2018年度　医学部　一般入学試験問題　訂正

教科・科目	ページ	設問	誤	→	正
物理	4	Ⅰ 問2		→	問題文の最後に以下の1文を追加「ただし、二酸化炭素の定圧モル比熱は、Rを気体定数として、4.5Rである。」

物　理　解答は解答用紙の所定の欄に記入すること。

I

問1　液体の水をゆっくりと冷却すると0℃では凍らず，さらに低い温度まで液体の状態を保つ。このような現象を過冷却という。過冷却状態の水はある温度で一気に凍り始める。ただし，冷却の過程で，氷がわずかでもあれば0℃で凍り始め，全て氷になってから0℃以下に温度が下がる。

1.0gの水をゆっくりと冷却したところ−20℃で凍り始めた。ただちに冷却をやめ断熱したところ，しばらくして全体が均一の温度0℃になった。このときの氷の質量を有効数字2桁で求めよ。液体の水の比熱を4.2J/(g･K)，氷の比熱を2.1J/(g･K)，氷の融解熱を334J/gとする。

問2　以下の気体を，0℃1気圧における定圧モル比熱の小さい順に並べ，記号で答えよ。

ⓐ アルゴン　　ⓑ 水素　　ⓒ 二酸化炭素

問3　振動数がfと$f+\Delta f$の2つの振動，$A\sin 2\pi ft$と$A\sin 2\pi(f+\Delta f)t$の重ね合わせを式で表すと，$A\sin 2\pi ft + A\sin 2\pi(f+\Delta f)t = 2A\sin 2\pi\left(f+\dfrac{\Delta f}{2}\right)t \times \cos(\boxed{ア})$となる。ここで，$A$は振幅，$t$は時間である。2つの音波を同時に聞くときの状況はこのような式で表される。Δfがfに比べて十分小さいときは，近似的に，$2A\sin 2\pi ft$の振動の振幅が$\cos(\boxed{ア})$の絶対値に従ってゆっくり時間変化しているように聞こえる。この時間変化の周期は($\boxed{イ}$)であり，このように聞こえる現象を$\boxed{ウ}$という。

$\boxed{ア}$～$\boxed{ウ}$に入る式または語句を答えよ。

問4　空気中のアルゴンがすべて地球に存在したカリウム 40 を起源としていると仮定し，現在の量になるまでに必要な時間を以下の手順で求めてみよう。気体定数 8.31 J/(mol·K)，アボガドロ定数 6.02×10^{23}/mol，統一原子質量単位 1.66×10^{-27} kg。

（a）カリウム 40 原子核の半減期は 12.5 億年で，11 % は以下の反応でアルゴンになり，89 % はカルシウムになる。

$$^{40}_{19}\mathrm{K} + \mathrm{e}^- \rightarrow {}^{40}_{18}\mathrm{Ar} + \boxed{\text{エ}} + \nu_e$$

$\boxed{\text{エ}}$ にあてはまる放射線名を以下の選択肢から選び，番号で答えよ。

①　α線　　②　β線　　③　γ線　　④　陽電子線　　⑤　陽子線　　⑥　中性子線

（b）地球大気中の気体分子数を以下の条件で有効数字 1 桁で求めよ。実際の大気は上空に行くほど薄くなるが，ここでは，地上から 7200 m までは一定圧力 1.0×10^5 Pa で温度は 300 K，それより上空には大気が無いと仮定する。また，地球を半径 6400 km の球とする。

（c）現在の地球に存在するカリウム 40 の全原子数を以下の条件で有効数字 1 桁で求めよ。地球の質量は 6.0×10^{24} kg，地球内のカリウムは地球に対する質量比で 0.010 %，質量比で全カリウム中の 0.012 % がカリウム 40。

（d）現在の空気に含まれるアルゴン原子の含有量（体積比）は 0.93 % である。このアルゴンは全て地球内のカリウム 40 由来とし，地球内のカリウム 40 の反応で生じたアルゴンは全て空気に蓄積されると仮定した場合，現在の量になるまでに何年必要か，有効数字 1 桁で求めよ。

Ⅱ

物体の質量をm，下向きの重力加速度をg，ばねの自然長をL，ばね定数をk，物体と水平面あるいはベルトとの間の静止摩擦係数をμ_0，動摩擦係数をμ'（ただし$\mu_0 > \mu'$）として以下の問に答えよ。

図 1

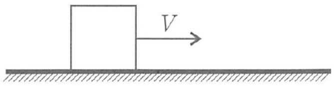


図 2

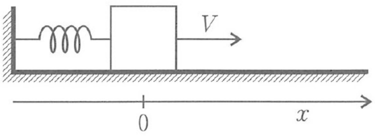
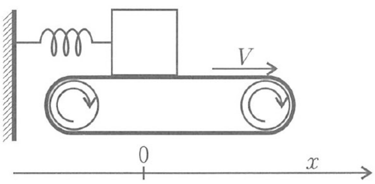


図 3



問１　摩擦のある水平面上に物体を置き，初速度Vで水平に動かした。この物体が水平面上を動いた距離を求めよ（図１）。

問２　摩擦のある水平面上に物体を置き，水平なばねの一方の端を固定し，他方の端に物体を取り付けた（図２）。ばねの長さが自然長のとき，ばねが伸びる向きに物体を初速度Vで水平に動かした。

（ａ）　動かした物体の速度が最初に０になるまでの移動距離Dをm，g，L，k，μ_0，μ'，Vを用いて答えよ。

（ｂ）　最初に速度０になった直後，物体はどのような運動をするか。Dを用いて簡潔に説明せよ。

問3　図3に示すように，水平な自然長ばねの一方の端を固定し，他方の端に物体を取り付けた。速度 V で右向きに水平に動いている摩擦のあるベルトの上に静かに物体を置いたところ，物体はベルトに引きずられて右向きに動きはじめた。ベルトの動く向きを x 軸の正とし，ばねが自然長のときの物体の位置を $x=0$ とする。また，物体を初速度0でベルト上に置いた時刻を $t=0$ とする。加速度を a として，$t=0$ からしばらくの間は運動方程式，

$$ma = \boxed{\text{あ}}$$

が成立する。これは単振動の式であり，ω，A，B を正の定数として，物体の位置 x，速度 v，加速度 a は，

$$x = -A\cos\omega t + B$$

$$v = A\,\omega\sin\omega t$$

$$a = A\,\omega^2\cos\omega t$$

と表される。ここで，

$$\omega = \boxed{\text{い}}$$

$$A = \boxed{\text{う}}$$

$$B = \boxed{\text{え}}$$

である。

（a）　$\boxed{\text{あ}}$ ～ $\boxed{\text{え}}$ に入る適切な式を m，g，L，k，μ_0，μ'，V を用いて答えよ。

（b）　ベルト上に置いて動き始めた物体の速度が最初に0になるまでの移動距離を求め，簡潔に説明せよ。

Ⅲ

以下の問に答えよ。空欄には適切な語句，数値，数式を入れよ。

問１　図１（a），（b）に示すように，磁束密度 B の一様な磁場中に１辺の長さ L の正方形コイルを置いた。辺 ab および cd は磁場の向きに垂直で，辺 da と磁場とのなす角を θ とする。また，正方形コイルの端子側から見て回転軸を右に回す向きを θ の正の向きとし，コイルの自己インダクタンスは無視する。

（１）　磁場中を流れる電流の向きと力の向きの関係はフレミングの $\boxed{\quad ① \quad}$ の法則とよばれる。いっぽう，コイルを貫く外から加えた磁束が変化した場合，これを打ち消す向きの磁束を発生するようにコイルに誘導起電力と誘導電流が生じる。この関係は $\boxed{\quad ② \quad}$ の法則とよばれる。

（２）　図１（a）のように，$\theta = \theta_0$（$0 < \theta_0 < 90^\circ$）の位置で静止したコイルに一定の電流を流し始めたところ，コイルは回転を始め，角度範囲 $\theta_0 \leqq \theta < \boxed{\quad ③ \quad}$ で振動しながら，空気抵抗や回転部分のまさつなどの弱い抵抗のために，$\theta = \boxed{\quad ④ \quad}$ で静止した。

（３）　図１（b）のように，整流子を組み合わせた回路のスイッチ１を閉じ，スイッチ２を開いた状態で電流 I を流した。このとき，コイルは $\boxed{\quad ⑤ \quad}$ の向きに回転し，たとえば，$\theta = \boxed{\quad ⑥ \quad}$ のときの力のモーメントは０であり，角度 θ と回転軸まわりの力のモーメント N の間の関係は，式 $\boxed{\quad ⑦ \quad}$ で表される。

ただし，コイルを正の向きに回転する力のモーメントを正の値にとり，辺 da 間の隙間の距離は無視でき，コイルを流れる電流の向きは $\theta = 90^\circ$ を境目として瞬時に反転する。

（４）　次に，図１（b）のスイッチ１を開き，スイッチ２を閉じた状態で外力によりコイルを正の向きに一定の角速度 ω で回転させた。このとき，抵抗 R を流れる電流は $\boxed{\quad ⑧ \quad}$ の向きであり，外力のモーメント N と θ の関係は，式 $\boxed{\quad ⑨ \quad}$ で表される。ここでは，コイルが回転する際の空気抵抗などは無視する。

図１（b）に示したように，電気モーターと発電機の機能を併せ持つ装置をモーター発電機とよぶ。モーター発電機１台を用いて電気自動車を作製した（図２）。バッテリはモーター発電機を回してタイヤを駆動するが，逆に，走行中にタイヤがモーター発電機を回してバッテリを充電することもできる。このシステムを回生ブレーキと呼ぶ。

問２　電気自動車が走行するときのエネルギー収支を考える。

風のない道路を走る自動車には，$\dfrac{\rho V^2 C_D S}{2}$ で表される空気抵抗が働く。ここで，ρ は空気の密度，V は道路上の自動車の速さ，C_D は自動車の形状による定数，S は進行方向への自動車の投影面積である。また，地面を転がるタイヤにもまさつ抵抗（転がり抵抗）が発生し，その大きさは自動車の質量を M，重力加速度を g として $C_r Mg$ である。ここで，C_r は自動車の速度に無関係な定数である。

以下の問において，$M = 1500$ kg，$C_D = 0.30$，$\rho = 1.25$ kg/m^3，$S = 2.0$ m^2，$C_r = 1.0 \times 10^{-2}$，$g = 10.0$ m/s^2 とし，道路は水平である。

（1） 通常の機械ブレーキ（フットブレーキ）で自動車を減速するときは，自動車の運動エネルギーは［ ① ］として失われるので再利用できない。いっぽう，回生ブレーキを用いた減速では，自動車の運動エネルギーは［ ② ］エネルギーとしてバッテリに回収され再利用される。

（2） 速さ 20 m/s の自動車に働く空気抵抗は［ ③ ］N，転がり抵抗は［ ④ ］N である。回生ブレーキのみを使い，初速 20 m/s の自動車を一定の加速度 2.0 m/s^2 で減速しながら停止させるとき，自動車が停止するまでの時間は［ ⑤ ］秒，その間に走る距離は［ ⑥ ］m である。

このとき，タイヤの転がり抵抗で失うエネルギーは［ ⑦ ］J であり，空気抵抗により失うエネルギーは［ ⑧ ］J である。ただし，初速 V の自動車が一定の加速度 a で減速するとき，空気抵抗により停止するまでに失うエネルギーは $\dfrac{\rho V^4 C_D S}{8a}$ である。

走行中の自動車は，空気抵抗とタイヤの転がり抵抗のほかに，自動車内部の機械的部分と電気回路においてもエネルギーを失う。自動車内部で失われるエネルギーがタイヤの転がり抵抗で失われるエネルギーの $\dfrac{1}{2}$ に等しいとすると，回生ブレーキのみを使って初速 20 m/s の自動車を一定加速度 2.0 m/s^2 で停車させた場合，運動エネルギーの［ ⑨ ］% を回収できる。

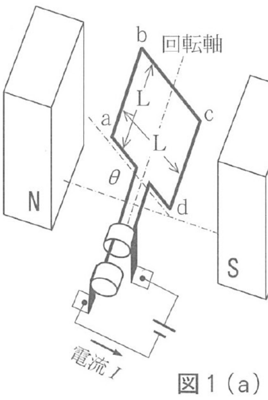


図 1（a）

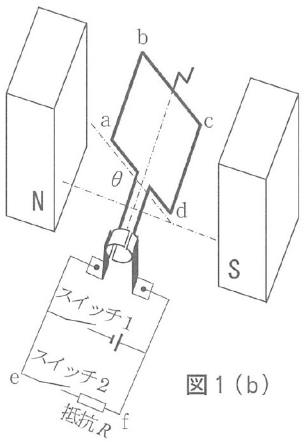


図 1（b）

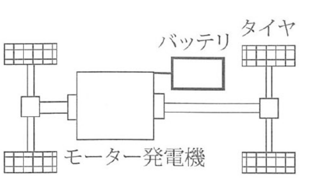


図 2