

九州大学 医学部 歯学部
前期

平成 27 年度 入学試験 問題

理 科

(注 意 事 項)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

科 目	問 題 冊 子	解 答 紙	
	ペ ー ジ	解答紙番号	枚 数
物理基礎・物理	1 ～ 16	31 ～ 33	3
化学基礎・化学	17 ～ 32	34 ～ 38	5
生物基礎・生物	33 ～ 52	39 ～ 43	5
地学基礎・地学	53 ～ 65	44 ～ 48	5

4. 各解答紙の 2 箇所に受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は、解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. この教科は、2 科目 250 点満点(1 科目 125 点満点)です。なお、医学部保健学科(看護学専攻)については、2 科目 100 点満点に換算します。

物 理 基 礎 · 物 理

〔1〕 以下の問いに答えよ。(40点)

問 1. 図 1(a)に示すように、天井に取り付けられた支点 O および支点 O' から、質量 m のおもりが軽い糸で吊り下げられ、床から高さ $\frac{5}{2}r$ の位置 A で静止している。2本の糸のなす角 $\angle OAO'$ は 90° である。支点 O とおもりを結ぶ糸の長さは $3r$ であり、床から2つの支点までの高さは $4r$ である。糸の質量、伸び、空気抵抗は無視できるものとし、おもりは1つの鉛直面内で運動するものとする。支点 O の直下で床から $2r$ の高さの点 P には太さを無視できるくぎが鉛直面に垂直に固定されている。重力加速度の大きさを g とする。

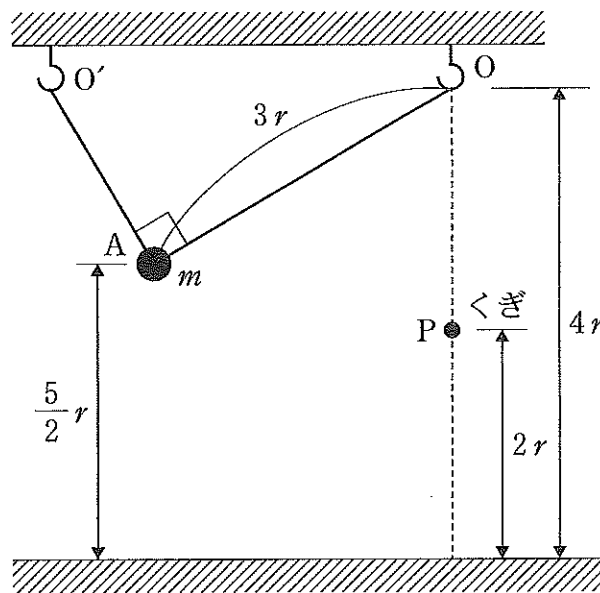


図 1(a)

(1) 糸 OA に生じている張力の大きさを求めよ。

おもりを糸 $O'A$ から静かに切り離したところ、図 1 (b) に示すようにおもりは点 O を支点とする運動を始めた。

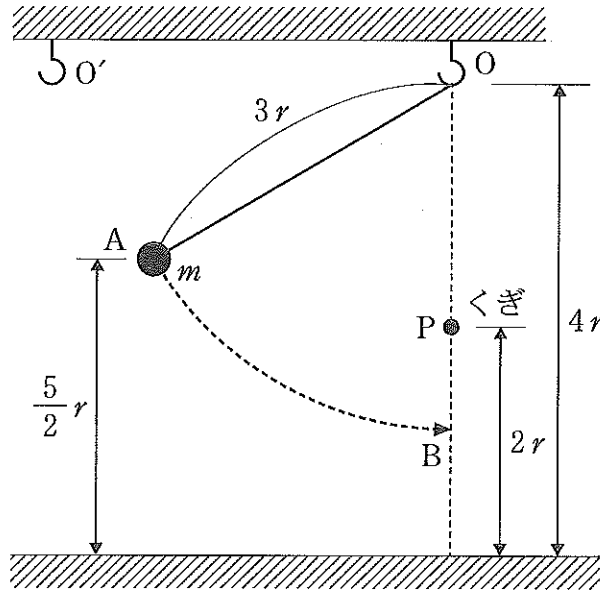


図 1 (b)

- (2) おもりが最下点 B を通過する時の速さ v_1 を求めよ。
- (3) おもりは最下点 B を通過した後、点 P を支点として運動する。通過直前の糸の張力の大きさを T_1 、通過直後の糸の張力の大きさを T_2 とする。その両者の比 $\frac{T_2}{T_1}$ の値を求めよ。

再び、おもりを位置 A に戻し、初速度を与えたところ、おもりは図 1(c) に示すように糸がたるまずに点 P の真上の点 C ($OC = CP = r$) に到達した。到達すると同時におもりを糸から切り離したところ、おもりは床に落下した。ただし、初速度はおもりの描く軌跡に対して接線方向に与えるものとする。

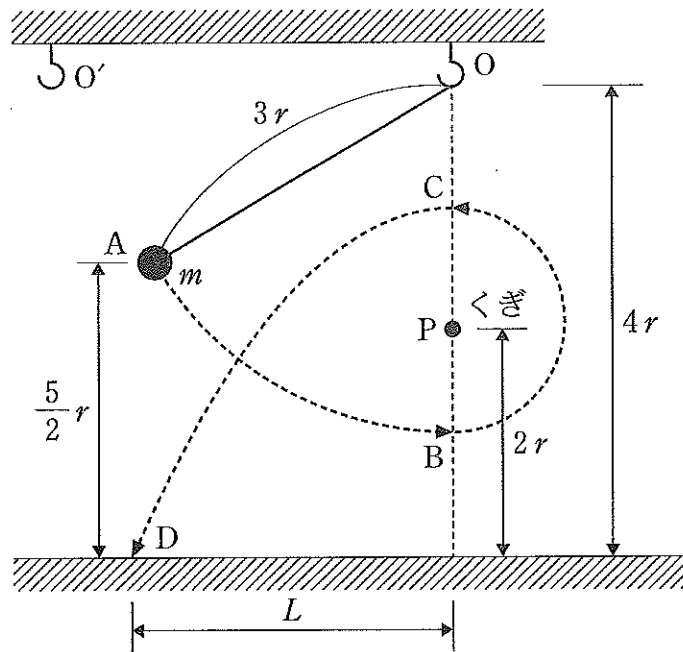


図 1(c)

- (4) 糸がたるまずにおもりが点 C に到達するために必要な初速度の大きさの最小値 v_0 を求めよ。
- (5) 位置 A でおもりに問 1(4) で求めた v_0 を初速度の大きさとして与えた場合の点 C から落下地点 D までの水平距離 L を、 m 、 g 、 r の中から必要なものを用いて表せ。

問 2. 図 1(d)に示すように、水平でなめらかな床の上に台が静かに置かれている。この台は x 軸方向に運動することができる。その台の上に放出器が固定されており、その放出器には質量 m で大きさが無視できる小球が多数搭載されている。台と放出器および搭載されている多数の小球の質量をすべて含めて質量 M とする。図のように水平方向に x 軸をとる。小球は、放出されるまで放出器に固定されている。空気抵抗は無視できるものとする。

まず、 x 軸の負の方向に小球を 1 個ずつ次々と放出する。毎回の放出において、放出直後の小球の台に対する相対速度の大きさが v となるように放出器が調整されている。小球を p 回放出した直後の台の速度を V_p とする。

- (1) 1 回目の小球放出直後の台の速度 V_1 を、 m 、 M 、 v を用いて表せ。
- (2) 2 回目の小球放出直後の台の速度 V_2 を、 m 、 M 、 v を用いて表せ。
- (3) p 回目の小球放出による台の速度変化 $V_p - V_{p-1}$ を、 m 、 M 、 v 、 p を用いて表せ。

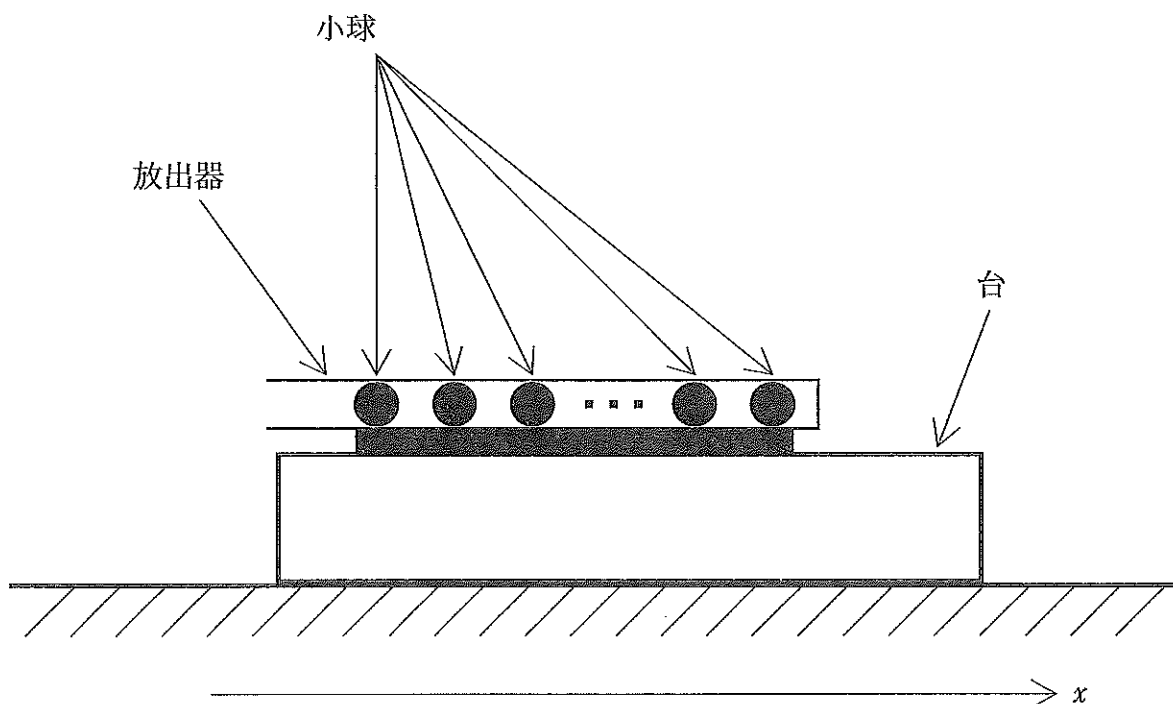


図 1(d)

台と小球を元の状態に戻す。放出器をさらに調整して x 軸の負の方向に 2 個の小球を同時に放出するようにした。放出直後、2 個の小球の台に対する相対速度の大きさはどちらも v であった。

- (4) 2 個の小球を放出した直後の台の速度 U を、 m 、 M 、 v を用いて表せ。
- (5) 問 2(4) で求めた U と問 2(2) で求めた V_2 の大小関係について、 $U > V_2$ 、 $U = V_2$ 、 $U < V_2$ の中から正しいものを一つ選べ。

- [2] 図2に示すように水平面上に十分長い2本の導体のレールが間隔 L [m] で平行に置かれている。図のようにレールの上になすぐな導体の棒1, 2を置く。これらの棒はレールに対して常に垂直であり, 2本のレールとの接触を保ちながら, その上を左右になめらかに動くことができる。棒1とレールの接触点を図のようにP, Qとする。棒1にはレールに平行に糸が取り付けられ, 糸の右方向の先に滑車を通して質量 m [kg] のおもりがぶら下げてある。棒1の質量は m [kg], 棒2の質量は $2m$ [kg] である。この空間には鉛直上向きに磁束密度の大きさが B [T] の一様な磁場(磁界)がかけられている。運動の方向は, 棒1, 2については水平右向きを正とし, おもりについては鉛直下向きを正とする。棒2のレール間の電気抵抗を R [Ω] とする。棒1とレールの電気抵抗は無視でき, 棒とレールの接触点の電気抵抗も無視できる。空気抵抗, 糸と滑車の質量は無視できる。滑車はなめらかに回る。棒とレールに流れる電流が作る磁場の磁束密度は B に比べ十分小さく無視できる。重力加速度の大きさを g [m/s^2] とし, おもりが地面に到達することはないものとして, 以下の問いに答えよ。(45点)

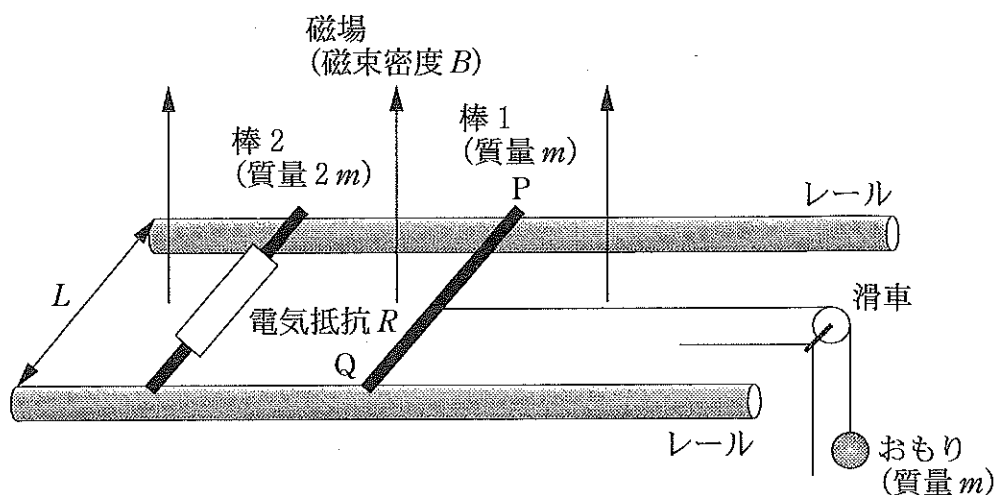


図2

まず, 棒1と棒2を動かないように押さえておき, 棒1だけを静かに離したところ棒1が右方向へ動き始めた。

問 1. 棒 1 の速度が v [m/s] ($v > 0$) の時, 棒 1 の両端に生じる起電力の大きさを求めよ。また, 電位が高いのは P, Q のどちら側か。解答紙の選択肢を○で囲め。

問 2. 問 1 の起電力によって, 棒 1, 2 と 2 本のレールで作られる回路に流れる電流の大きさを求めよ。また, 棒 1 に流れる電流の方向は P→Q, Q→P のどちらか。解答紙の選択肢を○で囲め。

問 3. 問 2 の電流によって棒 1 が磁場から受ける力の大きさを求めよ。

問 4. 十分な時間が経つと糸が棒 1 を引く力と問 3 の力が釣り合い, 一定の速度で棒 1 は運動する。この速度の大きさを, m, g, B, L, R の中から必要なものを用いて表せ。

棒 1 が問 4 のように一定の速度で運動しているときに, 棒 2 を静かに離れたところ, 棒 2 が動き始めた。以後, この状態の運動を考えることにする。棒 1 の速度を v_1 [m/s], 加速度を a_1 [m/s²], 棒 2 の速度を v_2 [m/s], 加速度を a_2 [m/s²] とする。棒 1 と棒 2 は衝突することはないものとする。糸の張力の大きさを T [N] とし, 糸はたるむことがない。

問 5. 棒 2 が動き始める方向は左右のどちらか。解答紙の選択肢を○で囲め。

問 6. 棒 1, 2 と 2 本のレールで作られる回路に流れる電流の大きさを, v_1, v_2, B, L, R の中から必要なものを用いて表せ。

問 7. 棒 1 の運動方程式を, $m, a_1, T, v_1, v_2, B, L, R$ の中から必要なものを用いて表せ。また, 棒 2 の運動方程式を, $m, a_2, v_1, v_2, B, L, R$ の中から必要なものを用いて表せ。

問 8. おもりの運動方程式を, m, a_1, g, T の中から必要なものを用いて表せ。

棒 2 を静かに離してから十分に時間が経つと, $a_1 = a_2$ となる。以後, この状態について問いに答えよ。

問 9. a_1 および $v_1 - v_2$ を, m, g, B, L, R の中から必要なものを用いてそれぞれ表せ。

問10. 棒 1, 2 と 2 本のレールで作られる回路で発生する単位時間あたりのジュール熱を, m, g, B, L, R の中から必要なものを用いて表せ。

[3] 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。(40 点)

図 3 のように、断熱材でできた密閉された容器が隔壁により第 1 室と第 2 室に仕切られている。隔壁は各室の気密性を保ちながら容器内を摩擦なくスムーズに動く。また、隔壁を固定することも可能である。隔壁の中央部は熱を通す素材で、それ以外の部分は断熱材でできている。さらに、中央部は開閉可能な断熱カバーで覆われており、このカバーの開閉により両室間の熱の移動を制御できる。すなわち、断熱カバーが閉じていれば、両室の間に熱の移動は無く、断熱カバーが開いていれば、両室の間でゆるやかな熱の移動が可能である。隔壁中央部の熱容量は無視できるものとする。第 1 室内にはヒーターが設置されており、第 1 室の気体を加熱することができる。

第 1 室と第 2 室に、気体定数を R として定積モル比熱が $\frac{3}{2}R$ である同種の単原子分子理想気体を封入し、以下に述べるような状態変化を行った。なお、問題中の温度は全て絶対温度で与えられている。

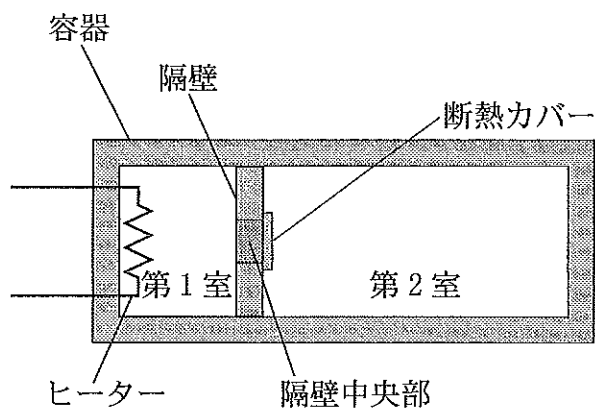


図 3

初めの状態 A では、隔壁は静止しており、断熱カバーは閉じている。このとき、第 1 室の気体の体積、温度、圧力はそれぞれ V_A 、 T_A 、 p_A であり、第 2 室の気体の体積、温度、圧力はそれぞれ $3V_A$ 、 T_A 、 p_A であった。

問 1. 第 1 室の気体の物質量(モルを単位として表した物質の量)を, V_A , T_A , p_A , R の中から必要なものを用いて表せ。

状態 A から, 隔壁を固定し断熱カバーを閉じたままヒーターによりゆっくり第 1 室の気体を加熱したところ, 第 1 室の気体の温度が $2T_A$ となった。この状態を状態 B とする。

問 2. 状態 A から状態 B への変化の間にヒーターが第 1 室の気体に加えた熱量を, V_A , T_A , p_A , R の中から必要なものを用いて表せ。

次に, 状態 B から隔壁を固定したまま断熱カバーを開け, しばらく待ったところ, 熱平衡に達した。この状態を状態 C とする。

問 3. 状態 C における第 1 室, 第 2 室の気体の温度を, V_A , T_A , p_A , R の中から必要なものを用いて表せ。

問 4. 状態 B から状態 C への変化の間に第 1 室から第 2 室に移動した熱量を, V_A , T_A , p_A , R の中から必要なものを用いて表せ。

問 5. 状態 C における第 1 室の気体の圧力, 第 2 室の気体の圧力を, それぞれ V_A , T_A , p_A , R の中から必要なものを用いて表せ。

再び状態 A から考える。以後, 隔壁は自由に動けるとし, 断熱カバーは閉じている。ヒーターによりゆっくり第 1 室の気体を加熱し, 総量 $3p_A V_A$ の熱を加えた状態を状態 D とする。

問 6. 状態 A から状態 D への変化の間に生じた第 1 室, 第 2 室の気体の内部エネルギーの変化をそれぞれ ΔU_1 , ΔU_2 とする。 $\Delta U_1 + \Delta U_2$ を, V_A , p_A を用いて表せ。

問 7. 状態 D における第 1 室の気体の体積を V_D とし, 状態 D における第 1 室, 第 2 室の気体の圧力を p_D とする。 ΔU_1 を, V_A , p_A , V_D , p_D を用いて表せ。

問 8. p_D を, V_A , T_A , p_A , R の中から必要なものを用いて表せ。

