

平成 29 年度入学者選抜学力検査問題

〈前期日程〉

理 科

(医学部 医学科)

科 目	頁 数
物 理 基 礎・物 理	2 頁 ~ 5 頁
化 学 基 礎・化 学	7 頁 ~ 12 頁
生 物 基 礎・生 物	14 頁 ~ 23 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっている。そこから 2 科目を選択し、解答すること。

注 意 事 項 II

- 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ない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

物理基礎・物理

- 1 図1のように鉛直面と角 θ (rad)をなすなめらかな斜面 α および β があり、これら2つの斜面は水平面上で交わっている。斜面 α および β に垂直で点Oを通る断面が図1に示されており、この断面において、点AおよびBはそれぞれ斜面 α 、 β 上に存在する。質量 m (kg)の小球を斜面 α 上の点Aにおき、静かに手を放すと小球は斜面 α をすべり下り、点Oにおいて斜面 β と弾性衝突した。角 θ を変えながら弾性衝突後の運動を調べるために、点Oを原点とし、直線OBを x 軸として、これに垂直に y 軸を図2のようにとる。線分AOの長さを l (m)として、以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度の大きさを g (m/s^2)とし、小球の大きさや小球に対する空気抵抗は無視できるものとする。また、円周率を π で表し、 $\frac{\pi}{4} < \theta < \frac{\pi}{2}$ とする。必要なら、三角関数の関係式 $\sin 2\theta = 2 \sin \theta \cos \theta$ 、 $\cos 2\theta = 2 \cos^2 \theta - 1$ を用いてよい。

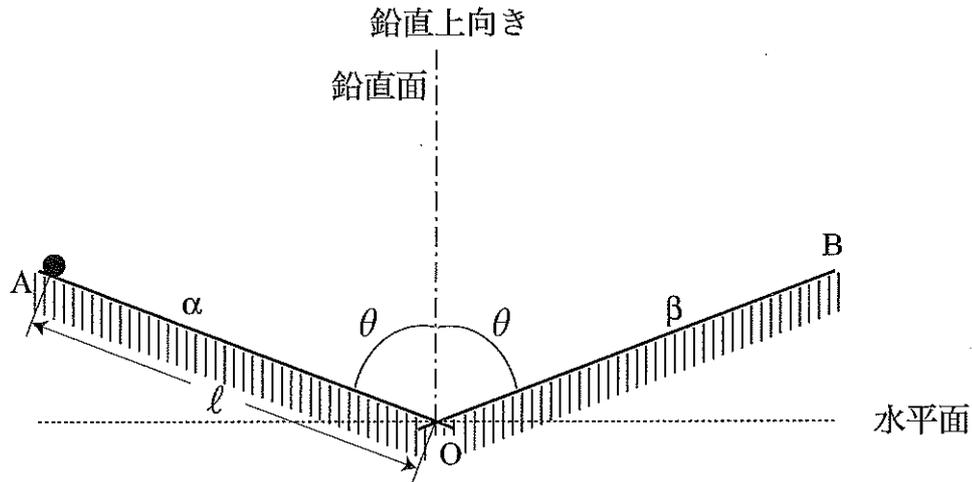


図1

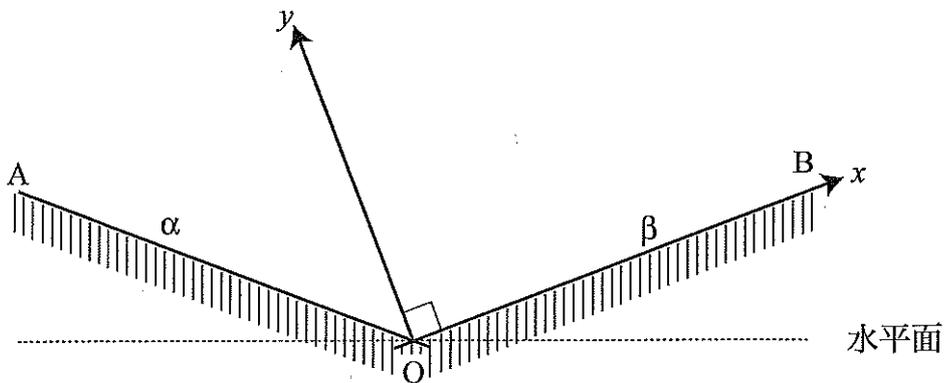


図2

問 1 点 O で衝突する直前における小球の速さ v_0 (m/s) を, g , l , θ を用いて表せ。

問 2 小球が点 O において斜面 β に衝突した直後にもつ速度ベクトル \vec{v}_1 (m/s) の方向などを考える。以下の文中における空欄 (1) ~ (7) に入る適切な式か数値を答えよ。
必要なら g , θ を用いてよい。

斜面 β と水平面とのなす角の大きさは (1) [rad] である。 $\angle AOB = 2\theta$ だから, y 軸と斜面 α のなす角の大きさは (2) [rad] となる。点 O における面 β との衝突では, 小球は y 軸方向の力積のみを受け, \vec{v}_1 と y 軸のなす角の大きさは (3) [rad] となる。したがって, \vec{v}_1 と x 軸のなす角の大きさは (4) [rad] となる。弾性衝突後, 小球は x 軸方向および y 軸方向にそれぞれ等加速度運動をする。重力加速度の x 成分は (5) [m/s^2], y 成分は (6) [m/s^2] である。

θ を変化させたところ, θ の値が θ_a (rad) のとき小球が鉛直上向きにはね返った。このとき, (1) と (4) の和が $\frac{\pi}{2}$ rad に等しいことから, θ_a は, (7) rad となる。

以下, 問 3 ~ 問 5 では, $\theta > \theta_a$ の場合を考えることにする。

問 3 問 2 で小球が点 O において斜面 β に衝突した時刻を 0 として, 再び斜面 β に衝突する時刻 t_2 (s) およびそのときの x 座標 x_2 (m) を, g , l , $\cos \theta$ を用いて表せ。

問 4 問 3 の x_2 は角 θ によって変化する。 x_2 の最大値を l を用いて表せ。また, そのときの θ の値を θ_b (rad) として, $\cos \theta_b$ の値を求めよ。

問 5 問 3 の時刻 t_2 において, 小球が斜面 β に対して垂直に衝突した。このときの θ の値を θ_c (rad) として, $\cos \theta_c$ の値を求めよ。

2 冬の晴れた日の夜中、遠方の音がよく聞こえることがある。このような音にまつわる現象について考えてみよう。

まず、音の特徴と法則について以下の問いに答えよ。

問 1 以下は、音の性質を説明している。空欄 (1) ~ (3) に入る適切な語句や数値を選択肢(a)~(f)の中から選んで、その記号を答えよ。なお、選択肢は重複して選んでもよい。

気体中を伝わる音速は、振動数や波長に関係なく、温度が高くなるほど (1) となる。乾燥した 0℃ の空気中の音速は (2) m/s である。空気中と比較すると、水中や固体中での音速は (3) となる。

(a)約 540 (b)約 330 (c)約 120 (d)大きな値 (e)小さな値 (f)ほぼゼロ

問 2 以下は、ホイヘンスの原理による音の屈折についての説明である。空欄 (4) ~ (10) に入る適切な語句や式を答えよ。

図 3 において、境界面を境にして、領域 1 の音速を v_1 [m/s]、領域 2 の音速を v_2 [m/s] とする。領域 1 を音波が進行し、入射角 θ_1 [rad] で波面が AB に達すると(時刻ゼロ)、境界面上の点 A から円形波が発生し、領域 2 へと音波が進む。ホイヘンスの原理において、この円形波は (4) とよばれる。その後、音波が進むと、境界 AD 上で A に近い方から新たな (4) が次々に発生する。領域 1 の波面の一端が B から D に達するのにかかる時間を t [s] とすると、BD の距離は (5) (m) となる。また、この時間 t の間に、時刻ゼロで A から発生した (4) は半径が (6) (m) の円 O の周上に達する。時刻 t における屈折波の波面は、AD 上の各点から生じて領域 2 を広がったすべての (4) に接していて、点 D から円 O に引いた接線 DC となる。屈折角を θ_2 [rad]、AD の長さを L [m] とすると、

$$L \text{ (7) } = \text{ (5) }, \quad L \text{ (8) } = \text{ (6) }$$

が成り立ち、

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \text{ (9) } \quad \text{①}$$

となる。音速 v_1 が v_2 より (10) 場合、式①が成立しない入射角の範囲が存在し、入射波はすべて境界面で反射する。このような現象を全反射という。

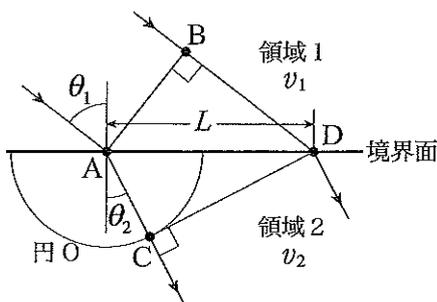


図 3

次に、地面から上空へと音速が大きくなっていくような気象条件で、音の進む経路を考察する。

問 3 考察を簡単にするために、地面近くの音速を V [m/s] とし、表 1 に示したように、高さが a [m] 増えるごとに音速が 1.2 倍となるものとする。解答用紙の図は、横軸が地面上にある音源からの水平距離、縦軸が地面からの高さを示している。この図に、鉛直方向から角度 θ_1 [rad] ($\tan \theta_1 = 0.6$) の方向に出た音が屈折あるいは反射して進行する経路を描け。ただし、全反射以外の反射および地面での反射は省略せよ。

音速の変化する境界面での屈折による進行方向の変化は、式①および解答用紙 4 ページの図 ($y = x$, $y = 1.2x$, $y = \tan x$ および $y = \sin x$ のグラフ) を用いて決定できる。この方法を用いると、高さ a および $2a$ での屈折角 θ_2 [rad] および θ_3 [rad] は、

$$\tan \theta_2 = 0.8, \quad \tan \theta_3 = 1.1$$

を満たすことがわかる。

解答用紙の図には、音が最初に高さ $3a$ に達するまでの経路がすでに描いてある。受験者はその続きを描け。

表 1

地面からの高さ [m]	音速 [m/s]
$0 \sim a$	V
$a \sim 2a$	$1.2V$
$2a \sim 3a$	$(1.2)^2V$
$3a \sim 4a$	$(1.2)^3V$
$4a \sim 5a$	$(1.2)^4V$