

# 2011年度後期 物理計測論 試験問題

担当 平山孝人

2012年1月30日

## 注意：

- 問題用紙1枚，解答用紙3枚，グラフ用紙1枚，計算用紙1枚，問題数4題+ $\alpha$ 。
- 解答用紙3枚およびグラフ用紙の全てに氏名・学生番号を記入せよ。
- 問題文で定義されていない記号を用いるときは必ず定義をしてから使うこと。
- 解答には結果だけでなく，考え方の筋道も書くこと。結果だけの解答には点数を与えないことがある。
- 必要ならば以下の式を用いよ。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sigma} \exp\left[-\frac{(x-X)^2}{2\sigma^2}\right]$$
$$w_N(n) = {}_N C_n p^n q^{N-n} = \frac{N!}{n!(N-n)!} p^n q^{N-n}$$
$$w_a(n) = \exp(-a) \frac{a^n}{n!}$$

## 1. 以下の問いに答えよ。

- (a) 底面が正方形の直方体がある。底面の一辺の長さ  $a = 45.2$  mm，高さ  $h = 6.0$  cm，質量  $M = 125.2$  g である。有効数字に注意して，この直方体の密度  $\rho$  を  $\text{kg/m}^3$  の単位で求めよ。また， $a, h, M$  それぞれの相対的な誤差  $\Delta a/a, \Delta h/h, \Delta M/M$  が全て5%の時， $\rho$  の誤差  $\Delta\rho$  を求めよ。
- (b) 3枚のコインを投げた時に，表が0枚，1枚，2枚，3枚出る確率を求めよ。また，表が出る回数の期待値はいくつか。
- (c) ある放射線源から放出される信号を1分間計数したところ236個だった。放射線源がない状態でバックグラウンド信号を1分間計数したところ85個だった。この放射線源から放出される真の信号数とその誤差を求めよ。

## 2. A student measured $g$ , the acceleration due to gravity, and obtained the following values in units of $\text{m s}^{-2}$ .

9.00, 9.90, 9.32, 10.8, 9.08, 10.7

- (a) Calculate the mean of the distribution  $\bar{x}$ , the standard deviation of the sample  $s$ , the standard deviation of the distribution  $\sigma$ , and the standard error in the mean  $\sigma_m$ .
- (b) What is the probability that a single measurement lies in the following ranges?  
(i) 9.00 – 11.4      (ii) 9.80 – 9.81      (iii) 10.6 – 17.5

## 3. In the following examples, $X, Y, \dots$ are the independently measured quantities with the standard deviations $\Delta X, \Delta Y, \dots$ , respectively. Calculate the standard deviation $\Delta F$ .

(i)  $F = 2X + 5Y$       (ii)  $F = \frac{2Z^2}{3X^3Y}$       (iii)  $F = X \exp(-YZ)$

4.  $R$  の二乗に反比例する物理量  $F(R) = C/R^2$  を測定することにより、その比例定数  $C$  を求める実験をした。 $R$  の測定誤差は無視できるほど小さく、測定した物理量  $F$  の全ての点に  $\pm 5$  の測定誤差がある。測定結果は以下の表のようになった。

$R$	1.0	1.2	2.0	3.0
$F$	94	61	22	12

以下の問いに答えよ。必要であれば  $y = ax + b$  で、全ての点の誤差が同じ場合の以下の式を用いよ。

$$a = \left( n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i \right) / \Delta \quad \sigma_a = \sigma \sqrt{n / \Delta}$$

$$b = \left( \sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i \right) / \Delta \quad \sigma_b = \sigma \sqrt{\sum x_i^2 / \Delta}$$

$$\Delta = n \sum x_i^2 - \left( \sum x_i \right)^2$$

- 配布したグラフ用紙に、横軸  $1/R^2$ 、縦軸  $F$  として測定結果をプロットせよ。横軸、縦軸には目盛り・説明を入れ、全ての測定点に誤差棒をつけること。
- 最小自乗法を用いてこのグラフの傾きと  $y$  切片を求め、その直線を (a) で書いたグラフに書き加えよ。
- 最小自乗法の結果から、この実験で求めた比例定数  $C$  とその誤差を求めよ。

5. この講義を批評せよ。テスト問題・レポート問題についての批評も可。有意な内容の場合は加点する。無記入でも何が書いてあっても減点することはない。