

2019 年度 入学 試験 問題

理 科

(試験時間 10:30~12:10 100分)

1. 解答用紙は、記述解答用紙(「物理」・「化学」・「生物」の3種類)のみです。
2. 問題は、Ⅰ～Ⅸ(「物理」:Ⅰ～Ⅲ,「化学」:Ⅳ～Ⅵ,「生物」:Ⅶ～Ⅸ)の9題あります。そのうち3題を選択して解答してください。「生物」は精密機械工学科,電気電子情報通信工学科,応用化学科,経営システム工学科,情報工学科,生命科学科,人間総合理工学科受験者のみ選択解答できます。数学科,物理学科,都市環境学科受験者は,「生物」を選択解答できません。選択した問題には解答用紙の設問番号の右側の選択欄に○を記入してください。(○の記入がない場合は採点の対象となりませんので注意してください。)

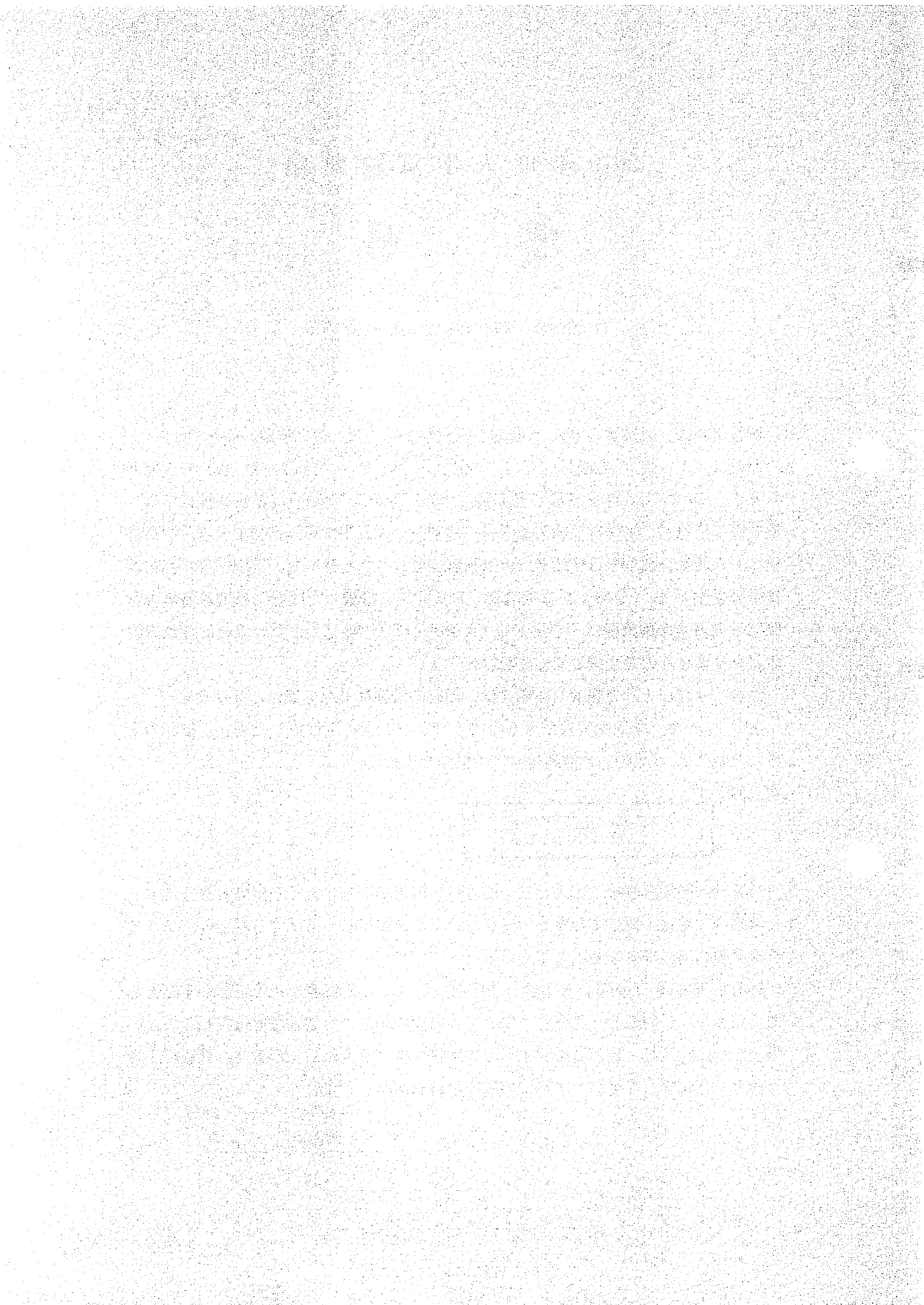
なお,4題以上○を記入した場合は,理科の解答はすべて無効となります。

また,「生物」を選択解答できる学科とできない学科を併願した場合,後者の学科においては,「生物」の解答はすべて無効です。

(記入例)

Ⅰ	選 択	○
---	-----	---

3. 解答は,必ず解答欄に記入してください。解答欄以外に書くと無効となります。
4. 解答は,HBの鉛筆またはシャープペンシルを使用し,訂正する場合は,プラスチック製の消しゴムを使用してください。
5. 解答用紙には,「物理」・「化学」・「生物」すべてに受験番号と氏名を必ず記入してください。(「物理」,「化学」,「生物」のいずれかについて1題も選択していない場合でも受験番号,氏名は必ずすべての解答用紙に記入してください。試験終了後,「物理」・「化学」・「生物」すべての解答用紙を回収します。)



(設問は次ページより始まる)

I 次の問題の答えを導出の過程も含めて、解答用紙の所定の場所書きなさい。

(50点)

図1のように、傾斜角度 θ [rad] (ただし、 $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ とする) をもつ摩擦のない斜面を、水平な台に固定した。この斜面上を、大きさの無視できる質量 m [kg]の物体が運動することを考える。重力加速度の大きさを g [m/s²]とする。斜面上の高さを図1の三角形の底辺から測ることとする。

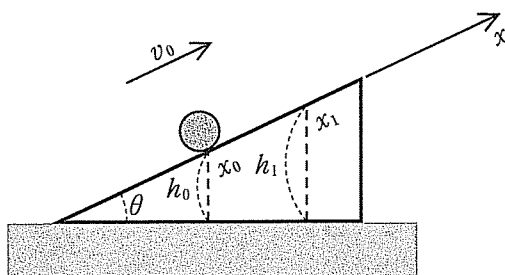


図1

問い

- この物体が、時刻 $t = 0$ sで高さ h_0 [m]の位置にあり、速さ v_0 [m/s]で高い方に向かっていている。この物体がちょうど高さ h_1 [m]のところで一瞬静止したのち、反対の方向に動いた。
 - 物体が高さ h_0 にあるときと、高さ h_1 にあるときの力学的エネルギーの関係式を書きなさい。
 - 問1(a)の関係式から、速さ v_0 を求めなさい。
- この斜面に沿って x 軸をとり、 x 軸の正の向きを斜面上向きにとる。この物体は x 軸上を運動する。時刻 t におけるこの物体の速度を $v(t)$ [m/s]とおく。この物体は時刻 $t = 0$ で $x = x_0$ [m]の位置にあり、前問と同様に速さ v_0 で x の正の方向に進んでいる。この物体が時刻 $t = t_1$ [s]で一瞬静止したとすると、 $v(t_1) = 0$ である。
 - この時刻 t_1 を求めなさい。
 - 時刻 t における物体の位置を $x(t)$ [m]とおく。 $x(0) = x_0$ である。 $x(t)$ の式を書きなさい。

(c) 時刻 t_1 における物体の位置 $x(t_1)$ を x_1 とおく。問 2(b) の式から、進んだ距離 $x_1 - x_0$ を、 t_1 を使わずに表しなさい。

3. この物体に初速を与えるために、図 2 のように、ばねを使うことにする。このばねは三角形の底辺と同じ高さの水平な面に置かれ、左側は固定されている。ばねの置かれた平面と斜面とは、摩擦のないなめらかな曲面でつながっている。このばねのばね定数を k [N/m] とし、質量は無視できるとする。ばねを自然長より長さ ℓ [m] だけ手で縮めて、その右端を固定し、質量 m の物体をばねの右端に接するように置いた。こうしてばねと物体を静止させた後、ばねを縮めていた手を離した。このあと、ばねが伸びて自然長になったとき、この物体はばねから離れ、ばねは静止した。この物体が $x = x_0$ の位置に来たとき、その速さは v_0 であった。

(a) この物体の、手を離した瞬間と、 $x = x_0$ の位置にあるときの力学的エネルギーの関係式を書きなさい。

(b) 問 3(a) の関係式から、この物体が $x = x_0$ で速さ v_0 をもつために必要な長さ ℓ を求めなさい。

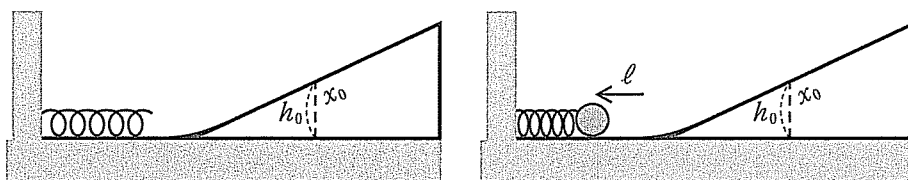


図 2

4. これまでは、斜面と物体が静止している部屋にあるとしてきた。今度はこの斜面と物体が車両の中にあり、その車両が図 3 のように水平面上を右向きに加速度 a [m/s²] で動き続けているとする。車両の中では慣性力がはたらいている。そのほかは前の問 2 と同じ状況を考える。ここで、 a の大きさは十分に小さく、物体は常に斜面上にあるとする。この物体は時刻 $t = 0$ で $x = x_0$ の位置にあり、斜面に対して速さ v_0 で x の正の方向に進んでいる。この物体が時刻 $t = t_2$ [s] で、斜面に対して一瞬静止した。この時刻 t_2 を求めなさい。

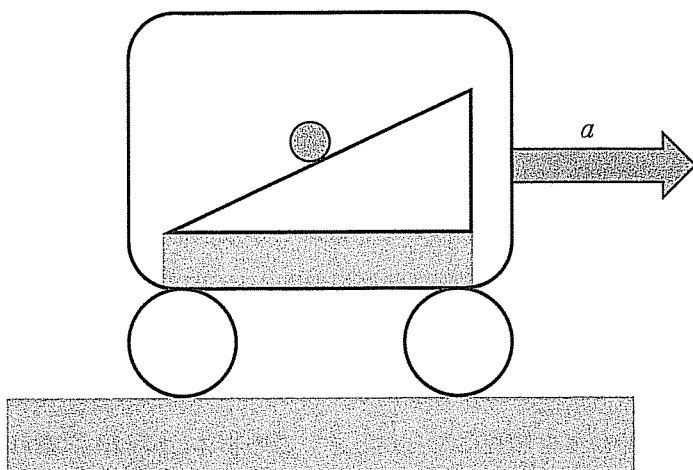


图 3

(計算用紙)

(設問は次のページにつづく)

II 次の問題の答えを導出の過程も含めて、解答用紙の所定の場所書きなさい。

(50点)

極板間隔を調整できる平行平板コンデンサーが真空中に置かれている。極板の面積は $S[\text{m}^2]$ であり、極板間隔は初め $d[\text{m}]$ に固定されていた。このコンデンサーを図1のようにスイッチを介して、電圧 $V_0[\text{V}]$ の電池につなぐ。真空の誘電率を $\epsilon_0[\text{F/m}]$ とし、極板間隔は十分小さく、極板の端での電場の不均一さは無視できるものとする。

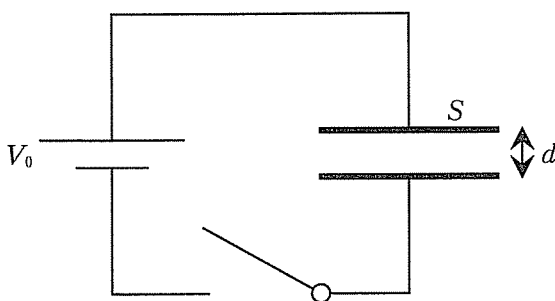


図1

問い

1. スイッチを閉じて十分長い時間が経過した。このときの以下の物理量について ϵ_0 , d , S , V_0 中の必要なものを使って表しなさい (ただし、答えのみでよい)。
 - (a) 極板間の電界の強さ $E_0[\text{N/C}]$
 - (b) コンデンサーに蓄えられた電荷 $Q_0[\text{C}]$
 - (c) コンデンサーの静電エネルギー $U_0[\text{J}]$
2. 問1の状態でコンデンサーを充電した後、スイッチを開いた。さらに、ゆっくりと極板間隔を $x[\text{m}]$ (ただし、 $0 < x < d$ とする) まで縮めた。このときの以下の物理量について d , x , E_0 , Q_0 , U_0 中の必要なものを使って表しなさい。
 - (a) 極板間の電界の強さ E_1
 - (b) コンデンサーに蓄えられた電荷 Q_1
 - (c) コンデンサーの静電エネルギー U_1

3. 問2で極板間隔を縮めるとき、極板間には一定の引力がはたらいっている。このとき、引力のする仕事がコンデンサーの静電エネルギーの減少分となっている。このことを考慮して、極板間にはたらく引力の大きさ $F[\text{N}]$ を d, x, U_0 の中の必要なものを使って表しなさい。
4. 問1の状態から、スイッチを閉じたまま、ゆっくりと極板間隔を x (ただし、 $0 < x < d$ とする) まで縮めた。このときの以下の物理量について d, x, E_0, Q_0, U_0 の中の必要なものを使って表しなさい。
- (a) 極板間の電界の強さ E_2
 - (b) コンデンサーに蓄えられた電荷 Q_2
 - (c) コンデンサーの静電エネルギー U_2
5. 問4の操作では、電池もコンデンサーに対して仕事を行っており、これが静電エネルギーの変化の一部を担っている。電池の行った仕事 $W[\text{J}]$ を d, x, U_0 の中の必要なものを使って表しなさい。
6. 問1の状態からスイッチを閉じたまま、ゆっくりと極板間隔を $\frac{d}{2}$ まで縮め、ここでスイッチを開き、再び極板間隔を d に戻した。この間の静電エネルギーの変化量 ΔU を U_0 を使って表しなさい。

(計算用紙)

(設問は次のページにつづく)

Ⅲ 次の問題の答えを導出の過程も含めて、解答用紙の所定の場所にはきなさい。

(50点)

一般に凸レンズを通過する光について、

1. 光軸に平行にレンズに入射した光は、レンズを通過後、レンズ後方の焦点を通過する。
2. 焦点から出発した光は、レンズを通過後、光軸に平行に進む。
3. レンズの入射点に入射した光は直進する。

の3つの性質があることを高校の物理では学ぶ。任意の場所にある1つの点光源から出発し、3つの性質のそれぞれを満たす光が、レンズの反対側で一点で交わることは自明ではない。3つの光が一点で交わることを示そう。以下、レンズの焦点距離は全て f とする。また、レンズの半径や焦点距離 f 、および物体の大きさ、物体とレンズの距離などと比べて、レンズの厚さは十分に薄く、無視できるものとする。

問い

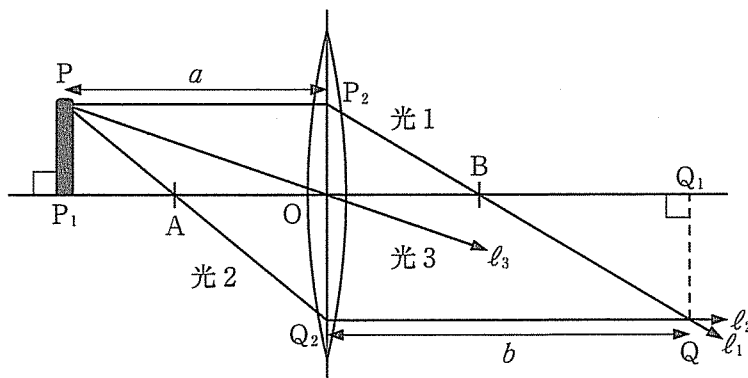


図1

1. まず、図1のような場合を考える。物体の先端 P から光軸に平行に出て P_2 でレンズを通過後、焦点 B を通った光を光1とする。同じく物体の先端 P から出て焦点 A を通過後、 Q_2 でレンズに入射して光軸に平行に進んだ光を光2とする。光1と光2の交点を Q として、 P_2Q を通る直線を l_1 、 QQ_2 を通る直線を l_2 とする。また、 $PP_2 = a$ 、 $QQ_2 = b$ とする。

物体の頂点Pから出て、レンズの中心Oを通った光3が l_1 、 l_2 の交点Qを通ることを示そう（光3の経路を通る直線を l_3 とする）。 $\triangle OPP_1$ と $\triangle OQQ_1$ が相似であることが示されれば、 $\angle POP_1$ と $\angle QQ_1Q$ が等しいことがわかる。このことから、点P、O、Qが同一直線上にあることがわかるので、 l_1 と l_2 の交点である点Qを、 l_3 が通過することが示されたことになる。

- (a) 比 $OQ_2 : PP_1$ を a と f を使って表しなさい。
- (b) 比 $OP_2 : QQ_1$ を b と f を使って表しなさい。
- (c) 問1(a)と問1(b)の結果を使って $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ を示しなさい。
- (d) $\triangle OPP_1$ と $\triangle OQQ_1$ が相似であることを示しなさい (O, P, Qが一直線上にあることを仮定してはいけないことに注意しなさい)。

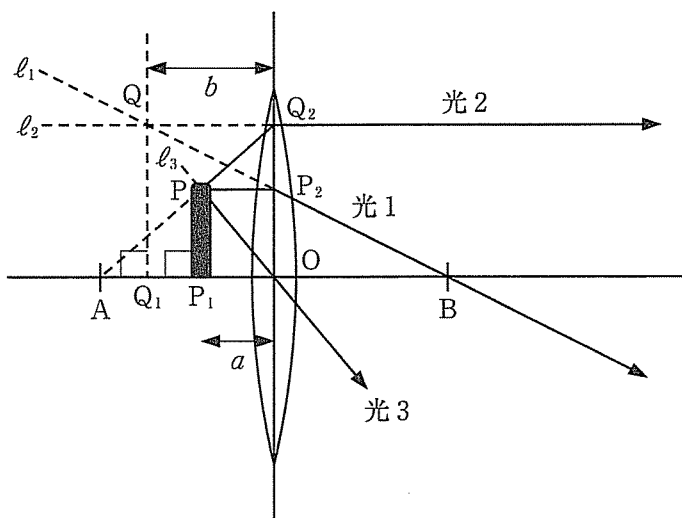


図2

2. 次に、図2のような場合を考える。物体の先端Pから光軸に平行に出て P_2 でレンズを通過後、焦点Bを通った光を光1とする。同じく物体の先端Pから出て、焦点AとPをつなぐ直線の延長線上にある点 Q_2 でレンズに入射後、光軸に平行に進んだ光を光2とする。光1と光2の経路をそれぞれ光の進行方向と逆方向に伸ばした2本の直線 l_1 、 l_2 の交点をQとする。また、 $OP_1 = a$ 、 $OQ_2 = b$ とする。

P からレンズの中心 O に入射した光 3 の経路を光の進行方向と逆方向に伸ばした直線 ℓ_3 が, ℓ_1, ℓ_2 の交点 Q を通ることを示そう。△OPP₁ と △OQQ₁ が相似であることが示されれば, ∠POP₁ と ∠QOQ₁ が等しいことがわかる。このことから, 点 O, P, Q が同一直線上にあることがわかるので, ℓ_1 と ℓ_2 の交点 Q を ℓ_3 が通ることが示されたことになる。

- (a) 比 OP₂ : QQ₁ を b と f を使って表しなさい。
- (b) 比 PP₁ : OQ₂ を a と f を使って表しなさい。
- (c) 問 2(a) と問 2(b) の結果を使って $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ を示しなさい。
- (d) △OPP₁ と △OQQ₁ が相似であることを示しなさい (O, P, Q が一直線上にあることを仮定してはいけないことに注意しなさい)。

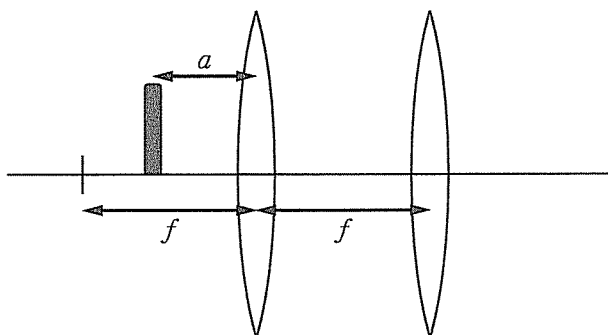


図 3

3. 図 3 のように, 焦点距離の等しい 2 枚のレンズを焦点距離だけ離して並べた。左のレンズから焦点距離より短い距離 a ($< f$) だけ左に離して物体を置いた。

- (a) 物体の実像を作図しなさい。
- (b) 実像と物体の位置関係を距離と方向を使って答えなさい (例: 「実像は物体から左に $2f$ 離れた位置にある」)。
- (c) 実像の倍率を求めなさい。

(計算用紙)

(計算用紙)

(設問は次のページにつづく)