

平成 19 年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で 49 ページある。(落丁・乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)問題冊子の中に下書き用紙が 1 枚入っている。

物	理	1～13 ページ,	化	学	14～30 ページ
生	物	31～41 ページ,	地	学	42～49 ページ
- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された 2 箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
 - (1) 教育人間科学部及び工学部の受験者は、90 分。
 - (2) 理学部の受験者は、次のとおりである。
 - ① 数学科及び化学科の受験者は、90 分。
 - ② 物理学科の受験者は、120 分。
 - ③ 生物学科及び自然環境科学科で理科 1 科目の受験者は、90 分。
 - ④ 生物学科及び自然環境科学科で理科 2 科目の受験者並びに地質科学科の受験者は、180 分。
 - (3) 医学部及び歯学部の受験者は、180 分。
 - (4) 農学部の受験者は、次のとおりである。
 - ① 理科 1 科目の受験者は、90 分。
 - ② 理科 2 科目の受験者は、180 分。
- 6 物理と化学は、学部、学科によって解答する問題が異なるので、物理と化学の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 7 化学及び生物には、選択問題があるので、化学及び生物の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 8 問題冊子及び下書き用紙は、持ち帰ること。

物 理

物理選択の受験者は、下の表を見て○印の問題を解答せよ。

注意

志望学部・学科	問題番号			
	1	2	3	4
教育人間科学部	○		○	○
理学部(物理学科)	○	○	○	○
理学部(数学科・生物学科・ 地質科学科・自然環境科学科)	○	○		○
医学部	○	○	○	
歯学部	○	○	○	
工学部	○	○		○
農学部	○		○	○

1

注意 全学部受験者用

図1のように、物体Aと物体Bが軽い糸で結ばれ、天井に固定された定滑車Cにつるされている。物体Aの質量は $3m$ であり、物体Bの質量は m である。

定滑車Cは質量が無視でき、なめらかに回るものとする。また、物体Aの真下には、高さの調節できる台Dが設置されている。重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。

なお、物体A、Bとも、運動は鉛直方向のみに限られており、物体に働く空気抵抗は無視できるものとする。また、物体Aおよび物体Bが定滑車Cや床に接触することはないものとする。

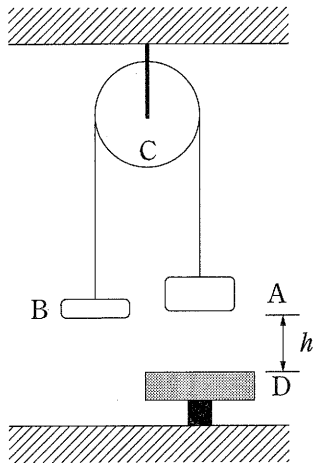


図1

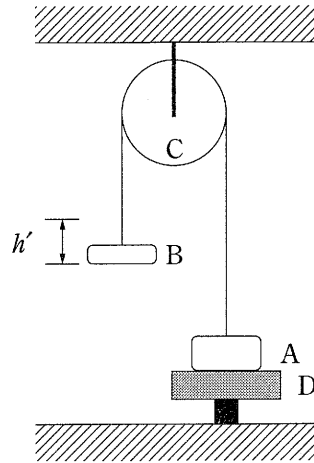


図2

問 1 糸がたるまないように、物体 A を台 D から高さ h の地点に持ち上げ、静かに離した。図 1 はこの瞬間を表している。

- (1) 加速度の大きさを a 、糸の張力の大きさを T として、物体 A および物体 B の運動方程式を書け。
- (2) 運動方程式を解いて、 a と T を求めよ。

問 2 その後、物体 A は真下の台 D に衝突した。図 2 はこの瞬間を表している。

- (1) 衝突直前の物体 A の速さ v_0 を g と h で表せ。
- (2) 物体 A が台 D に衝突した後、糸がたるみ、物体 B はさらに高さ h' だけ上昇した。衝突後に上昇した距離 h' は、衝突までに上昇した距離 h の何倍か。

次に、物体 B と真下の床とを質量の無視できるばねで連結し、物体 B を静止させた。ばねは鉛直方向に伸び縮みでき、ばねの自然長を ℓ 、ばね定数を k とする。

問 3 物体 A を台 D にのせてゆっくり持ち上げていったところ、ばねが自然長から長さ d_0 だけ縮んだ位置で、糸の張力が 0 になり、糸がたるみはじめた。図 3 はこの瞬間を表している。

- (1) このとき、物体 A が台 D から受ける抗力の大きさ R はいくらか。
- (2) ばね定数 k を m 、 g および d_0 で表せ。

問 4 今度は、物体 A をのせたまま、台 D をゆっくりおろしていったところ、ばねが自然長から長さ d だけ伸びた位置で、物体 A が台 D から受ける抗力が 0 になった。図 4 はこの瞬間を表している。

- (1) 糸の張力を T_0 として、物体 A および物体 B のそれぞれに対して、力のつりあいを表す式を書け。
- (2) d は d_0 の何倍か。

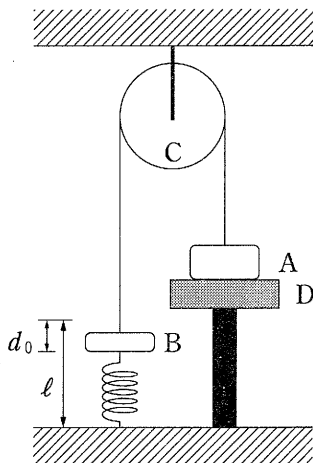


図 3

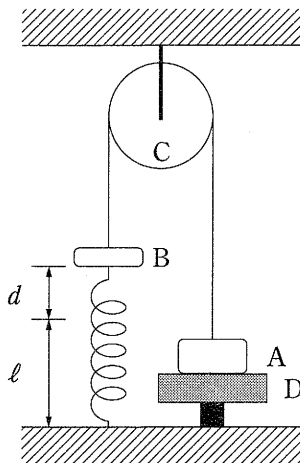


図 4

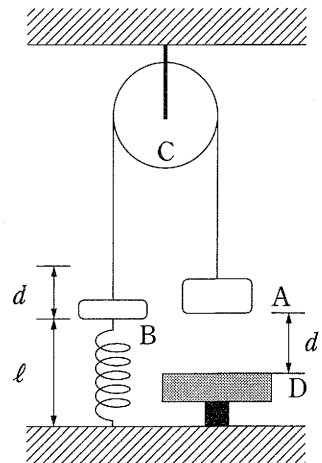


図 5

以下，台 D は図 4 の位置に固定する。

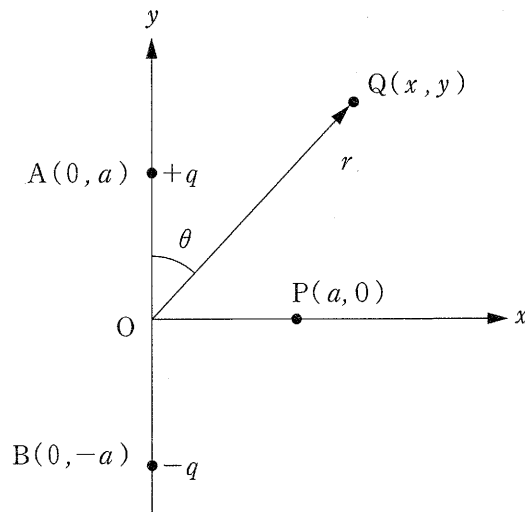
問 5 図 4 の状態から，物体 B を鉛直方向に距離 d だけゆっくり引き下げ，静かに離す。図 5 はこの瞬間を表している。

- (1) この後，物体 A は台 D と衝突する。この間，糸がたるむことがない理由を述べよ。
- (2) 物体 A が台 D に衝突する直前の速さを v とする。 v を g および d を用いて表せ。

2

注意 理学部(数学科, 物理学科, 生物学科, 地質科学科, 自然環境科学科),
医学部, 歯学部および工学部受験者用

図のように y 軸上の点 $A(0, a)$ に正の電気量 $+q$, 点 $B(0, -a)$ に負の電気量 $-q$ の点電荷が置かれている。クーロンの法則に現れる比例定数を k として以下の問いに答えよ。



問 1 点 A にある点電荷および点 B にある点電荷が, x 軸上の点 $P(a, 0)$ につくる電場をそれぞれ \vec{E}_+ , \vec{E}_- とする。解答用紙の図 1 には, \vec{E}_+ が示されている。これにならって \vec{E}_- を解答用紙の図 1 に描け。

問 2 2つの点電荷が点 P につくる電場を重ね合わせた電場 \vec{E} を解答用紙の図 1 に描け。

問 3 点 P における電場 \vec{E} の大きさを求めよ。

問 4 点 P を通る電気力線の概略を解答用紙の図 2 に描け。

問 5 点 $Q(x, y)$ における電位 V を求めよ。ただし、無限遠の電位を 0 とする。

問 6 電気量 q の点電荷を点 P から点 Q までゆっくり移動させるとき、電場にする仕事 W を求めよ。

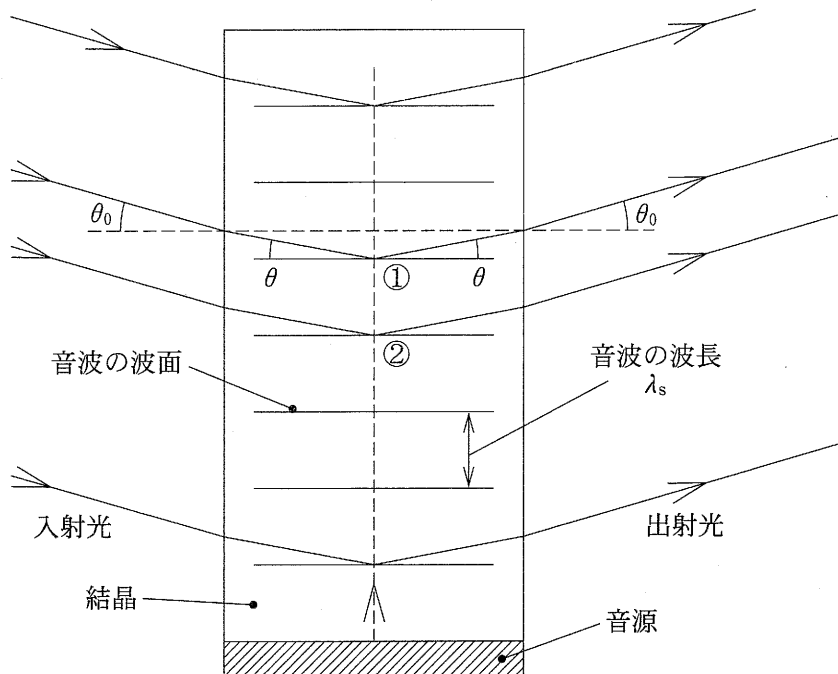
問 7 原点 O と点 Q との距離を $r = \sqrt{x^2 + y^2}$, y 軸と線分 \overline{OQ} とのなす角を θ として、電位 V を q, a, r, θ および k を用いて表せ。ただし、 a が r に比べて十分小さいとして、 $x^2 + (y \pm a)^2 \doteq x^2 + y^2 \pm 2ay$ の近似を用いよ。また、 $|\epsilon|$ が 1 に比べて十分小さいとき、 $\frac{1}{\sqrt{1+\epsilon}} = (1+\epsilon)^{-\frac{1}{2}} \doteq 1 - \frac{1}{2}\epsilon$ と近似できることを用いよ。

3

注意 教育人間科学部，理学部(物理学科)，医学部，歯学部および農学部受験者用

- [1] 音は空気中を伝わる。同じように，音は結晶中も伝わる。図に示すように，透明な結晶の下面に取り付けた音源から，平面の波面をもつ音波を発生させると，結晶内に圧縮された密の部分と膨張した疎の部分ができ，速さ v で伝わる。以下の問いに答えよ。

問 1 結晶中を伝わる音波の波長 λ_s を，音波の速さ v と音波の周波数 f_s で表せ。次に，音波の周波数を $f_s = 300 \text{ MHz}$ ，速さを $v = 600 \text{ m/s}$ とした場合の，音波の波長 λ_s を求めよ。ここに， $1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$ である。



この透明な結晶の、光に対する屈折率を n とする。また、真空中を光が伝わる速さを c とする。以下の問いに答えよ。

問 2 光が結晶中を伝わる速さ u を n と c を用いて表せ。また、結晶中における周波数 f の光の波長 λ を求めよ。

問 3 真空中における光の波長が $\lambda_0 = 630 \text{ nm}$ であった。光の周波数 f を求めよ。ただし、真空中を光が伝わる速さは $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ とする。ここに、 $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ である。解答の数値は有効数字 2 桁で求めよ。

音波によって結晶中にできた疎の部分と密の部分は、光に対して間隔 λ_s の回折格子の機能をもつ。音波の周波数 f_s を任意に選ぶことで、回折格子の間隔 λ_s の大きさを自由に変化させることができる。図に示すように、周波数 f の光が真空中から入射角 θ_0 で結晶中に入射し、出射角 θ_0 で結晶中から出る。回折された反射光の強度は光検出器で測定する。また、音波の波面に対して角度 θ で入射した光は、同じ角度 θ で反射する。以下の問いに答えよ。

問 4 隣り合った音波の波面による回折光①および②の光路差を求めよ。

問 5 回折光①および②が干渉して互いに強め合う条件を求めよ。

〔2〕 空気中に図のような正三角形のプリズムが置かれている。このプリズムに対し、三角形の底面に平行な単色光が入射する。入射光に対する空気の屈折率を1、プリズムの屈折率を n とする。入射面に垂直な線と入射光のなす角度は $\theta_1 = \boxed{\text{①}}$ であるから、屈折後のなす角 θ'_1 に対し、

$$\sin \theta'_1 = \boxed{\text{②}}$$

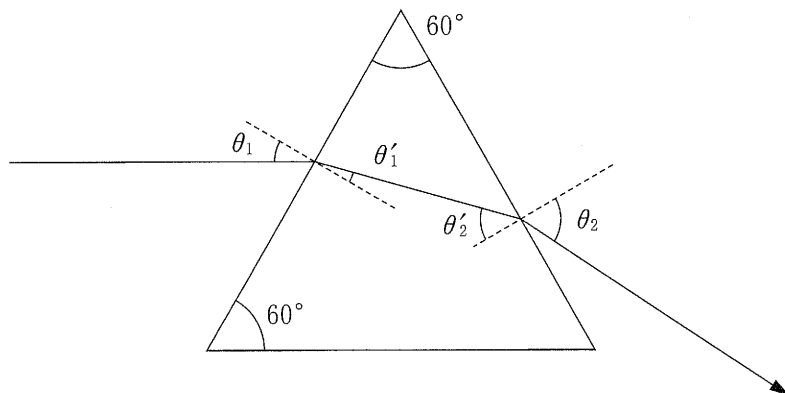
が成り立つ。一方、光がプリズムから出る際に、プリズムの内側での光と屈折面に垂直な線とのなす角を θ'_2 とする。このとき、 $\theta'_2 = \boxed{\text{③}} - \theta'_1$ であるから、三角関数の加法定理を用いると、

$$\sin \theta_2 = \sin \boxed{\text{③}} \cos \theta'_1 - \cos \boxed{\text{③}} \sin \theta'_1$$

となる。以上より、プリズムから出て行く光の角度 θ_2 について、 $\sin \theta_2 = \boxed{\text{④}}$ の関係が成り立つ。もし、プリズムの屈折率が $\boxed{\text{⑤}}$ より大きければ、プリズムの右側面で光は $\boxed{\text{⑥}}$ し、プリズムの右側面からは出てこなくなる。

問1 本文中の $\boxed{\text{①}}$ ～ $\boxed{\text{⑥}}$ に適当な値、式、もしくは語句を入れよ。

問2 白色光がプリズムに入射すると、プリズムから出る光はどうなるか。理由を付けて述べよ。



4 は次ページ

4

注意 教育人間科学部, 理学部(数学科, 物理学科, 生物学科, 地質科学科, 自然環境科学科), 工学部および農学部受験者用

ヘリウム気球は大気中で浮力を受けて上昇することができる。ヘリウム 1 モルの質量を m , 空気 1 モルの質量を μ , ヘリウムガスが詰められていない気球そのものの質量を M とする。また重力加速度の大きさを g , 気体定数を R とする。ヘリウムガスおよび空気は理想気体として取り扱えるものとして, 以下の問いに答えよ。

地表にロープで固定された気球にヘリウムガスをつめて気球を体積 V_0 までふくらませた。気球内のヘリウムガスの温度と圧力は, 地表での大気の温度 T と圧力 p_0 にそれぞれ等しいとする。ただし, 温度は絶対温度で表す。

問 1 ヘリウム気球内のヘリウム原子の総モル数 N を, p_0 , V_0 , T および R を用いて表せ。

問 2 気球が地表で受ける浮力を求めよ。

問 3 固定ロープをとりはらうと, 気球が自然に地表を離れ, 上昇を始めた。このとき, 気球そのものの質量 M が満たす条件を求めよ。

空気抵抗のために気球の上昇は十分ゆっくりであり、気球内のヘリウムガスの温度は、つねに大気と一致するものとする。ただし、大気は地表からの高度 h によらず、一定であると仮定する(等温変化)。また、大気は高度 h と

$$p = \frac{p_0}{1 + ah}$$

の関係で結ばれているものとする。ここで、 a は正の定数である。

問 4 まず、気球の体積が高度によらず一定であるとする。このとき、気球が到達できる最高高度を求めよ。

問 5 次に、気球の体積が自由に变化できる場合を考える。

- (1) 気球の体積 V と地表からの高度 h との関係を求めよ。
- (2) 気球が上昇を続け、大気圧が p_1 となる高度で、気球の体積が V_1 となった。地表からその高度まで上昇する間に、気球が大気から得る熱量はどれほどか、解答用紙にあるヘリウムガスの圧力-体積図(p - V グラフ)を使って説明せよ。

気球の上昇中、気球と大気との間で熱の出入りがない場合を考える(断熱変化)。ただし、問 5 と同様に、気球の体積は自由に变化できるものとする。

問 6 問 5 の等温変化の場合と比べたとき、同じ高度での気球の体積はどうか。その大小関係について理由をつけて答えよ。