# 奈良県立医科大学 一般前期

## 平成 23 年度

試験問題

# 理　　　科

（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. 試験科目，ページ，解答用紙数および選択方法は下表のとおりである.

| 科　目 | ページ | 解答用紙数 | 選 択 方 法 |
|---|---|---|---|
| 化　学 | 1 ～ 9 | 2　枚 | 左の**3科目のうちから** **2科目**を選択せよ. |
| 生　物 | 10 ～ 23 | 2　枚 | |
| 物　理 | 24 ～ 33 | 3　枚 | |

3. **監督者の指示**に従って，選択しない科目を含む**全解答用紙**（7 枚）に受験番号と選択科目を記入せよ.
   ①　**受験番号欄**に**受験番号**を記入せよ.
   ②　**選択科目記入欄**に**選択する 2 科目**を○印で示せ.

   上記①，②の記入がないものおよび 3 科目を選択または 1 科目のみを選択した場合は**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. **物理**を選択するものは，必要な計算等を解答用紙中の**計算用余白**で行え．採点の参考にする.
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 $\boxed{\phantom{xxxx}}$ の中に適当な数，式または説明を記入せよ．計算は表および文中に与えられた数値を用いて行い，$-1.2$ あるいは $3.4 \times 10^{-5}$ のように，有効数字2桁で答えよ．このとき，$\pi = 3.1$, $\pi^2 = 9.9$ として良い．

質量 $m$〔kg〕のおもりにひもをつけて，そのひもを細い筒に通す．図1のように，筒を鉛直に保ちながら，おもりを筒のまわりに回転させ，筒の上端からおもりまでのひもの長さ $r$〔m〕が一定になるように，ひもを一定の力で下に引く．このひもの張力の大きさを $F$〔N〕，おもりの回転の周期を $T$〔s〕とする．

ひもの張力を加減し，ひもの長さを変えながら，実験を続ける．表1はひもの長さ $r$ が一定となるときの回転の周期 $T$ とひもの張力の大きさ $F$ の測定値である．

Ⅰ）ここでは，おもりにはたらく重力は小さく，筒の上端を含む水平面内でおもりは等速円運動しているとする．すなわち，円の半径は $r$ であり，等速円運動の速さを $v$〔m/s〕，角速度を $\omega$〔rad/s〕とすると，

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

である．また，$\omega$ は，$T$ を用いて，

$$\omega = \boxed{\quad (1 \cdot 2) \quad}$$

である．

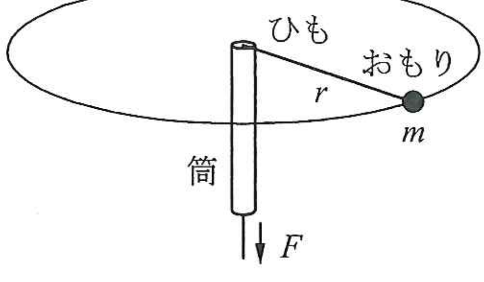


**図1**　筒のまわりを回転するおもり．

**表 1**　ひもの長さ $r$，回転の周期 $T$，ひもの張力の大きさ $F$ の測定値.

| $r$〔m〕 | 0.10 | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 |
|---|---|---|---|---|---|
| $T$〔s〕 | 0.01 | 0.04 | 0.09 | 0.16 | 0.25 |
| $F$〔N〕 | 400.0 | 50.0 | 14.8 | 6.3 | 3.2 |

**表 1** の数値より，等速円運動の速さ $v$ および角速度 $\omega$ は円の半径 $r$ によって変わることが分かる．また，円の中心とおもりを結ぶひもは扇形を描くことになり，単位時間に描く扇形の面積が面積速度である．等速円運動では，面積速度の大きさ $U$〔$\mathbf{m^2/s}$〕は一定であり，周期 $T$ で円の面積を描くので，$r, \omega$ を用いて，

$U =$ （1・3）

となる．この式と**表 1** の数値より，$r$ がいずれの場合であっても，$U$ は

（1・4）　$\mathbf{m^2/s}$

と計算される（（1・4）には，有効数字 2 桁の数値を記入する）．すなわち，面積速度の大きさ $U$ は円の半径 $r$ に依らず一定であることが分かる．

一方，おもりにはたらくひもの張力はこの等速円運動の向心力となるが，向心力の大きさは，$r, \omega$ を用いて，

（1・5）　〔**N**〕

である．これは $F$ に等しいはずであり，**表 1** の数値より，おもりの質量 $m$ は

（1・6）　**kg**

と計算される（（1・6）には，有効数字 2 桁の数値を記入する）．また，等速円運動の向心力の大きさは，**表 1** の数値より，円の半径 $r$ に関しては，

（1・7）

に比例することが分かる（（1・7）には，$r^5, r^{-6}$ のように，$r$ のべき乗の式を記入する）．これは等速円運動の向心力の大きさが，面積速度の大きさ $U$ を用いて，

| (1・8) | 〔N〕 |
|---|---|

と表され，$U$ が $r$ に依らず一定であるからである．

さて，等速円運動の向心力と遠心力は混同されることがある．そこで，おもりにはたらくひもの張力と遠心力の関係を説明すると，

| (1・9) |
|---|

である((1・9)には，遠心力の説明を含めて，簡潔な説明を記入する)．

II) ここまでは，筒の上端を含む水平面内でおもりは等速円運動しているとしたが，ここでは，おもりにはたらく重力の影響を調べよう．重力により，ひもは水平面から角 $\theta$〔**rad**〕だけずれるとすると，重力加速度の大きさを $g$〔$\mathbf{m/s^2}$〕として，

$\sin\theta =$ | (1・10) |
|---|

である．このため，等速円運動の半径は $r$ ではなく，

| (1・11) | 〔m〕 |
|---|---|

となる．ところが，**表 1** の数値および $g = 9.8\ \mathbf{m/s^2}$ より，$\theta$ は十分小さく，

$$\sin\theta \fallingdotseq \theta, \quad \cos\theta \fallingdotseq 1 - \frac{1}{2}\theta^2, \quad \tan\theta \fallingdotseq \theta$$

と近似できる．これらより，

| (1・12) |
|---|

であり，I)の議論のように，筒の上端を含む水平面内でおもりは等速円運動しているとして良いことが分かる((1・12)には，**表 1** の数値の中からある $r$ の場合を選び，$\sin\theta$ などの有効数字 2 桁の計算を行い，その $r$ を選んだ理由を含めて，具体的な数値計算に基づく簡潔な説明を記入する)．

【2】 以下の $\boxed{\phantom{xxxx}}$ の中に適当な式または語句を記入せよ.

図 **2** のように，鉛直上向きで磁束密度の大きさが $B$〔**T**〕の一様な磁界中に，間隔 $\ell$〔**m**〕で平行に配置した十分長い 2 本の導線が，水平から $\theta$〔**rad**〕の角度で，固定されている．2 本の導線の下端には大きさ $R$〔$\Omega$〕の電気抵抗が，そして上端には内部抵抗を無視できる起電力 $V_0$〔**V**〕の電池と大きさ $R$ の電気抵抗が，スイッチとともに，接続されている．この 2 本の導線の上に質量 $m$〔**kg**〕の導体棒を水平にのせる．ただし，重力加速度の大きさを $g$〔$\mathbf{m/s^2}$〕とし，空気の抵抗，導体棒と導線の間の摩擦，および上記以外の電気抵抗はすべて無視できるものとする．

I ) まず，スイッチが開いている場合を考えよう．導体棒を水平にのせると，導体棒は導線に沿って下方に滑り始め，しばらくすると一定の速さ $v$〔**m/s**〕になった．この状態で回路に誘導される電流の向きは，導体棒に沿って，

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

の向きである（(2・1)には，図 **2** 中の記号 a, b を用いて，向きを記入する）.

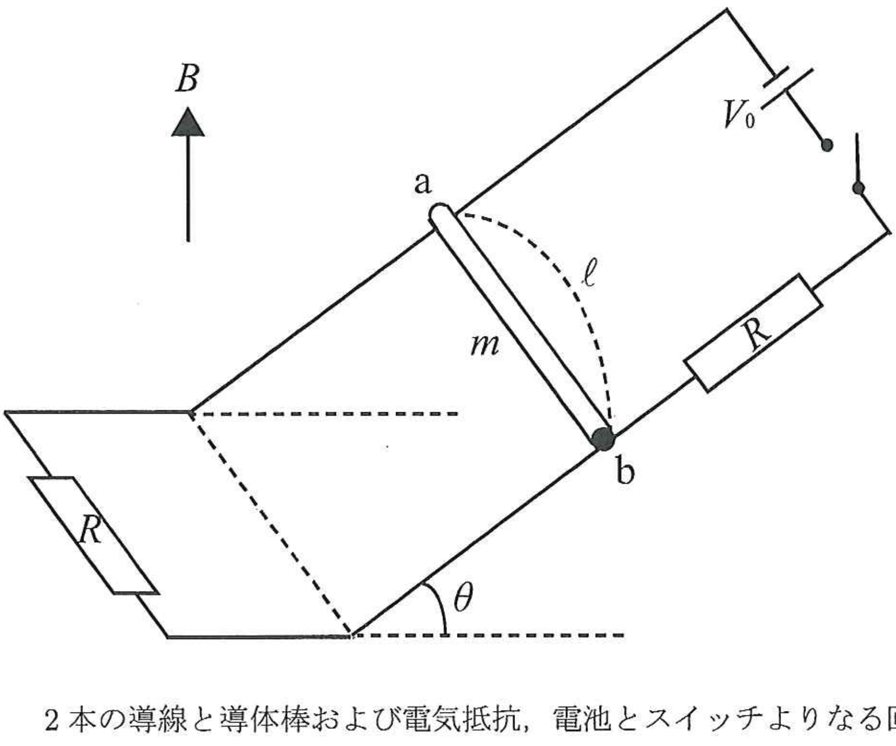


図 **2**　2 本の導線と導体棒および電気抵抗，電池とスイッチよりなる回路.

導体棒にはたらく力を考えると，導線と平行な方向の力のつりあいの式は，誘導電流の大きさを $I_1$〔**A**〕として，

| |
|---|
| (2・2) |

と表される((2・2)には，関係式を記入する)．これより，

$I_1 =$ | (2・3) |

であり，この回路の誘導起電力の大きさ $V_1$〔**V**〕は，オームの法則より，

$V_1 =$ | (2・4) |

と表される((2・4)は $I_1$ を用いずに表すこと)．一方，ファラデーの電磁誘導の法則より，誘導起電力の大きさはコイル(回路)を貫く磁束の単位時間あたりの変化に等しいので，

$V_1 =$ | (2・5) |

とも表される．これら(2・4)と(2・5)より，導体棒の速さ $v$ は

$v =$ | (2・6) |

となる((2・6)は $I_1$ を用いずに表すこと)．

このとき，重力が導体棒にする仕事の仕事率 $W_1$〔**W**〕は

$W_1 =$ | (2・7) |

と表され((2・7)は $v$ を用いずに表すこと)，これは回路での

| |
|---|
| (2・8) |

と一致することから，

| |
|---|
| (2・9) |

が確認できる((2・8)，(2・9)には，それぞれ，適切な語句を記入する)．

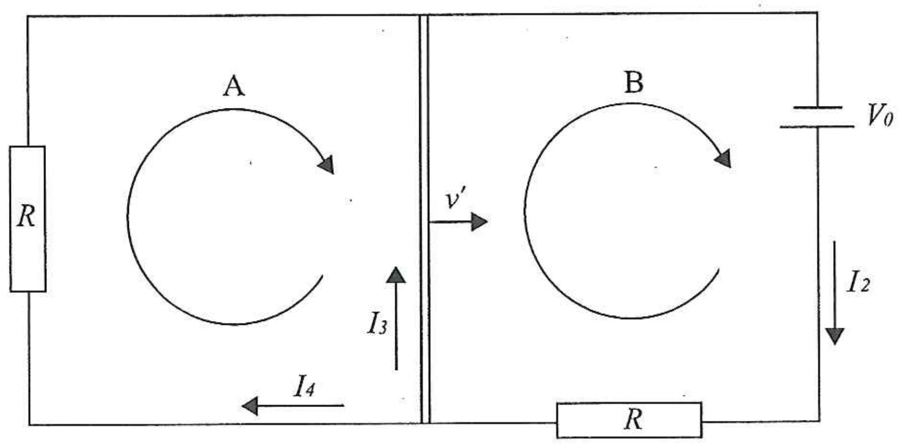


**図 3**　スイッチが閉じている場合の回路(導線をその垂直上方から見たもの).

II) 次に，スイッチが閉じている場合を考えよう．導体棒は導線に沿って上方に滑り始め，しばらくすると一定の速さ $v'$〔**m/s**〕になった．図 **3** のように，回路を流れる電流 $I_2$〔**A**〕, $I_3$〔**A**〕, $I_4$〔**A**〕を定義すると，キルヒホッフの第一法則より，

| (2・10) |
|---|

が成り立つ((2・10)には，関係式を記入する)．また，キルヒホッフの第二法則より，図 **3** 中の閉じた経路(部分回路) A, B において，

| (2・11) |
|---|

| (2・12) |
|---|

が成り立つ((2・11)には経路 A, (2・12)には経路 B についての関係式を記入する)．(2・11)と(2・12)より，$I_2$, $I_4$ を求めることができ，導体棒にはたらく力のつりあいの式より，$I_3$ を用いて(2・2)と同様の式が成り立つので，

$v' =$ (2・13)

が得られる((2・13)は $I_2$, $I_3$, $I_4$ を用いずに表すこと)．したがって，導体棒が導線に沿って上方に滑るためには，電池の起電力 $V_0$ に，

$V_0 >$ (2・14)

という条件が成り立っていなければならない.

【3】 以下の $\boxed{\phantom{xxxx}}$ の中に適当な数，式または記号を記入せよ．計算は文中に与えられた数値を用いて行い，$-1.2$ あるいは $3.4\times10^{-5}$ のように，有効数字2桁で答えよ．なお，圧力の単位である1気圧を $1\ \mathbf{atm}$ と表している．

Ⅰ）図4のように，スリットCから入射した波長 $6.0\times10^{-7}\ \mathbf{m}$ の光をレンズとスリットDで2つに分け，それぞれ同じ構造の管A, Bを通して，再びレンズでスクリーン上の点Eに集めて観測する．管A, Bの長さはともに $10\ \mathbf{cm}$ であり，管内は空気で満たされている．圧力 $P$〔$\mathbf{atm}$〕の気体の屈折率 $n$ は，定数 $a$〔$\mathbf{1/atm}$〕を用いて，$n=1+aP$ のように表され，$1\ \mathbf{atm}$ の空気の屈折率は $1.00029$ である．

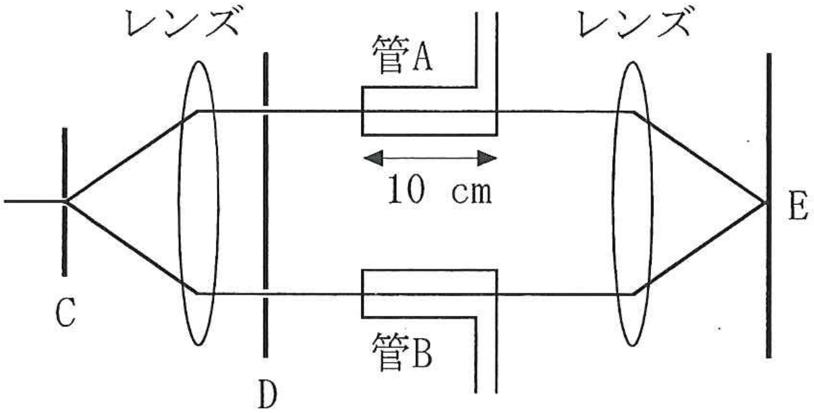


**図4**　スリット，レンズ，管およびスクリーン．

管A内の圧力を $1\ \mathbf{atm}$ に保ち，管B内の圧力を $1\ \mathbf{atm}$ から徐々に減圧したとき，E上では明暗の変化が観測された．この理由は，

（イ）管B内での光の波長が短くなるため

（ロ）管B内での光の波長が長くなるため

（ハ）管Bに進む際に位相が $\pi$ だけずれるため

のうち，

$$\boxed{\quad(3\cdot1)\quad}$$

である（(3・1)には，適当な選択肢の記号を記入する）．

空気の屈折率 $n$ において，定数 $a$ は

| (3・2) | 1/atm |
|---|---|

と計算され，明るい状態から次に明るくなるまでの間に，管 B 内の圧力は

| (3・3) | atm |
|---|---|

だけ減少すると計算される((3・2)，(3・3)には，有効数字 2 桁の数値を記入する)．この観測では 20 回の明暗のくり返しがあったので，観測後の管 B 内の圧力は

| (3・4) | atm |
|---|---|

と計算される((3・4)には，有効数字 2 桁の数値を記入する)．

II ) **図 5** のように，屈折率 1.4 のガラス板 S と屈折率 1.6 のガラス板 R の間に，厚さが一定の紙 T を挿入する．ガラス板 S の上方からガラス板 R に垂直に単色光を入射させ，ガラス板 S の上方から見ると，ガラス板 R, S が接する辺 O に平行に明暗の縞が観測された．これ以降，このときの明暗の縞の位置を最初の観測位置とする．また，ここでは，空気の屈折率を 1 として，以下の問に答えよ．

ある暗い縞について，ガラス板 R 上の点 P における反射光と，ガラス板 S 上の点 Q における反射光を考える．入射光の波長を $\lambda$〔m〕，PQ を $d$〔m〕としたとき，これらの間には，

| (3・5) |
|---|

の関係が成り立つ((3・5)には，0 または正の整数を $m$ として，適当な関係式を記入する)．辺 O から紙 T の左端までの距離を $L$〔m〕，紙 T の厚さを $\ell$〔m〕とすれば，隣り合う暗い縞の間隔は

| (3・6) | 〔m〕 |
|---|---|

と表される．

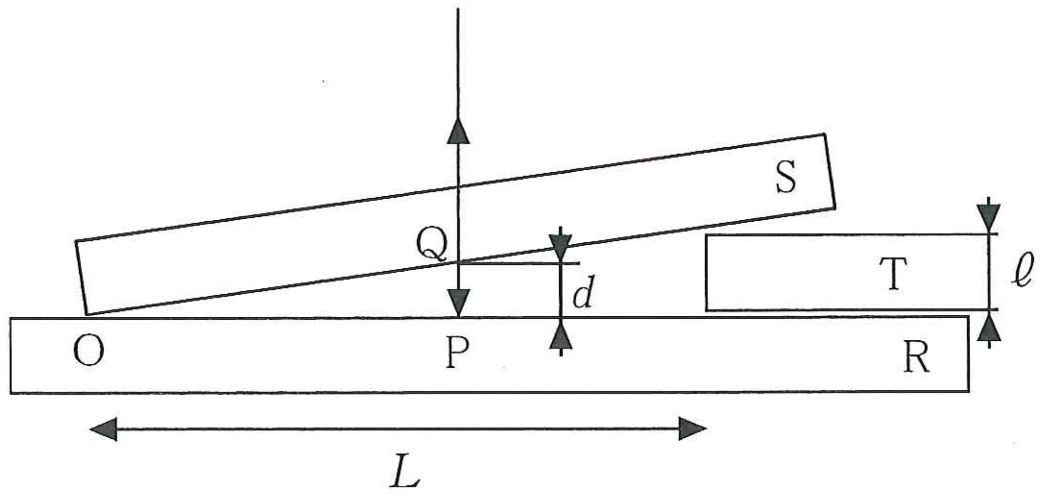


図 **5**　ガラス板と紙.

波長 $\lambda$ を $6.0 \times 10^{-7}$ **m**，距離 $L$ を 10 **cm** として観測したとき，10 番目の暗い縞と 20 番目の暗い縞の間隔は 1.0 **cm** であった．これより，紙 T の厚さ $\ell$ は

| (3・7) | **m** |
|---|---|

と計算される((3・7)には，有効数字 2 桁の数値を記入する)．また，同じ単色光をガラス板 R の下方から入射させてガラス板 S の上方から観測すれば，明暗の縞は，

（イ）最初の観測位置と同じ位置に現れる．

（ロ）最初の観測位置とは明暗が互いに逆の位置に現れる．

（ハ）ともに消滅する．

のうち，

| (3・8) |
|---|

となる((3・8)には，適当な選択肢の記号を記入する)．

次に，ガラス板 R, S の間をある液体で満たし，同じ単色光をガラス板 S の上方から入射させてガラス板 S の上方から観測すると，10 番目の暗い縞と 20 番目の暗い縞の間隔は 0.66 **cm** になった．この液体の屈折率は

| (3・9) |
|---|

と計算される((3・9)には，有効数字2桁の数値を記入する)．そして，縞の間隔を元に戻すには，紙Tの位置を

| (3・10) | cm |
|---|---|

だけ移動させれば良いと計算される((3・10)には，右に移動させる場合を正として，有効数字2桁の数値を記入する)．また，紙Tを移動させた後の明暗の縞は

| (3・11) |
|---|

であり，紙Tを移動させた後に，同じ単色光をガラス板Rの下方から入射させてガラス板Sの上方から観測したときの明暗の縞は

| (3・12) |
|---|

となる((3・11)，(3・12)には，(3・8)の選択肢より適当なものを選び，その記号を記入する)．