

## 2012年度実力テスト(基礎物理問題)

2013年1月10日(木)

16:10~17:10 60分

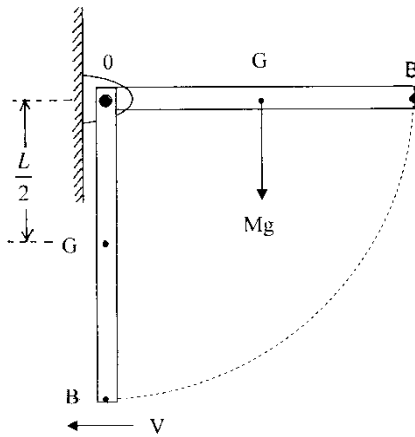
### 解答上の注意

- ・すべての解答用紙に学生番号・氏名を記入すること。
- ・答えは解答用紙の授業科目の欄に問題番号を記入し、一枚の解答用紙に一問の答えを記入すること。ただし、解答欄が不足する場合は裏面を使ってよい。その場合にはその旨を表面に明記すること。
- ・解答用紙はすべて提出すること。解答用紙が綴じてある場合には綴じたままの状態を提出すること。
- ・途中退出は不可とする。

## 力 学

図のような、長さ  $L$ 、質量  $M$  の一様な棒があり、点  $O$  のまわりで滑らかに回転できる。棒を水平の状態から静かに放した。この棒の回転軸のまわりの慣性モーメントを  $I$  とする。

- (1) この棒が鉛直位置に来たときの角速度  $\omega$  をエネルギー保存則を用いて求めよ。
- (2) 点  $O$  のまわりの慣性モーメント  $I$  を求めよ。
- (3) この時の棒の右端の  $V$  を  $L$  と  $g$  を用いて表わせ。



## 電磁気学

2

(1) 原点を中心とする、 $x$ - $y$  平面上の半径  $a$  の厚さのない円板上に一樣な電荷密度  $\sigma_0$  [C/m<sup>2</sup>] で分布した電荷 ( $\sigma_0 > 0$ ) が  $z$  軸上に作る電場を、クーロンの法則を使って求めなさい。

(2) 次に、 $(0, 0, \frac{d}{2})$  および  $(0, 0, -\frac{d}{2})$  (ただし  $d > 0$ ) に中心を持つ厚さの無い 2 枚の  $x$ - $y$  平面に平行な半径  $a$  の円盤  $p$  と  $q$  を考える。これらの円盤にはそれぞれ電荷密度  $\sigma_0$  [C/m<sup>2</sup>] および  $-\sigma_0$  [C/m<sup>2</sup>] の電荷が一樣に分布している。この二枚の円盤が  $z$  軸上に作る電場を (1) の結果を使って求め、その  $z$  成分を簡単な図に示しなさい。

(3) 次にこの電場の  $z \gg \frac{d}{2}$  における  $z$  成分を  $d$  について展開し、0 でない最初の項を求めなさい。

## 量子力学

1次元井戸型ポテンシャルを考える。井戸の壁は無限に高く、粒子は区間  $0 \leq x \leq L$  に閉じ込められているとする。粒子の質量を  $m$  として、以下の問いに答えよ。ただし計算の過程もきちんと示すこと。

1. 波動関数を  $\varphi(x)$ 、エネルギーを  $E$  とする。シュレディンガー方程式と境界条件を示せ。
2. エネルギーの低い順に、エネルギー準位を  $E_1, E_2, \dots$  とし、その波動関数を順に  $\varphi_1(x), \varphi_2(x), \dots$  とする。  
  $n$  番目の準位について、 $E_n$  と  $\varphi_n(x)$  を求めよ。ただし  $\varphi_n(x)$  は規格化されているものとする。  
 また、波動関数  $\varphi_n(x)$  のグラフを、横軸に  $x$  をとって描け。特徴がわかるように工夫すること。
3. 時間に依存するシュレディンガー方程式  $i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(x, t) = \hat{H} \psi(x, t)$  の解を考える。前問で求めた  $n$  番目の準位に対する波動関数は、 $\psi_n(x, t) = \varphi_n(x) \exp(-i\omega_n t)$  と表される。 $\omega_n$  を求めよ。
4.  $\psi_n(x, t)$  が定常状態を表すことを示せ。
5. 波動関数として、 $n = 1$  と  $n = 2$  の重ね合わせ  $\psi(x, t) = N (\psi_1(x, t) + \psi_2(x, t))$  を考える。規格化定数  $N$  を求めよ。また、 $|\psi|^2$  が時間変化することを示せ。
6. 前問の  $\psi(x, t)$  で表される状態について、時刻  $t = 0$  においてエネルギーを測定した。観測結果がどうなるか説明せよ。また、エネルギーの期待値を求めよ。