

福島県立医科大学

平成 26 年 度
医学部前期入学試験問題

理 科

〔「物理Ⅰ・物理Ⅱ」「化学Ⅰ・化学Ⅱ」「生物Ⅰ・生物Ⅱ」〕

(時間：2 出題科目で 120 分)

注 意 事 項

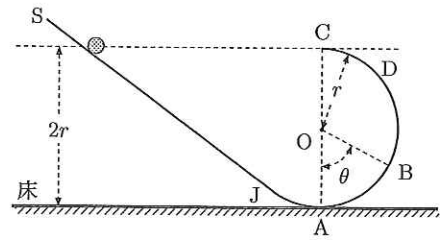
- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

| 出 題 科 目 | ページ | 選 択 方 法 |
|-----------|-----|--|
| 「物理Ⅰ・物理Ⅱ」 | 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Ⅰ・化学Ⅱ」 | 3～4 | |
| 「生物Ⅰ・生物Ⅱ」 | 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 I ・ 物理 II

- [1] 図のようなレール上を運動する質量 m (kg) の小球を考えよう。レールは直線的な下り坂である SJ と、O を中心とする半径 r (m) の円の一部分である弧 JC の2つの部分からできており、SJ と JC は同じ鉛直面内にあり、J でなめらかに接続している。図において、A、B、D はレール上の点で、レールは A で高さ 0 m の水平な床と接している。



はじめ小球は床から高さ $2r$ (m) の SJ 上の点にあり、静止している状態からレールに沿って静かにすべり出した。レールの厚み、レールと小球の間の摩擦、空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさを g (m/s²) として次の文章の空欄 ア ~ シ を埋め、下の問い(問1・問2)に簡潔な説明をつけて答えよ。

一般に半径 r の円周上を運動する物体の速さが v (m/s) であるとき、物体の向心加速度(物体から円の中心に向かう向きの加速度) a (m/s²) は、 v が一定でない場合も等速円運動の場合と同じように、 r と v を用いて ア と表される。

A において、小球にはたらく力はレールからの垂直抗力と重力である。ここでの小球の向心加速度を a_A (m/s²)、垂直抗力の大きさを N_A (N) とすると、AO 方向(A から O へ向かう向きを正とする)の小球の運動方程式は、 a_A 、 g 、 m 、 N_A を用いて、 $ma_A =$ イ となる。また、A での小球の運動エネルギーは g 、 m 、 r を用いて ウ (J) で与えられることから、 a_A は g を用いて エ と表される。したがって、 N_A は g と m を用いて オ と表される。

図のように $\angle AOB$ を θ とすると、B において、小球にはたらく重力の BO 方向の成分(B から O へ向かう向きを正とする)は g 、 m 、 θ を用いて カ (N) と表される。また、B での小球の向心加速度を a_B (m/s²)、レールからの垂直抗力の大きさを N_B (N) とすると、BO 方向の小球の運動方程式は、 a_B 、 g 、 m 、 N_B 、 θ を用いて、 $ma_B =$ キ となる。さらに、ここでの小球の運動エネルギーは g 、 m 、 r 、 θ を用いて ク (J) で与えられることから、 a_B は g と θ を用いて ケ と表される。したがって、 N_B は g 、 m 、 θ を用いて コ と表される。

小球は D でレールから離れた。このとき、小球にはたらくレールからの垂直抗力の大きさ N_D (N) は サ である。また、小球がレールから離れたあとレールに落下するまでの間、小球の描く軌跡は シ である。

問 1 D の高さを r を用いて表せ。

問 2 小球はレールから離れたあとレールに落下するまでの間、すべりはじめの高さ $2r$ まで上がることができるか。

- [2] 振動数 f_0 (Hz) の音を発しながら音源 S が水平面上を速さ V (m/s) で等速円運動している。S が発する音を S の軌道の外側にある受信機 R で受信し、この音の振動数を測定したところ、周期的に変化する振動数が観測された。R は S と同じ高さで静止しており、風はなく、音速 v_s (m/s) はどこも一定であるものとする。次の問い(問1~4)に答えよ。なお、問3と問4の解答には簡潔な説明をつけること。

問 1 R が受信した音の振動数の最大値 f_1 (Hz) を f_0 、 v_s 、 V を用いて表せ。

問 2 R が受信した音の振動数の最小値 f_2 (Hz) を f_0 、 v_s 、 V を用いて表せ。

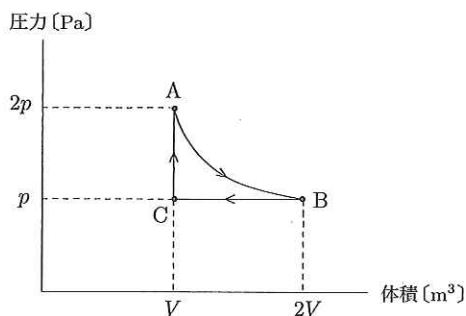
問 3 V を f_1 、 f_2 、 v_s を用いて表せ。

問 4 f_0 を f_1 と f_2 を用いて表せ。

[3] 1 mol の単原子分子理想気体を使い、図のような変化 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ を1サイクルとする熱機関を考える。

A での温度は T_1 (K), C での温度は T_2 (K), また, $A \rightarrow B$ は等温変化で $A \rightarrow B$ において気体が外部にする仕事は W_1 (J) ($W_1 > 0$) である。

気体定数を R (J/(mol·K)) とし, 次の問い(問1~5)に簡潔な説明をつけて答えよ。



問1 T_2 を T_1 を用いて表せ。

問2 $B \rightarrow C$ において, 気体が外部にする仕事 W_2 (J) を R と T_1 を用いて表せ(符号に注意すること)。

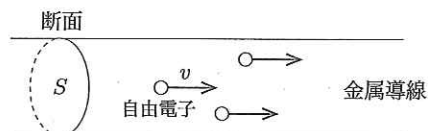
問3 $C \rightarrow A$ において, 気体に加えられた熱量 Q (J) ($Q > 0$) を R と T_1 を用いて表せ。

問4 問1~3の結果を利用し, この熱機関の熱効率 e を R, T_1, W_1 を用いて表せ。

問5 本問の条件では $W_1 = RT_1 \log 2 \doteq 0.693 RT_1$ (J) (\log は自然対数) であることが知られている。このことを利用し, 前問の e を有効数字2桁の数値で表せ。また, $T_{高}$ を高温熱源の温度, $T_{低}$ を低温熱源の温度とすると, 熱効率の理論的な上限値は $e_{max} = 1 - \frac{T_{低}}{T_{高}}$ であることが知られている。 e について $e < e_{max}$ が成り立っていることを示せ。

[4] 電流について述べた次の文章の空欄 [ア] ~ [ク] を埋め, 下の問い(問1・問2)に簡潔な説明をつけて答えよ。なお, 単位のついている空欄には数式が, それ以外の空欄には言葉が入る。

導線を通る電流の大きさは, 導体の断面を単位時間を通して電荷量が表される。図のように, 円形の断面をもち断面積が S (m²) の充分長い直線状の金属導線に, 一定の大きさ I (A) の電流が流れている場合を考える。金属における電流の担い手は自由電子であり, 以下では, 金属導線中の自由電子の単位体積あたりの個数(数密度)を n (個/m³), 電気素量を e (C) とし, また, 自由電子はすべて一定の速さ v (m/s) で移動しているものとする。



1秒間に金属導線の断面を通過する自由電子の数は, 底面積が S で高さが v の円筒に含まれる自由電子の数を数えることにより n, v, S を用いて [ア] (個) と表される。したがって, 電流の大きさ I は e, n, v, S を用いて $I =$ [イ] (A) …①と表される。また, 電流の向きは自由電子の移動する向きと [ウ] である。一方, 金属中で熱運動をしている金属イオンとの衝突や原子の配列の乱れなどの理由で自由電子の運動は妨げられ, 金属導線に電流を流そうとすると [エ] を生ずるのである。

さて, 一定の電流が流れている金属導線を, 磁束密度 B (T) の一様な磁場中に磁場と垂直に置いたとき, 金属導線中の1個の自由電子が受けるローレンツ力の大きさは e, v, B を用いて [オ] (N) と表される。したがって, 金属導線の長さ l (m) の部分について, 電流が磁場から受ける力の大きさ F は e, l, n, v, B, S を用いて $F =$ [カ] (N) …②と表される。式①と式②を比べることにより, F は l, B, I を用いて [キ] (N) と表される。また, 電流が磁場から受ける力の向きは [ク] の法則で知ることができる。

磁場を利用する医療機器のひとつであるMRI(磁気共鳴映像法)では, 標準で1.5T(地磁気の約30万倍)という強い磁場の中に人体を30分程度入れる必要がある。人体には生体電流が流れているのでなんらかの影響があるのではないかと心配されたこともあるが, 1980年代に使用が開始されてから現在に至るまで, MRIの磁場による健康影響は報告されていない。

問1 自由電子の数密度が 8.0×10^{28} 個/m³ で, 断面積が $1.0 \text{ mm}^2 = 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ の金属導線に1.0Aの電流が流れているとき, 金属導線中を移動する自由電子の速さ v を有効数字2桁の数値で表せ。なお, 電気素量は 1.6×10^{-19} C とせよ。

問2 磁束密度の単位T(テスラ)を, 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。