産業医科大学

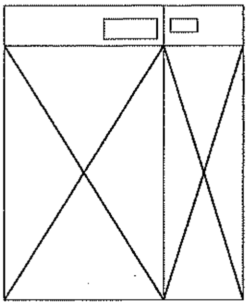
令和２年度入学試験問題（一般入試）

理　　　科

13：20～15：00

注　意

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題文は，物理：１～７ページ，化学：８～11ページ，生物：12～17ページである。
3. 解答紙は計３枚で，物理：１枚，化学：１枚，生物：１枚である。
4. 解答開始前に，試験監督者の指示にしたがって，選択しない科目も含めすべての解答紙それぞれ２カ所に受験番号を記入すること。
5. 試験監督者の指示にしたがって，選択しない科目の解答紙に下記のように╳印を大きく２カ所記入すること。



6. 「始め」の合図があったら，問題冊子のページ数を確認すること。
7. 解答は，黒色鉛筆（シャープペンシルも可）を使用し，すべて所定の欄に丁寧な字で正確に記入すること。英文字，ギリシャ文字は大文字・小文字の区別をすること。欄外および裏面には記入しないこと。
8. 下書き等は，問題冊子の余白を利用すること。
9. 試験終了後，監督者の指示にしたがって，解答紙を物理，化学，生物の順番にそろえること。
10. 解答紙は持ち帰らないこと。

問題訂正　・　補足説明

【補足説明】

物理　６・７ページ

６ページ
（原文）
屈折率が異なる層が多数積み重ねられている（図５）。最も上の層...

（補足）
屈折率が異なる層が多数積み重ねられている（図５）。各層の境界面は全て平行である。最も上の層...

７ページ
（原文）
...，上方にいくにしたがって気温 25℃に近づいていく。温度が変化する空気層を温度遷移層と呼び，温度遷移層は観測者の視点の高さに比べて十分低く，薄いとする。

（補足）
...，上方にいくにしたがって気温 25℃に近づいていくが，水平方向での気温変化はない。温度が変化する空気層を温度遷移層と呼び，温度遷移層は観測者の視点の高さに比べて十分低く水平で薄いとする。

【問題訂正】

化学　８ページ

２行目
誤）ただし，$\log_{10}2 = 0.30$，$\log_{10}3 = 0.48$，$\log_{10}7 = 0.84$ とする。

正）ただし，$\log_{10}2 = 0.30$，$\log_{10}3 = 0.48$，$\log_{10}7 = 0.85$ とする。

物　　　　理

〔１〕 次の文章を読み，以下の設問の $\boxed{ア}$ ～ $\boxed{オ}$ に入る数字を整数で答えなさい。ただし，$\boxed{ア}$ ～ $\boxed{オ}$ は全て10の累乗の指数である。アボガドロ数 N_A を 6.0×10^{23}/mol，気体定数 R を 8.3 J/(mol・K)，重力加速度を 9.8 m/s^2 とする。また，$1\,\mu\text{m} = 10^{-6}$ m である。

微小粒子状物質(PM 2.5)が大気中を浮遊している。PM 2.5 の密度を 1.0×10^3 kg/m^3，形状を１辺が 2.5 μm の立方体と仮定する。

大気の温度 T_0 を 300 K，圧力 P_0 を 1.0×10^5 Pa とする。大気は窒素分子のみで構成されているとして，窒素分子１個の質量を 4.7×10^{-26} kg とする。

(1) この大気中に仮想的に１辺 1.0 μm の立方体を考えよう。この立方体の中に入っている窒素分子の個数はおよそ $2 \times 10^{\boxed{ア}}$ 個である。

(2) PM 2.5 にかかる大気からの浮力は重力のおよそ $1 \times 10^{\boxed{イ}}$ 倍である。

(3) 窒素分子１個の運動エネルギーの平均値は $\dfrac{3}{2} \times \dfrac{R}{N_A} T_0$〔J〕と書くことができる。窒素分子の２乗平均速度はおよそ $5 \times 10^{\boxed{ウ}}$ m/s である。

(4) 窒素分子と同様に，PM 2.5 についても１個の運動エネルギーの平均値を，$\dfrac{3}{2} \times \dfrac{R}{N_A} T_0$〔J〕とすれば，PM 2.5 の２乗平均速度はおよそ $9 \times 10^{\boxed{エ}}$ m/s である。

(5) PM 2.5 が大気中を速さ u〔m/s〕で運動するときには，大気から u〔m/s〕と１辺の長さ L〔m〕に比例する大きさ $K \times L \times u$〔N〕の抵抗力を受ける。K は比例定数，L は PM 2.5 の１辺の長さとする。重力を受けて落下する場合，この抵抗力と重力がつり合うと一定の速さ(終端速度)になる。$K = 3.0 \times 10^{-4}$ Pa・s とするとき終端速度はおよそ $2 \times 10^{\boxed{オ}}$ m/s である。

〔2〕 次の文章を読み，文中の $\boxed{1}$ ～ $\boxed{7}$ には適切な数字または式を記入しなさい。また，$\boxed{8}$ および $\boxed{9}$ は直後の｛　　｝内の選択肢から適切な語句を選び，記号で答えなさい。重力加速度を g〔m/s^2〕，空気の誘電率を ε〔F/m〕とする。運動する際の空気抵抗は無視する。

面積 S〔m^2〕の正方形の絶縁体の板（絶縁板）を2枚，さらに同じ面積 S〔m^2〕の正方形で厚さ $\varDelta$〔m〕，密度 ρ〔kg/m^3〕，誘電率 $k\varepsilon$〔F/m〕($k > 1$) の誘電体を1枚用意する。2枚の絶縁板にはそれぞれ片面に単位面積あたり電荷 $+Q$〔C/m^2〕，$-Q$〔C/m^2〕，誘電体には両面に単位面積あたり $-q$〔C/m^2〕の電荷が一様に帯電させてある。絶縁板と誘電体表面では電荷の移動はなく常に一定で変化せず，側面には電荷は存在しない。

まず，図1のように2枚の絶縁板を帯電した面を向かい合わせにして水平に間隔 d〔m〕で平行に並べ固定する。2枚の絶縁板の間は空気で満たされている。このとき2枚の絶縁板間の電場の強さは $\boxed{1}$ 〔V/m〕であり，電場から絶縁板に働く力の大きさは $\boxed{2}$ 〔N〕である。

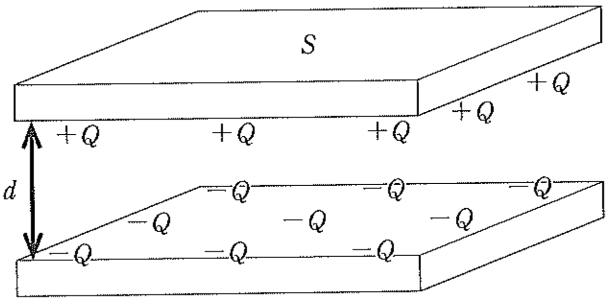


図1

次に，上記の2枚の絶縁板の間に，2枚に平行に，2枚の絶縁板から等しい距離の位置に誘電体を差し込む（図2）。誘電体は2枚の絶縁板に接触せず，間隔を保ったまま何からも支えられることなく浮かんでいる。このとき誘電体内部での電場の強さは $\boxed{3}$ 〔V/m〕，誘電体と下側の絶縁板の間の領域（Ⓐの部分）での電場の強さは $\boxed{4}$ 〔V/m〕である。また，電場から誘電体にかかる鉛直方向の力の絶対値は $\boxed{5}$ 〔N〕であるので，誘電体にかかる重力を考慮すれば，誘電体の単位面積あたりの電荷の絶対値 q は $\boxed{6}$ 〔C/m^2〕である。

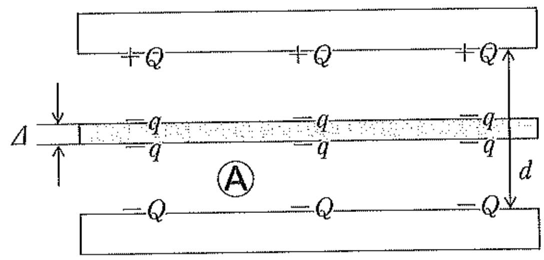


図2

つぎに誘電体を差し込むことによって変化する静電エネルギーを求めよう。ある領域での電場が持つ静電エネルギーは

$$\frac{1}{2}\times(\text{その領域の誘電率})\times(\text{その領域の電場の強さ})^2\times(\text{その領域の体積}) \quad \text{〔J〕}$$

で表される。まず，誘電体を差し込む前の2枚の絶縁板間の電場の静電エネルギー，

$$\frac{1}{2}\varepsilon(\boxed{\quad 1 \quad})^2\times Sd \quad \text{〔J〕}$$

を U_0 とする。誘電体が上下の絶縁板から等しい距離にあることから q の効果は打ち消される。さらに2枚の絶縁板内部での誘電分極を無視すれば，誘電体を差し込むことによる静電エネルギーの変化は，誘電体内部の誘電分極による電場変化だけを考慮すればよく，

$$\frac{1}{2}k\varepsilon(\boxed{\quad 3 \quad})^2\times S\Delta-\frac{1}{2}\varepsilon(\boxed{\quad 1 \quad})^2\times S\Delta=U_0\times(\boxed{\quad 7 \quad}) \quad \text{〔J〕}$$

となる。この結果をふまえると，図2の状態から2枚の絶縁板を同時にゆっくりと(間隔 d を保ち，板面は水平のまま)水平方向に移動させると，誘電体は $\boxed{\quad 8 \quad}$ {ア．絶縁板の動きに追随して同じ向きに動く　イ．動かずその場に取り残される　ウ．絶縁板の動きとは反対向きに動く}と考えられる。また，電場から誘電体にかかる鉛直方向の力は絶縁板と誘電体の距離に依存せず常に一定であるので，図2の状態から2枚の絶縁板を同時にゆっくりと(間隔 d を保ち，板面は水平のまま)鉛直方向に移動させた場合は，誘電体は $\boxed{\quad 9 \quad}$ {ア．絶縁板の動きに追随して同じ向きに動く　イ．動かずその場に取り残される　ウ．絶縁板の動きとは反対向きに動く}だろう。

〔3〕 次の文章を読み，以下の設問に答えなさい。重力加速度は g〔m/s^2〕とする。

1辺が1mの剛体の立方体を宙に浮かせる実験を行う。立方体に比べて十分大きな容器に密度の異なる2種類の気体①と②が上下に分かれて入っている。上側の気体①の密度は A〔kg/m^3〕，下側の気体②の密度は B〔kg/m^3〕であり($B > A$)，お互いに混ざらない。また境界面は常に水平に保たれ，ゆれは無視できる。

この立方体は質量 M〔kg〕，中空で壁は十分薄く中空部分の体積は1m^{3}と見なせる。立方体の中空部分に気体③を入れた。気体③の密度は C〔kg/m^3〕である($B > A > C$)。気体①と②の境界面付近で静かに立方体を離したところ，図3のように立方体の下部が x〔m〕だけ気体②に入った状態でつりあった。

容器内の立方体，気体①，②，③の温度および圧力は全て等しく，立方体は気体中を抵抗なくなめらかに鉛直方向のみに運動し，横ゆれや回転運動などはしない。

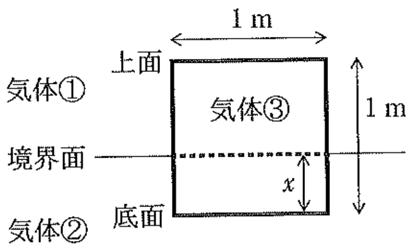


図3

(1) x を求めなさい。

図3の状態から，立方体を少しだけ押し下げて手を離すと，鉛直方向に単振動を始めた。

(2) 単振動の角振動数を求めなさい。

図3の状態から，立方体の上面と気体①と②の境界面が一致するまで押し下げ(図4の点線)手を離すと，立方体は浮き上がった(図4)。立方体の上面から気体①と②の境界面までをy〔m〕とする。

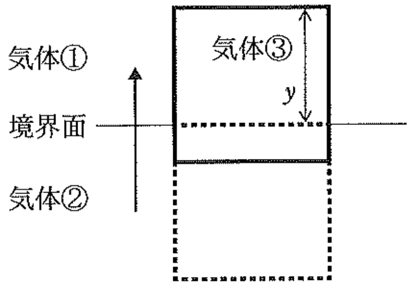


図4

その後，立方体の底面が気体①と②の境界面に達した。

(3) 手を離してから立方体の底面が気体①と②の境界面と一致するまで(すなわち，yが0から1mになるまで)に，気体①と②から立方体に対してなされた浮力による仕事の合計を求めなさい。

(4) 立方体の底面が気体①と②の境界面に達したことから，立方体の質量MはM_{max}〔kg〕以下であることがわかる。M_{max}はいくらか。

〔4〕 次の文章を読み，以下の設問に答えなさい。必要なら以下の三角関数の表を使いなさい。

表1：三角関数表

角　度	90°	85°	80°	75°	70°	65°	60°
sin	1.000	0.996	0.985	0.966	0.940	0.906	0.866
cos	0.000	0.087	0.174	0.259	0.342	0.423	0.500
tan	—	11.430	5.671	3.732	2.748	2.145	1.732

屈折率が異なる層が多数積み重ねられている(図5)。最も上の層を最上層，次を1番目の層，その次を2番目の層，…，と呼ぶ。最上層の屈折率をn，i番目の層の屈折率を$n_i (i = 1, 2, \cdots)$，最下層の屈折率をNとする。屈折率は下層ほど小さくなっており，$n > n_1 > n_2 > n_3 > \cdots > N$である。

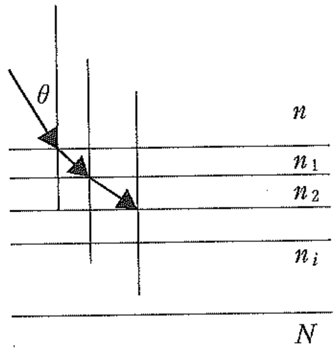


図5

光が最上層から入射角θで1番目の層へ入射した。

(1) 1番目の層での屈折角はθ_1であった。$\sin\theta_1$を求めなさい。

(2) 7番目の層から8番目の層(屈折率n_8)に入射した光の屈折角をθ_8とする。$\sin\theta_8$をn，θ，n_8を用いてあらわしなさい。

(3) 最上層からの入射角θを変えていくと角度θ_{cr}より小さい入射角では光は最下層に届いたが，θ_{cr}以上の入射角では光は最下層に届かず，すべて最上層に戻った。$\sin\theta_{cr}$を求めなさい。

浜辺から海を眺めている状況を考える(図6)。

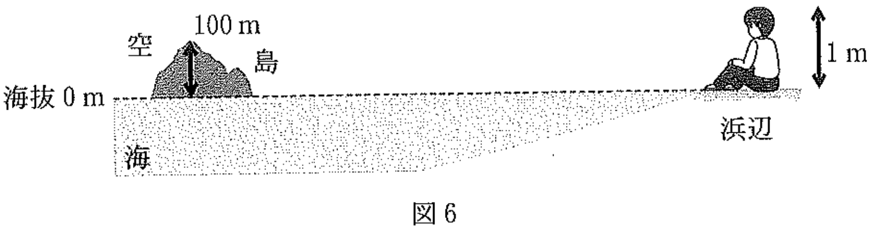


図6

◇M3(335—20)

ある日の気温は 25 ℃，海水の温度は 30 ℃ であった。海水面に接する空気は海水によって暖められ海水と同じ温度になっており，上方にいくにしたがって気温 25 ℃ に近づいていく。温度が変化する空気層を温度遷移層と呼び，温度遷移層は観測者の視点の高さに比べて十分低く，薄いとする。

空気の屈折率は温度に依存する。温度 30 ℃ の空気に対する温度 T ℃ の空気の相対屈折率を

$$1 + 0.8 \times \frac{30 - T}{263}$$

と仮定しよう。

(4) 海水面付近の温度遷移層に上方から角度 θ_c 以上の入射角で入射した光はすべて上方に戻った。表 1 に示されている角度の中で θ_c に最も近い角度を答えなさい。

いつもは図 7 のように見える風景が，この日は島が海面からちょうど島の高さ程度，浮かんでいるように見えた。観測者の視点の高さは海抜 1 m，島の高さは海抜 100 m とする。

いつもの風景

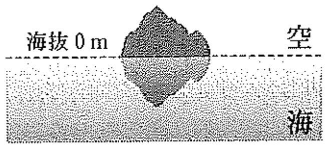


図 7

(5) 島と浜辺までの距離はおよそ何 m か，次の選択肢ア～クから選び記号で答えなさい。

ア．170 m　　イ．220 m　　ウ．280 m　　エ．380 m

オ．570 m　　カ．620 m　　キ．1150 m　　ク．1300 m

(6) この日，浜辺から島はどのように見えたか。考えられる風景を図 8 のア～クから選び記号で答えなさい。

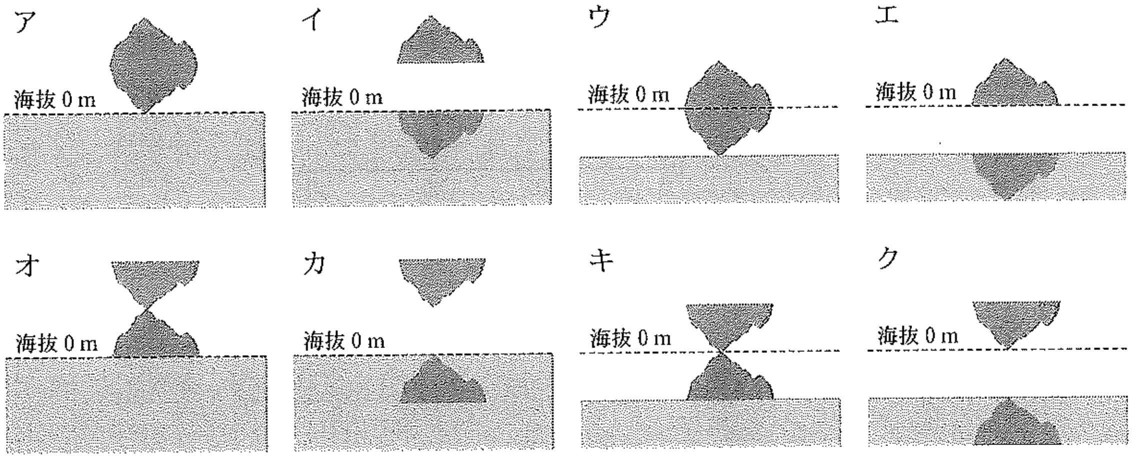


図 8