

福島県立医科大学

平成 28 年 度
医学部前期入学試験問題

理 科

〔物理基礎・物理〕〔化学基礎・化学〕〔生物基礎・生物〕

(時間：2 出題科目で 120 分)

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
〔物理基礎・物理〕	1～2	左の 3 出題科目のうちから、あらかじめ届け出た 2 出題科目について解答しなさい。
〔化学基礎・化学〕	3～4	
〔生物基礎・生物〕	5～7	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 5 問題冊子の余白は計算等に用いて構いません。
- 6 試験終了後、解答用紙のみを回収します。

物理基礎・物理

[1] 図(a)のように、点Oを通る鉛直な回転軸を持った円板が水平に設置してある。円板の上表面は、Oを中心とした半径 r の円Rを境にして、内側はなめらかな面、外側はあらい面できている。なお、図(b)は線分OPを含む垂直方向の円板の断面図である。

はじめに、静止している円板の中心Oに立つ人Aが、質量 m の小物体Bを初速度の大きさ v で押し出し、円板上を滑らせてR上の点Pに静止している質量 M の小物体Cに命中させた。衝突後、BとCは一体となり速さ u で動き始めた。BとCのもつ力学的エネルギーの和は、衝突直前に比べ衝突直後では E だけ減少した。

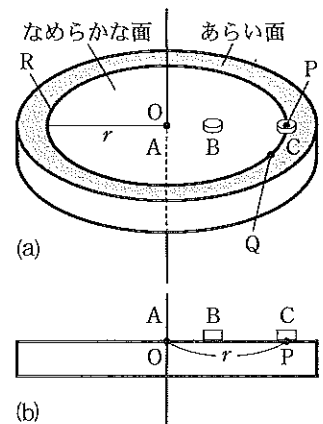
次に、この円板を上から見て反時計回りの方向に一定の角速度 ω で円板をAとともに回転させた。再びCをPに置くと、CはPにとどまった。その後、AはBをOからCに向けて初速度の大きさ v で押し出し円板上を滑らせた。

一般に、円運動している観測者からともて円運動している物体を見たときに、物体にはたらく慣性力として遠心力が良く知られている。それとは別に、この観測者からこの観測者に対して運動している物体を見たときに、物体にはたらく慣性力に「コリオリの力」がある。以下、コリオリの力について考えてみよう。

地上に立つ人がBの運動を見ると、Bは慣性により水平方向に等速直線運動する。Bが距離 r 進む間に円板は角度 θ だけ回転するため、BはCに命中せずR上の点Qに達する。このとき、 θ を中心角とする弧PQの長さを d とする。

一方、Aにとっては、Bは直進せずAからCを見て右へ曲がったように見える。このBの運動を理解するためには、Bに何らかの力がはたらいたと考える必要がある。この力がコリオリの力である。 θ が十分に小さい場合、OPに対して垂直でAからCを見て右向きに一定の大きさ a の加速度がBに生じた、すなわち、加速度の向きに大きさ F のコリオリの力がBにはたらいたと考えることで F を求めることができる。ただし、PとQの間の距離は d に近似できるものとする。

円板のあらい面とCとの間の静止摩擦係数を μ 、重力加速度の大きさを g として、次の問い(問1～7)に簡潔な説明をつけて答えよ。



問1 u を m, v, M を用いて表せ。

問2 E を m, v, M を用いて表せ。

問3 下線部のようにCがPにとどまる条件を g, r, μ, ω を用いて式で表せ。

問4 θ を r, v, ω を用いて表せ。

問5 d を r, v, ω を用いて表せ。

問6 a を v, ω を用いて表せ。

問7 F を m, v, ω を用いて表せ。

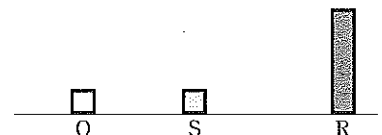
[2] ドップラー効果とうなりについて述べた次の文章の空欄 ア ～ カ にあてはまる式を文章中で示される c, f, v の中から適切なものを用いて表し、下の問いに簡潔な説明をつけて答えよ。

図のように、観測者O、音源S、反射板Rが一直線上に並んでいる。なお、観測中はこの順序は入れかわらず、風はなく、SおよびRの移動による空気の流れは無視できるものとする。また、音速を c 、Sから出る音の振動数を f とする。

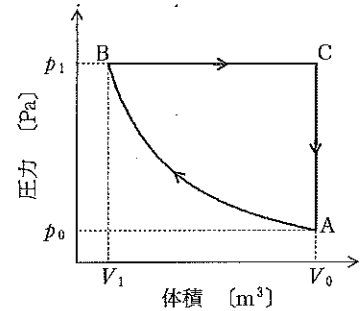
(i) OとRは静止しており、SがRに向かって一定の速さ v ($v < c$)で動いている。SからOに直接伝わる音の振動数は ア、Rから反射した音の振動数は イ なので、Oが聞く1秒間のうなりの回数 N_1 は ウ である。

(ii) OとSは静止しており、RがSに向かって一定の速さ v で動いている。SからOに直接伝わる音の振動数は エ、Rから反射した音の振動数は オ なので、Oが聞く1秒間のうなりの回数 N_2 は カ である。

問 c が340 m/s、 v が2.0 m/s、 f が338 Hzであるとき、 N_1 と N_2 では、どちらがいくら大きいか。数値は有効数字2桁で表せ。



- [3] なめらかに動くピストンが取り付けられた容器の中に、理想気体とみなせる単原子分子からなる気体が密閉されている。この気体を図のように、圧力 p_0 (Pa), 体積 V_0 (m³), 絶対温度 T_0 (K) の状態 A から、圧力 p_1 (Pa), 体積 V_1 (m³), 絶対温度 T_0 (K) の状態 B へ等温変化させ、さらに圧力 p_1 (Pa), 体積 V_0 (m³), 絶対温度 T_1 (K) の状態 C へ定圧変化させ、最後に定積変化させて A に戻すサイクルを考える。ただし、 p_1 は p_0 より大きく、 p_0 の x 倍とする。次の問い(問1~5)に答えよ。なお、問3と問5には簡潔な説明をつけること。



問1 V_1 は V_0 の何倍か。また、 T_1 は T_0 の何倍か。それぞれ、 x を用いて表せ。

問2 A での気体の内部エネルギー U_0 (J) を p_0 , V_0 を用いて表せ。

問3 A から B, B から C への状態変化において、気体が外部にした仕事をそれぞれ

W_{AB} (J), W_{BC} (J) とする。 W_{AB} , W_{BC} を p_0 , x , V_0 を用いて表せ。ただし、圧力 p (Pa), 体積 V (m³) の状態にある気体の体積が等温変化によって V' (m³) となったとき、気体が外部にした仕事は $pV \log \frac{V'}{V}$ (J) (\log は自然対数で $0 < y < 1$ で $\log y < 0$, $y \geq 1$ で $\log y \geq 0$ となる関数) である。

問4 このサイクルで気体が外部から熱を吸収するのはどの状態変化のときか。

問5 このサイクルの熱効率 e を x を用いて表せ。

- [4] 次の文章の空欄 ~ を式で適切に埋め、下の問い(問1・2)に答えよ。なお、問2の解答には簡潔な説明をつけること。

空气中で導線を密に巻いた十分細長い円筒状のソレノイドについて考える。このソレノイドの長さを l (m), 1 m あたりの巻き数を n (回/m), 断面積を S (m²) とする。ソレノイドに流れる電流がつくるソレノイドの内部の磁場(磁界)は、円筒の中心軸に平行で一様である。以下では、ソレノイドの外部の磁場は無視でき、空気の透磁率は真空の透磁率 μ_0 で近似できるものとする。

まず、ソレノイドに電流が流れているときのソレノイドの内部の磁束を求めよう。電流 I (A) が流れているソレノイドの内部では、磁束密度の大きさ B (T) は磁場の大きさの μ_0 倍であることから、 B は n , I , μ_0 を用いて (T) と表される。ここで、ソレノイドの導線1巻きでできる「1巻きコイル」に着目すると、ソレノイドの内部の磁束 Φ (Wb) は n , I , S , μ_0 を用いて (Wb) と求められる。これは、 Φ は電流の強さに依存することを示している。すなわち、電流が変化するとソレノイドの内部の磁束も変化する。

次に、ファラデーの電磁誘導の法則からソレノイドを流れる電流が変化するときソレノイドに生じる誘導起電力を求めよう。時間 Δt (s) の間に電流が ΔI (A) 変化するとき、1巻きコイルに生じる誘導起電力の大きさ E_1 (V) は n , Δt , ΔI , S , μ_0 を用いて (V) と表される。これより、このときソレノイド全体に生じる誘導起電力の大きさ E_{tot} (V) は l , n , Δt , ΔI , S , μ_0 を用いて (V) と求められる。これは、 E_{tot} は1 s あたりの電流の変化量 $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ (A/s) に比例することを示している。ソレノイドの自己インダクタンス L (H) は、この関係における比例定数であり、 l , n , S , μ_0 を用いて (H) と表される。

自己インダクタンス L のソレノイドに電流 I が流れているとき、ソレノイドに蓄えられているエネルギー U_L (J) は $\frac{1}{2} LI^2$ (J) で表される。 L は と表されることから、 U_L は l , n , I , S , μ_0 を用いて (J) と表される。さらに、ソレノイドの内部の磁束密度 B は で表されることから、 U_L は l , B , S , μ_0 を用いて (J) と表される。これより、 U_L は「磁束密度が で表される空間(ソレノイドの内部)の体積」と「 B , μ_0 を用いて表される量 (J/m³)」との積で表すことができる。 にはソレノイドに固有な量 (l , n , S) が含まれていない。これは、ソレノイドの有無にかかわらず、透磁率が μ_0 で磁束密度の大きさが B である空間では、1 m³ あたり のエネルギーが蓄えられていることを示している。

問1 「ファラデーの電磁誘導の法則」とはどのような法則か簡潔に記せ。

問2 真空の透磁率 μ_0 の単位を国際単位系 (SI) の基本単位である m (メートル), kg (キログラム), s (秒), A (アンペア) の中から必要なものを用いて表せ。