

令和 8 年度 「物理基礎＋物理」 (04コア・03プラス)

試験開始の合図があるまでに、次の注意をよく読んで、間違いないように受験してください。

1. 試験開始の合図があるまで冊子を開かないでください。
2. この冊子は問題 8 ページです。別に、解答用紙(第 1 問)・(第 2 問)・(第 3 問) 3 枚と計算用紙 1 枚をセットで配付します。
3. 試験開始の合図があったら、問題のページ数を確認し、解答用紙(第 1 問)・(第 2 問)・(第 3 問)と計算用紙をミシン目で折ってていねいに切り離し、すべての用紙に受験番号を記入してください。
4. 問題・解答用紙に落丁、乱丁、印刷不鮮明などの箇所がある場合には申し出てください。
5. 解答の記入は黒鉛筆(シャープペンシル可)に限ります。
6. 文字ははっきり、ていねいに書いてください。
7. 計算・下書きには計算用紙と問題冊子の余白を使ってください。
8. 解答用紙の点数欄には何も記入しないでください。
9. 使用していない解答用紙は、机の上に裏返しにしておいてください。
10. 計算用紙は提出せず持ち帰ってください。
11. 「物理基礎＋物理」のコア試験の配点は 150 点、プラス試験の配点は 100 点です。
プラス試験の受験生の得点は、コア試験とプラス試験の配点比率に応じた調整を行います。
なお、各問題には、コア試験の配点のみ記載しています。

受 験 番 号				
---------	--	--	--	--

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

(g)

(h)

(i)

第 1 問小計

(a) 評 点	
---------------	--

(b) 評 点	
---------------	--

(c) 評 点	
---------------	--

(d) 評 点	
---------------	--

(e) 評 点	
---------------	--

(f) 評 点	
---------------	--

(g) 評 点	
---------------	--

(h) 評 点	
---------------	--

(i) 評 点	
---------------	--

受 験 番 号				
---------	--	--	--	--

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

(g)

第 2 問 小 計

(a) 評 点	
---------------	--

(b) 評 点	
---------------	--

(c) 評 点	
---------------	--

(d) 評 点	
---------------	--

(e) 評 点	
---------------	--

(f) 評 点	
---------------	--

(g) 評 点	
---------------	--



受験番号				
------	--	--	--	--

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

第 3 問小計

(a) 評 点	
---------------	--

(b) 評 点	
---------------	--

(c) 評 点	
---------------	--

(d) 評 点	
---------------	--

(e) 評 点	
---------------	--

(f) 評 点	
---------------	--



受験番号				
------	--	--	--	--

この用紙は提出しないでください。

問題は次のページより始まります。

第1問 (50点)

答案には、結果だけでなく、考えのすじ道も書きなさい。問題に与えられていない記号が必要なときは、定義してから用いなさい。

水平方向に x 軸，鉛直方向上向きに y 軸をとり，速度を x 成分と y 成分の組 (v, w) で表す。重力加速度の大きさを g とする。問(a)から問(h)までの答えは， g および以下で定義する m, h, v_0, w_0, V のうちの必要なものを用いて表すこと。

図1のように，高さ h の位置から質量 m の小球を初速度 (v_0, w_0) で射出した。ここで， $h > 0, v_0 > 0, w_0 > 0$ である。その後，小球は放物運動をして，高さ h の位置に水平に固定された，滑らかな面をもつ板1と弾性衝突した。

(a) 小球が射出されてから板1と衝突するまでの時間を求めよ。

(b) 板1と衝突する直前の小球の速度 (v_1, w_1) および衝突直後の小球の速度 (v_2, w_2) を求めよ。

その後，小球は放物運動をして，高さ0の位置に水平に固定された，滑らかな面をもつ板2と弾性衝突した。

(c) 板2と衝突する直前の小球の速度の y 成分 w_3 および衝突直後の小球の速度の y 成分 w_4 を求めよ。

(d) 板2と衝突した後，小球が到達する最大の高さ h_1 を求めよ。

次に，板1が一定の速さ V で鉛直上向きに，板2が一定の速さ V で鉛直下向きに動いている状況を考える。板は水平を保ったまま等速運動するように強制されている。特に，小球との衝突によって板の運動は影響を受けないとする。つまり，板と同じ速度で等速運動する観測者にとって，板は不動の床のように振る舞うとしてよい。

また、小球は板の上面にぶつかるとする。

先ほどと同様に高さ h の位置から質量 m の小球を初速度 (v_0, w_0) で射出した。その後、小球は放物運動をしてちょうど高さ h の位置で板 1 と弾性衝突した。

(e) 板 1 と衝突した直後の、小球の速度の y 成分 w_5 を求めよ。

(f) 板 1 と衝突した後、小球が到達する最大の高さ h_2 を求めよ。

その後、小球は放物運動をしてちょうど高さ 0 で板 2 と弾性衝突した。

(g) 板 2 と衝突する直前の小球の速度の y 成分 w_6 および衝突直後の小球の速度の y 成分 w_7 を求めよ。

(h) 板 2 と衝突した後、小球が到達する最大の高さ h_3 を求めよ。

(i) この問題の後半部分について、以下のように誤った推論をした人がいた：

(ア) 小球は、板 1 との衝突でエネルギーを受け取り、板 2 との衝突でエネルギーを奪われる。

(イ) 板の速さはいつも V だから、受け取るエネルギーと奪われるエネルギーの大きさは等しい。

(ウ) そのため、板 2 との衝突の後の小球の力学的エネルギーは、射出された際の力学的エネルギーと等しい。

(エ) よって $h_3 = h_1$ である。

この推論はどこに誤りがあるのか、簡単に説明せよ。

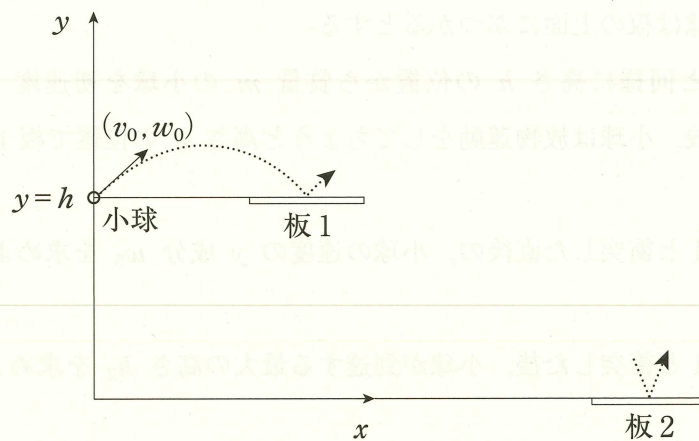


図 1

運動の軌道の射影方程式は $y = h - \frac{1}{2}gt^2$ であり、 t の変域の軌道の射影の長さ L は、

$$L = \frac{v_0^2}{g} \sin^2 \theta \quad (1)$$

である。また、 h は高さの最大値である。したがって、

$$L = \frac{v_0^2}{g} \sin^2 \theta \quad (2)$$

一方、 $y = h$ であるとき、 $t = 0$ である。したがって、

$$L = \frac{v_0^2}{g} \sin^2 \theta \quad (3)$$

の一方、 $y = h$ であるとき、 $t = 0$ である。したがって、

$$L = \frac{v_0^2}{g} \sin^2 \theta \quad (4)$$

の一方、 $y = h$ であるとき、 $t = 0$ である。したがって、

$$L = \frac{v_0^2}{g} \sin^2 \theta \quad (5)$$

$$L = \frac{v_0^2}{g} \sin^2 \theta \quad (6)$$

したがって、 L は $\sin^2 \theta$ に比例する。したがって、

第2問 (50点)

答案には、結果だけでなく、考えのすじ道も書きなさい。問題に与えられていない記号が必要なときは、定義してから用いなさい。

長さ $2L$ の導体棒を真ん中の点 M で 90° に折り曲げてできた L 字型の棒がある。図1のように、 L 字型の棒の両端に、棒状の抵抗を接触させる。

L 字型の棒の抵抗を 0 、棒状の抵抗の単位長さあたりの抵抗値を r とする。つまり、棒状の抵抗の上の距離 l だけ離れた2点間の抵抗値は lr に等しい。 L 字型の棒と棒状の抵抗の接触部分に、電気抵抗は発生しないとする。また、回路の自己インダクタンスは無視できるとする。以下の問いに答えよ。

最初、回路の配置を図1のように固定して、以下のように磁場を変化させる。時刻 $t < 0$ において、この回路が置かれている平面に対して上向きの垂直方向に、磁束密度の大きさが B_0 の、時間的に一定で一様な磁場がかかっていた。時刻 $t < 0$ において、回路に電流は流れてないとする。次に、時刻 $t \geq 0$ において磁場を一様に保ったまま、磁束密度の大きさが $B_0 \left(1 - \frac{t}{t_1}\right)$ となるように磁場を時間変化させたところ、回路に電流が流れはじめた。ここで t_1 , B_0 は正の定数である。

- (a) 時刻 t ($0 < t < t_1$) において、回路に生じる起電力の大きさ V_1 を L , B_0 , t_1 を用いて表せ。
- (b) 時刻 t ($0 < t < t_1$) において、点 M を流れる電流の大きさ I_1 を L , B_0 , r , t_1 を用いて表せ。また、電流の向きは、回路を上から見たときに、時計まわり、反時計まわりのどちらになっているか答えよ。
- (c) 時刻 $t = 0$ から時刻 $t = t_1$ までの間に点 M を通過した電荷の総量 Q_1 を B_0 , L , r を用いて表せ。

次は、回路が置かれている平面に対して上向きの垂直方向に、磁束密度の大きさが B_0 である一様な磁場をかけ、磁場を一定に保った。時刻 $t < 0$ において、棒状の抵抗は静止しており、図 1 の状態にあった。このとき、回路に電流は流れていないとする。時刻 $t = 0$ において、L 字型の枠を固定したまま棒状の抵抗を動かし始め、図 2 のように棒状の抵抗が一定の速さ v で点 M に向かって平行移動するようにした。棒状の抵抗が点 M に到達した時刻を $t = t_2$ とする。

- (d) 時刻 t ($0 < t < t_2$) において、棒状の抵抗が L 字型の枠と接する 2 点の間の距離 ℓ を L , v , t を用いて表せ。
- (e) 時刻 t ($0 < t < t_2$) において、棒状の抵抗が L 字型の枠と接する 2 点の間に、ローレンツ力によって生じる起電力の大きさ V_2 を v , B_0 , L , t を用いて表せ。
- (f) 時刻 t ($0 < t < t_2$) において、点 M を流れる電流の大きさ I_2 を v , B_0 , r を用いて表せ。また、電流の向きは、回路を上から見たときに、時計まわり、反時計まわりのどちらになっているか答えよ。
- (g) 時刻 $t = 0$ から時刻 $t = t_2$ までの間に、点 M を通過した電荷の総量 Q_2 を B_0 , L , r を用いて表せ。

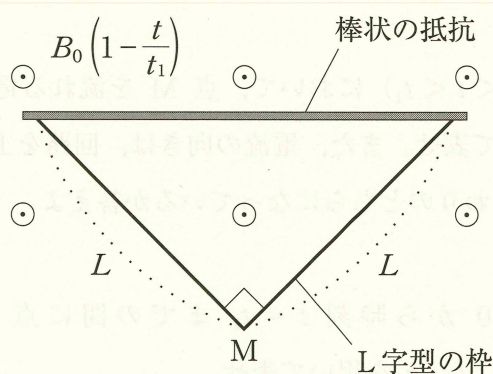


図 1

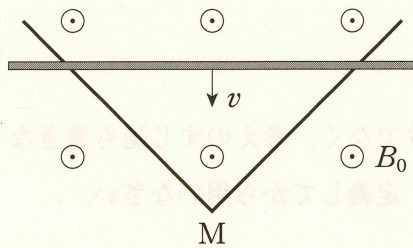


図 2

第3問 (50点)

答案には、結果だけでなく、考えのすじ道も書きなさい。問題に与えられていない記号が必要なときは、定義してから用いなさい。

密閉された容器に物質質量 n の単原子分子理想気体が封入されている。この容器には、気密性を保ったまま滑らかに動くピストンと、気体と熱のやり取りをする機構が備わっており、これら进行操作することによって、気体の圧力と体積を制御することができる。気体定数を R として以下の問いに答えよ。

最初、気体の圧力は P_0 、体積は V_0 であった。この気体の状態を状態 A とする。

(a) 状態 A における気体の温度 T_0 を n , P_0 , V_0 , R を用いて表せ。

気体を状態 A から体積を一定に保ちつつ、圧力が $5P_0$ になるまでゆっくりと温めた。こうしてできる状態を状態 B とする。

(b) 状態 A から状態 B に移るまでに気体が受け取った熱 Q_1 を P_0 , V_0 を用いて表せ。

状態 B から圧力を $5P_0$ のまま一定に保ち、熱を加えて体積を $3V_0$ までゆっくりと増加させた。こうしてできる状態を状態 C とよぶ。

(c) 状態 B から状態 C に移るまでに気体が受け取った熱 Q_2 を P_0 , V_0 を用いて表せ。

状態 C から以下のような一連の操作を行ない、状態 A を起点かつ終点とする熱サイクルを作る。

- (ア) 状態 C から体積を $3V_0$ に保ち、気体をゆっくりと冷却して圧力を $3P_0$ とする。その状態を状態 D とする。
- (イ) 状態 D から圧力を $3P_0$ に保ち、熱を加えて体積を $5V_0$ にゆっくりと増加させる。その状態を状態 E とする。
- (ウ) 状態 E から体積を $5V_0$ に保ち、気体をゆっくりと冷却して圧力を P_0 とする。その状態を状態 F とする。
- (エ) 状態 F から圧力を P_0 に保ち、気体を冷やして体積を V_0 までゆっくりと減少させ、状態 A に戻す。

すなわち熱サイクルは状態 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow A$ の 6 つの過程からなる。

- (d) 横軸を体積 V 、縦軸を圧力 P にとった座標平面上に、上記の 6 つの状態をそれぞれ点で、状態間の遷移をそれぞれ矢印で表した図 (PV 図) を描け。各状態における体積、圧力の値を、それぞれ V_0 , P_0 を用いて示すこと。
- (e) 熱サイクルを通じて気体が外部にした正味の仕事の総和 W を P_0 , V_0 を用いて表せ。
- (f) 熱サイクルの 6 つの過程のうち、気体が正の熱を受け取る過程で得た熱の総和を Q_{in} として、この熱サイクルの熱効率は $e = \frac{W}{Q_{\text{in}}}$ であたえられる。 e の値を求めよ。