富山大学

前期日程

科目	**物　　理**

理学部・医学部・薬学部・工学部・都市デザイン学部

注　　意

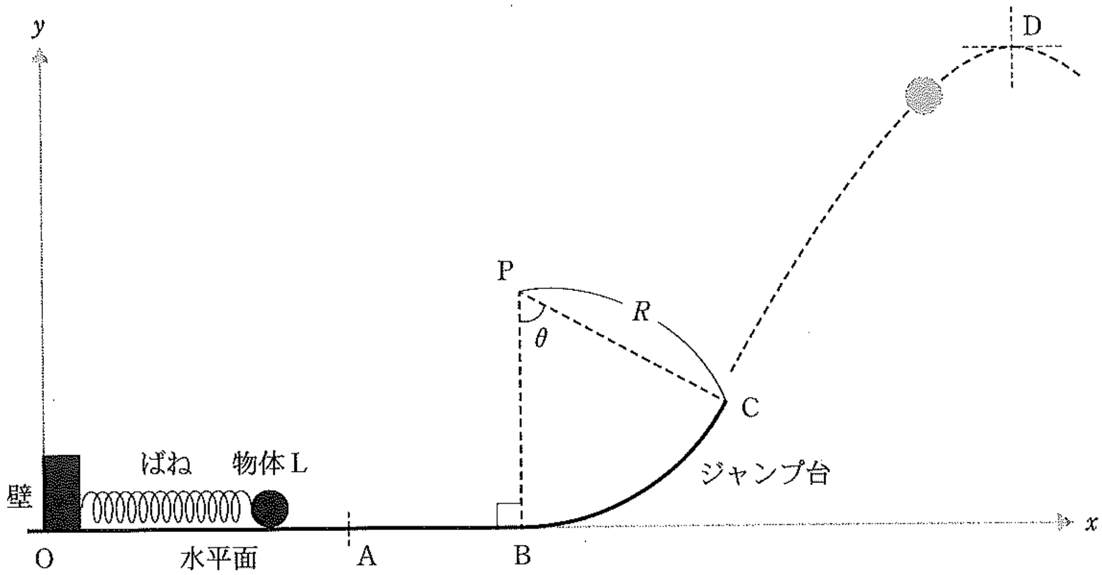
1. 開始の合図があるまで，この冊子を開いてはいけない。
2. 問題は1ページから8ページにわたっている。解答用紙は3枚，下書用紙は3枚で，問題冊子とは別になっている。これらが不備な場合は，直ちにその旨を監督者に申し出ること。
3. **解答は，すべて解答用紙の所定の欄に記入すること。**
   指定された解答用紙以外に記入した解答は，評価(採点)の対象としない。
4. すべての解答用紙の上部の欄に，**志望学部と受験番号(2か所)**を記入すること。
5. 試験終了後，問題冊子・下書用紙とも，持ち帰ること。

実施年月日
30. 2. 25
富山大学

1 物体の運動について次の文章を読み，下の問いに答えよ。ただし，物体の大きさは無視できる。

(1) 質量 m_L の物体Lが速さ(速度の大きさ) u で進んでいる。このとき，物体Lから進行方向とは逆向きに質量 m_S の物体Sを放出し，物体Lは速さ u' に変化した。放出後の物体Sの物体Lに対する速さを w とする。この速さ u' を m_L，m_S，u，w のうち適切なものを用いて求め，解答欄に解答のみを示せ。ただし，放出は短時間で行われ，放出中の物体Lの運動の変化には物体S放出以外の影響は無視できる。

(2) 次に，図のように，なめらかな水平面に，固定された壁およびなめらかな表面を持つジャンプ台が設置されている。質量 m_L の物体Lを壁に固定された質量の無視できるばね定数 k のばねの力を利用し曲面BCを持つジャンプ台から打ち上げる。曲面BCは点Pを中心とする半径 R の円周の一部であり，$\angle \mathrm{BPC} = \theta$ である $\left(0 < \theta < \dfrac{\pi}{2}\ \mathrm{rad}\right)$。ばねを自然長より d だけ縮めた状態で，物体Lをばねに接するように置いた。そして，手を離したところ，物体Lはばねが自然長に戻った瞬間にばねから離れ，水平面を進んだ後，ジャンプ台より飛び上がった。ただし，重力加速度の大きさを g とし，空気抵抗は無視する。また，水平面上に原点O，水平方向右向きに x 軸，鉛直方向上向きに y 軸をとる。全ての物体は xy 平面内で運動する。次の(a)～(f)に答えよ。



図

◇M7(583—47)

(a) 水平面上のＡ点での速度$\overrightarrow{v_A}$の大きさv_AおよびＣ点での速度$\overrightarrow{v_C}$の大きさv_Cをd，k，m_L，R，θ，gのうち適切なものを用いて求め，解答欄に解答のみを示せ。

(b) 物体ＬがＣ点を通過するとき，ジャンプ台から物体Ｌが受ける垂直抗力$\vec{N}$の大きさNをv_C，m_L，R，θ，gのうち適切なものを用いて求め，解答欄に解答のみを示せ。

(c) ジャンプ台を飛び出した物体Ｌの最高到達点Ｄの高さH_Dをv_C，H_C(点Ｃの高さ)，θ，gのうち適切なものを用いて求め，解答欄に解答のみを示せ。

(d) 物体ＬがＣ点から飛び出した後，t秒後(H_Dに到達する前)に問(1)と同様の条件で物体Ｓの放出が行われた場合，放出直後の物体Ｌの速度$\overrightarrow{v_t'}$の大きさv_t'をv_{C_x}($\overrightarrow{v_C}$のx方向成分)，v_{C_y}($\overrightarrow{v_C}$のy方向成分)，w，m_L，m_S，t，gのうち適切なものを用いて求めよ。解答欄に解答のみを示せ。

(e) 問(d)の場合の最高到達点D′の高さH_D'をv_t'，v_{C_x}，v_{C_y}，H_C，t，gのうち適切なものを用いて求め，解答を得るまでの解き方を解法記述欄に示し，解答欄に解答のみを示せ。

(f) 物体Ｌをより高く打ち上げるには，物体Ｓの放出を点Ａ，Ｃのどちらの点で行えばよいか答えよ。理由を解法記述欄に示し，解答欄に解答のみを示せ。

2 図1に示すように，辺の長さが a，b の長方形の1巻きコイルDEFGを，磁石がつくる磁束密度 B の一様な磁場中に置く。辺DGの中点と辺EFの中点を通る直線を図中の破線で示し中心軸と呼び，中心軸上の点Oを原点とした3次元直交座標を設定する。ここで，x 軸は磁場の方向と平行とし，z 軸と中心軸を一致させ，x，y，z 軸の矢印の向きを各軸の正の方向とする。図2は図1に示した中心軸上の点O側からコイルを見たようすである。コイルDEFGの面の法線方向(図中の n の方向)が磁場(x 軸)の方向となす角度を θ とし，反時計回りを正とする。

そこで，コイルDEFGにD→E→F→Gの向きに一定の電流 I を流す場合とコイルDEFGを中心軸まわりに角速度 ω で回転させる場合について考える。

まず，コイルDEFGにD→E→F→Gの向きに一定の電流 I を流す場合について考える。コイルに流れる電流によって生じる磁場は無視し，$\theta = \dfrac{\pi}{6}$ rad のとき，次の問いに答えよ。

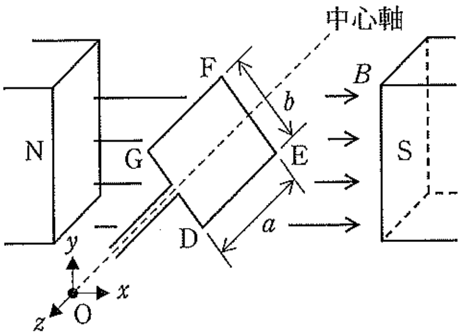


図1

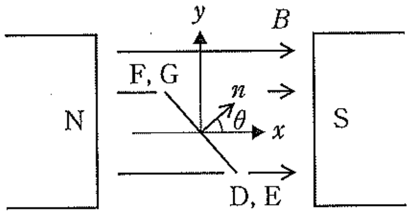


図2

(1) 辺DE部分が受ける力の大きさを求め，解答欄に解答のみを示せ。また，その方向を表1の(ア)から(カ)の記号の中から1つ選び，解答欄に記号のみを示せ。

表1

力の方向	
(ア) x 軸の正の方向	(イ) x 軸の負の方向
(ウ) y 軸の正の方向	(エ) y 軸の負の方向
(オ) z 軸の正の方向	(カ) z 軸の負の方向

(2) 辺DE部分が受ける力と辺FG部分が受ける力の合力の大きさを求め，解答欄に解答のみを示せ。

(3) 辺DE部分が受ける力と辺FG部分が受ける力による z 軸まわりの力のモーメントの和を求め，解答欄に解答のみを示せ。ただし，図2において反時計回りを正とする。

(4)　辺 DE 部分が受ける力と辺 FG 部分が受ける力により，コイル DEFG はどのような運動を引き起こすか。表 2 に示す並進運動，および回転運動に関して，それぞれ正しいものを(ア)から(エ)の記号の中から 1 つずつ選び，解答欄に記号のみを示せ。

表 2

並進運動	回転運動
(ア)　x 軸方向	(ア)　x 軸まわり
(イ)　y 軸方向	(イ)　y 軸まわり
(ウ)　z 軸方向	(ウ)　z 軸まわり
(エ)　生じない	(エ)　生じない

次に，コイル DEFG を中心軸まわりに角速度 ω で回転させる場合について考える。図 3 に示すように，辺 DE 側の端点は常に点 Q に，辺 FG 側の端点は常に点 P につながっており，その先には図に示す回路が接続されていて，抵抗 1，2 の抵抗値は共に R，抵抗 3 の抵抗値は $2R$ である。図 4 は時刻 $t = 0$ で図 3 に示した点 P，Q 側からコイルを見たようすであり，コイル DEFG の面の法線方向(図中の n の方向)は磁場の方向と一致しており，このときの磁束を正の磁束とする。時刻 t で n の方向と磁場の方向とのなす角度 θ は図 5 に示すように ωt となる。導線やコイルの抵抗は無視し，コイルの自己インダクタンスも無視する。また，コイルおよび回路内の電流によって生じる磁場も無視する。次の問いに答えよ。

必要であれば，微小時間 Δt に対する近似式として，次式を用いよ。ここで c は定数である。

$$\frac{\cos\{c(t+\Delta t)\} - \cos ct}{\Delta t} \fallingdotseq -c\sin ct \qquad \frac{\sin\{c(t+\Delta t)\} - \sin ct}{\Delta t} \fallingdotseq c\cos ct$$

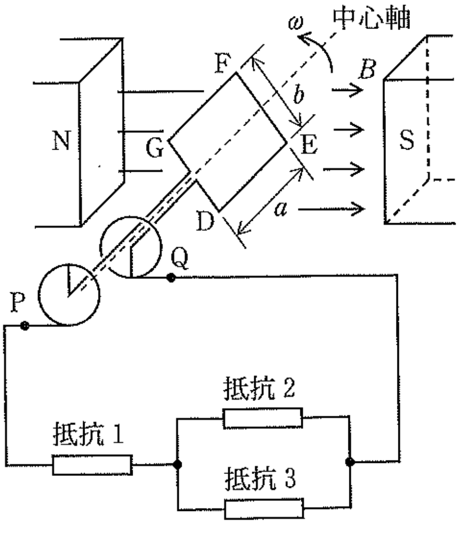


図 3

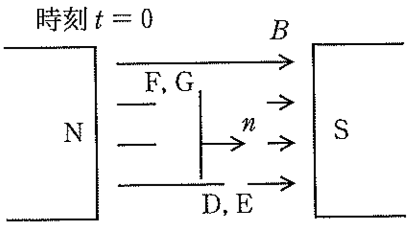


図 4

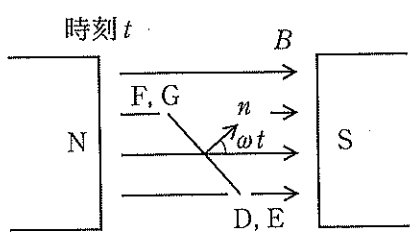


図 5

(5) 時刻 t で，コイル DEFG を貫く磁束を求め，解答欄に解答のみを示せ。

(6) $\omega t = \dfrac{\pi}{4}$ rad，$\dfrac{3\pi}{4}$ rad のとき，辺 DE での電流の向きとして，正しい組み合わせを表 3 の(ア)から(エ)の記号の中から 1 つ選び，解答欄に記号のみを示せ。ここで，D→E は D から E へ電流が流れることを表し，E→D は E から D へ電流が流れることを表している。

表 3

(ア) $\omega t = \dfrac{\pi}{4}$: D→E $\omega t = \dfrac{3\pi}{4}$: D→E	(イ) $\omega t = \dfrac{\pi}{4}$: D→E $\omega t = \dfrac{3\pi}{4}$: E→D	(ウ) $\omega t = \dfrac{\pi}{4}$: E→D $\omega t = \dfrac{3\pi}{4}$: D→E	(エ) $\omega t = \dfrac{\pi}{4}$: E→D $\omega t = \dfrac{3\pi}{4}$: E→D

(7) 生じる誘導起電力による，点 Q に対する点 P での電圧を求め，解答欄に解答のみを示せ。

(8) 抵抗 3 で消費される電力 W を時刻 t の関数として求めよ。解答を得るまでの解き方を解法記述欄に示し，解答欄に解答のみを示せ。

(9) $0 \leqq t \leqq \dfrac{2\pi}{\omega}$ の範囲において，抵抗 3 で消費される電力 W のグラフを解答欄に描け。

(10) 抵抗 3 で消費される電力 W の時間平均を求め，解答欄に解答のみを示せ。

$\boxed{3}$ は次のページから始まります。

3

(1) 図1に示すように，大気中になめらかに動くピストンがついた断面積Sのシリンダーがある。シリンダー内部にはヒーターが設置されている。シリンダーとピストンの間にnモルの単原子分子の理想気体を封入すると，ピストンは底面から高さLの位置で静止した(状態1)。このとき，天井からばねをつるしたところ，ばねの下端はピストンから$\frac{L}{4}$上方で静止した。次に，内部の気体をヒーターで加熱すると，ピストンがゆっくり上昇し，ピストンとばねの下端がちょうど接する状態となった(状態2)。ここからさらに加熱を続けたところ，ピストンがばねを押し縮めながら，さらに距離$\frac{L}{8}$ゆっくり上昇した(状態3)。

大気圧をP_0，気体定数をR，ばね定数をkとするとき，以下の問いに答えよ。ただし，シリンダーとピストンは断熱材でできているものとし，ピストンとばねの質量，ヒーターの体積，シリンダーとピストンの厚さおよび熱容量は無視する。

(a) 状態3の気体の圧力を求め，解答欄に解答のみを示せ。

(b) 状態3の気体の温度を求め，解答欄に解答のみを示せ。

(c) 状態1から状態3へ変化したときの気体の内部エネルギーの変化量を求め，解答欄に解答のみを示せ。

(d) 状態1から状態3へ変化したときの気体が外部にした仕事を求め，解答欄に解答のみを示せ。

(e) 状態1から状態2へ変化したときに気体に加えられた熱量が，状態2から状態3へ変化したときに気体に加えられた熱量と等しいとき，kをn，L，S，P_0，Rのうち，適切なものを用いて表し，解答欄に解答のみを示せ。

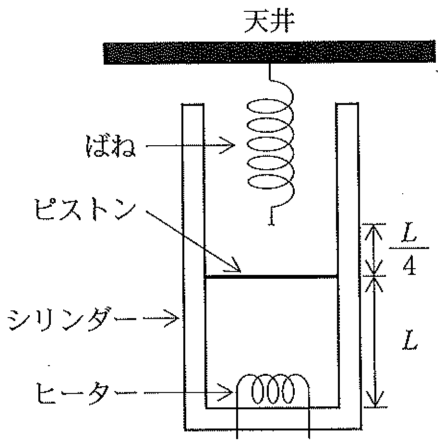


図1

(2) 光と物質の相互作用に関する以下の問いに答えよ。ただし，光の速さを $c = 3.00 \times 10^{8}$ m/s，プランク定数を $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J·s，電気素量を $e = 1.60 \times 10^{-19}$ C，電子の質量を $m = 9.11 \times 10^{-31}$ kg とする。数値による解答は有効数字 3 桁で示せ。

(a) 金属 A の表面に振動数 $\nu = 1.74 \times 10^{15}$ Hz の光を照射すると，金属から飛び出た光電子の運動エネルギーの最大値が $E_{\mathrm{K}} = 2.11$ eV であった。以下の問いについて，c，h，e，m，ν，E_{K} のうち適切なものを用いて解答欄に解答のみを示し，その数値を数値解答欄に示せ。

(i) 金属 A に照射した光の波長を求めよ。

(ii) 金属 A の仕事関数を求めよ。

(iii) 金属 A の限界振動数を求めよ。

(b) 図 2 のように，xy 平面において原点で静止している質量 m の電子に x 軸正方向に進む波長 λ の X 線が衝突し，X 線は x 軸から角度 θ で散乱され，電子は x 軸から角度 ϕ ではね飛ばされた。散乱 X 線の波長は λ'，はね飛ばされた電子の速さは v_{e} であった。以下の問いについて，c，h，m，v_{e}，λ，λ'，θ，ϕ のうち，適切なものを用いて求め，解答欄に解答のみを示せ。ただし，問(iv)のみ，数値を数値解答欄に示せ。

(i) 波長 λ の光子が持つ運動量を示せ。

(ii) 衝突の前後で x 軸および y 軸方向に成り立つ運動量保存則を示せ。

(iii) 衝突の前後に成り立つエネルギー保存則を示せ。

(iv) $\theta = \dfrac{\pi}{3}$ rad とき，波長の変化 $\lambda' - \lambda$ を求めよ。ただし，$\dfrac{\lambda'}{\lambda} + \dfrac{\lambda}{\lambda'} \fallingdotseq 2.00$ とする。

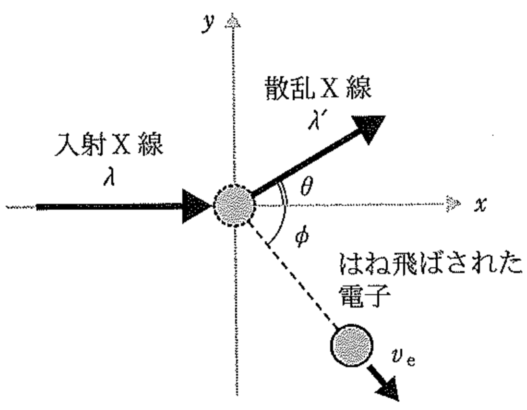


図 2