3限

選択科目

（医　学　部）

― 2月2日 ―

物　理
化　学
生　物
この中から1科目を選択して解答しなさい。

科　目	問題のページ
物　理	2 ～ 8
化　学	9 ～ 16
生　物	17 ～ 26

選択した科目の解答用紙をビニール袋から取り出し，解答はすべて選択した科目の解答用紙に記入して提出しなさい。

メモ

物　理

1

図のように質量$2m$のおもりと質量mのおもりが，ばね定数kの質量が無視できるばねにつながれて，なめらかで水平な床の上に静止していた。2つのおもりとばねを1つの系と考える。2つのおもりの振動に際して，系の重心の左右にあるばねは独立した2つのばねと見なすことができる。次の各問いに答えなさい。

(1)　重心の左側にあるばねのばね定数をkを用いて答えなさい。

(2)　両端のおもりを引っ張った状態で静止させることで，ばね全体を大きさfの力で引き伸ばしたとする。このとき重心の左側にあるばねがどれだけ伸びるかをf，kを用いて答えなさい。

図のばねにつながれた両端のおもりを引っ張った状態で静止させ，左右同時に手をはなしたところ，両端のおもりは単振動をはじめたが，重心は静止したままだった。

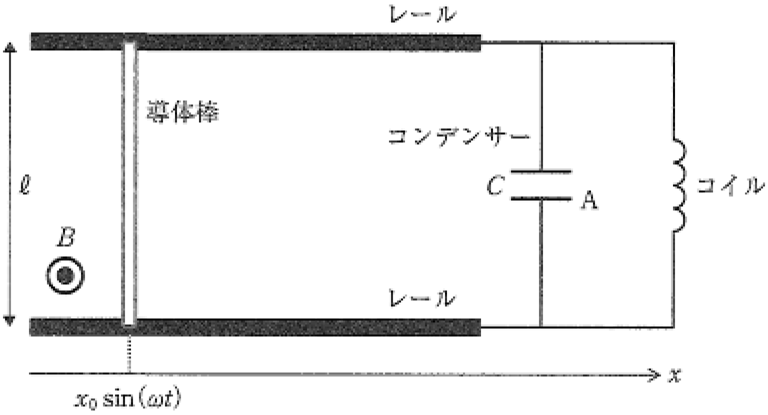
(3)　右側のおもりの単振動の角振動数をk，mを用いて答えなさい。

図のばねにつながれた両端のおもりを引っ張った状態で静止させ，左右同時に手をはなした時刻を$t=0$とする。このとき，ばね全体の伸びがdであったとする。

(4)　重心の左側にあるばねから重心にはたらく力の大きさの最大値をk，dを用いて答えなさい。

(5)　時刻$t>0$でばね全体が自然長になるときがある。この時刻における2つのおもりの速度差の大きさをk，m，dを用いて答えなさい。

2



図のようにx軸をとり，紙面の裏から表向きに磁束密度の大きさがB〔T〕の一様で一定な磁場が存在している。この空間中に，導体でできた２本の充分長いレールが距離ℓ〔m〕だけ隔てられて，x軸と平行に紙面内に置かれている。２本のレールには電気容量C〔F〕のコンデンサーと，ある自己インダクタンスを持ったコイルが図のように接続されている。また２本のレールの上には，長さℓ〔m〕，質量m〔kg〕の導体棒が乗っており，導体棒はレールに対して常に垂直を保ちながら，x軸と平行な方向のみになめらかに動くことができる。導体棒はx軸と平行な方向に常に単振動しており，時刻t〔s〕における導体棒の位置のx座標は$x = x_0\sin(\omega t)$〔m〕で与えられる。x_0〔m〕，ω〔rad/s〕は時間に依存しない正の定数である。このとき，次の各問いに答えなさい。ただし，レールと導体棒の太さ，コイル以外の部分を流れる電流によって生じる磁場，回路のあらゆる部分の電気抵抗は無視できるものとする。また，導体棒はレールから外れず紙面内を運動し，コンデンサーやコイルに衝突することはなく常にコンデンサーやコイルから充分離れており，さらに紙面内において導体棒にはたらく力は導体棒に流れる電流が磁束密度の大きさがBの磁場から受ける力のみであるとする。

(1)　導体棒の加速度の大きさの最大値〔m/s^2〕を求めなさい。

(2)　導体棒の両端に生じる電位差の大きさの最大値〔V〕を求めなさい。

(3)　時刻t〔s〕において，図中のコンデンサーの極板Aに流れこむ電流は以下の説明文のように考えることで求めることができる。説明文中の$\boxed{\text{空欄}}$に当てはまる数式を求めなさい。ただし，三つの空欄には同じ数式が当てはまる。また，必要であれば，

$$\sin(\alpha\pm\beta) = \sin\alpha\cos\beta\pm\cos\alpha\sin\beta \quad \text{（複号同順），}$$
$$\cos(\alpha\pm\beta) = \cos\alpha\cos\beta\mp\sin\alpha\sin\beta \quad \text{（複号同順）}$$

を用いてもよい。

物　　理

〔説明文始まり〕

時刻 t〔s〕から微小時間 Δt〔s〕だけ経った時刻 $t+\Delta t$ を考える。時刻 $t+\Delta t$ のときに極板 A に蓄えられている電荷量から時刻 t のときに極板 A に蓄えられている電荷量を引くと，$\boxed{\text{空欄}}$ $\times(-\sin(\omega t))\Delta t$〔C〕となる。ただし，$|\omega\Delta t| \ll 1$ であるので，$\cos(\omega\Delta t) \fallingdotseq 1$，$\sin(\omega\Delta t) \fallingdotseq \omega\Delta t$ を用いた。また，$\boxed{\text{空欄}}$〔A〕は微小時間 Δt を含まない数式である。極板 A に流れこむ電流は，微小時間 Δt の間に極板 A に蓄えられている電荷量の変化量を微小時間 Δt で割ることで得られる。従って，時刻 t において，極板 A に流れこむ電流は $\boxed{\text{空欄}}$ $\times(-\sin(\omega t))$〔A〕となる。ただし，極板 A に流れこむ向きを電流の正の向き，極板 A から流れ出る向きを電流の負の向きとした。

〔説明文終わり〕

(4)　コイルに流れる電流の大きさの最大値〔A〕を求めなさい。

(5)　コイルの自己インダクタンス〔H〕を求めなさい。

3　図1のように，空気中で2枚の平面ガラスを重ねて一端に薄い紙をはさみ，鉛直上方から波長λ〔m〕の光を当てた。下の平面ガラスは水平に保たれている。2枚の平面ガラスが接している点Oから紙までの距離をL〔m〕，紙の厚さをD〔m〕，空気の屈折率を1とする。また，点Oを原点として，点Oから水平方向にx軸をとる。次の各問いについて，それぞれの解答群の中から最も適切なものを1つ選び，解答欄の記号にマークしなさい。

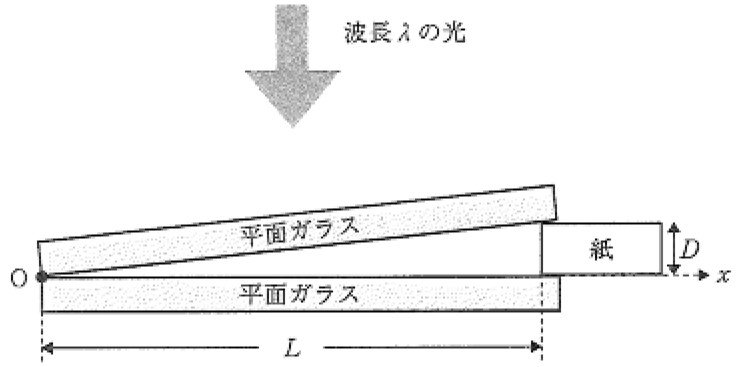


図1

(1)　上の平面ガラスを上から見ると，上の平面ガラスの下面における反射光と下の平面ガラスの上面における反射光の干渉により，等間隔の明暗の縞模様が見えた。このときの隣り合う明線の間隔〔m〕を求めなさい。

(2)　下の平面ガラスを下から見ると，上の平面ガラスと下の平面ガラスをまっすぐに透過した光と，下の平面ガラスの上面で反射した後で上の平面ガラスの下面で反射してから下の平面ガラスを透過した光との干渉により，等間隔の明暗の縞模様が見えた。このとき，原点から数えてm番目の明線の位置〔m〕を求めなさい。

次に，図2のように上の平面ガラスと紙は固定したまま，下の平面ガラスを水平に保ちながら鉛直下方にわずかに移動させてから固定した。上の平面ガラスを上から見ると，下の平面ガラスを移動させる前にはx軸上のある位置にあった明線が，下の平面ガラスを移動した後には，もとの位置からx軸方向に距離a〔m〕だけ移動していた。

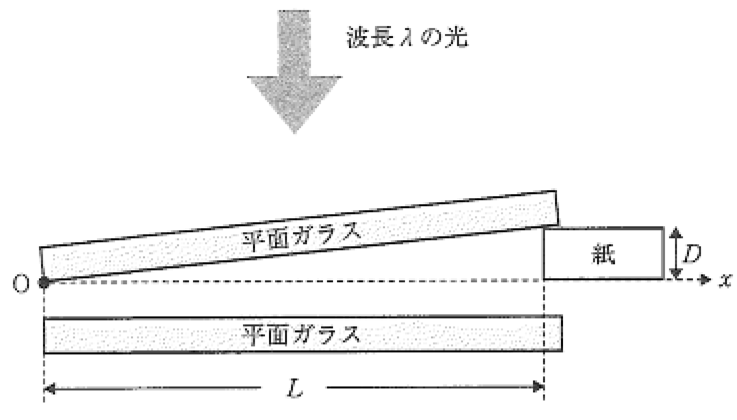


図2

(3)　下の平面ガラスの移動距離〔m〕を求めなさい。

(4) 下の平面ガラスの移動後に，上の平面ガラスを上から見たときの，隣り合う明線の間隔〔m〕を求めなさい。

最後に，図３のように下の平面ガラスと紙は固定したまま，上の平面ガラスを反時計回りにわずかに回転させた。点Ａと点Ｂはそれぞれ上の平面ガラスの左端と右端であり，点Ｍは回転の中心である。

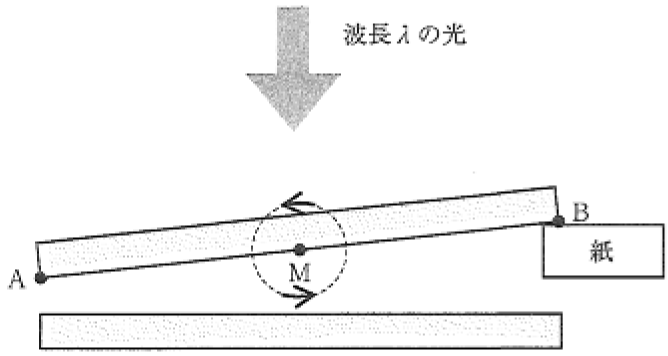


図３

(5) 回転中に上の平面ガラスの上から明暗の縞模様を観察すると，どのように見えるか。

〔解答群〕

(1) ア．$\frac{\lambda L}{4D}$　イ．$\frac{\lambda L}{2D}$　ウ．$\frac{\lambda L}{D}$　エ．$\frac{2\lambda L}{D}$　オ．$\frac{4\lambda L}{D}$

(2) ア．$\frac{m\lambda L}{4D}$　イ．$\frac{m\lambda L}{2D}$　ウ．$\frac{m\lambda L}{D}$　エ．$\frac{2m\lambda L}{D}$　オ．$\frac{4m\lambda L}{D}$

(3) ア．$\frac{aD}{4L}$　イ．$\frac{aD}{2L}$　ウ．$\frac{aD}{L}$　エ．$\frac{2aD}{L}$　オ．$\frac{4aD}{L}$

(4) ア．$\frac{\lambda L}{4D}$　イ．$\frac{\lambda L}{2D}$　ウ．$\frac{\lambda L}{D}$　エ．$\frac{2\lambda L}{D}$　オ．$\frac{4\lambda L}{D}$

(5) ア．明線と暗線は動かず，どちらも明るさが変化する。
　イ．AM 間の明線と MB 間の明線が，ともにＡの方に動く。
　ウ．AM 間の明線と MB 間の明線が，ともにＢの方に動く。
　エ．AM 間の明線はＡの方に，MB 間の明線はＢの方に動く。
　オ．AM 間の明線はＢの方に，MB 間の明線はＡの方に動く。

4 なめらかに動くピストンのついた円筒状の容器（断面積 S〔m^2〕）が大気中に水平に置かれている。円筒状の容器・ピストンは断熱材で出来ており，ピストンはばね定数 k〔N/m〕の軽いばねで図のように容器とつながれている。ばねの向きは円筒の軸と平行である。容器の内部には，1 mol の単原子分子理想気体と，体積・比熱が無視できる温度調節器が閉じ込められている。大気圧を P〔Pa〕，気体定数を R〔J/(mol・K)〕とする。次の各問いについて，それぞれの解答群の中から最も適切なものを1つ選び，解答欄の記号にマークしなさい。

はじめ，ばねは自然長であり，ピストンは左側の壁から L〔m〕の場所に静止していた。この状態を状態Aとする。

(1) 状態Aにおける気体の温度〔K〕を求めなさい。

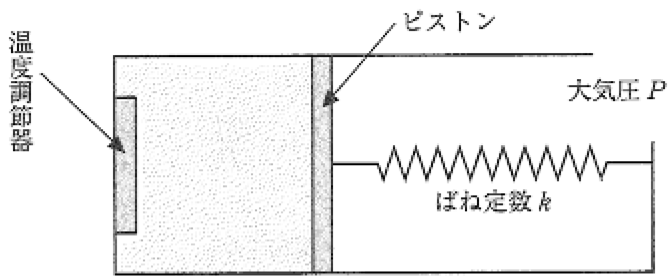
温度調節器を用いて気体をゆっくりと温めたところ，ばねが L〔m〕だけ縮んだところでピストンが静止した。この状態を状態Bとする。

(2) 状態Bにおける気体の圧力〔Pa〕を求めなさい。

(3) 状態Bにおける気体の温度〔K〕を求めなさい。

(4) 状態Aから状態Bに変化する過程で，気体が外部にした仕事〔J〕を求めなさい。

(5) 状態Aから状態Bに変化する過程で，気体が受け取った熱量〔J〕を求めなさい。



物　　理

〔解答群〕

(1) ア．$\dfrac{PSL}{2R}$　イ．$\dfrac{PSL}{R}$　ウ．$\dfrac{2PSL}{R}$　エ．$\dfrac{2R}{PSL}$　オ．$\dfrac{R}{PSL}$　カ．$\dfrac{R}{2PSL}$

(2) ア．$P+\dfrac{kL}{S}$　イ．P　ウ．$P-\dfrac{kL}{S}$　エ．$2P$　オ．$P+\dfrac{kS}{L^3}$　カ．$P-\dfrac{kS}{L^3}$

(3) ア．$\dfrac{PSL}{R}$　イ．$\dfrac{2PSL}{R}$　ウ．$\dfrac{2PSL}{R}+\dfrac{2kL^2}{R}$　エ．$\dfrac{2PSL}{R}-\dfrac{2kL^2}{R}$　オ．$\dfrac{2PSL}{R}+\dfrac{kL^2}{R}$

カ．$\dfrac{2PSL}{R}-\dfrac{kL^2}{R}$

(4) ア．$\dfrac{1}{2}PSL+\dfrac{1}{2}kL^2$　イ．$\dfrac{1}{2}PSL+2kL^2$　ウ．$\dfrac{1}{2}PSL+\dfrac{7}{2}kL^2$

エ．$PSL+\dfrac{1}{2}kL^2$　オ．$PSL+2kL^2$　カ．$PSL+\dfrac{7}{2}kL^2$

(5) ア．$\dfrac{3}{2}PSL+\dfrac{1}{2}kL^2$　イ．$\dfrac{3}{2}PSL+2kL^2$　ウ．$\dfrac{3}{2}PSL+\dfrac{7}{2}kL^2$

エ．$\dfrac{5}{2}PSL+\dfrac{1}{2}kL^2$　オ．$\dfrac{5}{2}PSL+2kL^2$　カ．$\dfrac{5}{2}PSL+\dfrac{7}{2}kL^2$