D－1

平成22年度入学者選抜学力検査問題

理　　科

物　理　1ページ～20ページ

化　学　21ページ～34ページ

生　物　35ページ～62ページ

地　学　63ページ～72ページ

注　意　事　項

1. この冊子は，監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら，解答用紙の上部の所定欄には受験番号，座席番号を，また，下部の所定欄には座席番号をそれぞれ必ず記入しなさい。その他の欄には記入してはいけません。
3. 選択科目として届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は，各学部・学科ごとに異なるので，各科目の最初にかいてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算，下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は，記入の有無にかかわらず，持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は持ち帰ってかまいません。
8. 落丁，乱丁，または印刷の不備なものがあったら申し出なさい。

物　　理

注　意　1. 志望学部・学科別により，以下に示す番号の問題に解答すること。

志望する学部・学科		解答する問題番号
教育学部	志望者のうち物理を選択する者	1　3　7
理学部	物理学科志望者	2　4　6　8
理学部	地球科学科志望者のうち物理を選択する者	1　3　5　7
医学部	志望者のうち物理を選択する者	2　4　6
工学部	志望者のうち物理を必須とされている者および選択する者	1　4　5　7
園芸学部	志望者のうち物理を選択する者	1　4　5
先進科学プログラム（方式Ⅱ）	物理学分野志望者	2　4　6　8
先進科学プログラム（方式Ⅱ）	物理化学分野志望者のうち物理を選択する者	2　4　6　8
先進科学プログラム（方式Ⅱ）	ナノサイエンス分野志望者のうち物理を選択する者	1　4　5　7

2. 解答はすべて所定の解答用紙に記入すること。

3. 問題文中に特に指示がない限り，結果のみを解答用紙の該当する欄に記入すること。

1 図1のように，水平面と30° の角度をなす滑らかな斜面上において，物体Aと物体Bをばねでつなぎ，物体Aを壁で支えて，物体Aと物体Bは静止した状態にある。物体Aと物体Bの質量はともにmで，重力加速度の大きさはgである。ばねの自然の長さはℓ_0で，ばね定数はkである。m，g，ℓ_0，kのうち必要な記号を用いて，以下の問いに答えなさい。ただし、空気抵抗および摩擦は無視できるものとする。

問1　物体Bが斜面から受ける垂直抗力Nを求めなさい。

問2　物体Aと物体Bが静止した状態における，ばねの長さℓ_1を求めなさい。

次に，図2のように質量mの物体Cと物体Bを糸でつなぎ，滑車を用いて，糸が張った状態で物体Cを支えた。糸の張力が0の状態から静かに物体Cの支えを外したところ，まず物体Cと物体Bが動き出し，その後に，物体Aも動いた。糸の伸縮はないものとし，以下の問いに答えなさい。

問3　物体Aが動き出す瞬間における，ばねの長さℓ_2を求めなさい。

問4　物体Cの支えを外してから，物体Aが動くまでの間における，物体Bの加速度αとばねの長さℓの関係式を求めなさい。

問5　物体Cの支えを外してから，物体Aが動くまでの間における，糸の張力Tとばねの長さℓ（$\ell_1 \leq \ell \leq \ell_2$）の関係をグラフに示しなさい。グラフには，ばねの長さがℓ_1とℓ_2のときにおける糸の張力Tの値も示しなさい。

問6　物体Cの支えを外してから，物体Aが動くまでの間に，糸の張力が物体Bになす仕事Wを求めなさい。

問7　物体Aが動き出す瞬間における，物体Cの速度vを求めなさい。

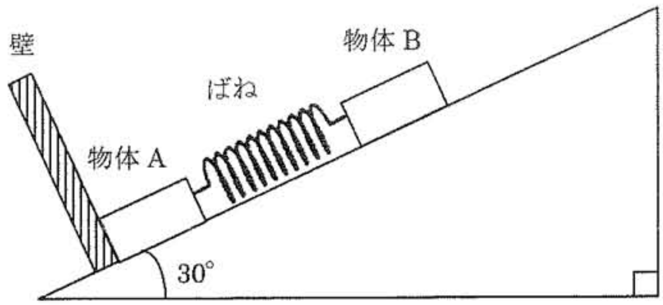


図 1

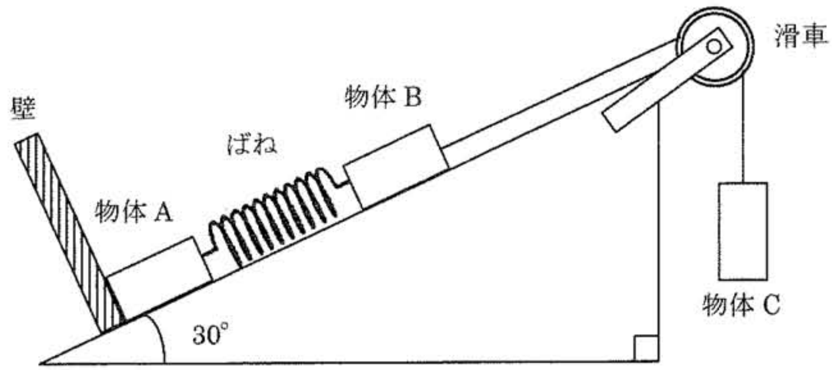


図 2

2 図1のように，表面に溝のある平らな板が水平に置かれている。ここで，溝の方向をx方向，溝の幅方向をy方向とし，溝の中央をy=0とする。溝はx方向にまっすぐで十分に長く，溝の幅は$2a$で，断面は半径rの円弧の形状になっている。ここで，rはaに比べて十分大きいとする。溝表面上の点はx-y平面に投影して(x, y)で表すとし，$(0, 0)$を点O，$(0, a/2)$を点A，$(\ell, a/2)$を点Bとする。溝の表面は滑らかで摩擦はなく，空気抵抗もないものとする。また，重力加速度の大きさをgとする。このとき，以下の問いに答えなさい。

問1　溝表面上の一点に小球を置き静かに放すと，図2のように小球はy方向に斜面に沿って角振動数ωで，単振動をした。この単振動の角振動数ωをr，a，gのうち必要な記号を用いて表しなさい。ここで，図2中のαについて$\sin\alpha \fallingdotseq \alpha$ の近似が成立するものとする。

問2　点Oに小球を置き，y方向に初速度v_0を与えてすべらせると，溝の斜面を上って点Aに達し，その後，点Oに戻っていった。このとき，点Oでの初速度v_0の大きさを，a，ω，gのうち必要な記号を用いて表しなさい。

問3　点Aに置かれた小球にx方向に初速度v_1を与えてすべらせると，y方向に振動しながらx方向に進んでいった。小球が最短の経路で点Bを通るような点Aでの初速度の大きさv_1を，a，g，ω，ℓのうち必要な記号を用いて表しなさい。

次に，この溝のある平らな板を，図3のように，y軸が水平でx軸の正方向が上方になるように傾けて固定した。xの正方向が水平面となす角度をθ($0<\theta<\pi/2$)とするとき，以下の問いに答えなさい。

問4　点Bに小球を置き静かに放すと，y方向に単振動しながら，xの負方向にすべっていった。y方向の振動の周期Tを，a，g，ℓ，ω，θのうち必要な記号を用いて表しなさい。

問５　点Bに置かれた小球を静かに放すと，小球は点Aを通過した。このようなθのうち，最も大きなものをθ_1とする。$\tan\theta_1$を，a，g，ω，ℓのうち必要な記号を用いて表しなさい。

問６　点Bに置かれた小球を静かに放すと小球は点Oを通過した。このようなθのうち，最も大きなものをθ_2とする。$\tan\theta_2$は，$\tan\theta_1$の何倍になるかを求めなさい。

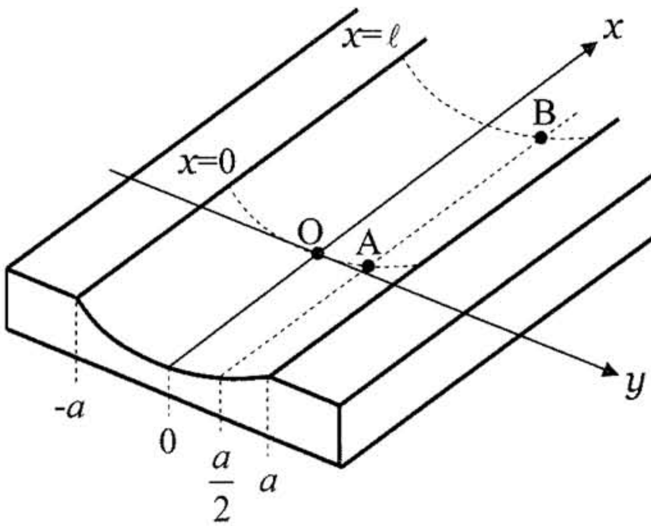


図　1

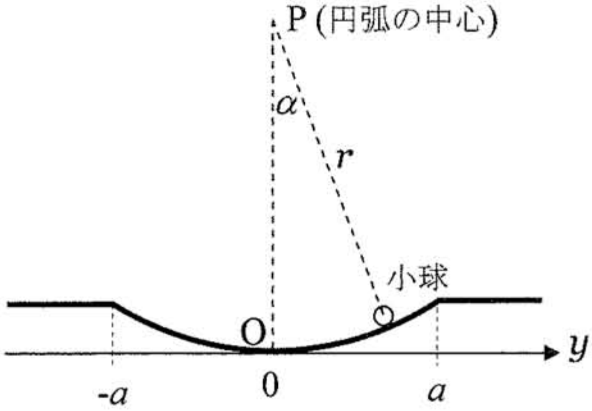


図 2

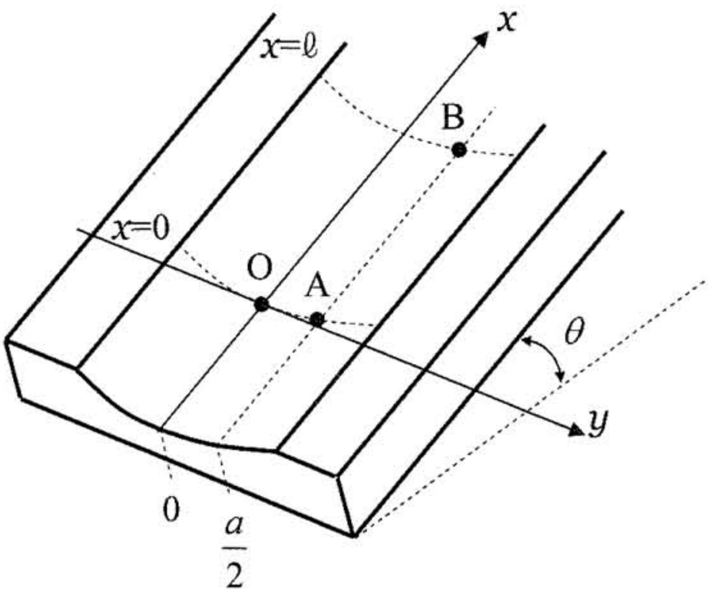


図 3

3 図1に示す非直線の電流電圧特性をもつ豆電球1，豆電球2を，図2のように直列に接続した回路について考える。

問1　図2の回路の両端の電流電圧特性として最も適切なものを図3の(ア)～(オ)から選んで，解答欄に答えなさい。

次に，図4に示す豆電球1と抵抗1，2，電池1，2からなる回路について考える。ただし，抵抗1，2の抵抗値はそれぞれR_1, R_2，電池1，2の起電力はそれぞれE_1, E_2であるとし，電池の内部抵抗は無視できるものとする。

問2　抵抗1，抵抗2，豆電球1に流れる電流をそれぞれI_1, I_2, I_3として，図4中のA点においてキルヒホッフの第1法則(電流に関する法則)の式を書きなさい。ただし，各電流の向きは図中の矢印の向きを正とする。

問3　豆電球1の両端の電圧をV_3として，電池1-抵抗1-豆電球1からなる経路1および電池2-抵抗2-豆電球1からなる経路2のそれぞれについてキルヒホッフの第2法則（電圧に関する法則）の式を書きなさい。ただし，電圧V_3の向きは図4中の矢印の向きを正とする。

問4　$R_1=R_2=4\ \Omega$, $E_1=6$ V, $E_2=4$ Vのとき，I_3とV_3の間に成立する関係式を求めなさい。

問5　問4で求めた関係式のグラフを解答用紙に記入し，I_3とV_3の値を求めなさい。

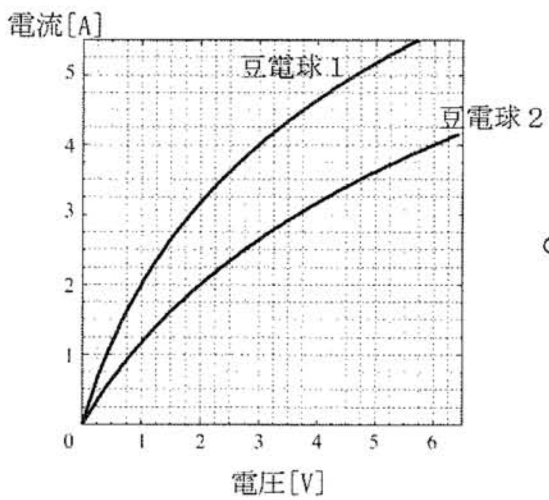


図 1

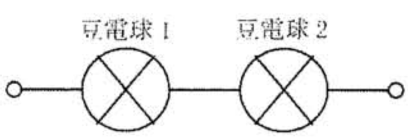


図 2

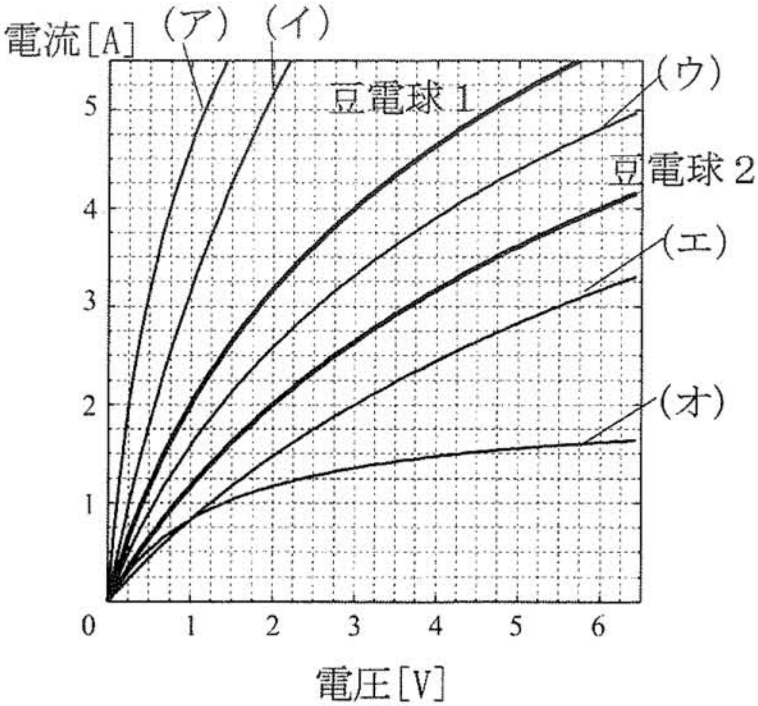

電流[A]
(ア)
(イ)
(ウ)
(エ)
(オ)
豆電球 1
豆電球 2
5
4
3
2
1
0
1
2
3
4
5
6
電圧[V]

図 3

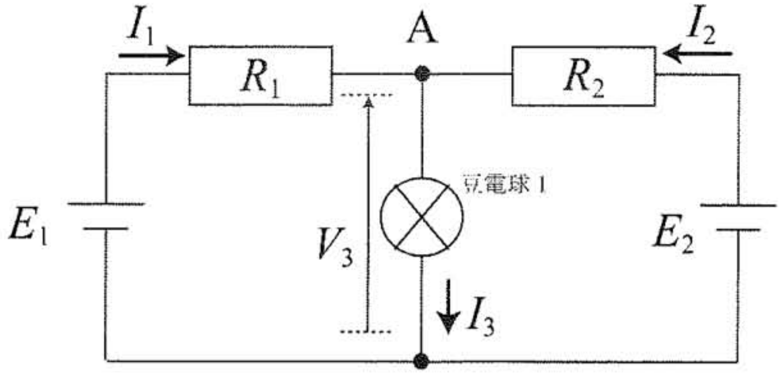

I_1
R_1
A
R_2
I_2
E_1
V_3
豆電球 1
E_2
I_3

図 4

4 静電場に関する以下の問いに答えなさい。ただし，静電気に関するクーロンの法則の比例定数を k_0 とし，無限遠の電位を 0 とする。また各問いに記される以外の電荷は存在しないものとする。

問１　電気量 Q の点電荷 A が真空中にある。ただし，Q は正とする。点電荷 A から距離 r だけ離れた点の電場の強さ E_1 と電位 V_1 を Q, r, k_0 を使って表しなさい。

問２　半径 a の導体球が真空中にあり，その表面に電気量 Q の正電荷が一様に分布している。導体球の中心を O とし，点 O から距離 r（$r>a$）だけ離れた点を P とする。点 P の電場の強さ E_2 と電位 V_2 および点 O の電位 V_O を Q，a，r，k_0 の中から必要な記号を用いて表しなさい。

問３　真空中において，ある半径 a の球面上に電気量がそれぞれ Q_1，Q_2，Q_3，…，Q_n の n 個の点電荷が配置されている。球中心の電位 V_O' を Q_1, Q_2, Q_3, …, Q_n, a，k_0 を使って表しなさい。

問４　電気量がそれぞれ Q_1，Q_2，Q_3，…，Q_n である n 個の点電荷が真空中に固定されており，このとき，点 R の電位は V_R であったとする。さらに，点 R から距離 r だけ離れた点に電気量 Q_0 の点電荷を置いたとき，点 R の電位は V_R' になった。V_R' を V_R，Q_0，Q_1，Q_2，Q_3，…，Q_n，r，k_0 の中から必要な記号を用いて表しなさい。

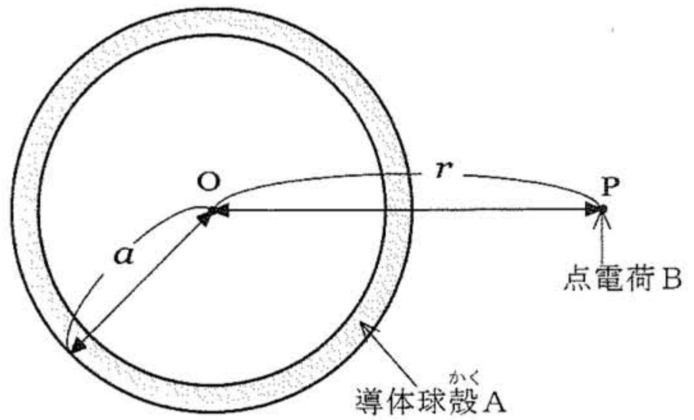
問５　問１～問４の結果を考慮して，図に示すような点電荷の近傍に置かれた導体球殻（かく）の電位を求めよう。以下の文中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{ケ}}$ に適切なものを，下に与えられた選択肢（a）～（k）の中から選び，解答欄にアルファベットで答えなさい。同じ選択肢を複数回使用してよい。また，空欄 $\boxed{\text{コ}}$ には与えられた記号を用いた適切な式を記入しなさい。

電荷を持たない半径 a の厚みを無視できる導体球殻A が真空中に固定されている。導体球殻A の中心 O から距離 r ($r>a$) だけ離れた点 P に電気量 Q の点電荷 B を置いた。ただし，Q は正とする。このとき，$\boxed{\text{ア}}$ 現象により導体球殻A の表面には電荷が誘導される。点電荷 B に近い導体球殻表面には $\boxed{\text{イ}}$ が，点電荷 B から遠い表面には $\boxed{\text{ウ}}$ が誘導されるが，電気量保存の法則により導体球殻A の正味の電荷は $\boxed{\text{エ}}$ となっている。導体球殻A を構成する導体内の電場は，導体球殻A に誘導された電荷と点電荷 B が作る電場を合成したものであるが，一般に導体内の電場は $\boxed{\text{オ}}$ であるから，導体球殻A の全ての点は $\boxed{\text{カ}}$ になる。この場合，$\boxed{\text{ウ}}$ と $\boxed{\text{イ}}$ を結ぶ電気力線は存在しない。なぜならば，そのような電気力線が存在すると仮定すると，導体球殻表面が $\boxed{\text{カ}}$ であることに矛盾する。従って，$\boxed{\text{ウ}}$ から出た電気力線は $\boxed{\text{キ}}$ まで行く。こうして、導体球殻A の電位は $\boxed{\text{ク}}$ であることが分かる。

次に，導体球殻 A が囲む空間内の電場について考えてみよう。 この場合，空間内には電荷は存在しないので，電場は存在しない。なぜならば，電場があるとするとその電気力線の始点と終点は導体球殻A の内面になり，導体球殻A が $\boxed{\text{カ}}$ であることに矛盾する。こうして，導体球殻A の内面には電荷は誘導されず，また導体球殻 A とそれが囲む空間内のすべての点は $\boxed{\text{カ}}$ であることが分かる。ここでは，導体球殻について考えたが，一般に導体で囲まれた空間の電場は外部の電場の影響を受けない。このような効果を $\boxed{\text{ケ}}$ という。したがって，導体球殻A が囲む空間内の任意の場所の電位は導体球殻 A の電位 V_A に等しい。導体球殻の中心 O の電位を考えると，この電位 V_A は Q，a，r，k_0 の中から必要な記号を用いて $\boxed{\text{コ}}$ と表せる。

〔選択肢〕

(a) 正	(b) 負	(c) 0	(d) 点電荷 B
(e) 無限遠	(f) 正の誘導電荷	(g) 負の誘導電荷	(h) 等電位
(i) 静電誘導	(j) 誘電分極	(k) 静電しゃへい	



図

5　図1のように，滑らかに動くピストンを備えた断面積Sのシリンダー内に，nモルの単原子分子の理想気体を閉じ込める。これらの分子（1分子の質量がm）はピストンやシリンダーと弾性衝突しているものとする。ピストンとシリンダーは熱容量を無視できる断熱材でできており，外部との熱のやりとりはない。図のように、ピストンの移動方向をx軸とし，分子はx軸方向，y軸方向，z軸方向の速度成分v_x，v_y，v_zをもち運動していると仮定する。また，N_{A}をアボガドロ数，Rを気体定数とする。

今，ピストンはシリンダーの左端から距離ℓの位置に固定されており，シリンダー内部の気体の絶対温度はT，体積は$V(=\ell S)$とする。ここで，分子同士の衝突はないと仮定する。以下の問いに与えられた記号を用いて答えなさい。

問1　1個の分子がピストンに衝突するときに壁が受け取る力積を求めなさい。

問2　時間tの間に1個の分子がピストンに衝突する回数の平均値を求めなさい。

問3　時間tの間にピストンが1個の分子から受ける力の平均値を求めなさい。

問4　ピストンが気体全体から受ける平均の力を求めなさい。ただし，v_xの大きさや向きは分子によってばらつきがあるが，すべての分子についてのv_x^2の平均値を$\overline{v_x^2}$とする。

問5　気体分子の速度の分布は方向に依存しないとし，分子の速度の2乗の平均値を$\overline{v^2}$とする。ピストンが気体分子から受ける圧力pと体積Vの積pVは$\overline{v^2}$に比例する。その比例係数を求めなさい。

問6　問5の結果は，巨視的な量pVが個々の分子の微視的な量で表されることを示している。また，平均運動エネルギーは絶対温度に比例することがわかる。その比例係数を求めなさい。

問7　理想気体の内部エネルギーは分子の運動エネルギーだけとなる。上の気体の内部エネルギーが$U=\frac{3}{2}nRT$となることを示しなさい。

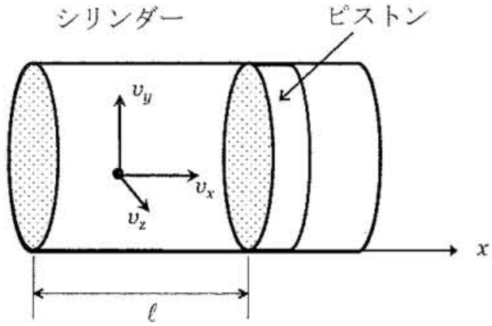


図1

6 図1のように，滑らかに動くピストンを備えた断面積 S のシリンダー内に，n モルの単原子分子の理想気体を閉じ込める。これらの分子（1分子の質量が m）はピストンやシリンダーと弾性衝突しているものとする。ピストンとシリンダーは熱容量を無視できる断熱材でできており，外部との熱のやりとりはない。図のように、ピストンの移動方向を x 軸とし，分子は x 軸方向，y 軸方向，z 軸方向の速度成分 v_x，v_y，v_z をもち運動していると仮定する。また，N_A をアボガドロ数，R を気体定数とする。

問1 ピストンはシリンダーの左端から距離 ℓ の位置に固定されており，シリンダー内部の気体の絶対温度は T，体積は $V(=\ell S)$ とする。ここで，分子同士の衝突はないと仮定する。以下の問いに与えられた記号を用いて答えなさい。

(1) 1個の分子がピストンに衝突するときに壁が受け取る力積を求めなさい。

(2) 時間 t の間に1個の分子がピストンに衝突する回数の平均値を求めなさい。

(3) 時間 t の間にピストンが1個の分子から受ける力の平均値を求めなさい。

(4) ピストンが気体全体から受ける平均の力を求めなさい。ただし，v_x の大きさや向きは分子によってばらつきがあるが，すべての分子についての v_x^2 の平均値を $\overline{v_x^2}$ とする。

(5) 気体分子の速度の分布は方向に依存しないとし，分子の速度の2乗の平均値を $\overline{v^2}$ とする。ピストンが気体分子から受ける圧力 p と体積 V の積 pV は $\overline{v^2}$ に比例する。その比例係数を求めなさい。

(6) (5) の結果は，巨視的な量 pV が個々の分子の微視的な量で表されることを示している。また，平均運動エネルギーは絶対温度に比例することがわかる。その比例係数を求めなさい。

(7) 理想気体の内部エネルギーは分子の運動エネルギーだけとなる。上の気体の内部エネルギーが $U=\frac{3}{2}nRT$ となることを示しなさい。

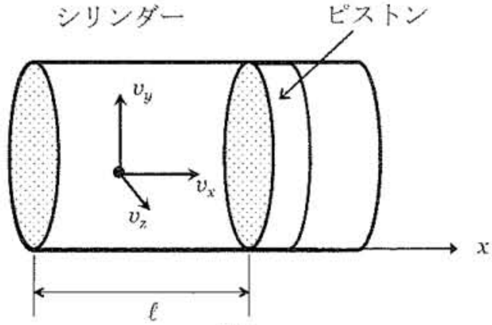


図1

問2 図2のように，ピストンを一定速度 v_p で x 軸の正方向へゆっくりと移動させる場合を考える。以下の問いに答えなさい。ここで，分子同士の衝突はないと仮定する。

(1) ピストンと衝突した後の分子速度の x 方向成分 v'_x を，v_x，v_p を用いて表しなさい。

(2) 1回の衝突による運動エネルギーの変化量は，$v_p \ll v_x$ の状況においては v_p に比例する。その比例係数を求めなさい。なお，$\alpha \ll 1$ のとき近似式 $(1-\alpha)^2 \approx 1-2\alpha$ が成立するとする。

(3) 時間 t の間にピストンが微小な距離 $\Delta x(\ll \ell)$ だけ移動したとする。この間に1個の分子がピストンに衝突する平均の回数は Δx に比例する。その比例係数を，v_x，v_p，ℓ を用いて表しなさい。

(4) 時間 t の間の1個の分子の運動エネルギーの変化量を，v_x，m，ℓ，Δx を用いて表しなさい。ただし，変化量は分子の運動エネルギーに比べて十分小さいとする。

(5) すべての分子についての v_x^2 の平均値を $\overline{v_x^2}$ とするとき，ピストンが Δx だけ移動することによる気体の内部エネルギーの変化量を求めなさい。

(6) ピストンが Δx 動いたときの体積変化を ΔV とするときの気体の温度変化 ΔT を，ΔV，T，V を用いて求めなさい。これまでは分子間の衝突を無視してきた。しかし実際には，分子間の衝突によって，分子の速度は各方向に平均化される。

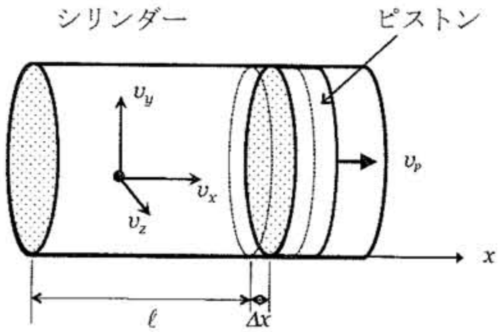


図2

7 屈折率 n_1 の媒質1と屈折率 n_2 の媒質2がある。ただし，$n_2 > n_1$ とする。

問1 図1に示すように，媒質1と媒質2の境界面A，Bは平行な平面で，その間隔は d とする。媒質1中での波長が λ の光を媒質1から境界面Aに垂直に入射した。入射光が境界面Aに到達したときの位相は揃っているものとする。以下の問いに答えなさい。

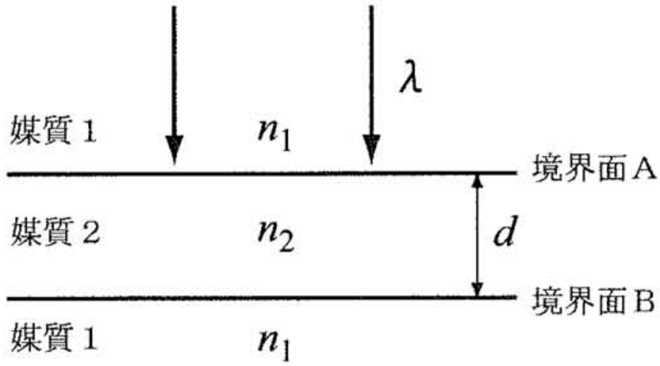


図1

(1) 媒質2中での波長 λ_2 を λ，n_1，n_2 を用いて表しなさい。

(2) 境界面Aで反射された光と境界面Bで1回反射された光が媒質1中で互いに強めあう条件を λ，n_1，n_2，d と0以上の整数 m を用いて表しなさい。

(3) 境界面AでもBでも反射されなかった透過光と，境界面Bと境界面Aで，この順に1回ずつ反射された透過光が互いに強めあった。波長 λ と n_1，n_2 を固定したとき，この条件を満たす最小の d の値 $d_{\min}$ を λ，n_1，n_2 を用いて表しなさい。ただし，$d > 0$ とする。

問2 図2のように，媒質1と媒質2が平らな面で接しており，この面以外に境界面は存在しないとする。媒質1と媒質2の境界面に立てた垂線と角度 θ_1 をなす方向から媒質1中での波長が λ の平行な光を入射させた。細い実線は入射波の波面を表す。以下の問いに答えなさい。

(1) 媒質1から媒質2に透過した光の進行方向と境界面に立てた垂線のなす角度を θ_2 とする。n_1，n_2，θ_1，θ_2 の間に成り立つ関係式を書きなさい。

(2) 境界面で反射された光と入射波が互いに強めあい，波の振幅が最大となる点のうち，境界面に一番近い点と境界面の距離（この点から境界面に下ろした垂線の長さ）h を，λ，θ_1 を用いて表しなさい。

◇M6(852—76)

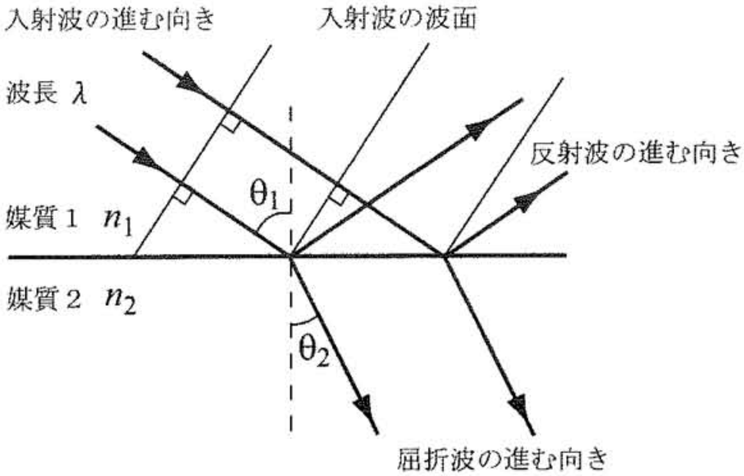


図 2

8 屈折率 n_1 の媒質 1 と屈折率 n_2 の媒質 2 がある。ただし，$n_2 > n_1$ とする。

問 1　図 1 に示すように，媒質 1 と媒質 2 の境界面 A，B は平行な平面で，その間隔は d とする。媒質 1 中での波長が λ の光を媒質 1 から境界面 A に垂直に入射した。入射光が境界面 A に到達したときの位相は揃っているものとする。以下の問いに答えなさい。

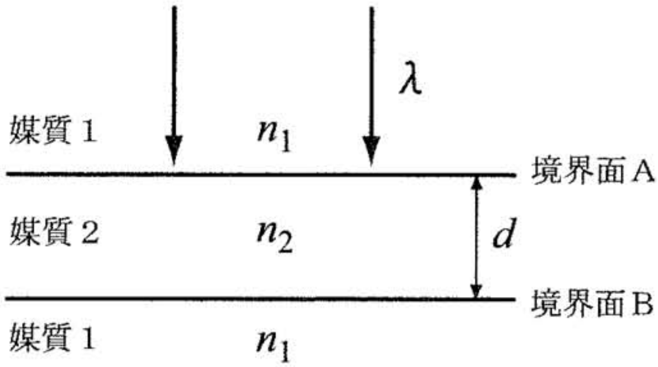


図 1

(1) 媒質 2 中での波長 λ_2 を λ，n_1，n_2 を用いて表しなさい。

(2) 境界面 A で反射された光と境界面 B で 1 回反射された光が媒質 1 中で互いに強めあう条件を λ，n_1，n_2，d と 0 以上の整数 m を用いて表しなさい。

(3) 境界面 A でも B でも反射されなかった透過光と，境界面 B と境界面 A で，この順に 1 回ずつ反射された透過光が互いに強めあった。波長 λ と n_1，n_2 を固定したとき，この条件を満たす最小の d の値 $d_{\min}$ を λ，n_1，n_2 を用いて表しなさい。ただし，$d > 0$ とする。

問 2　図 2 のように，媒質 1 と媒質 2 が平らな面で接しており，この面以外に境界面は存在しないとする。媒質 1 と媒質 2 の境界面に立てた垂線と角度 θ_1 をなす方向から媒質 1 中での波長が λ の平行な光を入射させた。細い実線は入射波の波面を表す。以下の問いに答えなさい。

(1) 媒質 1 から媒質 2 に透過した光の進行方向と境界面に立てた垂線のなす角度を θ_2 とする。n_1，n_2，θ_1，θ_2 の間に成り立つ関係式を書きなさい。

(2) 境界面で反射された光と入射波が互いに強めあい，波の振幅が最大となる点のうち，境界面に一番近い点と境界面の距離（この点から境界面に下ろした垂線の長さ）h を，λ，θ_1 を用いて表しなさい。

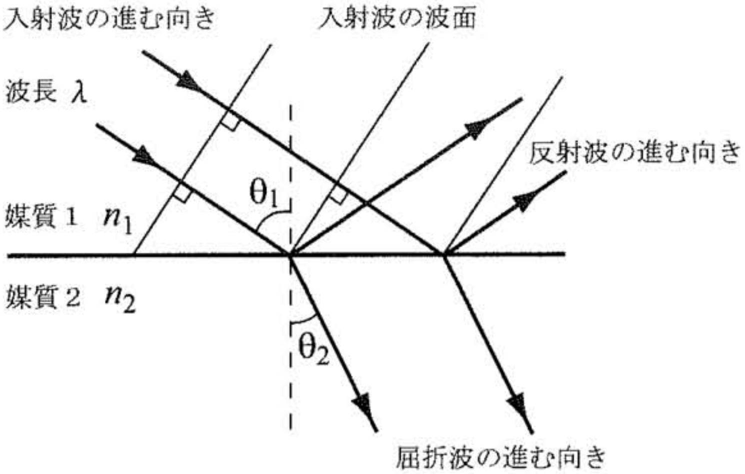


図 2

問 3　図 3 のように，媒質 1 と媒質 2 の境界面 A，B は平行な平面で，その間隔は d とする。媒質 1 中での波長が λ の位相の揃った光を細いスリット S に垂直に入射させる。スリットと境界面 A の距離を ℓ とする。境界面 A から距離 ℓ の位置に境界面 A に平行にスクリーンを置く。スリット S を通って境界面 A 上の点 P で反射された光と，スリットと境界面 A 上の点 O を通った後，境界面 B 上の点 Q で反射された光がスクリーン上の同じ点 R に到達した。以下の問いに答えなさい。

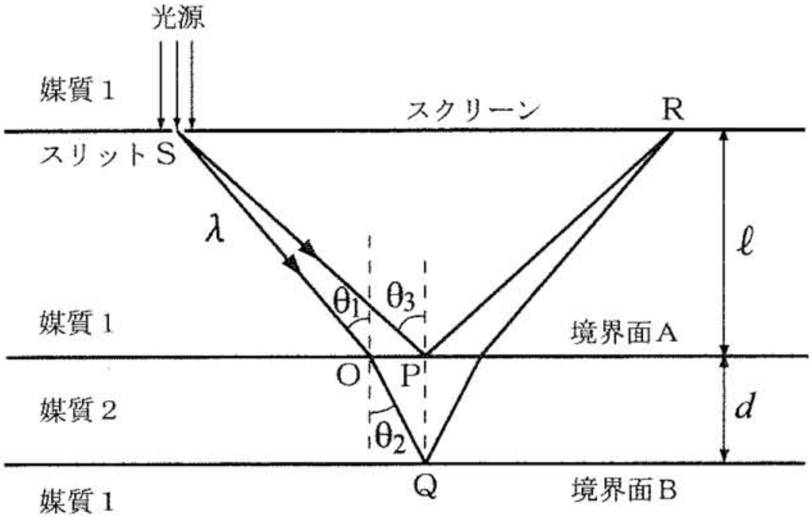


図 3

(1) スリットを通って境界面 A 上の点 O に入射する光が境界面に垂直な方向となす角度を θ_1，点 O を通って媒質 1 から媒質 2 に透過する光の進行方向と境界面 A に立てた垂線のなす角度を θ_2, SP と境界面 A に垂直な方向のなす角度を θ_3 とするとき，ℓ，d，θ_1，θ_2，θ_3 の間に成り立つ関係式を書きなさい。

(2) スクリーン上の点 R に到達したふたつの光が強めあう条件を λ，θ_1，θ_2，θ_3，ℓ，d と 0 以上の整数 m を用いて書きなさい。

(3) d が ℓ よりも十分小さいとき，$\theta_3 = \theta_1 + \alpha$ と置くと $|\alpha|$ は 1[rad] よりも十分小さい。α の近似値を θ_1，θ_2，d，ℓ を用いて表しなさい。必要があれば

$$\tan(\theta_1 + \alpha) \fallingdotseq \tan\theta_1 + \frac{\alpha}{\cos^2\theta_1}$$

を用いて良い。

(4) d が ℓ よりも十分小さいとき，スクリーン上の同じ点 R に到達した光が強めあう条件を λ，θ_2，n_1，n_2，d と 0 以上の整数 m を用いて表しなさい。必要があれば

$$\frac{1}{\cos(\theta_1 + \alpha)} \fallingdotseq \frac{1}{\cos\theta_1}(1 + \alpha\tan\theta_1)$$

を用いて良い。