

令和6年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

●総合選抜

理系Ⅰ，理系Ⅱ，理系Ⅲ

●学類・専門学群選抜

人間学群 (教育学類，心理学類，障害科学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類，生物資源学類，地球学類)

※生物資源学類，地球学類で地理歴史を選択する者は，
地理歴史と理科1科目を合わせて120分

理工学群 (数学類，物理学類，化学類，応用理工学類，

工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

医学群 (医学類，医療科学類)

(看護学類) ※1科目選択で60分

目 次

物	理		1
化	学		8
生	物		19
地	学		36

注 意

1. 問題冊子は1ページから43ページまでである。
2. 受験者は下表を確認し，志望する学類の出題科目を解答すること。

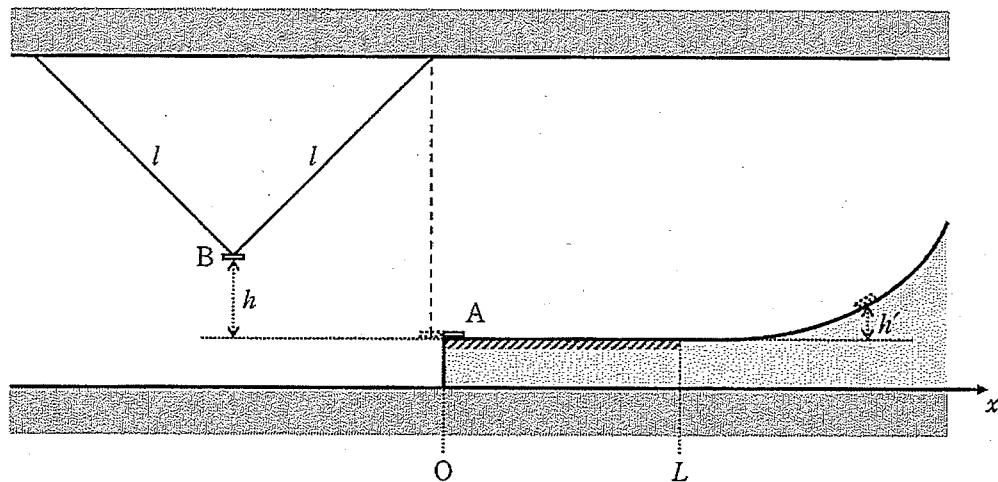
【出題科目】

選 抜 区 分・学 類		出 題 科 目				備 考
		物理	化学	生物	地学	
総合選抜	理系Ⅰ					
学類・専門学群選抜	数学類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須，○印の中から1科目を選択解答
	物理学類					
	応用理工学類					
	工学システム学類					
学類・専門学群選抜	化学類	○	◎	○	○	◎印の化学は必須，○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	生物資源学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
	地球学類					
総合選抜	理系Ⅱ					
学類・専門学群選抜	生物学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜	情報科学類					
学類・専門学群選抜	医学類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜	医療科学類					
学類・専門学群選抜	教育心理学類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	障害科学類					
学類・専門学群選抜	看護学類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答

物 理

I. 図のように、質量 m の小物体 A が、水平面と曲面からなる台の左端に、また、質量 M の小物体 B が、長さ l の二本の糸で天井からつり下げられ、台の水平面から高さ h の位置にあつて、いずれも静止している。左側の糸を静かに切ると、右側の糸はたるむことなく、小物体 B は最下点で小物体 A に非弾性衝突し、小物体 A は台の上を右方向に運動して曲面上を滑り上がり、水平面から高さ h' の最高점에到達した。糸をつり下げた二地点と二つの小物体は一つの鉛直面内にあるものとし、小物体の運動は常にこの鉛直面内で起こるものとする。また、台は床の上に固定されているものとする。

台の左端を原点として水平方向に x 軸をとり、右向きを正とする。重力加速度の大きさを g 、二つの小物体間の反発係数を e 、また、台の水平面では $0 \leq x \leq L$ において一様な摩擦力が働くとし、動摩擦係数を $\mu (> 0)$ 、その他の面 ($x > L$) はなめらかであるとする。さらに、二つの小物体の質量比 $\frac{m}{M}$ を λ と表すこととする。糸の質量、小物体の大きさ、空気抵抗は無視できるとして、以下の問いに答えよ。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入せよ。



問 1 右側の糸について、左側の糸を切る前の張力 S と切った直後の張力 T を M, g, h, l から必要なものを用いてそれぞれ表せ。

問 2 衝突直前の小物体 B の速度 V_0 を M, g, h から必要なものを用いて表せ。

問 3 衝突直後の小物体 A の速度 v を $v = aV_0$ 、衝突直後の小物体 B の速度 V を $V = bV_0$ と書くとき、 a, b を λ, e, g から必要なものを用いてそれぞれ表せ。ここに、 V_0 は、小物体 B の衝突直前の速度(問 2 のそれに同じ)を表す。

問 4 小物体 A が $x = L$ の地点を通過するためには、 h が十分な高さをもつことが必要である。天井、糸はそれぞれ必要なだけ高く、長くできるとして、高さ h に必要な条件を $h > c^2 \mu L$ と書くとき、 c を λ, e, g から必要なものを用いて表せ。ただし、 c は正とする。解答欄には考え方や計算の要点も記入せよ。

問 5 h' と h の関係を $h' = p^2 h - q$ と書くとき、 p, q を λ, e, g, μ, L から必要なものを用いてそれぞれ表せ。ただし、 p は正とする。解答欄には考え方や計算の要点も記入せよ。

問 6 衝突によって失われる小物体 A, B の力学的エネルギーを $|\Delta E|$ 、小物体 A が $x = L$ の地点を通過するまでに摩擦力が小物体 A にする仕事を W と表すとき、次の式が力学的エネルギーと仕事の関係を正しく表すよう、 $r_1 \sim r_4$ の値をそれぞれ 1, 0, -1 から選んで答えよ。

$$Mgh - mgh' = \frac{1}{2} r_1 mv^2 + \frac{1}{2} r_2 MV^2 + r_3 |\Delta E| + r_4 W$$

ここに、 v および V は、それぞれ小物体 A および小物体 B の衝突直後の速度(問 3 のそれぞれに同じ)を表す。

Ⅱ 図1のように原点を O とする座標軸をとる。 z 軸は紙面の裏側から表側に向かう方向を正の向きとする。 $0 \leq y \leq l$ の領域を領域1, $l < y$ の領域を領域2, $y < 0$ の領域を領域3と呼ぶ。ここで l は正の数である。領域1には磁場は存在せず, y 軸の正の向きに大きさが E の一様な電場が存在している。領域2と領域3には電場は存在せず, z 軸の正の向きにそれぞれ磁束密度の大きさが B_2 と B_3 の一様な磁場がかかっている。 $y = 0$ の面は電位が0に保たれているとする。この空間における電荷 q , 質量 m の荷電粒子の運動について, 以下の問いに答えよ。ただし $q > 0$, $m > 0$ とし, 空気抵抗と重力の影響は無視してよいものとする。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入せよ。問2と問6については考え方も簡潔に記入すること。

まず, 図1のように荷電粒子を原点 O から y 軸の正の向きに v_0 の大きさの速度で射出した場合を考える。粒子は領域1, 領域2, 領域1, 領域3の順に移動し, その後, 原点 O に到達した。

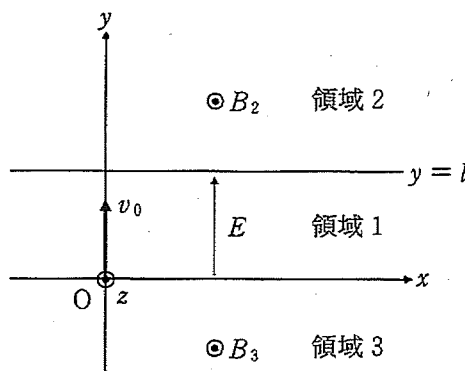


図1

問1 領域1, 領域2, 領域3における荷電粒子の運動を説明した以下の文章の①②③に当てはまる最も適切な語句を, 以下の選択肢(ア)~(カ)の中からそれぞれ選べ。

荷電粒子は領域1で一様な電場から力を受け, ①を行う。一方, 領域2と領域3では磁場から受けるローレンツ力により②において③を行う。

選択肢: (ア) 等速直線運動 (イ) 等加速度直線運動 (ウ) 円運動
(エ) xy 平面内 (オ) yz 平面内 (カ) zx 平面内

問 2 荷電粒子が領域 2 に到達したときの速度の大きさを v とする。荷電粒子のエネルギー保存則から v を求めよ。

問 3 領域 2 での運動の後、荷電粒子が再び領域 1 に到達したときの荷電粒子の x 座標を求めよ。解答には問 2 で定義されている v および、 B_2 , m , q , E のうち必要なものを用いよ。

問 4 B_3 を B_2 , m , v_0 , q , l , E を用いて表せ。

次に、図 2 のように原点 O から荷電粒子を xy 平面上で x 軸との角度が 30° の向きに $\sqrt{\frac{qEl}{m}}$ の大きさの速度で射出した場合を考える。粒子が領域 1, 領域 2, 領域 1, 領域 3 の順に移動し、その後、再び領域 1 に戻ってくるまでの運動について考える。

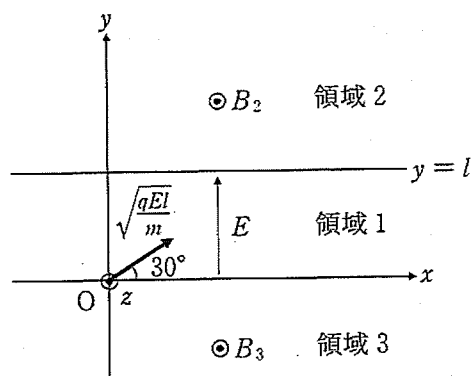


図 2

問 5 領域 2 に到達したときの荷電粒子の x 座標, 速度の大きさ, 速度が x 軸となす角の大きさをそれぞれ求めよ。

問 6 荷電粒子が領域 2 から領域 1 に到達したときの x 座標を求めよ。

問 7 荷電粒子が領域 3 から領域 1 に到達したときの速度の大きさと, 速度が x 軸となす角の大きさをそれぞれ求めよ。

Ⅲ 図1のように、空気中でガラス板Aを水平に置き、その左端にガラス板Bを接して傾ける。ガラス板Bを示す長方形の左下の頂点を点Oとし、点Oから水平方向右向きに x 軸、鉛直方向下向きに y 軸をとる。点Oの座標を $(0, 0)$ とする。点Oから x 軸方向に距離 L の位置に厚さ D の薄いフィルムをはさんで、ガラス板の間にくさび形のすきまを作る。そして、ガラス板の真上から単色光を鉛直方向下向きに入射し、真上に反射される光を水平なスクリーンに当てて観測する。AとBのガラスは同じ材質であり、このガラスの屈折率を $n_c(>1)$ とする。また、空気の屈折率を1とする。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入せよ。

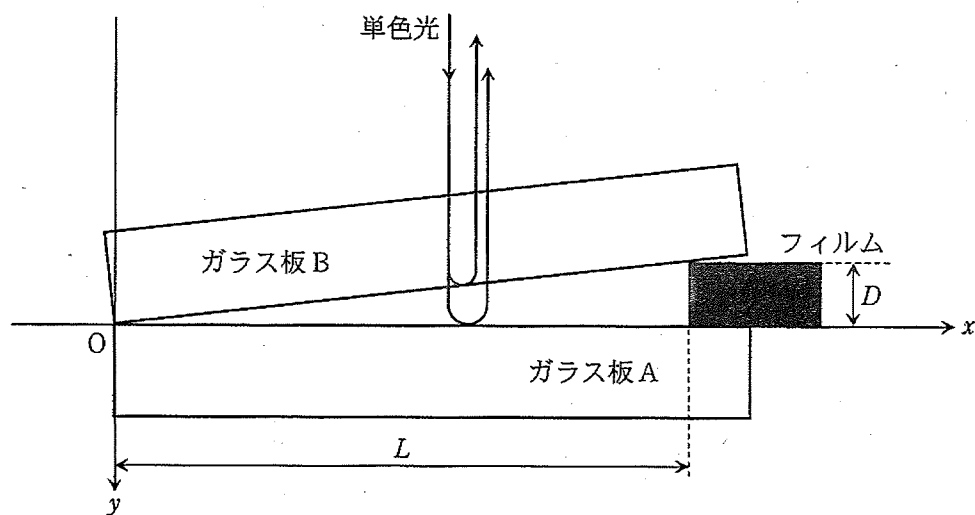


図1

はじめに、波長 λ の単色光を入射したとき、明線と暗線が観測された。以下の問いに答えよ。

問1 y 軸から x 軸方向に距離 x の位置における、ガラス板Bの下面で反射された光と、ガラス板Aの上面で反射された光の光路差 p を、 x 、 D 、 L を用いて表せ。

問 2 図 1 の左側から数えて m 番目の明線が、 y 軸から x 軸方向に距離 x_m の位置に観測された。 x_m を、 D 、 L 、 λ 、 m を用いて表せ。ただし、 m は自然数とする。

問 3 明線の間隔 Δx を、 D 、 L 、 λ を用いて表せ。

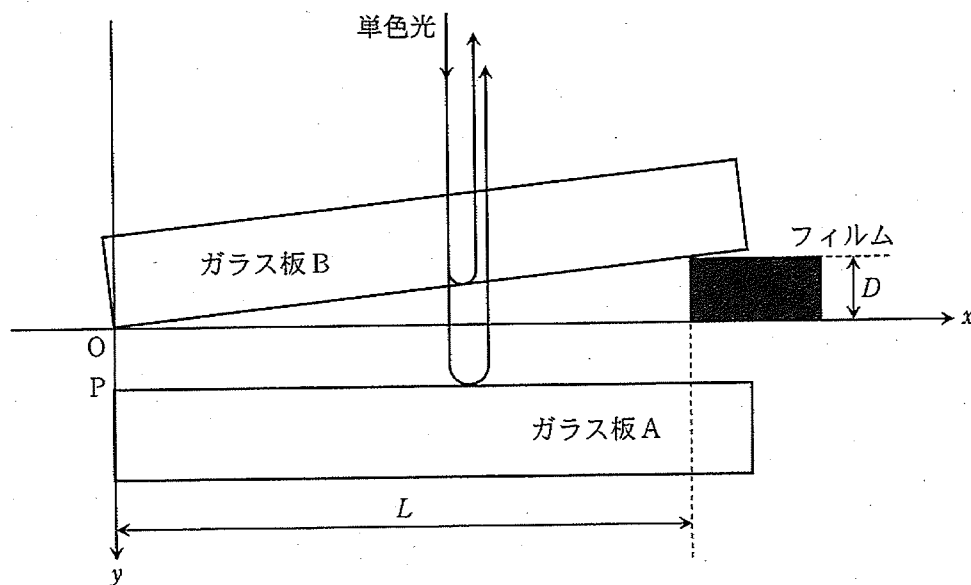


図 2

次に、波長 λ の単色光を入射したまま、図 2 のように、ガラス板 B と薄いフィルムを固定し、 y 軸の正の方向にガラス板 A を平行移動した。このとき、観測された明線はガラス板 A を動かす前と比べ、水平方向に移動した。ここで、ガラス板 A を示す長方形の左上の頂点を点 P とする。以下の問いに答えよ。

問 4 問 2 で観測した m 番目の明線に注目する。この明線はガラス板 A の移動後に、 y 軸から x 軸方向に距離 x'_m の位置に観測された。点 P の座標を $(0, y)$ とするとき、 x'_m を、 y 、 D 、 L 、 λ 、 m を用いて表せ。ただし、ガラス板 A の移動後も注目した明線が $0 < x'_m < L$ の範囲で観測される m を選んでいる。

問 5 明線が移動した方向を, x 軸の正負の方向を用いて答えよ。

問 6 点 P の座標を $(0, Y)$ とする。このとき, 問 2 で観測した m 番目の明線は, 水平方向にちょうど 4 本ずれた。 Y を, D, L, λ の中から必要なものを用いて表せ。

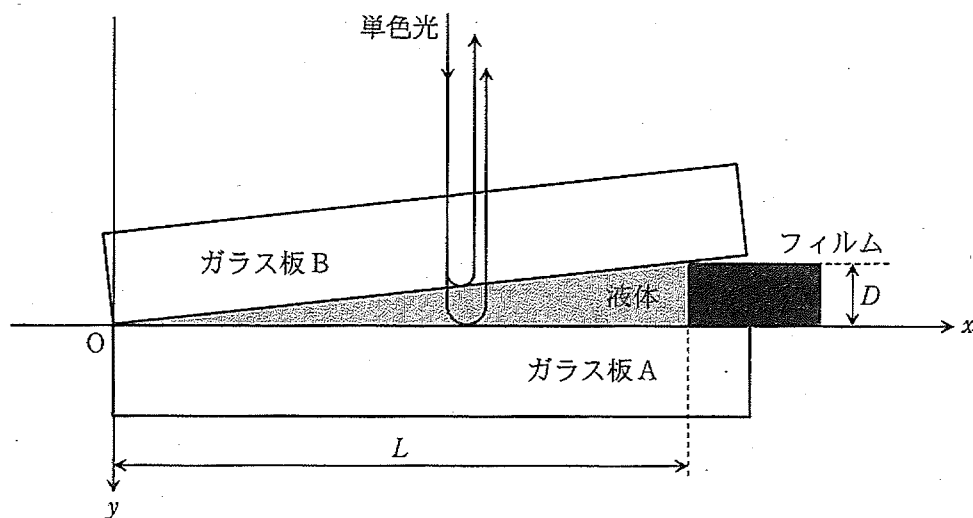


図 3

次に, 図 3 のように, ガラス板 A を図 1 と同じ位置に戻した後, ガラス板 A および B, そして薄いフィルムで囲まれる空間を, 液体で満たした。そして, 波長 $\lambda' (> \lambda)$ の単色光を入射したとき, 明線と暗線が観測された。ここで, 液体の屈折率を n とし, n は入射光の波長に依存しないとする。さらに, 液体とガラス板の屈折率に関し, $n \neq n_G$ であり, n_G も入射光の波長に依存しないとする。以下の問いに答えよ。

問 7 明線の間隔 ΔX を, D, L, λ', n を用いて表せ。

問 8 問 7 の明線の間隔 ΔX が, 問 3 の Δx と一致した。このとき, 液体の屈折率 n を, D, L, λ, λ' の中から必要なものを用いて表せ。