# 2012（H24）年度 新潟大学　理系前期　入学試験　物理解説

1 注意　全学部受験者用

＜解答＞

問１

(1)

万有引力は，$F=\dfrac{GMm}{(R+h)^2}$　（答）

(2)

運動エネルギーと万有引力による位置エネルギーに関するエネルギー保存の法則により，

$$\frac{1}{2}m{v_0}^2-\frac{GMm}{R}=\frac{1}{2}mv^2-\frac{GMm}{R+h}$$

したがって，$v^2={v_0}^2-\dfrac{2GMh}{R(R+h)}$，$v=\sqrt{{v_0}^2-\dfrac{2GMh}{R(R+h)}}$　（答）

問２

最高点においては，小物体の速さが0だから，(2)において，$v=0$，$h=H$とおくと，

$\dfrac{2GMH}{R(R+H)}={v_0}^2$，したがって，$H=\dfrac{R^2{v_0}^2}{2GM-R{v_0}^2}$　（答）

問３

(1)

分裂後のAの質量と速さを$m_A$，$v_A$として，円運動の方程式により，$\dfrac{m_A{v_A}^2}{(R+H)}=\dfrac{GMm_A}{(R+H)^2}$

したがって，$v_A=\sqrt{\dfrac{GM}{R+H}}$　（答）

円運動の周期は，$\dfrac{2\pi(R+H)}{v_A}=2\pi\sqrt{\dfrac{(R+H)^3}{GM}}$　（答）

(2)

分裂直後の小物体Bの質量と速さを，$m_B$，$v_B$として，分裂直後と無限遠でのエネルギー保存の法則により，

$\dfrac{1}{2}m_B{v_B}^2-\dfrac{GMm_B}{R+H}=$（無限遠での運動エネルギー）＋（無限遠での位置エネルギー）$=0+0$

したがって，$v_B=\sqrt{\dfrac{2GM}{R+H}}$　（答）

(3)

$m_A+m_B=m$

円周方向の運動量保存の法則により，$m_Av_A-m_Bv_B=0$

両式と(1)，(2)の結果から，$m_A=(2-\sqrt{2})m$，$m_B=(\sqrt{2}-1)m$　（答）

＜解説＞

万有引力による円運動に関する問題である。

問１

(1)

万有引力の公式は覚えていなければならない。ただし，形式的に覚えるのではなく，物体それぞれの質量に比例し，物体間の距離の2乗に反比例すると覚えておくこと。その比例係数が万有引力定数であるということも。

(2)

質量 $M$ の物体の中心から距離 $r$ にある質量 $m$ の物体の万有引力による位置エネルギーは $U=\frac{-GMm}{r}$ であることを用いる。

この公式を忘れた場合，次のように考えると良い。

地表からの高さ $x$ において，万有引力に抗して小物体を微小距離 $dx$ 高くするときの仕事は，$Fdx=\frac{GMm}{(R+x)^2}dx$ だから，地表から高さ $h$ まで上昇する間に得るエネルギーは，$\int_0^h \frac{GMm}{(R+x)^2}dx$

エネルギー保存の法則により，$\frac{1}{2}mv_0{}^2=\frac{1}{2}mv^2+\int_0^h \frac{GMm}{(R+x)^2}dx=\frac{1}{2}mv^2+\frac{GMmh}{R(R+h)}$

$v^2=v_0{}^2-\frac{2GMh}{R(R+h)}$，$v=\sqrt{v_0{}^2-\frac{2GMh}{R(R+h)}}$　　（答）

なお上の定積分は，以下のように計算される。

$$\int_0^h \frac{GMm}{(R+x)^2}dx=GMm\left[\frac{-1}{R+x}\right]_0^h=GMm\left(\frac{-1}{R+h}+\frac{1}{R}\right)=\frac{GMm}{R(R+h)}$$

問２

最高点に達したということは，その瞬時に速さが0になった，止まったということである。そうでなければ，さらに上昇するから最高点に達したわけではない。

問３

(1)

円運動の方程式，すなわち円運動による加速力＝向心力（重力）によって求める。

(2)

無限の遠方では，運動エネルギーが0になるとともに，万有引力による位置エネルギーも0になる。

別解として，問１(2)の説明と同様に，高さ $H$ から無限遠まで上昇して位置エネルギーを得るので，エネルギー保存の法則により，

$$\frac{1}{2}m_B v_B{}^2=0+\int_H^\infty \frac{GMm_B}{(R+x)^2}dx=\lim_{h\to\infty}\frac{GMm_B h}{R(R+h)}-\frac{GMm_B H}{R(R+H)}=\frac{GMm_B}{R}\left(1-\frac{H}{R+H}\right)=\frac{GMm_B}{R+H}$$

したがって，$v_B=\sqrt{\frac{2GM}{R+H}}$　　（答）

$\boxed{2}$注意　教育学部，理学部（物理学科），医学部，歯学部，工学部および農学部受験者用

［1］

＜解答＞

問１

電場の強さは$\dfrac{V}{l}$だから，自由電子に働く力のつり合いの式は，$\dfrac{eV}{l}=kv$　（答）

問２

電子が1秒間に移動する金属の体積は$vS$だから，その中に含まれる電子の数は$vnS$，
したがって，$I=envS$　（答）

問３

問１，問２の結果から，$v$を消去すると，$V=\dfrac{kl}{e^2nS}I$　（答）

問４

抵抗を$R$とすれば，オームの法則は，$V=RI$だから，問３により，$R=\dfrac{kl}{e^2nS}$
抵抗率$\rho$と$R$の関係は，$R=\dfrac{l}{S}\rho$だから，$\rho=\dfrac{k}{e^2n}$　（答）

＜解説＞

オームの法則の導出に関わる基礎的な問題である。

問１

電子は電場によって加速されるが，金属イオンなどとの衝突によって抵抗力を受けるので，一定の速さで移動するようになる。

問２

電流とは1秒間に流れる電気量である。

問４

抵抗率と抵抗の関係を理解していなければならない。抵抗は導線の長さや断面積などの形状に依存する。この形状に依存する性質を除いた，物質に固有の電気的性質が抵抗率となる。

［2］

＜解答＞

問１

コンデンサーに流れる電流と両端の電圧について$I_C=\omega CV$，ただし$\omega=2\pi f$
実効値について，$I_{Ce}=\omega CV_e=2\pi fCV_e$　（答）

問２

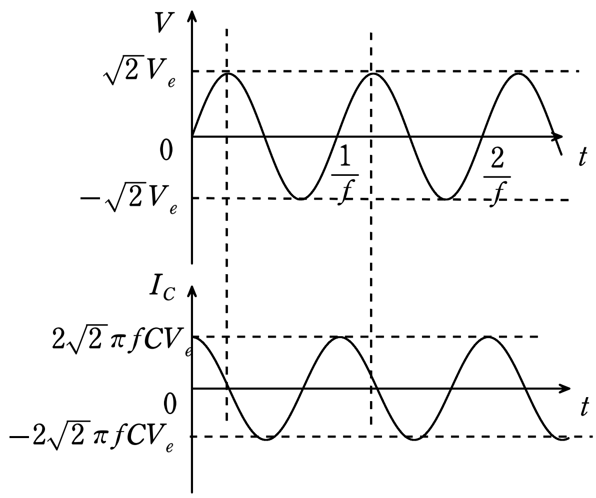
コイルに流れる電流と両端の電圧について$I_L=\dfrac{V}{\omega L}$

実効値について，$I_{Le}=\dfrac{V_e}{\omega L}=\dfrac{V_e}{2\pi fL}$　　（答）

問３

⑴　（イ）　⑵　（カ）　（答）

問４




＜解説＞

交流電源によってコンデンサーとコイルに流れる電流に関する基礎的な問題である。

問１

交流電圧は刻々と変化している。電流もそうである。ここで，それぞれを表す$V$，$I_C$は交流値のピーク値（最高値）を示すものである。これに対して，実効値は平均の消費電力を与える電圧値，電流値で，$V_e=\dfrac{1}{\sqrt{2}}V$，$I_{Ce}=\dfrac{1}{\sqrt{2}}I_C$となる。交流電圧を印加した場合のコンデンサーの両端の電圧と電流の関係については，理解しておかなければならない。教科書に掲載されている通りである。

コンデンサーに蓄積される電荷$Q$，両端の電圧$V\sin\omega t$，電流$I$について，$Q=CV\sin\omega t$によって，

$I=\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}=\omega CV\cos\omega t$，$I_C=\omega CV$，したがって$I_{Ce}=\omega CV_e=2\pi fCV_e$

問２

同様に，交流電圧を印加した場合のコイルの両端の電圧と電流の関係については，理解しておかなければならない。交流電流$I=I_L\sin\omega t$としたとき，逆起電力$V_L$が発生し，

$V_L=-L\dfrac{\Delta I}{\Delta t}=-\omega LI_L\cos\omega t=-V\cos\omega t$，これは加わる電圧と反対方向である。

したがって，$I_L=\dfrac{V}{\omega L}$，したがって$I_{Le}=\dfrac{V_e}{\omega L}=\dfrac{V_e}{2\pi fL}$

問３

コンデンサーに流れる電流は，電荷が0のとき（電圧が0）最も大きく，電荷が最も溜まったとき（電圧が最大）0になる。したがって，電流は電圧$V$よりも位相が$\frac{\pi}{2}$進む。

コイルの電流変化が最も大きいとき（電流が0になるとき）に逆起電力による電圧が最大になり，電流変化が最も小さいとき（電流が最大のとき），電圧が最小になる（0になる）。コイルにかかる電圧は逆起電力とは反対方向になる。したがって，コイルに流れる電流は電圧より位相が$\frac{\pi}{2}$遅れる。

問４

問３の電圧，電流の位相の考え方に沿って，正弦波のグラフを描く。正弦波のピーク値は実効値の$\sqrt{2}$倍である。

$\boxed{3}$　注意　教育学部，理学部（数学科・物理学科・生物学科・地質科学科・自然環境科学科）
および農学部受験者用

［１］

<解答>

問１

$$T=\frac{1}{f}\qquad \text{（答）}$$

問２

$$\lambda=\frac{v}{f}\qquad \text{（答）}$$

問３

$$t_1=\frac{x}{v}\qquad \text{（答）}$$

問４

$$A\sin\{2\pi f(t-t_1)\}=A\sin\left\{2\pi f\left(t-\frac{x}{v}\right)\right\}\qquad \text{（答）}$$

問５

⑴　（イ）

⑵　（オ）

<解説>

波動に関する基礎的な問題である。理解があいまいだと感じたら，物理Ⅰの教科書を読み返すことだ。

問１

周期は振動数の逆数である。1回振動するのに要する時間が周期である。

問２

1回振動したとき波は1波長進む。1秒間に波が進む距離が波の速さである。

問３

必要時間＝（距離）÷（速さ）

問４

右へ進む波である。$t=0$での左端の変位が，$t=t_1$での点Pの変位になる。

したがって，左端の変位が$A\sin\{2\pi ft\}$ならば，点Pの変位は$A\sin\{2\pi f(t-t_1)\}$

問５

自由端とは，その媒質が自由に動ける端のことである。固定端とは，その媒質が固定されていて，自由に動けない端である。自由端での反射は，山は山，谷は谷がそのまま反射される。

固定端では，媒質は動かないので，山が入ると谷が，谷が入ると山が返ってくる。すると，入射波と反射波が重なって，固定端では媒質は動かない。

反射した山と左から来る波の山は波長$\lambda$だけ離れている。したがって両者が重なるのは、それぞれが$\frac{\lambda}{2}$移動したときである。

［2］

＜解答＞

問１

$n=|f_0-f|$

しかるに，音源が観測者に向かって近づいたとき，観測者に届く音源からの音の振動数が大きくなる。その振動数と$f_0$が等しいのだから，$f<f_0$である。

したがって，$f=f_0-n$　　（答）

問２

$\frac{V}{V-u}f=\frac{V}{V-u}(f_0-n)=f_0$，したがって，$V=\frac{f_0 u}{n}$　　（答）

問３

観測者が聞く遠ざかる音源からの音の振動数を$f'$とすれば，$N=f_0-f'$

したがって，$f'=f_0-N$，問２により，$f=\frac{V-u}{V}f_0$

ドップラー効果により，$f'=\frac{V}{V+u}f=\frac{V-u}{V+u}f_0=f_0-N$

したがって，$f_0=\dfrac{nN}{2n-N}$　　（答）

＜解説＞

音波のドップラー効果に関する問題である。

問１

二つの音波が重なって，うなりが生じたとき，うなりの1秒間あたりの発生回数は，振動数の差になる。ここでは音源が静止しているとき，うなりが生じ，近づいたとき，うなりが消えた。音源が近づいたとき，ドップラー効果により，観測者は振動数が大きくなった音を聞く。この音が観測者の出す音の振動数と等しいのだから，音源の出す音の振動数$f$は観測者の出す音の振動数$f_0$より小さいということである。

問２

音源が観測者に向かって一定の速さで近づいているときに，観測者が聞く音の振動数の公式（ドップラー効果）は覚えていなければならない。

問３

問２の結果を利用して、ていねいに計算する。音源が近づいたときと，遠ざかったときのうなりを観測すると，自分の手元の音の振動数がわかることになる。未知の音の振動数を知ることに応用できそうである。

$\boxed{4}$ 注意　理学部（数学科・物理学科・生物学科・地質科学科・自然環境科学科），
医学部，歯学部および工学部受験者用

［１］

＜解答＞

問１

状態Aでの状態方程式は，$P_AV_1=RT_1$

状態Bでの状態方程式は，$P_BV_2=RT_B$

しかるに，体積と温度は比例関係を満たすことから，$P_B=P_A=\dfrac{RT_1}{V_1}$　　（答）

したがって，$T_B=\dfrac{P_BV_2}{R}=\dfrac{V_2T_1}{V_1}$　　（答）

問２

熱力学の第一法則により，

$$Q_{AB}=W_{AB}+(U_B-U_A)=(V_2-V_1)P_A+a(T_B-T_1)=\frac{RT_1}{V_1}(V_2-V_1)+a\left(\frac{V_2-V_1}{V_1}\right)T_1$$

$$=(a+R)\left(\frac{V_2-V_1}{V_1}\right)T_1$$　　（答）

問3

熱力学第一法則により,

$$Q_{BC}=W_{BC}+(U_C-U_B)=0+a(T_C-T_B)=a\left(T_1-\frac{V_2T_1}{V_1}\right)=\frac{V_1-V_2}{V_1}aT_1 \qquad \text{(答)}$$

問4

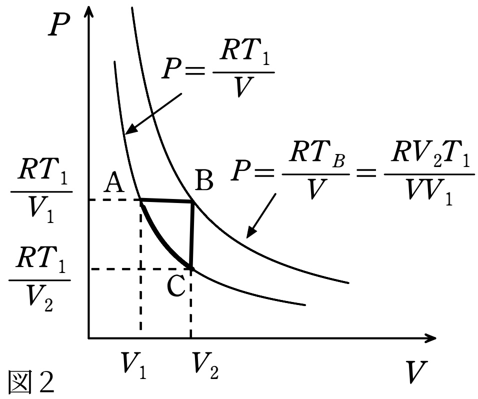


図2

＜解説＞

問1

問題文の「体積と温度は比例関係を満たしながら」に着目すると，気体の状態方程式によって，この過程は定圧変化であることがわかる。

問2

熱力学の第一法則の公式とその意味を理解していなければならない。

問3

体積が一定の変化だから，気体は外部に対して仕事をしていない。温度が低下したのだから，外から気体に与えられた熱量$Q_{BC}$は負である。すなわち，熱を放出した。

問4

温度が$T_1$と$T_B$に対応する2本の体積と圧力に関する等温変化曲線を描く。温度$T_1$の曲線上に点Aをとり，Aを通り$V$軸と平行な線と温度$T_B$の曲線との交点が点Bである。Bから$P$軸に平行な線をひき，温度$T_1$の曲線との交点を$C$とする。

［2］

＜解答＞

問1

アルゴンは1気圧に抗して膨張して仕事をしたのだから，ピストンを動かす仕事は,

$W$=1気圧×膨張した体積$=PV=RT=8.3\times87=7.2\times10^2$ J　　(答)

問２

温度$T$の1モルの気体の内部エネルギーは，$U_1=\dfrac{3}{2}RT=1.1\times10^3$ J　　（答）

問３

蒸発熱＝気体アルゴンの内部エネルギーの増加＋ピストンを動かす仕事

したがって，$\varDelta U=6400-722=5.7\times10^3$ J　　（答）

問４

$U_2=U_1-\varDelta U=-4.6\times10^3$ J　　（答）

<解説>

問１

断面積$S$のピストンが外部へ距離$l$ 移動したとすれば，

外部の圧力を$P$として，外部にした仕事は，$PSl=PV$

問２

気体の内部エネルギーの公式は理解していなければならない。

問３

熱力学の第一法則を理解していなければならない。

問４

（参考）を読んで液体アルゴンの内部エネルギーが負になることを理解しておくこと。液体では，アルゴン原子が近接して引力による位置エネルギーが大きな負の値をとる。気体になると原子がばらばらになって，引力の位置エネルギーが0に近くなる。引力の位置エネルギーは無限遠に離れたときに0となり，接近するほど負方向に大きくなるものと定義している。

<総評>

23年度と同様に全体として基礎的な問題で難問はない。どれも教科書をしっかり読み込み，例題や練習問題を繰り返し解くことによって対応できる問題である。その際，当然それぞれの問題の物理過程を的確に理解することが必要であり，問題を解くごとに教科書本文を参照し，理解を深めること。いたずらに難しい参考書や問題集に挑戦する必要はない。教科書のわからないところは先生に尋ねることが一番である。あるいは友人同士で教え合うことも良いだろう。

$\boxed{1}$

万有引力による運動の問題。エネルギー保存の法則，運動量保存の法則を用い，万有引力による位置エネルギーの表式を理解していることが必要である。題意は簡明であり，計算も難しくはない。難易度Ｂ。

$\boxed{2}$

［1］

金属線のオームの法則の導出に関わる基礎的な問題である。題意は簡明であるが，的確な理解が問われる良問である。案外，得点に差異が出るのではないか。難易度はＢ。

［２］

交流電源によるコンデンサーを含む回路，コイルを含む回路に流れる電流の問題。難しくはないが基本的な問題であり，的確な理解が必要である。難易度はＢ。

$\boxed{3}$

［１］

音波の基礎的な問題。問１～３は容易に解答できるだろう。問４では波の進行の数式表現を理解しておくこと。自由端と反射について理解していること。問１～３は難易度Ｃ，問４，５は難易度Ｂ。

［２］

音波のドップラー効果に関する基本的な問題。ドップラー効果は救急車のサイレンの音などでおなじみである。試験でもしばしば出題される。こういう基礎的な問題は，的確に答えるようにしたい。難易度はＣ＋。

$\boxed{4}$

［１］

理想気体の状態変化に関する問題。体積vs温度の状態変化図から気体の状態変化を理解すること。難易度はＢ。

［２］

液体アルゴンの気化に関する熱力学の問題。気体の内部エネルギー，熱力学の第一法則等を理解していること。難易度はＣ。

120623