

奈良県立医科大学 前期

平成 27 年 度

試 験 問 題 ②

学 科 試 験

(9 時 ~ 12 時)

【注 意】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中をみてはならない。
2. 試験教科、試験科目、ページ、解答用紙および選択方法は下表のとおりである。

教 科	科 目	ペー ジ	解 答 用 紙 数	選 択 方 法
数 学	数 学	1 ~ 12	1 枚	数学、英語は必須解答とする。 理科は左の3科目のうちから1科目を選択せよ。
英 語	英 語	13 ~ 16	1 枚	
理 科	化 学	17 ~ 28	2 枚	
	生 物	29 ~ 30	4 枚	
	物 理	31 ~ 40	1 枚	

3. 監督者の指示に従って、選択しない理科科目を含む全解答用紙(9枚)に受験番号と選択科目(理科のみ)を記入せよ。
 - ① 受験番号欄に受験番号を記入せよ。
 - ② 理科は選択科目記入欄に選択する1科目を○印で示せ。

上記①、②の記入がないもの、および理科2科目または理科3科目選択した場合は答案全部を無効とする。
4. 解答はすべて解答用紙の対応する場所に記入せよ。
5. 問題冊子の余白を使って、計算等を行ってもよい。
6. 試験開始後、問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせよ。
7. 解答用紙はいずれのページも切り離してはならない。
8. 解答用紙は持ち帰ってはならない。問題冊子は持ち帰ってよい。

物 理

【1】 以下の の中に適当な式を記入せよ.

図1(a)のように、なめらかな斜面上の点Aより小球Mが、静止した状態から、斜面に沿って滑り落ちる。ただし、斜面は水平面に対して角 θ [rad]をなしており、重力加速度の大きさを g [m/s²]とする。

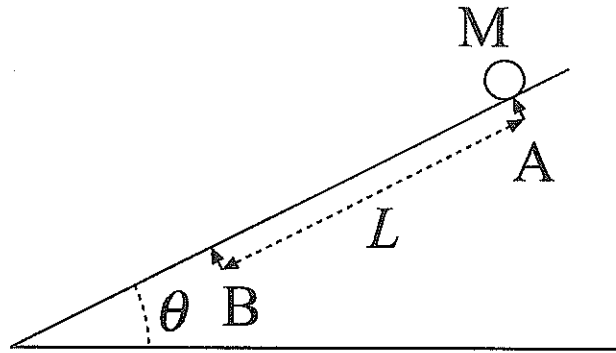


図1(a)

I) 重力加速度の斜面に沿った成分は

[m/s²]

である。

II) 点Aから斜面上の距離 L [m]の点Bに達した時の小球Mの速さは

[m/s]

である。また、小球Mが斜面上を点Aから点Bに達するまでにかかる時間は

[s]

である。

III) 図 1(b) の左図の破線 OPQ は半径 R [m] の円の $1/4$ であり, 線分 OQ を鉛直下向きとする. 静止した状態から, 円の弦 PQ に沿って点 P から点 Q まで小球 M が滑り落ちる. このとき, 点 P から点 Q に達するまでにかかる時間は

$(1 \cdot 4)$	[s]
---------------	-----

である.

IV) 図 1(b) の右図のように, この円の弧 PQ 上に点 P' をとる. ただし, 角 $\angle POP'$ を α [rad] ($\alpha > 0$) とする. 静止した状態から, 円の弦 P'Q に沿って点 P' から点 Q まで小球 M が滑り落ちる. このとき, 点 P' から点 Q に達するまでにかかる時間は

$(1 \cdot 5)$	[s]
---------------	-----

である.

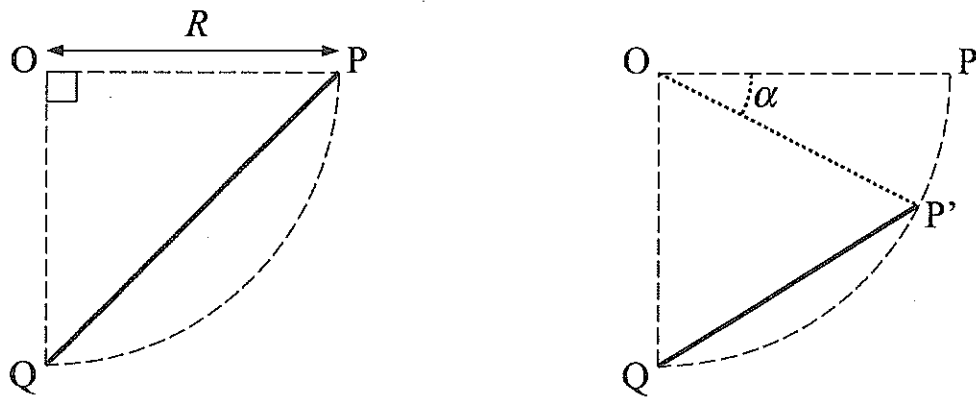


図 1(b)

【2】 以下の の中に適当な式を記入せよ。

図 2(a) のように、長さ L [m]、質量 M [kg] の一様な鉄の棒を、棒と床のなす角が θ [rad] ($\theta > 0$) となるように、壁に立てかけた。壁はなめらかであるが、床には摩擦がある。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

I) 角 θ を $\frac{\pi}{2}$ rad から少しずつ小さくし θ_0 [rad] としたとき、棒が滑り始めた。これより、棒と床との間の静摩擦係数は

$$\boxed{(2 \cdot 1)}$$

である。また、棒が滑り始める直前の床からの抗力の大きさは

$$\boxed{(2 \cdot 2)} \quad [\text{N}]$$

である。

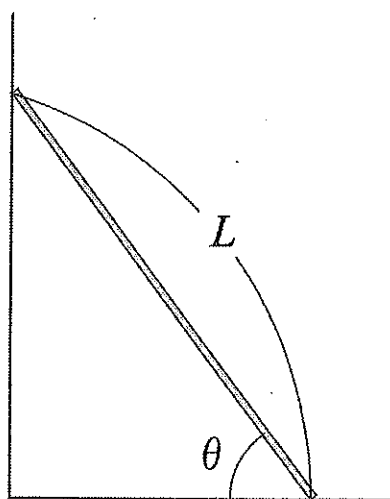


図 2(a)

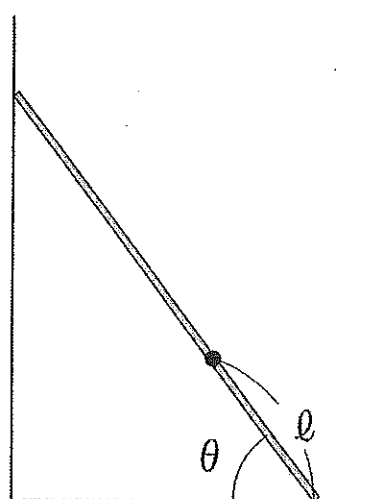


図 2(b)

II) 角 θ を棒が滑らないようにとり ($\theta > \theta_0$), 大きさを無視できる質量 m [kg] の物体を磁石で棒にくっつけ, 床から少しずつ上に移動させる. 図 2(b) のように, 床との接点から l [m] の距離に達したとき, 棒は滑り始めた. このとき,

$$l = \boxed{(2 \cdot 3)}$$

である. また, 棒と物体を合わせた全体の重心は, l を用いないで表わすと, 床との接点から

$$\boxed{(2 \cdot 4)} \quad [\text{m}]$$

の距離にある.

III) 一方, 壁との接点まで物体を移動させても, 棒が滑り出さないために θ が満たすべき条件は

$$\boxed{(2 \cdot 5)}$$

である ($\tan \theta$ に対する条件で答えよ).

【3】 以下の の中に適当な式を記入せよ。

図3のように、辺の長さが l [m], d [m], h [m] の直方体の導体の辺に沿って、それぞれ、 x, y, z 軸を定義する。 y 軸に垂直な面 P と面 Q の間に電圧計 V を接続しておく。 x 軸に垂直な面 C と面 D の間に抵抗を介して電池をつなぐと、これらの面の間に電位差 V_x [V] が生じ、導体の内部に電場が生じる。導体中の自由電子(負電荷)は電場の向きとは逆向きの力を受けて加速されるが、一方で、導体中の原子の乱雑な熱運動による抵抗力を受ける。この抵抗力の大きさは自由電子の速さに比例し、その比例係数を k [N·s/m] とする。定常状態では、これらの力が釣りあい、自由電子の速さは v [m/s] で一定となり、このときの抵抗力の大きさは kv となる。

以下の間で、導体の長さについては、 l, d, h のうちから適当なものを選んで用いよ。また、自由電子の電荷を $-e$ [C] ($e > 0$)、単位体積あたりの自由電子の数(数密度)を n [個/m³] とする。

I) 自由電子の速さ v は、辺の長さを用いて、

$$v = \boxed{\quad (3 \cdot 1) \quad}$$

と表される。また、自由電子の移動に伴う x 軸の正の向きの電流の大きさ I [A] は、辺の長さを用いて、

$$I = \boxed{\quad (3 \cdot 2) \quad}$$

と表される。

II) ここで、 z 軸の正の向きに磁束密度の強さ B [T] の一様な磁場をかけると、 x 軸の方向に運動する自由電子には y 軸に沿った方向にローレンツ力がはたらく。ローレンツ力により自由電子は面 P か面 Q のどちらかに集まることになるが、これによって電場が生じるので、この電場から受ける力とローレンツ力が釣りあうようになる。結果として、磁場をかけた直後の短時間の内に、磁場がないときと同様の定常状態になり、自由電子は一定の速さ v で移動する。この状態で x 軸の方向

に運動する自由電子にはたらくローレンツ力の大きさを f [N] とすると,

$$f = \boxed{\hspace{2cm} (3 \cdot 3) \hspace{2cm}}$$

である. また, 面 P の電位 V_y [V] は, 面 Q を基準の 0 V とすると, 符号も含めて,

$$V_y = \boxed{\hspace{2cm} (3 \cdot 4) \hspace{2cm}}$$

となる.

III) (3・2) と (3・4) から, 導体中の自由電子の数密度 n を, 辺の長さで表わすと,

$$n = \boxed{\hspace{2cm} (3 \cdot 5) \hspace{2cm}}$$

となるので, 磁束密度の強さ B がわかっているとき, 電流 I と電圧 V_y の測定から, 自由電子の数密度を知ることができる.

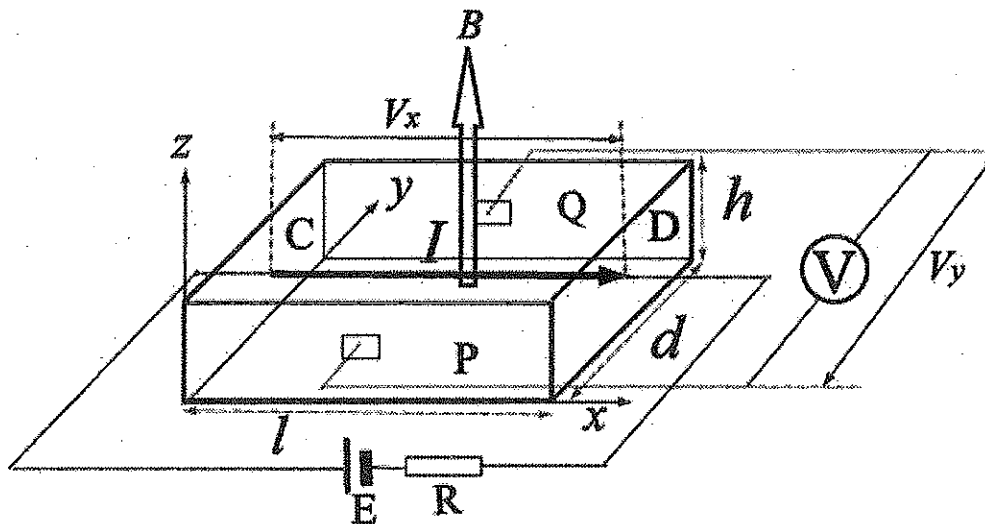


図 3

【4】 以下の の中に適当な式を記入せよ.

図 4(a) のような熱機関を応用した荷物用エレベーターがある. エレベーターは断面積 $S[\text{m}^2]$ のシリンダーと荷物台が付属した質量 $m[\text{kg}]$ のピストンからなり, シリンダー中に $n[\text{mol}]$ の単原子分子の理想気体が封入されている. ピストンはシリンダー内壁のストッパーにより可動範囲が制限されている. ピストンとシリンダー壁の間の摩擦および大気の大気圧力は無視する. 気体定数を $R[\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$ とすると, 単原子分子理想気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ である.

熱機関のサイクルは図 4(b) と (c) に示すように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の過程をたどる. 定積過程 $A \rightarrow B$ では, ピストンは下側のストッパーに触れ, シリンダー内の体積は $V[\text{m}^3]$ である. このとき, 荷物台の上面は建物の 1 階の床面と同じ高さにある. 一方, 定積過程 $C \rightarrow D$ では, ピストンが上側のストッパーに触れ, 荷物台の上面は 1 階より $l[\text{m}]$ 上の 2 階の床面の高さとなる.

状態 A において荷物が未積載のとき, ピストンにはたらく重力は気体が押し上げる力とつりあう. このときの気体の圧力は, 重力加速度の大きさを $g[\text{m}/\text{s}^2]$ とし, $\frac{mg}{S}[\text{Pa}]$ である. ここで, 1 階の床にある質量 $M[\text{kg}]$ の荷物を荷物台に載せ, 気体を加熱する. 最初は気体の圧力が低くピストンは動かないが, 圧力が高まり状態 B になると, ピストンはゆっくりと上昇を始める. 状態 C に到達したとき, 加熱をやめて, 荷物を 2 階の床に移動させる. その後, 気体を冷却して状態 D を経由して状態 A に戻す.

I) 状態 A, B, C における気体の温度を $T_A[\text{K}]$, $T_B[\text{K}]$, $T_C[\text{K}]$ とすると,

$$T_A = \boxed{\quad (4 \cdot 1) \quad}$$

$$T_B = \boxed{\quad (4 \cdot 2) \quad}$$

$$T_C = \boxed{\quad (4 \cdot 3) \quad}$$

である.

II) 過程 A→B→C で気体がした仕事を W [J] とすると、ピストンと荷物を距離 l だけ上昇させるので $W = (M + m)gl$ である。これを気体の温度を用いて表すと、

$$W = \boxed{\hspace{2cm} (4 \cdot 4) \hspace{2cm}}$$

となる。また、過程 A→B→C で加熱により気体が得る熱量を Q [J] とすると、 $\frac{Q}{nR}$ は温度の単位を持ち、 T_A, T_B, T_C を用いて表すと、

$$\frac{Q}{nR} = \boxed{\hspace{2cm} (4 \cdot 5) \hspace{2cm}}$$

となる。

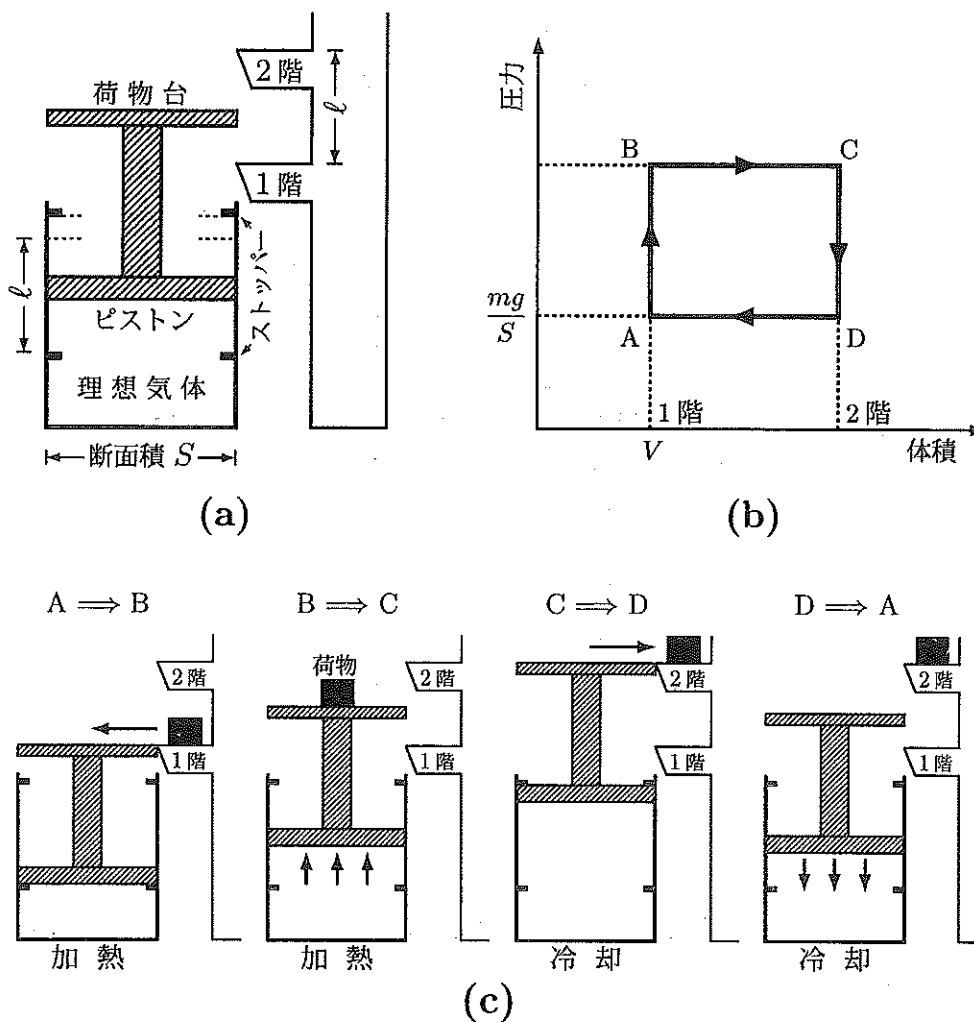


図 4

【5】 以下の の中に適当な式を記入せよ。

I) 絶対屈折率(これ以降, 単に屈折率とする) n の液体の液面下 h [m] の深さにある物体 A を, 真上の空気中から, 見る場合を考える。

図 5 のように, 物体 A から出た光線は ACD の経路をとるが, 両眼の間隔があるため, 真上から見るときでも, 極めて小さい屈折角 θ [rad] が存在する。同様に入射角 ϕ [rad] も極めて小さいので, $\tan \theta \doteq \sin \theta$, $\tan \phi \doteq \sin \phi$ と近似できる。物体 A の見かけの深さである BA' 間の距離 h' [m] は, BC 間の距離 s [m] を用いて表されるが, 上で述べた近似より, s, θ, ϕ を用いずに,

$$h' = \boxed{\hspace{2cm} (5 \cdot 1) \hspace{2cm}}$$

と表されることになる。ただし, 空気の屈折率は 1 とする。

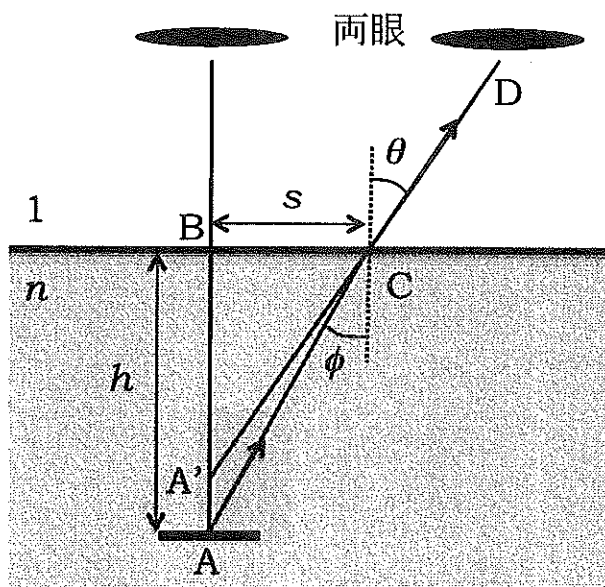


図 5

II) 厚さ d [m] の透明物質の板を, 真上の空気中から見ると, 厚さ d_1 [m], 屈折率 n_1 のガラス板と同じ厚さに見えた。この透明物質の屈折率は

$$\boxed{\hspace{2cm} (5 \cdot 2) \hspace{2cm}}$$

である。

III) 屈折率 n_1 の液体中に、厚さ d_2 [m]、屈折率 n_2 のガラス板をおいた。このとき、ガラス板を真上の液体中から見ると、ガラス板の厚さは

$$\boxed{(5 \cdot 3)} \quad [\text{m}]$$

に見える。

IV) 厚さ d_1 [m]、屈折率 n_1 の透明な板の下に、厚さ d_2 [m]、屈折率 n_2 のガラス板を重ねておいた。このとき、透明な板とガラス板を真上の空気中から見ると、透明な板とガラス板の全体の厚さは

$$\boxed{(5 \cdot 4)} \quad [\text{m}]$$

に見える。

V) 屈折率 n_1 の液体を入れた器の底に、厚さ d_2 [m]、屈折率 n_2 のガラス板を沈めた。真上の空気中から見ると、ガラス板の厚さは

$$\boxed{(5 \cdot 5)} \quad [\text{m}]$$

に見える。