

# 物 理 学 (90分)

## 〔注意事項〕

1. 監督者の指示があるまで、この問題用紙と解答用紙を開いてはいけません。
2. 問題は、表紙と白紙に続く5ページからなっています。また、解答用紙は3枚、下書用紙は1枚あります。監督者から解答開始の合図があったら、問題用紙、解答用紙、下書用紙を確認し、落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ2箇所ずつあります。監督者の指示に従って、すべての解答用紙（合計3枚）の受験番号欄（合計6箇所）に受験番号を必ず記入しなさい。
4. この問題用紙の白紙と余白は、適宜下書きに使用してよろしい。
5. 解答は、必ず解答用紙の指定された場所（問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中）に記入しなさい。なお、指定された場所以外や、裏面への解答は採点対象外です。
6. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
7. この問題用紙と下書用紙は、持ち帰りなさい。

I

図 1 に示すように、水平でなめらかな床面に、床面から垂直な柱を有する台座がある。台座はピンにより床に固定されているが、ピンを抜くと台座を動かすことができる。柱の上部には質量の無い長さ  $L$  の細い棒が取り付けられてあり、その先端には質量  $m_1$  の小さな重りが取り付けられている。また細い棒は柱との接続部においてなめらかに回転できるものとする。重りを除き、台座と柱を合わせた質量は  $m_2$  である。図 1 のように、台座を静止させたまま、重りをつなぐ細い棒が柱から直角に位置しているのを初期状態とする。また衝突時の重りのはね返り係数を  $e$  ( $0 < e \leq 1$ )、重力加速度の大きさを  $g$  とし、空気抵抗は無視できるものとする。以下の問いに答えよ。ただし問い中に使用する衝突直前や直後の重りの速度は、 $x$  方向成分のみ持つものとする。

まず、ピンを差したまま、初期状態から重りを落下させた。

- (a) 重りが柱に衝突する直前の重りの速度  $v_0$  を、 $g$  および  $L$  を用いて示せ。
- (b) 柱に衝突直後の重りの速度  $v_1$  を、衝突直前の重りの速度  $v_0$  および  $e$  を用いて示せ。
- (c) 図 2 に示すように、柱に衝突後はね返った重りの衝突位置からの最高到達高さを  $h$  とする。 $h$  を、衝突直後の重りの速度  $v_1$  および  $g$  を用いて示せ。

次に、初期状態から重りを落下させ、重りが柱に衝突する直前に瞬時にピンを抜いたとする。

- (d) 重りが衝突する直前の重りの速度を  $v_0$  とし、衝突直後の重りの速度を  $v_3$ 、台座の速度を  $v_4$  とする。 $v_0$  を、 $v_3$ 、 $v_4$ 、 $m_1$  および  $m_2$  を用いて示せ。
- (e) はね返り係数  $e$  を、 $v_0$ 、 $v_3$  および  $v_4$  を用いて示せ。
- (f) 衝突直後の台座の速度  $v_4$  を、 $v_0$ 、 $e$ 、 $m_1$  および  $m_2$  を用いて示せ。

続いて、最初からピンを抜いたまま、初期状態から重りを落下させると、重りの落下と同時に台座が  $x$  軸の負の方向に動き始めた。

- (g) 重りが台座に衝突する直前の重りの速度を  $V_1$ 、台座の速度を  $V_2$  とする。 $V_2$  を、 $V_1$ 、 $m_1$  および  $m_2$  を用いて示せ。
- (h) 衝突直前の重りの速度  $V_1$  を、 $g$ 、 $L$ 、 $m_1$  および  $m_2$  を用いて示せ。

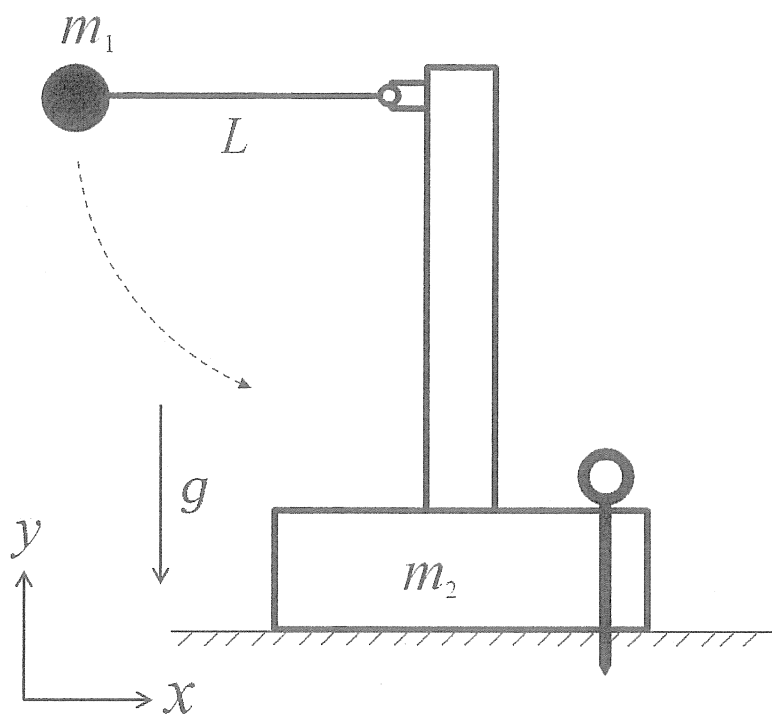


图 1

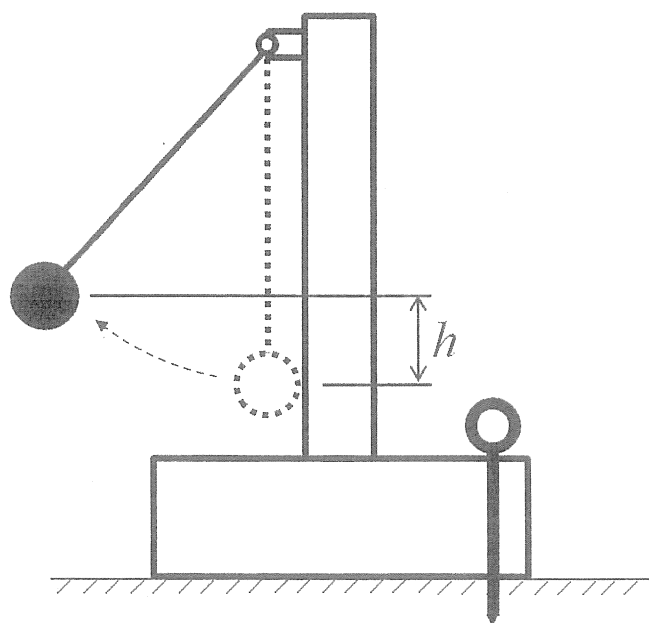


图 2

## II

図1のように、無限に長い直線導線に電流  $i$  を流す。電流の向きは図1のとおりである。以下の問いに答えよ。真空の透磁率は  $\mu_0$  とする。

- (a) 導線から垂直な方向に距離  $R$  離れた点  $P$  における磁束密度の大きさを求めよ。
- (b) (a)で求めた磁束密度について、その向きは図1の(ア)または(イ)のいずれか答えよ。

図2のように、点  $O$  を中心とする半径  $r$  の円形回路について、この回路を含む平面に垂直で  $O$  を通る直線上に点  $A$  をおく。  $OA$  間の長さは  $\sqrt{3}r$  とする。円形回路に電流  $I$  を、  $A$  から見て反時計回りに流したとき、以下の問いに答えよ。

- (c) 円形回路の微小長さ  $ds$  を流れる電流が  $A$  に形成する磁束密度の大きさを求めよ。
- (d) (c)で求めた磁束密度について、  $OA$  に平行な成分と垂直な成分の大きさを求めよ。
- (e) 円形回路全体を流れる電流が  $A$  に形成する磁束密度の大きさを求めよ。
- (f) (e)で求めた磁束密度について、  $OA$  に平行な成分と垂直な成分の大きさを求めよ。
- (g) 円形回路全体を流れる電流が  $O$  に形成する磁束密度の大きさを求めよ。

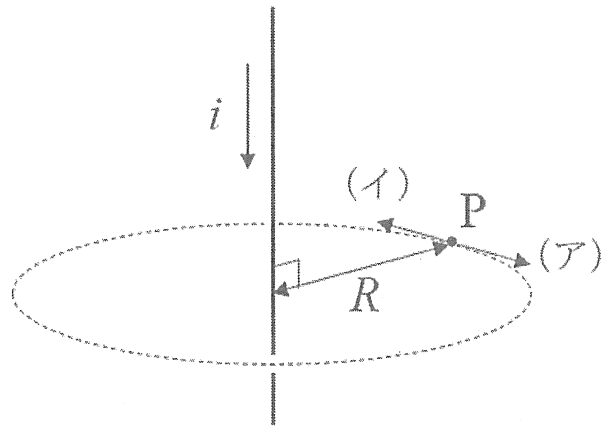


图 1

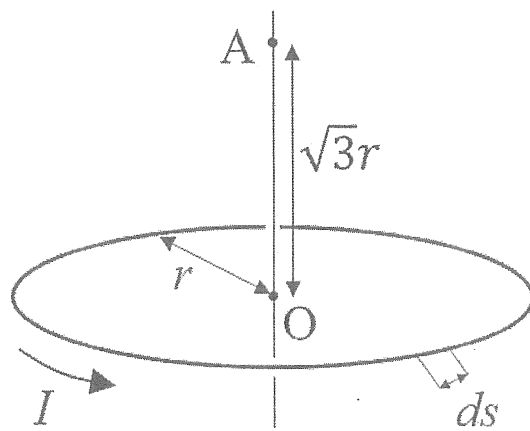


图 2

III

$x$ 軸に沿って進行する2つの横波のパルス波A, Bが, 波動関数

$$y_A = \frac{2}{(x - 3t)^2 + 1}$$

$$y_B = -\frac{2}{(x + 3t - 6)^2 + 1}$$

によってそれぞれ表される。以下の問いに答えよ。

- (a)  $t = 0$  におけるパルス波A, Bの波形をグラフに描け。
- (b) パルス波A, Bの速さ $v_A$ と $v_B$ を求めよ。
- (c) パルス波A, Bが進行する向きは, それぞれ $x$ 軸の正か負のどちらか答えよ。
- (d) パルス波A, Bが完全に打ち消し合う時刻  $t$  を求めよ。
- (e) パルス波A, Bが常に打ち消し合う位置  $x$  を求めよ。
- (f) パルス波Aの波動関数 $y_A$ は, 線形波動方程式

$$\frac{\partial^2 y_A}{\partial t^2} = \left( \boxed{\text{(ア)}} \right)^2 \frac{\partial^2 y_A}{\partial x^2}$$

を満たす。 $\frac{\partial^2 y_A}{\partial t^2}$  と  $\frac{\partial^2 y_A}{\partial x^2}$  を計算し, 解答用紙の  $\square$  を埋めよ。

また, 空欄  $\boxed{\text{(ア)}}$  に入る変数を求めよ。ただし, 使用する変数は  $x$ ,  $t$ ,  $v_A$ ,  $y_A$ の中から選べ。

(以 上)