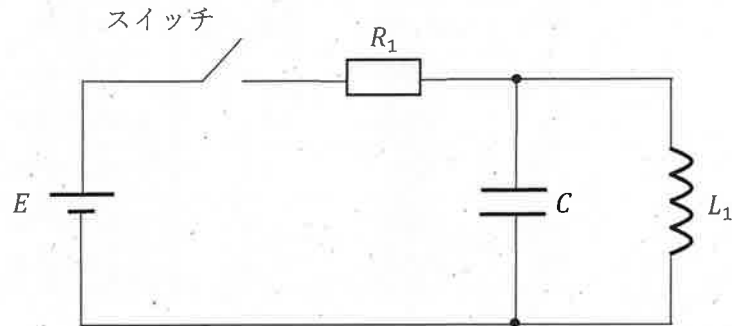


図2

- (4) スイッチを閉じてから十分に時間が経過したとき、コイルを流れる電流の大きさ I_2 $[A]$ を R_1 , C , E の中から必要なものを用いて表せ。

次に、(4)の状態から、スイッチを開いたところ、振動電流が流れた。ここで、コイルの抵抗、及びコンデンサーの極板間からの電磁波の発生は無視できるものとする。

- (5) コンデンサーの両端の電圧は、時間とともに変化する。電圧の最大値 V_M $[V]$ を E , R_1 , L_1 , C で表せ。
- (6) コンデンサーを流れる電流 I $[A]$ と時刻 t $[s]$ との関係を示すグラフを、 I $[A]$ を縦軸、 t $[s]$ を横軸にとって書け。ただし、スイッチを開いた時刻を0とし、コンデンサーを図2の下向きに流れる電流の向きを正の向きとする。また、振動電流の最大値と最小値、及び周期を E , R_1 , L_1 , C から必要なものを用いてグラフに明記し、グラフには振動電流の様子を1周期以上表すこと。

6 半減期に関して、以下の (A・B) の問いに答えなさい。

A 表 1 のア～オの 5 種類の原子核について、下の(1)～(4)の問いに答えなさい。

表 1

記号	原子核	崩壊の型	半減期
ア	$^{222}_{86}\text{Rn}$	α	3.82 日
イ	$^{226}_{88}\text{Ra}$	α	1.60×10^3 年
ウ	$^{235}_{92}\text{U}$	α	7.04×10^8 年
エ	$^{238}_{92}\text{U}$	α	4.47×10^9 年
オ	$^{239}_{94}\text{Pu}$	α	2.41×10^4 年

(1) 原子核アの中性子の数を答えよ。

(2) 5 種類の原子核の中で、1 個の原子核が 1 秒間で崩壊する確率が 2 番目に低いものはどれか。
記号ア～オから 1 つ選べ。

(3) 原子核エが α 崩壊を x 回、 β 崩壊を y 回起こし、原子核アに変わった。 x と y を求めよ。

(4) 8.00 g の原子核イのうち、 8.00×10^3 年後に崩壊せずに残っているのは何 g か求めよ。

B ある仮想的な放射性物質 X は、1 日で原子核全体の数の $\frac{1}{6}$ が崩壊する。この物質の放射性崩壊について、次の(5)、(6)の問いに答えなさい。

(5) 最初、放射性物質 X の原子核が 100 個あったとする。7 日後に崩壊せずに残っている原子核の個数の期待値 N 個を求めた下の式の①～③に当てはまる適切な整数を答えよ。ただし、③は { } の指数である。

$$N = (\text{①}) \times \left\{ \frac{(\text{②})}{6} \right\}^{(\text{③})}$$

(6) 放射性物質 X の原子核 100 個が半分の 50 個になるのは何日後か。その期待値として最も適するものを次のア～カから 1 つ選べ。ただし、期待値の計算の際には、 $\log_{10} 2 = 0.3010$, $\log_{10} 3 = 0.4771$, $\log_{10} 5 = 0.6990$, $\log_{10} 6 = 0.7782$ の中から必要なものを用いてよい。

ア 0.26 日後	イ 0.38 日後	ウ 1.1 日後
エ 2.6 日後	オ 3.0 日後	カ 3.8 日後

物 理 解答用紙	2 枚中の 1	受験番号		氏 名	
----------	---------	------	--	-----	--

(8 年)

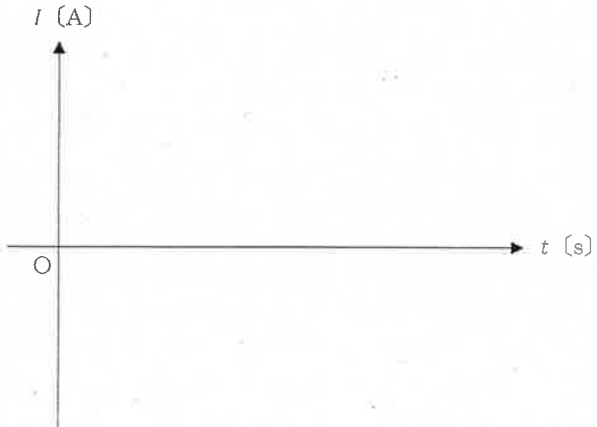
1(1)	(2)
(3)	(4)
(5)	
(6)	(7)
(8)	
2(1)	(2)
(3)	(4)
(5)	(6)

3(1)①	(1)②
(2)	(3)①
(3)②	

物 理 解答用紙	2 枚中の 2	受験番号	氏 名
----------	---------	------	-----

(8 年)

4(1)	(2)
(3)	(4)
(5)	
(6)ア	(6)イ
(6)ウ	

5(1)	(2)
(3)	(4)
(5)	
(6)	
	
6(1)	(2)
(3)	(4)
(5)①	(5)②
(5)③	(6)

以下はあくまでも解答の一例です。

物 理 解答用紙	2 枚中の 1	受験番号	氏 名
----------	---------	------	-----

(8 年)

1(1) mv_1 [kg・m/s] 【5 点】	(2) $-\frac{v'_1-v'_2}{v_1}$ 【5 点】
(3) $\frac{1-e}{2}v_1$ [m/s] 【5 点】	(4) $-\frac{1+e}{2}mv_1$ [N・s] 【5 点】
(5) $-mv + Mv = mv_1 + Mv_2$ 【5 点】	
(6) $\frac{v_1-v_2}{2}$ [m/s] 【5 点】	(7) $\frac{3M-m}{M+m}v$ [m/s] 【5 点】
(8) $v_1 - v = \frac{2(M-m)}{M+m}v$ より, $M > m$ ならば $v_1 > v$ となるので, 初めの高さを通り 越してはね上がる。【6 点】	
2(1) $NMgh$ [J] 【5 点】	(2) $10^3 Mc(t_2 - t_1)$ [J] 【5 点】
(3) 51% 【6 点】	(4) mq [J/s] 【5 点】
(5) $\frac{1}{1-e}mq$ [J/s] 【5 点】	(6) $\frac{e}{1-e}mq$ [J/s] 【5 点】

3(1)① $2L_1$ [m] 【5 点】	(1)② $2f_1L_1$ [m/s] 【5 点】
(2) $\frac{1}{4}$ 【5 点】	(3)① $(fl)^2$ [m ² /s ²] 【5 点】
(3)② 実験で得られた図 2 のグラフの傾きが, 弦を伝わる波の速さと張力の関係式 $(fl)^2 = \frac{1}{\rho}mg$ の $\frac{1}{\rho}$ に等しいと考える。 よって, 線密度 ρ [kg/m] の値は実験で得 られた図 2 のグラフの傾きの逆数で算出 する。【6 点】	

物 理 解答用紙	2 枚中の 2	受験番号	氏 名	
----------	---------	------	-----	--

(8 年)

4(1) $e \frac{V}{L}$ [N] 【4 点】	(2) $\frac{eV}{kL}$ [m/s] 【4 点】
(3) $\frac{e^2 S n V}{kL}$ [A] 【4 点】	(4) $\frac{k}{e^2 n}$ [$\Omega \cdot m$] 【4 点】
(5) 全電子数 $N = nSL$ として, 全ての電子に対して静電気力がする仕事率は $P = N \left(e \frac{V}{L} \right) \bar{v} = \left(\frac{e^2 S n V}{kL} \right) V$ [W] である。 (3)の結果より $I = \frac{e^2 S n V}{kL}$ [A] だから, $P = VI$ [W] となる。【6 点】	
(6)ア $\frac{F}{m} \tau$ [m/s] 【5 点】	(6)イ $\frac{F}{ne^2 \rho}$ [m/s] 【5 点】
(6)ウ $\frac{m}{ne^2 \rho}$ [s] 【5 点】	

5(1) $\frac{E}{R_1 + R_2}$ [A] 【5 点】	(2) $\frac{R_2 E}{R_1 + R_2}$ [V] 【5 点】
(3) $\frac{L_1 E^2}{2R_1^2}$ [J] 【5 点】	(4) $\frac{E}{R_1}$ [A] 【5 点】
(5) $\frac{E}{R_1} \sqrt{\frac{L_1}{C}}$ [V] 【5 点】	
(6) 【6 点】	
6(1) 136 【5 点】	(2) ウ 【5 点】
(3) $x = 4 \quad y = 2$ 【5 点】	(4) 0.250g 【5 点】
(5)① 100 【3 点】	(5)② 5 【3 点】
(5)③ 7 【3 点】	(6) 力 【5 点】