

平成 24 年度 入学試験問題

理 科

I 物 理・**II** 化 学
III 生 物・**IV** 地 学

2月 25 日(土)(情一自然) 13:45—15:00

(理・医・工・農) 13:45—16:15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、53 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報文化学部自然情報学科志望者には 15 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 3 枚、地学 4 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 11 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 3 枚)、工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあったら、ただちに申し出よ。
5. 情報文化学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。
理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。

医学部志望者と農学部志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。

工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を解答せよ。

6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目的答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所に受験番号を記入せよ。選択しない科目的答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは、退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

I

物 理

問題は次のページから書かれていて、I, II, IIIの3題ある。3題すべてに解答せよ。

解答は、答案紙の所定の欄の中に書け。計算欄には、答にいたるまでの過程の要点(法則、関係式、論理、計算など)を書け。

物理 問題 I

図1のように、ばねによって発射される小物体の運動を考える。小物体の質量は m であり、大きさが無視できる。ばねは、一端が固定され、他端に板が取り付けられている。ばねはフックの法則に従い、ばね定数を k とする。空気抵抗、ばねおよび板の質量は無視できるものとする。重力は鉛直下向きにはたらき、重力加速度の大きさを g とする。すべての運動は、図1に示す鉛直平面内で起こるものとする。以下の設問に答えよ。

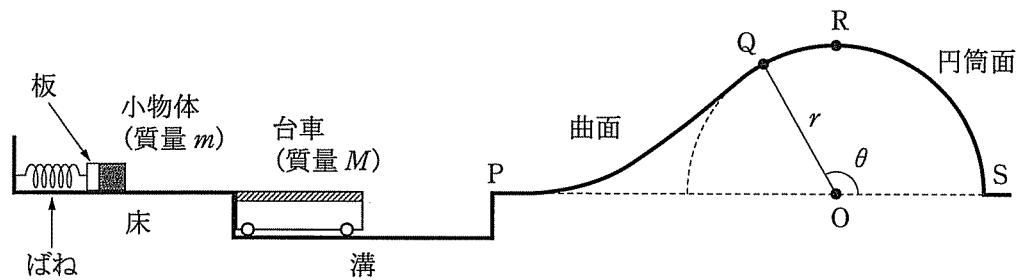


図1

ばねが自然長から d だけ縮むように小物体を押し、静かにはなした。小物体は、板から離れて、水平な床を右向きに速さ v_0 で運動した。床と小物体との間の摩擦は無視できるものとする。

設問(1)：速さ v_0 を、 m 、 d 、 g 、 k の中から適切なものを用いて表せ。

床の右側には水平な溝がある。この溝の左端に、質量 M の台車が静止している。台車の上面は水平であり、床と同じ高さにある。

小物体が床から台車に乗り移った後、小物体と台車はいずれも右向きに運動した。台車に乗り移った直後の小物体の速さは v_0 であった。台車の上面と小物体との間に、摩擦があり、その動摩擦係数を μ' とする。台車の右端と小物体は、同時に同じ速さ v_1 で溝の右端に到達した。台車と溝との間の摩擦は無視できるものとする。

設問(2)：小物体が台車上を運動しているとき、小物体と台車の加速度(右方向を正)を、それぞれ a , A とする。小物体と台車の水平方向の運動方程式を、それぞれ m , M , v_0 , a , A , g , μ' の中から適切なものを用いて記せ。

設問(3)：速さ v_1 を、 m , M , v_0 , g , μ' の中から適切なものを用いて表せ。

曲面 PQ がなめらかに円筒面 QS につながっている。円筒面 QS の中心は O, その半径は r である。円筒の軸は、小物体が運動する鉛直平面に垂直である。P, O, S の各点は、床と同じ高さにある。円筒面 QS の最高点を R とする。 $\angle QOS = \theta$ ($\theta > 90^\circ$) とする。

小物体は、台車から曲面に乗り移り、曲面および円筒面から離れずに R に到達した。Q を通過した直後の円筒面上での小物体の速さを v_2 とし、このときの円筒面からの垂直抗力の大きさを N とする。R での小物体の速さを v_3 とする。曲面および円筒面と小物体との間の摩擦は無視できるものとする。

設問(4)：速さ v_3 を、 m , M , r , θ , v_2 , g の中から適切なものを用いて表せ。

設問(5)：垂直抗力の大きさ N を、 m , M , r , θ , v_2 , g の中から適切なものを用いて表せ。

設問(6)：小物体が、円筒面から離れずに、最高点 R に到達するための速さ v_2 の条件を、 m , M , r , θ , g の中から適切なものを用いて表せ。

物理 問題 II

図1のように、 xz 面内に一様な導線で作られた変形しない長方形の一巻きコイルJKLMがある。コイルの質量は m であり、コイルには $+z$ 方向(鉛直下向き)に重力がはたらいている。重力加速度の大きさを g とする。コイルの各辺は x 軸あるいは z 軸と平行であり、辺の長さは x 軸に沿った方向が a 、 z 軸に沿った方向が b である。コイルの中心の z 座標を変数 Z とし、 $Z > \frac{b}{2}$ とする。

$+y$ 方向(紙面に垂直で手前向き)には磁場(磁界)がかかっていて、その磁束密度は z 座標のみの関数として図2のように $B = hz$ (h は正の定数)と表される。

コイルははじめ固定されていたが、固定をはずすと重力によって落下を始めた。コイルは回転することなく、 xz 面内を $+z$ 方向のみに運動した。ある時刻のコイルの $+z$ 方向の速度を v 、加速度を A とする。空気抵抗は無視できるものとする。電子の電荷を $-e$ とし、コイルの電気抵抗は R である。またコイルに流れる電流によって生じる磁場の影響は無視できるものとする。以下の設問に答えよ。

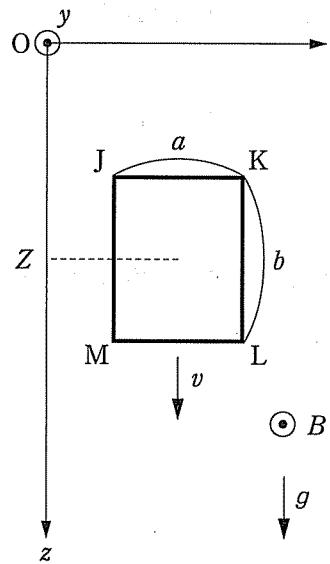


図1

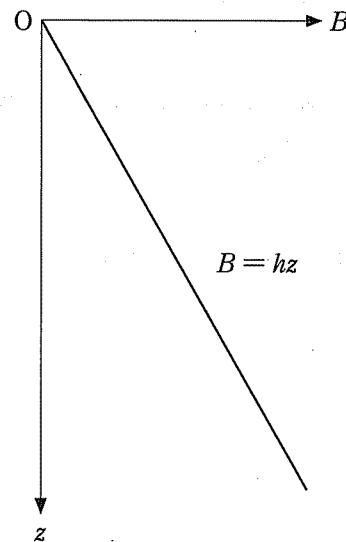


図2

設問(1)：次の文章の (ア) ~ (カ) に入る適切な語句または数式を答えよ。

ただし向きについての解答は、たとえば、 $+x$ 方向、 $-z$ 方向
というように表せ。また数式による解答は、 $m, g, e, R, h, a, b, Z, v, A$ の中から適切なものを用いて表せ。

コイルの辺 JK における磁束密度 B は (ア) と表せる。辺 JK 間に存在する電子には、電子の $+z$ 方向の運動(速度 v)によって大きさ (イ)
の力が (ウ) 方向に働く。この力を (エ) 力という。また辺 ML
間に存在する電子には、大きさ (オ) の (エ) 力が (カ) 方向
に働く。

設問(2)：コイルに生じる誘導起電力の大きさ V とコイルに流れる電流の大きさ I を、 $m, g, e, R, h, a, b, Z, v, A$ の中から適切なものを用いて表せ。
また電流の向きが JKLM あるいは MLKJ のどちらであるかを答えよ。

設問(3)：コイルが速度 v で落下するとき、コイルに流れる電流によってコイルに磁場
から働く力の z 方向の大きさ F が

$$F = \frac{h^2 a^2 b^2}{R} v$$

と表されることを示せ。

設問(4)：コイルの z 方向の運動についての運動方程式を、 $m, g, e, R, h, a, b, Z, v, A$ の中から適切なものを用いて表せ。

設問(5)：落下を始めてからしばらくするとコイルの速度は一定となった。このとき、
コイルに流れる電流 I_f を、 m, g, e, R, h, a, b, Z の中から適切なものを
用いて表せ。

設問(6)：一定の速度で落下する状態で、コイルで単位時間あたりに発生するジュール
熱 Q と重力がコイルに対してする仕事率 W を、 m, g, e, R, h, a, b, Z
の中から適切なものを用いて表せ。

物理 問題III

ガラス板上の薄膜の厚さを求めるため、光と回折格子を用いた以下の一連の実験を行う。空気の屈折率を $n_0 = 1.0$ 、薄膜の屈折率を $n_1 = 1.5$ 、ガラスの屈折率を $n_2 = 1.7$ とする。また、可視光は $4.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ から $8.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の間の波長の光であるとする。以下の設問に答えよ。

はじめに、図 1 に示すように、平行光線を薄膜に対して垂直に入射させ、薄膜の上面で反射した光と下面で反射した光の干渉を観察する。

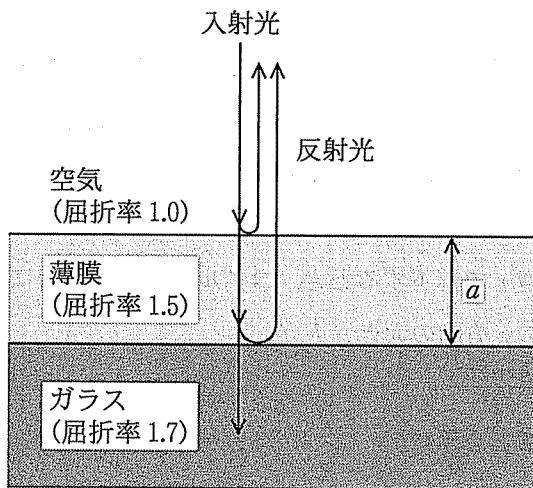


図 1

設問(1)：入射光の空気中の波長を λ としたとき、干渉によって反射光が強めあう λ の条件と打ち消しあう λ の条件を、薄膜の厚さ $a (> 0)$ 、薄膜の屈折率 n_1 、整数 m を用いて表せ。また、このとき m の満たすべき条件も示せ。ただし、屈折率が小さい媒質から大きい媒質に光が入射するとき、その境界面で反射光の位相は逆転する(位相が π ずれる)ことに注意せよ。

設問(2)：薄膜の厚さ a が $5.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ であると仮定する。この薄膜に白色光線を入射させたとき、可視光領域の中で、反射光が強めあって明るく見える光の空気中の波長 $\lambda [\text{m}]$ をすべて挙げよ。

次に、実験に用いる回折格子の特性を調べるために、図2のように、空气中で回折格子に垂直に光線を入射させ、距離 L 離して置いたスクリーンで観察する。スクリーンは入射光に対して垂直に置かれている。また、回折格子の溝は紙面に対して垂直に刻まれている。入射光と回折光の角度(回折角)を θ 、入射光の延長線とスクリーンとの交点をOとし、O点から回折光がスクリーンに当たる位置までの距離を x とする。

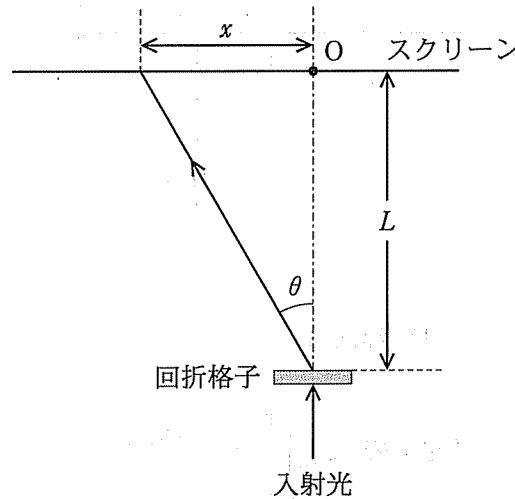


図2

設問(3)：次の文章の (ア) ~ (ウ) に入る適当な数式または数値を答えよ。

回折格子の格子定数を d とし、 L は d に比べて十分長いとする。このとき回折格子に入射する光の波長を λ とすると、 θ 方向に明るい点ができる条件は d と θ を用いて (ア) $= n\lambda$ ($n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) と表せる。 $|\theta|$ が十分に小さいとして、 $\sin \theta \approx \tan \theta$ と近似すると、スクリーン上に現れる明るい点の間隔 Δx は、 L, λ, d を用いて $\Delta x =$ (イ) と表せる。

L を50 cmに設定し、 5.0×10^{-7} mの波長の単色光線を回折格子に入射したとき、5.0 cm間隔で明るい点が観測された。 $\Delta x =$ (イ) の式を用いると、この回折格子の1 mmあたりの溝の数は (ウ) 本であると計算できる。

最後に、薄膜の厚さを求めるため、図3のように、薄膜からの反射光の光路上にこの回折格子を置き、そこから50 cm離してスクリーンを置いた。回折格子とスクリーンの面は反射光の光路に対して垂直であり、回折格子の溝の向きは図2と同様に紙面に対して垂直である。薄膜に白色光線を垂直に入射し、その反射光を回折格子を通してスクリーン上で観察した。

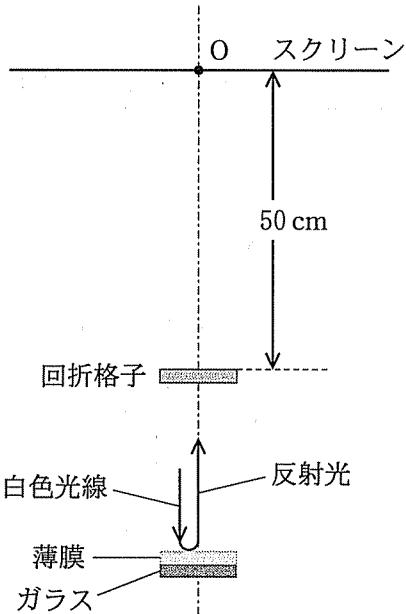


図3

設問(4)：O点以外では、O点から近い順に $x = 4.5\text{ cm}$ および $x = 6.0\text{ cm}$ の位置にそれぞれ異なる色の明るい点が観測された。O点から $x = 6.0\text{ cm}$ の間には他に明るい点は観測されなかった。この観測結果から、薄膜の厚さ $a[\text{m}]$ を求めよ。この際、回折角を十分に小さいとして、設問(3)の結果を用いよ。ただし、観測された明るい点は可視光であるとする。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)