

平成 18 年度前期日程入学試験学力検査問題

理 科

平成 18 年 2 月 25 日 13 : 30 ~ 16 : 00 (150 分)

物 理…… 4 ~ 19 ページ, 化 学…… 20 ~ 35 ページ

生 物…… 36 ~ 51 ページ, 地 学…… 52 ~ 61 ページ

志 望 学 部	試 験 科 目
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 答案紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 61 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 答案紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号を記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の答案紙の指定された箇所に記入すること。
6. 答案紙は, 持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

1954

1955

1956

1957

1958

1959

1960

1961

1962

1963

1964

1965

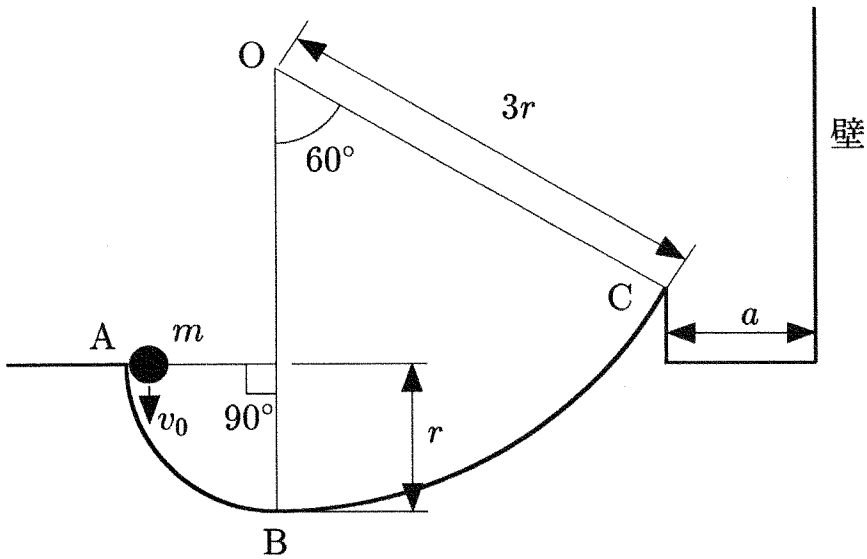
1966

1967

物 理

1 図はスノーボード用の滑走コースの断面図である。半径 r の円弧 AB が、点 O を中心とする半径 $3r$ の円弧 BC に点 B で滑らかに接続されている。図中の OB は鉛直で、円弧 AB の中心角は 90 度、円弧 BC の中心角は 60 度である。円弧 BC の右端の点 C から右側に距離 a だけ離れた位置には、図に示した断面に垂直で鉛直な壁がある。スノーボードや人の大きさは、滑走コースの大きさに比べて無視できるほど小さいため、スノーボードと人を合わせて一つの小球と考えてよい。所持品などを含めた人の質量とスノーボードの質量の合計が m であるとして、以下では、人とスノーボードを合わせて「ボード」と略して呼ぶことにする。このとき、点 A からボードを鉛直下向きの初速 v_0 で滑走させた後の運動を考える。ただし、円弧 AB と BC に沿った面とボードの間には摩擦が無く、空気抵抗も無視できるものとし、重力加速度の大きさを g とする。また、運動はこの断面内に限られるものとする。以下の問いに答えよ。解答は答案紙の所定の場所に記入せよ。なお、結果だけでなく、考え方や計算の過程も記せ。

- (1) 初速 $v_0 = 0$ で点 A から滑走を開始したボードが点 B を右向きに通過した。
- (a) 点 B でのボードの速さ v_1 を、 m 、 r 、 g の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 点 B を通過する直前と直後にボードがコースから受ける垂直抗力を、それぞれ N 、 N' とする。それらの比 $\frac{N'}{N}$ を求めよ。ただし、ボードが点 B を通過する直前と直後の運動は、それぞれ等速円運動と考えてよい。
- (2) 次に、初速を $v_0 = 2\sqrt{gr}$ としたところ、ボードは点 C から速さ v_2 で飛び出した。その後ボードは壁に衝突してはねかえった。ただし、ボードと壁の反発係数を e ($0 < e < 1$) とする。



- (a) v_2 を, m, r, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 点 C から飛び出したボードは壁に垂直に衝突した。距離 a を, m, r, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (c) 問(2)(b)のようにボードが壁に垂直に衝突した場合には, そのままではボードは円弧のコース上に戻ることはできない。コース上に戻るために, 壁に衝突してボードがはねかえた直後に, 人が持っていた質量 m_1 の物体を, 図に示した断面内で水平に投げ捨てることを考える。投げ捨てた直後における, 物体とボードとの相対的な速さを v_3 としたところ, ボードは点 C に戻った。 v_3 を, m, m_1, r, g, e の中から必要なものを用いて表せ。ただし, この間, ボードが再び壁に衝突することも, 捨てた物体が再びボードに戻ることもないものとする。
- (d) 問(2)(c)において, 質量 m_1 が特定の値の場合は, 捨てられた物体は, 壁に沿って鉛直下向きに落下する。このときの質量 m_1 を, m, r, g, e の中から必要なものを用いて表せ。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

2 ダイオードは半導体を用いた電気部品であり、電流が一方向にのみ流れ、逆向きには流れない性質をもっている。電流が流れる場合も、通常の抵抗とは性質が異っている。いま、電流と電圧の関係が図1のグラフで表されるダイオード(記号 \triangleleft)を考える。ダイオードは、電圧 V_D が v より高いときのみ電流 I_D が流れ、このとき、電圧の変化 ΔV_D に対して電流の変化 ΔI_D が比例関係にあり、 r を正の定数として $\Delta I_D = \frac{\Delta V_D}{r}$ と書けるとする。このダイオードと、電池、抵抗、コンデンサー、スイッチを組みあわせて、図2の回路を作った。電池の起電力は E であり、その内部抵抗は無視できるものとする。コンデンサーの容量は C であり、抵抗の抵抗値は R である。最初にスイッチは開かれており、コンデンサーに電荷は蓄えられていなかったものとして、以下の問いに答えよ。解答は、答案紙の所定の場所に記入せよ。なお、結果だけでなく、考え方や計算の過程も記せ。

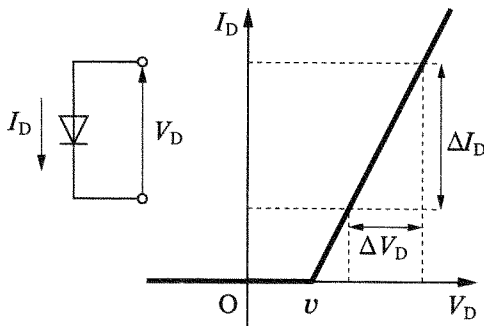


図1

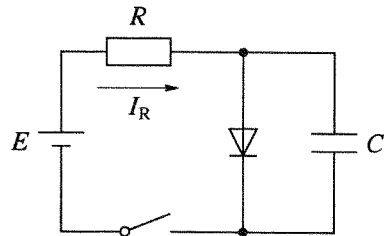


図2

- (1) まずスイッチを閉じた。その直後に抵抗に流れる電流 I_R を、 E 、 v 、 R 、 r 、 C の中から必要なものを用いて表せ。
- (2) スwitchを閉じてから十分に時間が経過した。
- (a) $E < v$ であるとき、ダイオードにかかる電圧 V_D と、コンデンサーに蓄えられる電荷 Q を、 E 、 v 、 R 、 r 、 C の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) $E > v$ であるとき、ダイオードにかかる電圧が $V_D = \frac{rE + Rv}{r + R}$ となることを導け。また、ダイオードで消費される電力 P_D を、 E 、 v 、 R 、 r 、 C の中から必要なものを用いて表せ。
- (3) 次にスイッチを開いた。この時刻を $t = 0$ とする。その後、十分に時間が経過して、回路に流れる電流が一定となった状態を定常状態とよぶ。以下では $E > v$ とする。
- (a) ダイオードに流れる電流 I_D と、コンデンサーに蓄えられている電荷 Q の、時間 t に対する変化を表すグラフとして適切なものを、図3(ア)~(エ)の中からそれぞれ選べ。図の縦軸は I_D または Q である。図中の A は $t = 0$ の値を示し、 B は定常状態での値を示している。 I_D と Q それぞれに対する A および B を、 E 、 v 、 R 、 r 、 C の中から必要なものを用いて表せ。なお、図3の縦軸には値が0となる点は示されておらず、 A または B が0であっても良い。
- (b) 定常状態でコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーを U とする。また、 $t = 0$ から定常状態になるまでにダイオードで消費されるエネルギーを W とする。 $W = 3U$ となるための E を、 v 、 R 、 r 、 C の中から必要なものを用いて表せ。

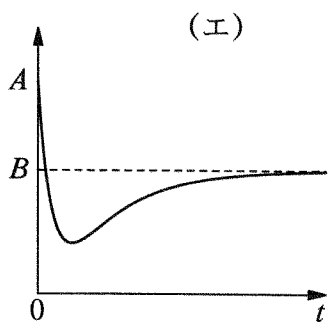
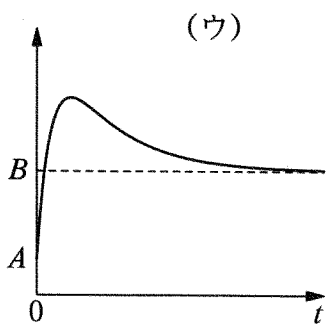
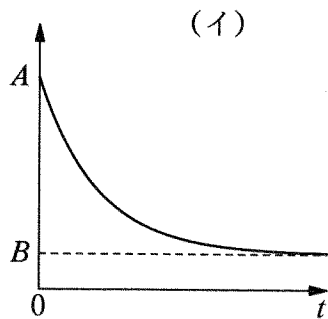
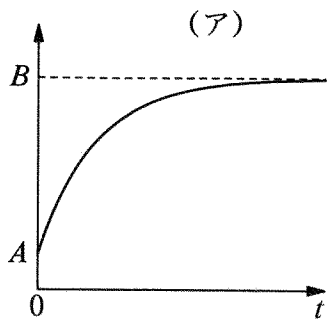


図 3

——このページは白紙——

——このページは白紙——

——このページは白紙——

3 光の屈折および干渉の実験に関する以下の問いに答えよ。実験は空気中で行い、空気の屈折率は1とする。空気とプリズムなどの物体との境界における光の反射は無視して考えるものとする。解答は答案用紙の所定の場所に記入せよ。ただし、結果だけでなく、考え方や計算の過程も記せ。

- (1) 図1のような、断面が直角三角形の均一な材質のプリズムに、上側から平面波の光を入射する。ここで図中の矢印は入射光の進行方向を、点線は波面を表す。プリズムの屈折率は1より大きいものとする。

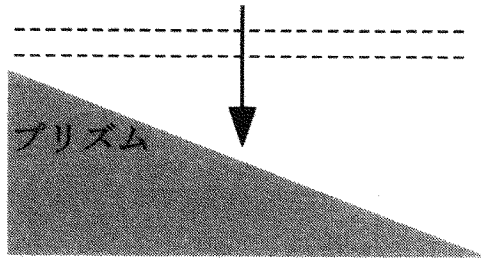


図1

- (a) プリズム内部およびプリズムより下側での平面波の波面を正しく示した図を、図2の(ア)~(エ)の中からひとつ選べ。
- (b) その図を選択した理由を、簡潔に述べよ。

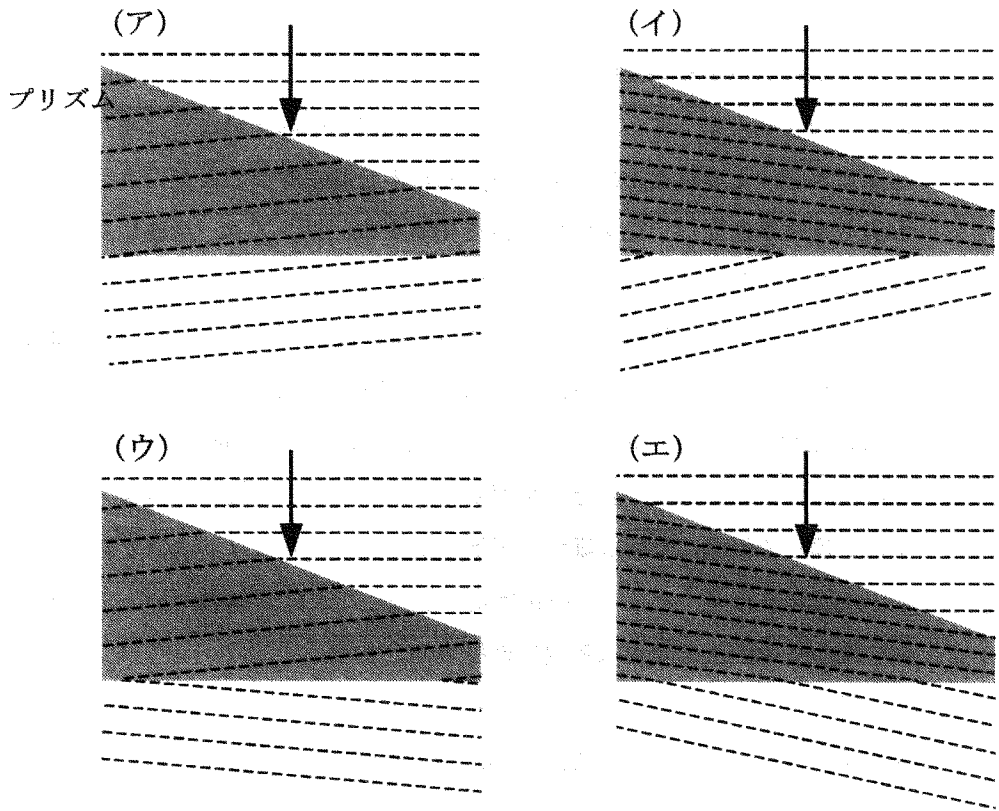


図 2

(2) 図3(a)は光源、小さな孔(ピンホール)の開いた板、レンズ、プリズム、スクリーンからなる実験装置の断面であり、ピンホールとレンズの光軸は紙面上にある。図3(b)のようにレンズとプリズムの間に透明な物質からできた膜を挿入することで、この装置を用いて物質の屈折率を測定することができる。光源から出た光は単色光で、空気中の波長を λ とする。レンズは、通過した光が平面波となるように調整されている。この光を、図3(c)に示すような直角三角柱のプリズムを2つ組み合わせた複プリズムに通す。複プリズムの上面は平面波の波面に平行であり、その稜(点Aと点Bを結ぶ線)は紙面に垂直である。複プリズムの頂角は α 、屈折率は $n_p (> 1)$ であるとする。光の進行方向は複プリズムの左右のプリズムでそれぞれ角度 θ だけ曲げられ、光軸に垂直なスクリーン上に到達して紙面に垂直な細かい干渉縞を作る。角度 θ および α は小さく、 $\sin \theta \cong \tan \theta \cong \theta$ 、 $\sin \alpha \cong \tan \alpha \cong \alpha$ などとしてよい。なお、レンズなどの物体の端からの回折の効果は無視できるものとする。

(a) 複プリズム内での光の波長 λ_p を、 λ 、 n_p を用いて表せ。

(b) 複プリズムで光が曲げられる角度 θ を、 α 、 n_p を用いて表せ。

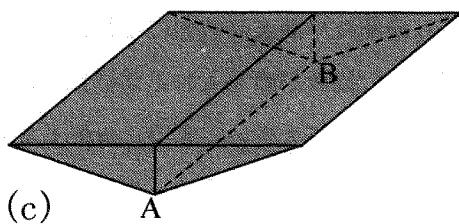
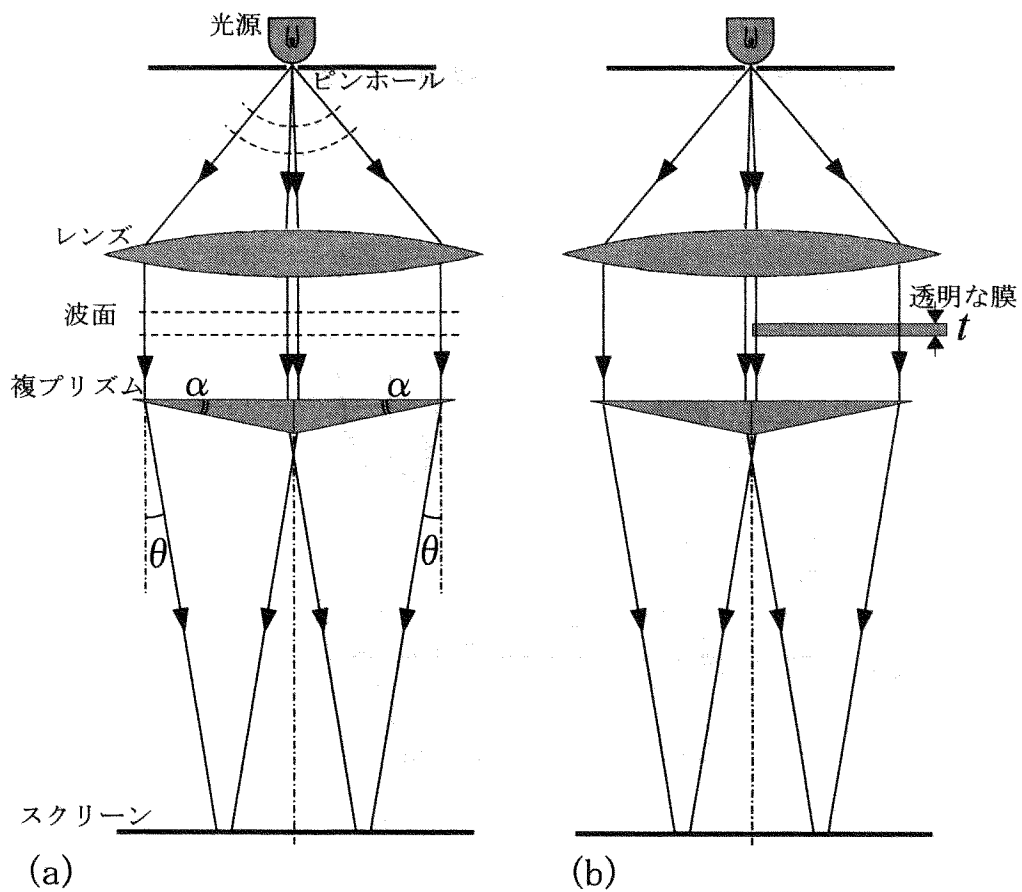


図 3

- (c) 図4のように、紙面上にあるスクリーン上の2点OとPを考える。点Oでは波が強めあっている。点Oから距離 l だけ離れた点Pにおいても波が強めあうとき、 l を、 λ 、 n_p 、 θ および任意の正の整数 k の中から必要なものを用いて表せ。

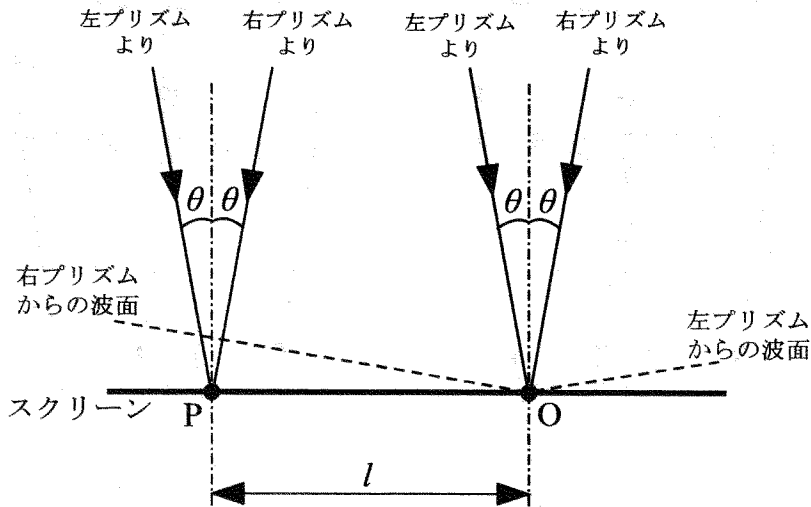


図4

- (d) 図3(b)のように、屈折率 n の物質でできた一定の厚さ t の透明な膜を、レンズと右側のプリズムの間に平面波の波面に平行に置いた。このとき、干渉じまの間隔は変わらず、その位置が膜を入れる前に比べて δ だけずれた。膜は右側のプリズムを覆うほど十分に大きいとする。 n が1より大きい場合、干渉じまのずれは、紙面に向かって左右いずれの向きに起こるかを答えよ。また、干渉じまの間隔を d としたとき、 n を δ 、 t 、 λ 、 d を用いて表せ。ただし、 $2t(n-1) < \lambda$ であるとする。

