

入学試験問題

理科



(配点 120 点)

平成 26 年 2 月 26 日 9 時 30 分—12 時

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- 2 この問題冊子は全部で 85 ページあります(本文は物理 4～17 ページ, 化学 18～37 ページ, 生物 38～63 ページ, 地学 64～85 ページ)。落丁, 乱丁または印刷不鮮明の箇所があったら, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 解答には, 必ず黒色鉛筆(または黒色シャープペンシル)を使用しなさい。
- 4 解答は, 1 科目につき 1 枚の解答用紙を使用しなさい。
- 5 物理, 化学, 生物, 地学のうちから, あらかじめ届け出た 2 科目について解答しなさい。
- 6 解答用紙の指定欄に, 受験番号(表面 2 箇所, 裏面 1 箇所), 科類, 氏名を記入しなさい。指定欄以外にこれらを記入してはいけません。
- 7 解答は, 必ず解答用紙の指定された箇所に記入しなさい。
- 8 解答用紙表面上方の指定された()内に, その用紙で解答する科目名を記入しなさい。
- 9 解答用紙表面の上部にある切り取り欄のうち, その用紙で解答する科目の分を 1 箇所だけ正しく切り取りなさい。
- 10 解答用紙の解答欄に, 関係のない文字, 記号, 符号などを記入してはいけません。また, 解答用紙の欄外の余白には, 何も書いてはいけません。
- 11 この問題冊子の余白は, 草稿用に使用してもよいが, どのページも切り離してはいけません。
- 12 解答用紙は, 持ち帰ってはいけません。
- 13 試験終了後, 問題冊子は持ち帰りなさい。

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

物 理

第1問 図1—1に示すように、水平から角度 θ をなすなめらかな斜面の下端に、ばね定数 k のばねの一端が固定されている。斜面は点Aで水平面と交わっており、ばねの他端は自然長のとき点Aの位置にあるものとする。図1—2に示すように、質量 m の小球をばねに押し付け、斜面に沿って距離 x だけばねを縮めてから静かに手を離す。その後の小球の運動について、以下の設問に答えよ。ただし、重力加速度の大きさを g とする。また、小球の大きさとはばねの質量は無視してよい。

- (1) $x = x_0$ のとき、手を離しても小球は静止したままであった。このときの x_0 を求めよ。
- (2) 手を離したのち、小球が斜面から飛び出し水平面に投げ出されるための x の条件を、 k 、 m 、 g 、 θ を用いて表せ。
- (3) $x = 3x_0$ のとき、小球が動き出してから点Aに達するまでの時間を求めよ。

次に、(2)の条件が成立し小球が投げ出されたあとの運動を考える。小球は点Aから速さ v で投げ出されたのち、水平距離 s だけ離れたところに落下する。点Aでの速さが一定の場合は、 $\theta = 45^\circ$ のとき落下までの水平距離が最大になることが知られているが、今回の場合は、 θ によって v が変わるため、 s が最大となる条件は異なる可能性がある。以下の設問に答えよ。なお、必要であれば、表1—1の三角関数表を計算に利用してよい。

- (4) v を x 、 k 、 m 、 g 、 θ を用いて表し、 x が一定のとき、 s が最大となる θ は 45° より大きい小さいか答えよ。
- (5) s を x 、 k 、 m 、 g 、 θ を用いて表せ。
- (6) $x = \frac{2mg}{k}$ のとき、表1—1に示した角度の中から、 s が最も大きくなる θ を選んで答えよ。
- (7) x を大きくしていくと、 s が最大となる θ は何度に近づくか。表1—1に示した角度の中からを選んで答えよ。

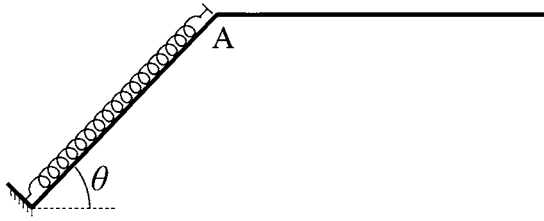


图 1—1

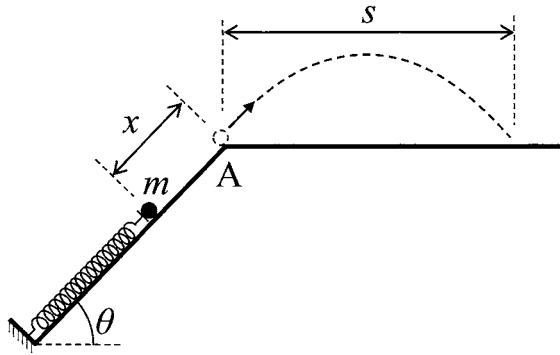


图 1—2

表 1—1

θ	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
$\sin \theta$	0.17	0.26	0.34	0.42	0.50	0.57	0.64	0.71
$\cos \theta$	0.98	0.97	0.94	0.91	0.87	0.82	0.77	0.71
θ	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	
$\sin \theta$	0.77	0.82	0.87	0.91	0.94	0.97	0.98	
$\cos \theta$	0.64	0.57	0.50	0.42	0.34	0.26	0.17	

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第2問 太陽電池は、光を電気に変換する素子である。ここでは、太陽電池を図2-1に示す記号を用いて表し、その出力電流 I は図中の矢印の向きを正とする。また、図中の端子 b を基準とした端子 a の電位を出力電圧 V とする。このとき、 V と I の関係は、図2-2 のようになり、下記の式(i), (ii)で表されるものとする。

(i) $V \leq V_0$ のとき、 $I = sP$

(ii) $V > V_0$ のとき、 $I = sP - \frac{1}{r}(V - V_0)$

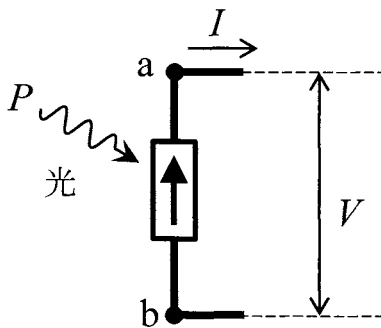
ここで、 P は照射光の強度、 r , s , V_0 は全て正の定数である。以下の設問に答えよ。

ただし、回路の配線に用いる導線の抵抗は無視してよい。

I 図2-3のように、太陽電池の端子間に電気容量 C のコンデンサーを接続した。このとき、コンデンサーに電荷は蓄えられていなかった。この状態で、時刻 $t = 0$ から一定の強度 P_0 の光を照射したところ、図2-4のように電流 I が変化した。

(1) 図2-4中の時刻 t_1 を求めよ。

(2) 十分に時間が経過した後にコンデンサーに蓄えられた電荷を求めよ。



太陽電池

図2-1

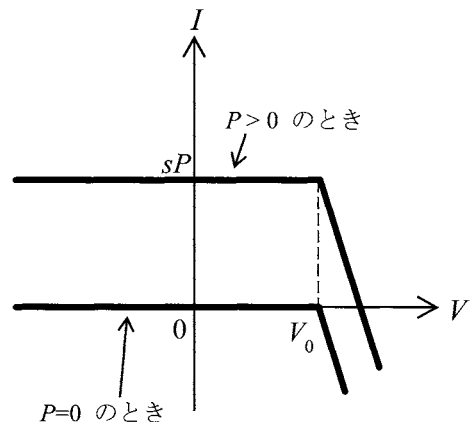


図2-2

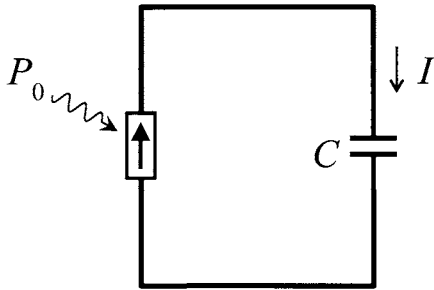


図 2—3

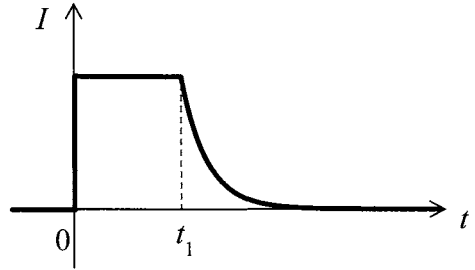


図 2—4

II 図 2—5 のように、太陽電池の端子間に抵抗値 R の抵抗を接続し、強度 P_0 の光を照射した。 R を変化させたとき、ある R_0 を境に、 $R \leq R_0$ の範囲では、抵抗を流れる電流 I が R によらず sP_0 となり、 $R > R_0$ の範囲では、 R の増加とともに電流 I が減少した。

- (1) R_0 を求めよ。
- (2) $R > R_0$ のときの電流 I を、 P_0 , r , s , V_0 , R を用いて表せ。
- (3) r が R_0 に比べて十分小さいとき、抵抗で消費される電力が最大となる R の値と、そのときの電力を求めよ。

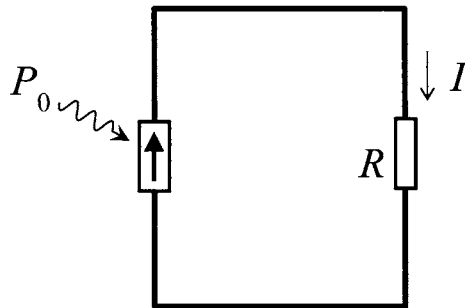


図 2—5

Ⅲ 図2—6のように、二つの太陽電池1, 2と抵抗値 R の抵抗を直列に接続した。太陽電池1に強度 P_0 の光を、太陽電池2に強度 $2P_0$ の光を同時に照射した。ただし、 $P_0 = \frac{V_0}{rs}$ とする。太陽電池1, 2の出力電圧をそれぞれ V_1 , V_2 とし、抵抗を流れる電流を I とする。

(1) R を調整したところ、 $I = \frac{1}{2} sP_0$ となった。 V_1 , V_2 を求めよ。

(2) (1)のとき R が r の何倍になるか答えよ。

(3) 次に、 $R = r$ とした。 V_1 , V_2 はどのような範囲にあるか。以下から正しいものを一つ選んで答えよ。

ア. $V_1 \leq V_0$ かつ $V_2 \leq V_0$

イ. $V_1 \leq V_0$ かつ $V_2 > V_0$

ウ. $V_1 > V_0$ かつ $V_2 \leq V_0$

エ. $V_1 > V_0$ かつ $V_2 > V_0$

(4) (3)の状態において、 I , V_1 , V_2 を求めよ。

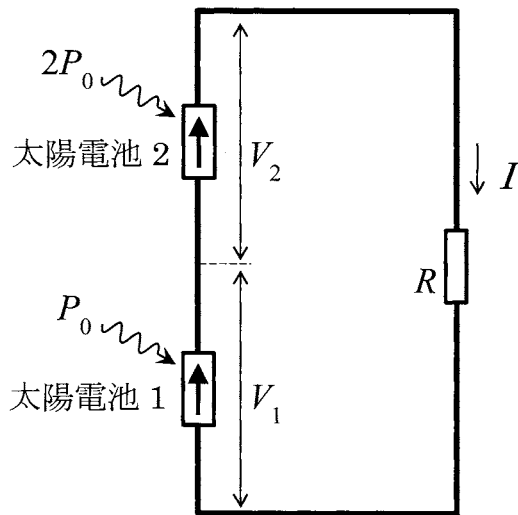


図2—6

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第3問 図3—1(a)のように yz 平面上に設置した等間隔ではない多数の同心円状の細いスリットを用いると、 x 軸に平行に入射した光の回折光を図3—1(b)のように集めて収束させることができる。以下では問題を簡単にするため、同心円状のスリットを図3—1(c)に示すような直線状の細い平行なスリットで置き換えて、その原理を考えよう。以下の設問に答えよ。

図3—2に示すように、 x 軸上の原点 O を通り x 軸に垂直な面 A と、面 A から距離 d だけ離れたスクリーン B を考える。 y 方向(紙面に垂直)に伸びた細いスリット S_0, S_1, S_2, \dots を面 A 上の $z = z_0, z_1, z_2, \dots (0 < z_0 < z_1 < z_2 \dots)$ の位置に配置する。波長 λ の光が、面 A の左側から x 軸に平行に入射し、スリットを通過してスクリーン B に到達する。まず、スリット S_0, S_1 のみを残し、他のスリットを全てふさいだところ、スクリーン B 上に干渉縞が生じた。

- (1) スクリーン B 上で $z = \frac{z_0 + z_1}{2}$ の位置 T にできるのは明線であるか暗線であるか。また、その理由を簡潔に述べよ。
- (2) スクリーン B 上で、この位置 T より下方(z のより小さい方)に最初に現れる明線を、スリット S_0, S_1 に対する1次の回折光と呼ぶ。1次の回折光が、 $z = 0$ の位置 R にあった。 z_0, z_1 は d より十分に小さいものとして、 d を λ , z_0, z_1 を用いて表せ。必要ならば、近似式 $\sqrt{1 + \delta} \doteq 1 + \frac{1}{2} \delta$, ($|\delta|$ は1より十分に小さいものとする)を用いてよい。

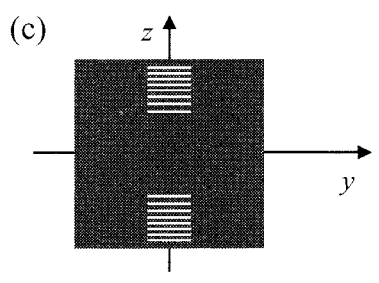
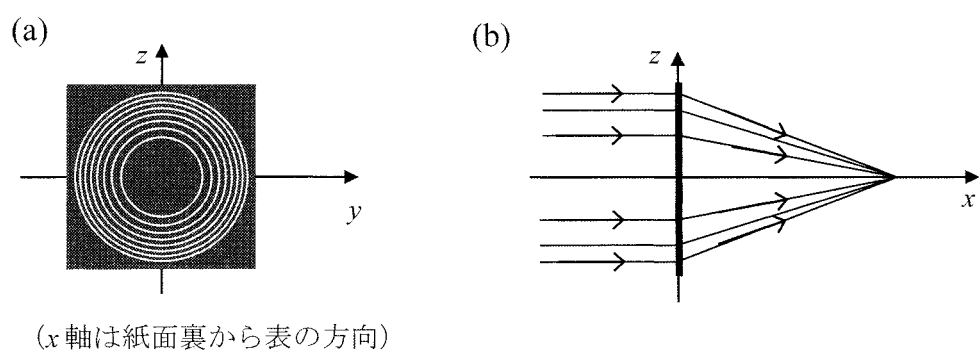


図 3-1

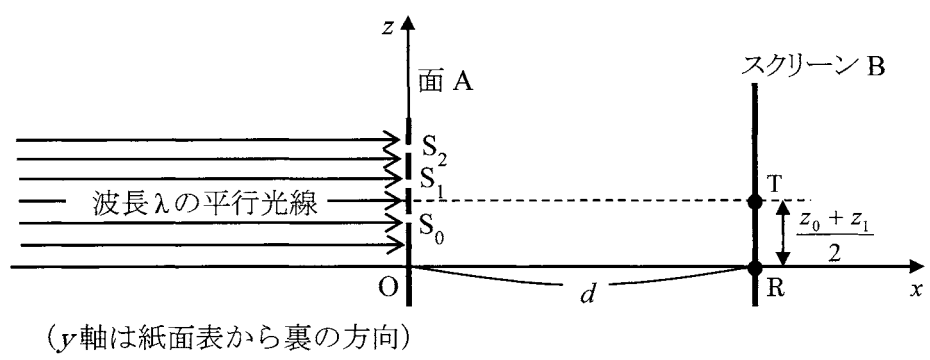


図 3-2

次に、 $z > 0$ の領域にある合計 N 本の多数のスリットすべてを用いる場合を考える。すべての隣りあうスリットの組 S_n と S_{n+1} ($n = 0, 1, 2, \dots$) について、それらの 1 次の回折光が R に現れるためには、その方向が n とともに少しずつ変わるようにスリットを配置する必要がある。このように面 A に N 本のスリットを設置したところ、 R に鮮明な明線が現れた。

- (3) このとき n 番目のスリットの位置 z_n は n のどのような関数になっているか。
 z_n を z_0, n, d, λ を用いて表せ。
- (4) スクリーン B を x 軸に沿って左右に動かすと、他にも $z = 0$ に明線が現れる位置があった。それらの x 座標を R に近い順に 2 つ答えよ。
- (5) 左側から平行光線を入射する代わりに、図 3—3 に示すように x 軸上の原点 O から距離 a の点 P に波長 λ の点光源を置き、スクリーン B を x 軸に沿って左右に動かすと、 $z = 0$ に明線が現れる位置 R' があった。その x 座標 b を、 λ を含まない式で表せ。ただし、 $z = z_0, z_1, z_2, \dots$ は a, b より十分に小さく、 $a > d$ かつ $b > d$ であるとする。
- (6) 図 3—4 は、設問(5)の状況において、 R' 近傍に現れる明線の光の強度分布を z の関数として示したものである。ただし、光の強度とは単位時間あたりに単位面積に到達する光のエネルギーである。図 3—1(c)のように、 $z < 0$ の領域にも $z > 0$ の領域と対称にスリットを配置して、スリットの総数を 2 倍にした。このとき、明線の強度や幅が変化した。以下の文中の 内に入るべき適当な整数もしくは分数を答えよ。

スリットの総数が 2 倍になったので、点 R' における光の波(電磁波)の振幅は ア 倍になる。光の強度は光の波の振幅の 2 乗に比例することが知られているので、点 R' での光の強度は ア の 2 乗倍になる。一方、明線内に単位時間に到達する光のエネルギーは イ 倍になるはずである。このことから、スリット数を 2 倍に増やすと明線の z 方向の幅は、約 ウ 倍となると考えられる。

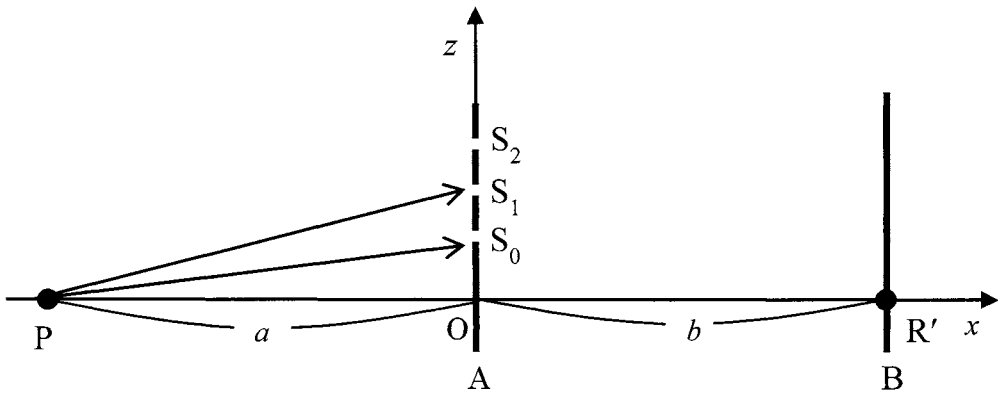


図 3-3

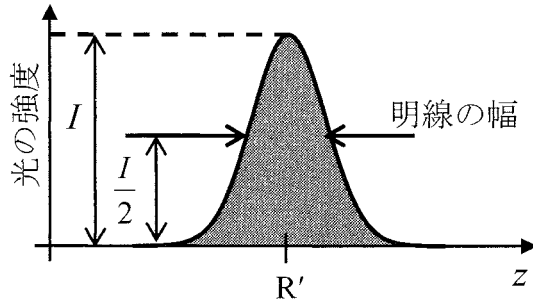


図 3-4

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)