D—1

平成20年度入学者選抜学力検査問題

理　科

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. 監督者から解答を始めるよう合図があったら，まず最初に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，各科目の最初に書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	$\boxed{1}$ $\boxed{8}$
理学部	物理学科志望者	$\boxed{1}$ $\boxed{3}$ $\boxed{7}$ $\boxed{8}$
理学部	地球科学科志望者のうち物理を選択する者	$\boxed{2}$ $\boxed{4}$ $\boxed{6}$ $\boxed{8}$
医学部	志望者のうち物理を選択する者	$\boxed{1}$ $\boxed{3}$ $\boxed{6}$
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	$\boxed{2}$ $\boxed{3}$ $\boxed{5}$ $\boxed{8}$
園芸学部	志望者のうち物理を選択する者	$\boxed{4}$ $\boxed{6}$ $\boxed{8}$
先進科学プログラム（方式Ⅱ）	物理学分野志望者	$\boxed{1}$ $\boxed{3}$ $\boxed{7}$ $\boxed{8}$
先進科学プログラム（方式Ⅱ）	ナノサイエンス分野志望者	物理 $\boxed{1}$ $\boxed{3}$ 化学 $\boxed{2}$ $\boxed{3}$ $\boxed{6}$ から2題を選択し解答

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。

$\boxed{1}$ 電流により生じる磁場についてコイルを用いて調べることを考えてみよう。以下の問いに答えなさい。なお，真空の透磁率を μ_0 とする。

問 1 以下の文中の空欄 $\boxed{\text{(ア)}}$ を図 1 中の記号 a〜d のうち適切なもので，空欄 $\boxed{\text{(イ)}}$ 〜 $\boxed{\text{(オ)}}$ を与えられた記号を用いた式で埋めなさい。

直線状の電線に電流 I が図 1 に示す向きに流れている。電線から距離 r にある点 P での磁場の向きは図中の矢印 $\boxed{\text{(ア)}}$ の方向，磁場の強さは $\boxed{\text{(イ)}}$ と表される。この磁場の強さを測定するために，巻き数 N，断面積 S の微小コイルを点 P に置いた。電流 I により生じる磁束は微小コイルの断面を垂直につらぬき，その磁束密度は微小コイル内部で一様としてよいものとすると，微小コイルをつらぬく磁束は $\boxed{\text{(ウ)}}$ である。ここで，電流 I が時間 Δt の間に ΔI だけ変化するとき，微小コイルをつらぬく磁束の変化量は $\boxed{\text{(エ)}}$ であるから，微小コイルに発生する誘導起電力の大きさは $\boxed{\text{(オ)}}$ と表される。

問 2 問 1 の電流 I が図 2 に示すように周期 T で変化しているときについて考える。

(1) 微小コイルに生じる誘導起電力の最大値 V_0 を，電流の最大値 I_0 と周期 T を用いて表しなさい。解答には計算の過程も簡潔に記しなさい。また，微小コイルに生じる電圧の時間変化を解答用紙のグラフに示しなさい。ただし，電流 I が増加しているときに微小コイルに生じる電圧の符号を負とする。

(2) 微小コイルに生じる電圧の最大値を以下の数値を用いて求めなさい。

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ N/A^2, $I_0 = 100$ A, $r = 10$ cm,

$N = 100$ 回, $S = 1.0$ cm^2, $T = 1.0 \times 10^{-2}$ s

(3) 微小コイルの内部に鉄しんを挿入したところ，微小コイルに生じる誘導起電力の大きさが増加した。その理由を答えなさい。

問 3　次に，図 1 の直線状の電線に直流電流 I_1 が流れているときについて考える。はじめ，微小コイルは点 P に置かれている。

(1)　点 P に置かれた微小コイルには誘導起電力が生じない。その理由を簡潔に答えなさい。

(2)　微小コイルを時間 Δt の間に，直線電流との距離 r の点 P から図 1 の b の方向に Δr だけ動かした。この移動で生じた微小コイル内部の磁束密度の変化 ΔB を求めなさい。ただし，電流により生じた磁束は微小コイルの断面を垂直につらぬいていたものとする。また，$\dfrac{\Delta r}{r}$ の値は 1 より十分小さいものとして，$\left(1+\dfrac{\Delta r}{r}\right)^{-1} \fallingdotseq 1-\dfrac{\Delta r}{r}$ と近似し，$(\Delta r)^2$ の項は無視してよい。なお，解答には計算の過程も簡潔に記しなさい。

(3)　前問(2)のとき，点 P における微小コイルの移動速度の大きさを v とする。点 P の位置でコイルに生じる誘導起電力の大きさを v を用いて表しなさい。

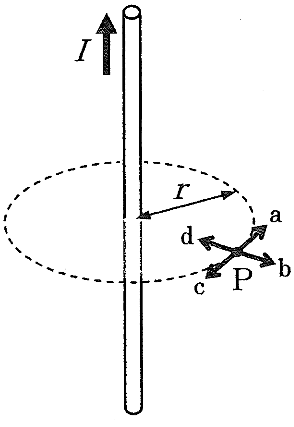


図 1

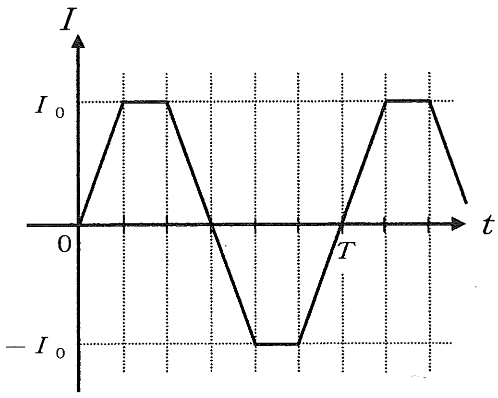


図 2

2 図1のように，鉛直上向き(紙面に垂直に裏から表向き，記号⊙)の磁束密度 B の一様な磁場中に，水平面上に間隔 ℓ で平行に置かれた2本の直線状の金属レール ab，cd がある。このレール上に，レールと直角に導体棒をのせた。この導体棒を右方向に一定の速さ v で動かしたときに生じる現象について考えよう。以下の問いに答えなさい。ただし，導体棒はレール上をなめらかに動くものとする。また，金属レールや導体棒の抵抗，およびレールや導体棒を流れる電流によって生じる磁場の影響は無視できるものとする。

問 1　ac 間の電位差を求めなさい。また，a と c のどちらの方が電位が高いかを，記号で答えなさい。

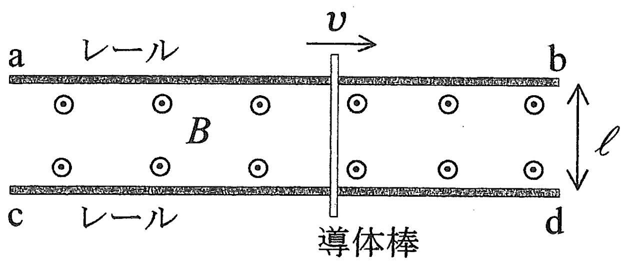


図1

次に，図2のように，ac 間に抵抗値が R の抵抗を接続して，導体棒を右方向に一定の速さ v で動かした。

問 2　抵抗を流れる電流の大きさを求めなさい。

問 3　導体棒を一定の速さ v で動かし続けるために，導体棒に外から加える力の大きさを求めなさい。また，その力がする単位時間あたりの仕事(仕事率)を求めなさい。

問 4　抵抗で単位時間あたりに発生するジュール熱を求めなさい。

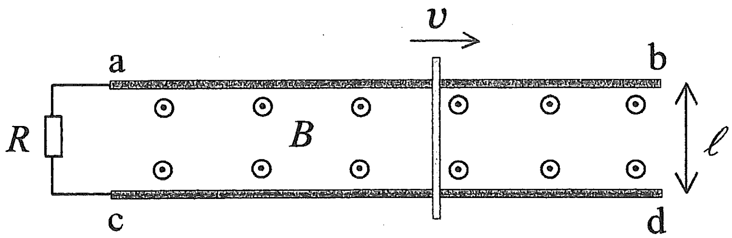


図 2

次に，図 3 のように，ac 間に抵抗をつないだまま，bd 間に抵抗値が $2R$ の抵抗を接続し，導体棒を右方向に一定の速さ v で動かした。

問 5　導体棒を一定の速さ v で動かし続けるために，導体棒に外から加える力の大きさを求めなさい。

問 6　bd 間に接続した抵抗で単位時間あたりに発生するジュール熱を求めなさい。

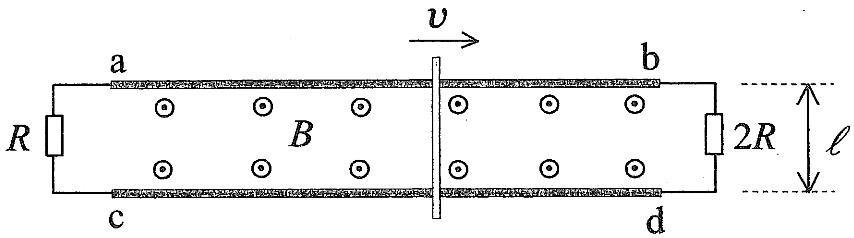


図 3

3 伸び縮みしない長さ 2ℓ の糸の一端にリングA，他端にリングBを結び，リングAとリングBの間をばねでつないで，図1のように床から鉛直に立てた細長い支柱に通してリングBを床の上に置いた。リングA，リングBは十分小さく，支柱のまわりをなめらかに運動できる。糸の中点に質量 m のおもりを取り付け，おもりを水平面内で等速円運動させたところ，リングAの床からの高さは一定となり，リングBは床から離れることはなかった。そのときの円運動の角速度を ω とする。以下の問いに答えなさい。ここで，重力加速度の大きさを g とする。ばねの自然の長さは ℓ_0 $(\ell < \ell_0 < 2\ell)$ で，ばね定数は k である。また，糸，ばね，リングの質量は無視でき，糸はからむことはなく，空気抵抗や摩擦も考えないものとする。

問 1　円運動の角速度 ω が小さいときには，図1のようにおもりとリングBを結ぶ糸がつねにたるんだ状態で，おもりが等速円運動をした。次の各問いに答えなさい。

(1)　おもりとリングAを結ぶ糸の張力を S_A，糸が鉛直線となす角を θ とする。S_A および $\cos\theta$ の値を，ω，m，g，ℓ のうち必要な記号を用いて表しなさい。

(2)　リングAの床からの高さ h を，ω，m，g，k，ℓ_0 のうち必要な記号を用いて表しなさい。

(3)　おもりとリングBを結ぶ糸がつねにたるんだ状態でおもりが円運動するためには，円運動の角速度 ω はある値 ω_0 より小さくなければならない。ω_0 の値を，m，g，k，ℓ_0 のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 2　円運動の角速度 ω が大きいときには，図2のようにおもりとリングBを結ぶ糸がつねに張った状態で，おもりが等速円運動をした。ここで，糸が鉛直線となす角を θ，おもりとリングAを結ぶ糸の張力を S_A，おもりとリングBを結ぶ糸の張力を S_B とする。おもりとリングA，リングBを頂点とする三角形は二等辺三角形であることに注意して，次の各問いに答えなさい。

(1) おもりとともに等速円運動をしている観測者から見たときの，おもりにはたらく力の水平方向と鉛直方向それぞれのつりあいの式を，ω，m，g，ℓ，$\sin\theta$，$\cos\theta$，S_A，S_B のうち必要な記号を用いて書きなさい。

(2) 糸の張力 S_A および S_B の大きさをそれぞれ，ω，m，g，ℓ，$\sin\theta$，$\cos\theta$ のうち必要な記号を用いて表しなさい。

(3) リングAの床からの高さ h を，ω，m，g，k，ℓ_0 のうち必要な記号を用いて表しなさい。

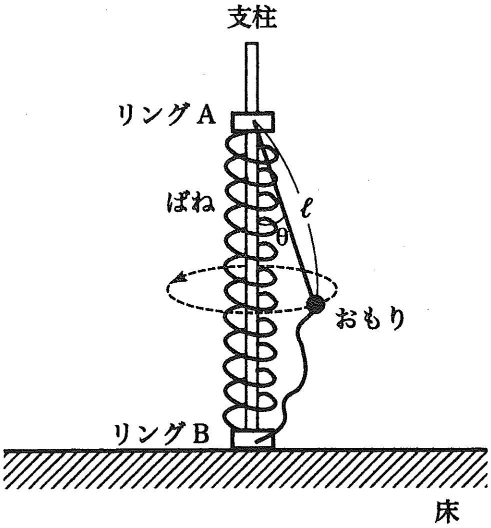


図1

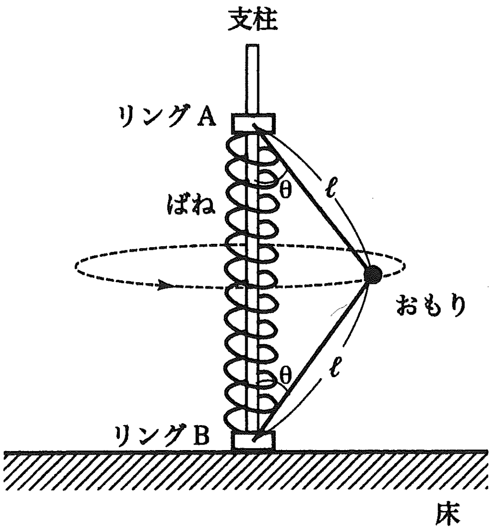


図2

4 地球のまわりにおける質量 m の物体の運動を考える。ここで，地球は半径 R，質量 M の球であると仮定する。地球の自転と物体にはたらく空気抵抗の影響は無視する。また，万有引力定数を G とし，万有引力による位置エネルギーは，無限遠方において 0 とする。以下の問いに答えなさい。解答では，G，M，m，R のうち必要な記号を用いて表すこと。

問 1　地上での重力加速度の大きさ g を求めなさい。

問 2　質量 m の物体を地上から水平に発射する。物体が地表面すれすれに等速円運動をするための発射速度の大きさ v_0 を求めなさい。さらに，この円運動の周期 T_0 を求めなさい。

問 3　質量 m の物体を地上から鉛直上方に，問 2 と同じ速度の大きさ v_0 で発射した。物体が到達する最高点の地上からの高さ h_0 を求めなさい。

問 4　質量 m の物体を地上から鉛直上方に発射した。物体が再び地上に戻ってこないようにするために必要な最小の発射速度の大きさ v_1 を求めなさい。

問 5　物体の運動エネルギーや位置エネルギーは円運動の半径にどのように依存するかを考えてみる。質量 m の物体が地球の中心から距離 kR の位置において地球のまわりを等速円運動している。ここで k は 1 より大きい定数である。このとき，物体の運動エネルギー K，万有引力による位置エネルギー U，およびその比 $\dfrac{K}{U}$ を求めなさい。解答は，G，M，m，R のほかに k を用いてもよい。

$\boxed{5}$ 質量 m の小球を静かに落下させて水平な床に衝突させると，小球は床ではねかえり，ある高さまで到達する。この現象について，以下の問いに答えなさい。ここで，小球と床の間の反発係数は e，重力加速度の大きさは g とする。

問 1　図1のように，床からの高さ H の点から小球を静かに落下させる。この場合についての次の文章を読み，$\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(オ)}}$ の空欄を与えられた記号を用いた式または数値で埋めなさい。

小球が落下しはじめてから床と衝突するまでに要する時間 T_1 は $\boxed{\text{(ア)}}$ であり，床と衝突する直前の小球の速さは $\boxed{\text{(イ)}}$ である。

小球が床に衝突した直後の小球の速さは $\boxed{\text{(ウ)}}$ である。小球が床に衝突した後，小球が到達する最高点の床からの高さは $\boxed{\text{(エ)}}$ である。小球が床に衝突してから最高点に達するまでに要する時間を T_1' とすると，$\dfrac{T_1'}{T_1}$ の値は $\boxed{\text{(オ)}}$ である。

問 2　図2のように，床からの高さ $2H$ の天井にぶら下げられた自然の長さ $1.5H$ のばねの下端に小球を取り付け，床からの高さ H の点から小球を静かに落下させる。この場合についての次の文章を読み，$\boxed{\text{(カ)}}$ ～ $\boxed{\text{(コ)}}$ の空欄を与えられた記号を用いた式または数値で埋めなさい。ただし，ばねの質量は無視できるものとする。

はじめに，図3のように，床がなく小球と床が衝突しない場合を考える。ばねの下端に小球を取り付けて静かにつるしたところ，ばねは $0.5H$ だけ伸びてつりあった。このばねのばね定数は $\boxed{\text{(カ)}}$ である。小球を上方に少し動かしてからはなすと，小球はつり合いの位置を中心として単振動する。その周期は $\boxed{\text{(キ)}}$ である。

次に，図2のように，小球を持ち上げ，床からの高さ H の点から静かに落下させる。小球が落下しはじめてから床と衝突するまでに要する時間 T_2 は $\boxed{\text{(ク)}}$ である。

小球が床に衝突した後，小球が到達する最高点の床からの高さは $\boxed{\text{(ケ)}}$ である。小球が床に衝突してから最高点に達するまでに要する時間を T_2' とすると，$\dfrac{T_2'}{T_2}$ の値は $\boxed{\text{(コ)}}$ である。

図 1

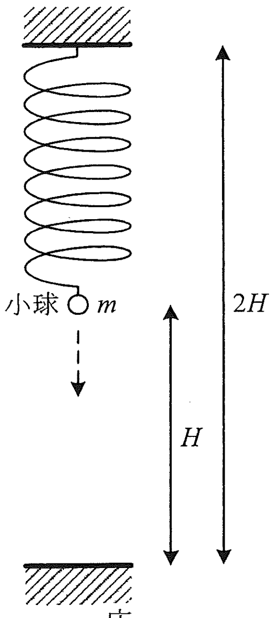


図 2

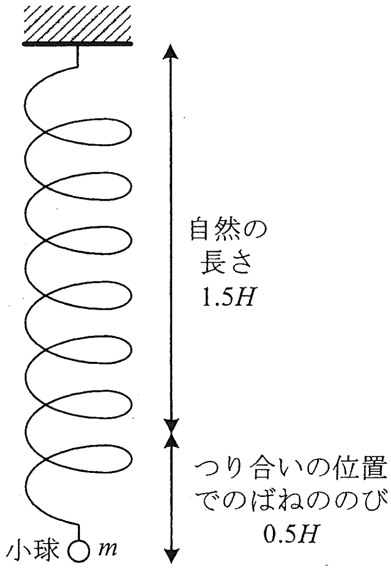


図 3

6 図1のように，紙面に垂直な2つの十分細いスリットP，Qをもつスリット板とスクリーンを，空気中に距離Lだけ離して平行に置き，スリット板の左から，波長λの位相のそろった平行な単色光をスリット板に垂直に入射した。すると，P，Qから出てくる光が干渉して，スクリーン上には等間隔な明暗の縞が観測された。以下の問いに答えなさい。ただし，P，Qの間隔を$2d$とし，PQの垂直二等分線がスクリーンと交わる点をOとする。dはLより十分小さい。また，空気の屈折率を1とする。

問1　点Oから紙面に沿って上向きに距離xだけ離れたスクリーン上の点Rでは，P，Qから出た光が強め合い，明線が観測された。xはLより十分小さい。

(1)　PからRまでの距離をs_1，QからRまでの距離をs_2とする。s_1，s_2それぞれを，L，y_1，y_2のうちから必要な記号を用いて表しなさい。ただし，$y_1 = \dfrac{x-d}{L}$，$y_2 = \dfrac{x+d}{L}$とする。

(2)　距離の差$s_2 - s_1$を，L，d，xを用いて表しなさい。ただし，yが1より十分小さい時，$\sqrt{1+y^2} \fallingdotseq 1 + \dfrac{y^2}{2}$と近似できることを用いること。

(3)　スクリーン上の点O付近にできる隣り合う明線と明線の間隔Dを，L，d，λを用いて表しなさい。

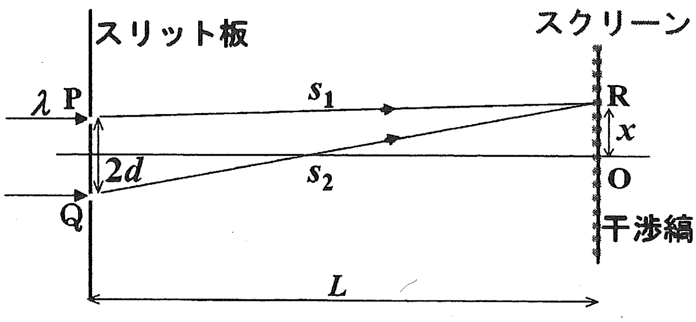


図1

問 2　図2のように，スリットQの前に，表面が平らで反射がない厚さℓ，屈折率n(ただし$n>1$)の透明なガラス板を，スリット板に平行に入れた。この時，スクリーンで観測される明暗の縞の位置はガラス板を入れる前と同じであった。ガラス板の厚さℓを，n，λを用いて表しなさい。必要なら，整数を表す記号としてmを用いてよい。

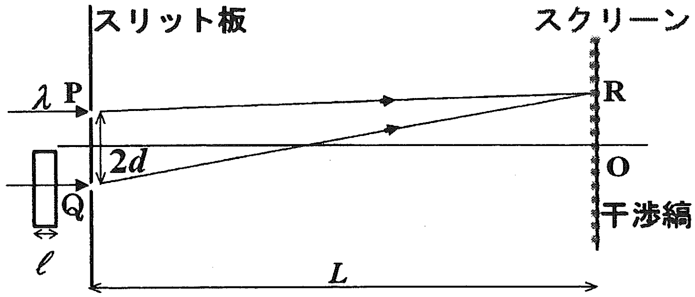


図2

7 図1のように，紙面に垂直な2つの十分細いスリットP，Qをもつスリット板とスクリーンを，空気中に距離Lだけ離して平行に置き，スリット板の左から，波長λの位相のそろった平行な単色光をスリット板に垂直に入射した。すると，P，Qから出てくる光が干渉して，スクリーン上には等間隔な明暗の縞が観測された。以下の問いに答えなさい。ただし，P，Qの間隔を$2d$とし，PQの垂直二等分線がスクリーンと交わる点をOとする。dはLより十分小さい。また，空気の屈折率を1とする。

問1 点Oから紙面に沿って上向きに距離xだけ離れたスクリーン上の点Rでは，P，Qから出た光が強め合い，明線が観測された。xはLより十分小さい。

(1) PからRまでの距離をs_1，QからRまでの距離をs_2とする。s_1，s_2それぞれを，L，y_1，y_2のうちから必要な記号を用いて表しなさい。ただし，$y_1 = \dfrac{x-d}{L}$，$y_2 = \dfrac{x+d}{L}$とする。

(2) 距離の差$s_2 - s_1$を，L，d，xを用いて表しなさい。ただし，yが1より十分小さい時，$\sqrt{1+y^2} \fallingdotseq 1 + \dfrac{y^2}{2}$と近似できることを用いること。

(3) スクリーン上の点O付近にできる隣り合う明線と明線の間隔Dを，L，d，λを用いて表しなさい。

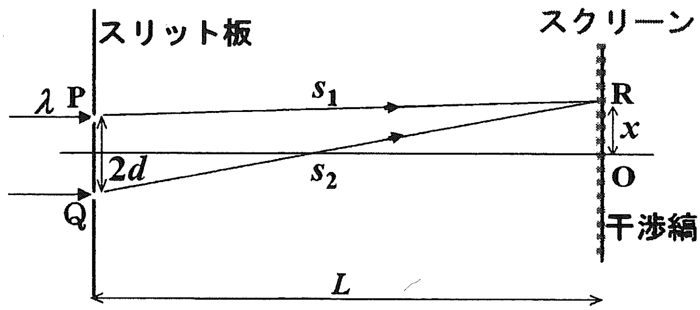


図1

問 2　図2のように，スリットQの前に，表面が平らで反射がない厚さℓ，屈折率n(ただし$n>1$)の透明なガラス板を，スリット板に平行に入れた。この時，スクリーンで観測される明暗の縞の位置はガラス板を入れる前と同じであった。ガラス板の厚さℓを，n，λを用いて表しなさい。必要なら，整数を表す記号としてmを用いてよい。

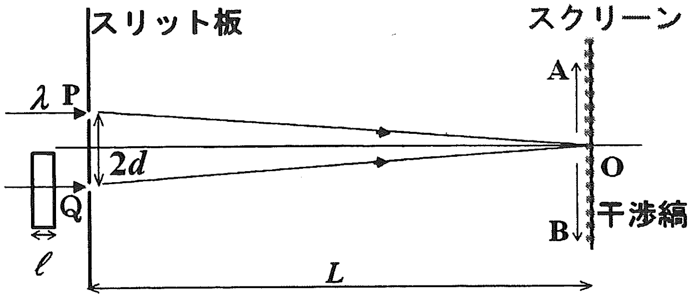


図2

問 3　問2の結果だけでは，ガラス板の厚さℓを一意的に決められない。そこで，厚さℓを求めるために，入射光の波長を少しずつ大きくしていった。波長がλの時，点Oでは明線が観測された。入射光の波長が大きくなるにつれて，点Oのところで観測された明線はスクリーンにそって少しずつ動き，点Oで観測される光はしだいに暗くなった。さらに入射光の波長を大きくしていくと，点Oで観測される光は明るくなり始め，波長が$\lambda+\Delta\lambda$になったところで，点Oで再び明線が観測された。ここでは，ガラス板の屈折率は波長によらないとする。

(1)　波長が大きくなるにつれて，点Oのところで観測される明線が動いた向きは，図2に示す矢印A，Bのどちらか答えなさい。また，その理由を簡潔に述べなさい。

(2)　波長が$\lambda+\Delta\lambda$になった時に点O付近にできる隣り合う明線と明線の間隔D'を，L，d，λ，$\Delta\lambda$を用いて表しなさい。

(3)　ガラス板の厚さℓを，n，λ，$\Delta\lambda$を用いて表しなさい。

8 図のように，なめ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，1モルの単原子分子の理想気体Gを入れる。シリンダー内部にはヒーターがあり，閉じこめられた気体を加熱できる。ピストンとシリンダーは熱容量の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。ピストンにはばね定数kのばねが付いており，ばねの他端はシリンダーに固定されている。また，ピストンの右面は一定の圧力P_0の外気に接している。最初，ピストンの左面はシリンダーの左端から距離hの位置にあり，ばねは自然の長さになっていた。

理想気体Gをヒーターでゆっくり加熱すると，図の点線のように，ピストンが距離hの位置から右へ距離d移動した。気体定数をRとして，以下の問いに答えなさい。解答は，P_0，h，S，R，dおよびkのうち必要な記号を用いて表すこと。

問 1　最初，ピストンが距離hの位置にあるとき，理想気体Gの圧力は外気と同じ圧力P_0である。この時の気体Gの絶対温度Tを求めなさい。

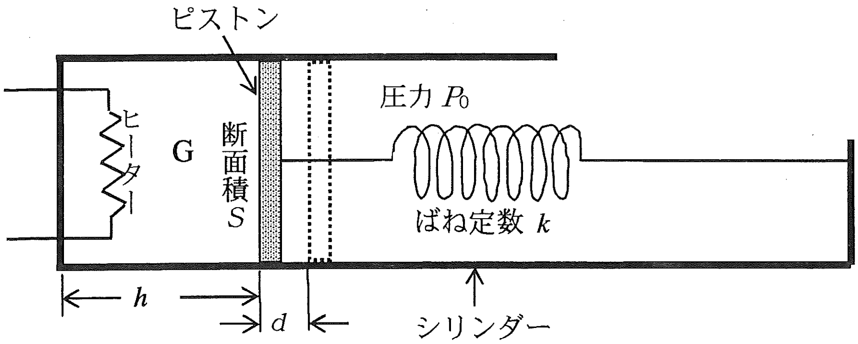
問 2　加熱後の理想気体Gの圧力Pを求めなさい。

問 3　加熱による理想気体Gの温度上昇ΔTを求めなさい。

問 4　加熱による理想気体Gの内部エネルギーの増加ΔUを求めなさい。

問 5　ピストンが距離d移動する過程で，理想気体Gが外部に対しておこなう仕事Wを求めなさい。

問 6　加熱により理想気体Gがヒーターから受け取った熱量Qを求めなさい。



図