第７回工学基礎ミニマム物理試験問題　　06.02.14　日立・水戸

正解は各問の選択肢（①，②，・・・）の中から１つだけ選び，その番号をマークシートにマークせよ。この際，ＨＢまたはＢの鉛筆またはシャープペンシルを使うこと。ボールペンは不可。正解が数値の場合には，選択肢の中から最も近い値を選ぶこと。正解が選択肢の中に無い場合には，番号ゼロを選択せよ。学生番号，氏名を指定された方法でマークシートの所定の欄に記入せよ。設問に関する質問には，いっさい応じないので，自分で判断して解答すること。

問１　（仕事）＝（力）×（距離）の関係がある。仕事のＣＧＳ単位（距離を ㎝，質量を g，時間を s とする単位）はエルグ[**erg**]である。仕事のＭＫＳ単位はジュール[**J**]である。１ **erg** は何 **J** か。

① 1 **erg** $=10^{-7}$ **J**　② 1 **erg** $=10^{-5}$ **J**　③ 1 **erg** $=10^{-3}$ **J**　④ 1 **erg** $=10^{-1}$ **J**

⑤ 1 **erg** $=10^{7}$ **J**　⑥ 1 **erg** $=10^{5}$ **J**　⑦ 1 **erg** $=10^{3}$ **J**　⑧ 1 **erg** $=10^{1}$ **J**

問２　3 次元空間中を質量 m の質点が運動している。その位置ベクトル $\boldsymbol{r}$ が時間 t の関数として，

$$\boldsymbol{r}(t)=\sin\omega t\ \boldsymbol{i}+\cos\omega t\ \boldsymbol{j}+t\ \boldsymbol{k}$$

と表されるとき，時刻 t において，この質点に作用する力の x 成分を求めよ。ただし，$\boldsymbol{i}$, $\boldsymbol{j}$, $\boldsymbol{k}$ は，それぞれ x 軸，y 軸，z 軸方向の単位ベクトル，ω は定数である。

① $\omega^2\sin\omega t$　② $-\omega^2\sin\omega t$　③ $\omega\cos\omega t$　④ $-\omega\cos\omega t$

⑤ $m\omega^2\sin\omega t$　⑥ $-m\omega^2\sin\omega t$　⑦ $m\omega\cos\omega t$　⑧ $-m\omega\cos\omega t$

問３　質量 m の質点が 3 次元空間中を運動している。その位置ベクトル $\boldsymbol{r}$ は，時間 t の関数として，$\boldsymbol{r}(t)=a\cos t\ \boldsymbol{i}+a\sin t\ \boldsymbol{j}+bt\ \boldsymbol{k}$ と表される。この質点の運動エネルギー $E(t)$ を求めよ。ただし，$\boldsymbol{i}$, $\boldsymbol{j}$, $\boldsymbol{k}$ は，それぞれ x 軸，y 軸，z 軸方向の単位ベクトルである。a, b は定数である。

① $m(a\cos t\ \boldsymbol{i}+a\sin t\ \boldsymbol{j}+b\boldsymbol{k})/2$　② $m(a\cos t\ \boldsymbol{i}-a\sin t\ \boldsymbol{j}+b\boldsymbol{k})/2$

③ $m(a\sin t\ \boldsymbol{i}+a\cos t\ \boldsymbol{j}+b\boldsymbol{k})/2$　④ $m(a\sin t\ \boldsymbol{i}-a\cos\ \boldsymbol{j}+b\boldsymbol{k})/2$

⑤ $m(a\sin t+a\cos t)/2$　⑥ $m(a\sin t-a\cos t)/2$

⑦ $m(a^2+b^2)/2$　⑧ $ma^2/2$

問４　質量 m の質点が直線上を運動している。質点の運動方向を x 軸の正の向きとする。質点には速度の大きさの２乗に比例する抵抗力 $\boldsymbol{F}=-kv^2\boldsymbol{i}$ が作用している。ここで，$\boldsymbol{i}$ は x 軸方向の単位ベクトル，k は正の定数である。時刻 $t=0$ で質点は座標の原点にあり，その速度は $\boldsymbol{v}=v_0\ \boldsymbol{i}$ であった。運動方程式を解き，速度ベクトル $\boldsymbol{v}$ を時間 t の関数として求めよ。k, v_0 は定数である。

① $\boldsymbol{v}(t)=\dfrac{v_0}{kv_0t/m-1}\boldsymbol{i}$　② $\boldsymbol{v}(t)=\dfrac{v_0}{kv_0t/m+1}\boldsymbol{i}$　③ $\boldsymbol{v}(t)=\dfrac{-v_0}{kv_0t/m+1}\boldsymbol{i}$　④ $\boldsymbol{v}(t)=\dfrac{-v_0}{kv_0t/m-1}\boldsymbol{i}$

⑤ $\boldsymbol{v}(t)=\dfrac{v_0kt}{m}e^{-\frac{kt}{m}}\ \boldsymbol{i}$　⑥ $\boldsymbol{v}(t)=-\dfrac{v_0kt}{m}e^{-\frac{kt}{m}}\ \boldsymbol{i}$　⑦ $\boldsymbol{v}(t)=\dfrac{v_0k}{m}e^{-\frac{kt}{m}}\ \boldsymbol{i}$　⑧ $\boldsymbol{v}(t)=-\dfrac{v_0k}{m}e^{-\frac{kt}{m}}\ \boldsymbol{i}$

問５　質量 m の質点が３次元空間中を運動している。質点には保存力 $\boldsymbol{F}$ が作用しており，その力のポテンシャルが $\phi(x,y,z)=cx^2yz$ と表される。この質点が $\boldsymbol{r}_1=x_1\boldsymbol{i}+y_1\boldsymbol{j}+z_1\boldsymbol{k}$ なる位置にあるとき，これに作用する力のベクトルの x 成分 F_x および位置エネルギー U を求めよ。ただし，$\boldsymbol{i}$, $\boldsymbol{j}$, $\boldsymbol{k}$ は，それぞれ x 軸，y 軸，z 軸方向の単位ベクトルである。c は定数である。

① $F_x=2cx_1y_1z_1$，$U=cx_1^{\ 2}y_1z_1$　② $F_x=-2cx_1y_1z_1$，$U=cx_1^{\ 2}y_1z_1$

③ $F_x=2cx_1y_1z_1$，$U=-cx_1^{\ 2}y_1z_1$　④ $F_x=-2cx_1y_1z_1$，$U=-cx_1^{\ 2}y_1z_1$

⑤ $F_x=2cx_1y_1z_1$，$U=mcx_1^{\ 2}y_1z_1$　⑥ $F_x=-2cx_1y_1z_1$，$U=mcx_1^{\ 2}y_1z_1$

⑦ $F_x=2cx_1y_1z_1$，$U=-mcx_1^{\ 2}y_1z_1$　⑧ $F_x=-2cx_1y_1z_1$，$U=-mcx_1^{\ 2}y_1z_1$

問６　１次元波動方程式 $\dfrac{\partial^2 u}{\partial t^2}=A\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ に従う波がある。ただし，A は正の定数である。この波の振幅は 8[m], 波長は 1[m], 周波数（振動数）は 40[Hz]であることが知られた。A の値はいくらか。また, $u(x,t)$ の表式として正しいものを選べ。

① $A=230$,　$u(x,t)=8\sin(2\pi x-40\pi t)$　② $A=1600$,　$u(x,t)=8\sin(2\pi x-40\pi t)$
③ $A=320$,　$u(x,t)=8\sin(4\pi x-40\pi t)$　④ $A=1600$,　$u(x,t)=8\sin(4\pi x-40\pi t)$
⑤ $A=320$,　$u(x,t)=8\sin(2\pi x-80\pi t)$　⑥ $A=1600$,　$u(x,t)=8\sin(2\pi x-80\pi t)$
⑦ $A=320$,　$u(x,t)=8\sin(4\pi x-80\pi t)$　⑧ $A=1600$,　$u(x,t)=8\sin(4\pi x-80\pi t)$

問７　絶対屈折率（真空に対する屈折率）$n_1=1.2$ の媒質１と絶対屈折率 $n_2=1.8$ の媒質２が接している。その界面は平面である。媒質１から媒質２へ光波が伝播している。媒質１に対する媒質２の相対屈折率 n_{12} はいくらか。媒質１中で光速 c_1 は真空中での光速 c_0 の何倍か。また，媒質１中で波長 λ_1 は真空中での波長 λ_0 の何倍か。

① $n_{12}=1.5$,　$c_1=0.6c_0$，$\lambda_1=1.2\lambda_0$　② $n_{12}=1.5$,　$c_1=0.83c_0$，$\lambda_1=1.2\lambda_0$
③ $n_{12}=1.5$,　$c_1=0.6c_0$，$\lambda_1=0.83\lambda_0$　④ $n_{12}=1.5$,　$c_1=0.83c_0$，$\lambda_1=0.83\lambda_0$
⑤ $n_{12}=0.67$,　$c_1=0.6c_0$，$\lambda_1=1.2\lambda_0$　⑥ $n_{12}=0.67$,　$c_1=0.83c_0$，$\lambda_1=1.2\lambda_0$
⑦ $n_{12}=0.67$,　$c_1=0.6c_0$，$\lambda_1=0.83\lambda_0$　⑧ $n_{12}=0.67$,　$c_1=0.83c_0$，$\lambda_1=0.83\lambda_0$

問８　100[g]，20[℃]の水が地表面から高さ h [m]の位置にある。この水が自然落下（初速度ゼロで落下）して地表面に衝突して静止した。衝突によって，水の位置エネルギーの変化はすべて熱になり，この水を暖める。水の温度を 21[℃]にするためには，水の地表面からの高さ h [m]はいくらか。有効数字１桁で計算し（有効数字２桁目以降切り捨て），その数値を示せ。ただし，水の比熱を 1[cal/(g・K)]，熱の仕事等量を 4[J/cal]，重力加速度を 10[m/s²]とする。

① 1[m]　② 4[m]　③ 10[m]　④ 40[m]　⑤ 100[m]
⑥ 400[m]　⑦ 1000[m]　⑧ 4000[m]　⑨ 10000[m]

問 9　圧力が 400[Pa], 体積が $3[m^3]$の単原子分子理想気体が 0.5[mol]ある。この気体の温度は$\left[(1)\right]$ [K]である。いま，この気体を準静的に断熱膨張させたとき，体積が $12[m^3]$になった。P-V状態図中の断熱線に沿った変化を考えることにより，断熱膨張後の気体の圧力は$\left[(2)\right]$ [Pa]と求められる。また，気体の状態方程式から，断熱膨張後のこの気体の温度は$\left[(3)\right]$ [K]であることがわかる。ただし，気体定数を8 [J/(mol・K)]，アボガドロ数を6×10^{23} [/mol]，$4^{5/3}=10$，$\log 2=0.7$（自然対数）とする。

① (1)＝360，(2)＝240，(3)＝120　② (1)＝240，(2)＝60，(3)＝150
③ (1)＝900，(2)＝120，(3)＝300　④ (1)＝300，(2)＝40，(3)＝120
⑤ (1)＝600，(2)＝40，(3)＝240　⑥ (1)＝300，(2)＝80，(3)＝240
⑦ (1)＝300，(2)＝280，(3)＝240　⑧ (1)＝100，(2)＝120，(3)＝360

問 10　温度 1000[K]の高温熱源と温度 300[K]の低温熱源を用いて運転されるカルノーサイクルがある。これを１サイクル運転したとき，このエンジンが外界にした仕事は 70[J]であった。このとき高温熱源から取り込んだ熱量は$\left[(1)\right]$[J]であり，低温熱源に捨てられた熱量は$\left[(2)\right]$[J]である。有効数字１桁で計算し（有効数字２桁目以降切り捨て），その数値を示せ。ただし，気体定数を8 [J/(mol・K)]，アボガドロ数を6×10^{23} [/mol]とする。

① (1)＝20，(2)＝110　② (1)＝30，(2)＝100　③ (1)＝40，(2)＝90
④ (1)＝50，(2)＝80　⑤ (1)＝60，(2)＝70　⑥ (1)＝70，(2)＝60
⑦ (1)＝80，(2)＝50　⑧ (1)＝90，(2)＝40　⑨ (1)＝100，(2)＝30

問 11　300[K]，1[mol]の理想気体が断熱的に**自由膨張**し，体積が $2[m^3]$から $4[m^3]$に増加した。この変化の際に気体が外界にした仕事は$\left[(1)\right]$[J]であり，内部エネルギーの変化は$\left[(2)\right]$[J]である。また，エントロピー変化を求めるためには，頭の中でこの自由膨張による体積変化に対応する準静的な可逆過程として，カルノーサイクルの等温膨張過程を考える（自由膨張は準静的な可逆過程でないので，この過程に沿って熱力学変数を計算できない）。この等温膨張過程においては，$\left[(3)\right]$[J]の吸熱があり，従ってエントロピーは$\left[(4)\right]$[J/K]だけ増加する。ただし，気体定数を8 [J/(mol・K)]とする。（補足説明：**自由膨張**とは，圧力がゼロの外界に向かって気体が膨張することをいう。）対数は自然対数である。

① (1)＝0，(2)＝0，(3)＝0，(4)＝0
② (1)＝0，(2)＝0，(3)＝0，　(4)＝$8\cdot\log 2$
③ (1)＝0，(2)＝0，(3)＝$2400\cdot\log 2$，(4)＝$8\cdot\log 2$
④ (1)＝$2400\cdot\log 2$，(2)＝0，(3)＝$2400\cdot\log 2$, (4)＝0
⑤ (1)＝0，(2)＝$8\cdot\log 2$，(3)＝0，(4)＝$8\cdot\log 2$
⑥ (1)＝$2400\cdot\log 2$，(2)＝$8\cdot\log 2$，(3)＝$2400\cdot\log 2$，(4)＝$8\cdot\log 2$
⑦ (1)＝$2400\cdot\log 2$，(2)＝$8\cdot\log 2$，(3)＝0, (4)＝0
⑧ (1)＝$2400\cdot\log 2$，(2)＝$8\cdot\log 2$，(3)＝$2400\cdot\log 2$，(4)＝0
⑨ (1)＝2400，(2)＝2400，(3)＝0，(4)＝0

問 12　理想気体の圧力を微視的モデルから導いてみよう。一辺の長さ L [m]の立方体の中に，質量が m [kg]の小さな剛体球が N 個入っている。立方体の辺に沿って $x,\ y,\ z$ 方向をとる。いま，一つの剛体球が立方体の x 方向に対して垂直な一つの壁に完全弾性衝突して，x 方向の速度を v_x [m/s]から $-v_x$ [m/s]に変化させた。この衝突により壁の受ける力積の大きさは$\left[(1)\right]$[kg・m/s]である。一つの剛体球が 1[s]間にこの壁に衝突する回数は$\left[(2)\right]$である。このような剛体球が N 個あることに注意すると，1[s]間に壁に与える平均の力は N, m, L, v_x を使って$\left[(3)\right]$と表される。この力を壁の面積 L^2 で割ることにより圧力[Pa]が求められる。

① $(1)=2mv_x$，$(2)=\dfrac{v_x}{2L}$，$(3)=\dfrac{Nm{v_x}^2}{L}$　② $(1)=mv_x$，$(2)=\dfrac{v_x}{L}$，$(3)=\dfrac{Nm{v_x}^2}{L}$

③ $(1)=mv_x$，$(2)=\dfrac{v_x}{L}$，$(3)=\dfrac{Nmv_x}{L}$　④ $(1)=\dfrac{1}{2}m{v_x}^2$，$(2)=\dfrac{v_x}{L}$，$(3)=\dfrac{Nmv_x}{L}$

⑤ $(1)=\dfrac{1}{2}m{v_x}^2$，$(2)=\dfrac{v_x}{L}$，$(3)\ \dfrac{Nm{v_x}^2}{L}$　⑥ $(1)=2mv_x$，$(2)=\dfrac{v_x}{2L}$，$(3)=\dfrac{m{v_x}^2}{NL}$

問 13　真空中で xyz 直交座標系の点 $(0,1,0)$ に q [C]の電荷を置いた。点 $(0,0,1)$ における電界の y 成分を求めよ。ただし，真空の誘電率は ε_0[F/m]である。直交座標の単位はメートル[m]である。

① $\dfrac{q}{4\sqrt{2}\pi\varepsilon_0}$[N/C]　② $-\dfrac{q}{4\sqrt{2}\pi\varepsilon_0}$[N/C]　③ $\dfrac{q}{8\pi\varepsilon_0}$[N/C]

④ $-\dfrac{q}{8\pi\varepsilon_0}$[N/C]　⑤ $\dfrac{q}{8\sqrt{2}\pi\varepsilon_0}$[N/C]　⑥ $-\dfrac{q}{8\sqrt{2}\pi\varepsilon_0}$[N/C]

問 14　真空中のある点を電流密度 i [A/m^2]の強さで z 軸正の方向に電流が流れている。この点における磁束密度の $x,\ y,\ z$ 軸方向の成分をそれぞれ B_x, B_y, B_z とするとき，電流密度と磁束密度の間にはどのような関係があるか。ただし，真空の透磁率は μ_0[H/m]である。

① $\dfrac{\partial B_y}{\partial x}-\dfrac{\partial B_x}{\partial y}=\mu_0 i$　② $\dfrac{\partial B_x}{\partial y}-\dfrac{\partial B_y}{\partial x}=\mu_0 i$　③ $\dfrac{\partial B_z}{\partial y}-\dfrac{\partial B_y}{\partial z}=\mu_0 i$

④ $\dfrac{\partial B_y}{\partial z}-\dfrac{\partial B_z}{\partial y}=\mu_0 i$　⑤ $\dfrac{\partial B_x}{\partial z}-\dfrac{\partial B_z}{\partial x}=\mu_0 i$　⑥ $\dfrac{\partial B_z}{\partial x}-\dfrac{\partial B_x}{\partial z}=\mu_0 i$

問 15　真空中に電気容量 C [C/V]の平板コンデンサーがあり，変位電流 $\cos 2\pi ft$ [A]が流れている。このとき平板コンデンサーに印加されている交流の電圧を求めよ。ただし，f [Hz]は周波数，t [s]は時間である。

① $\dfrac{1}{2\pi fC}\cos 2\pi ft$ [V]　② $-\dfrac{1}{2\pi fC}\cos 2\pi ft$ [V]　③ $\dfrac{2\pi f}{C}\cos 2\pi ft$ [V]

④ $-\dfrac{2\pi f}{C}\cos 2\pi ft$ [V]　⑤ $\dfrac{1}{2\pi fC}\sin 2\pi ft$ [V]　⑥ $-\dfrac{1}{2\pi fC}\sin 2\pi ft$ [V]

⑦ $\dfrac{2\pi f}{C}\sin 2\pi ft$ [V]　　　⑧ $-\dfrac{2\pi f}{C}\sin 2\pi ft$ [V]

問16　座標(x,y,z)の場所における電界の各成分が$E_x = 2\pi f\sin(ay+bz-2\pi ft)$ [V/m]，$E_y=0$，$E_z=0$ であるとき，その場所での磁束密度の y 成分を求めよ。ただし，a,b は定数，f [Hz] は周波数，t [s] は時間である。

① $a\sin(ay+bz-2\pi ft)$ [Wb/m^2]　　② $-a\sin(ay+bz-2\pi ft)$ [Wb/m^2]
③ $b\sin(ay+bz-2\pi ft)$ [Wb/m^2]　　④ $-b\sin(ay+bz-2\pi ft)$ [Wb/m^2]
⑤ $a\cos(ay+bz-2\pi ft)$ [Wb/m^2]　　⑥ $-a\cos(ay+bz-2\pi ft)$ [Wb/m^2]
⑦ $b\cos(ay+bz-2\pi ft)$ [Wb/m^2]　　⑧ $-b\cos(ay+bz-2\pi ft)$ [Wb/m^2]

問17　真空中を z 軸，正の方向に伝搬する電磁波が存在し，その電界成分に対する波動方程式を $\dfrac{\partial^2 E_x}{\partial z^2} = \varepsilon_0\mu_0\dfrac{\partial^2 E_x}{\partial t^2}$ と書くことができた。電磁波の波長を λ [m]，周波数を f [Hz] とするとき，正しい関係式はどれか。ただし，真空の誘電率はε_0 [F/m]，透磁率はμ_0 [H/m]である。

① $\dfrac{\varepsilon_0}{f}=\dfrac{\lambda}{\mu_0}$　② $\dfrac{\varepsilon_0}{f}=\dfrac{\mu_0}{\lambda}$　③ $\dfrac{\mu_0}{f}=\dfrac{\varepsilon_0}{\lambda}$　④ $\dfrac{1}{\varepsilon_0 f}=\mu_0\lambda$

⑤ $\dfrac{\varepsilon_0}{f^2}=\dfrac{\lambda^2}{\mu_0}$　⑥ $\dfrac{\varepsilon_0}{f^2}=\dfrac{\mu_0}{\lambda^2}$　⑦ $\dfrac{\mu_0}{f^2}=\dfrac{\varepsilon_0}{\lambda^2}$　⑧ $\dfrac{1}{\varepsilon_0 f^2}=\mu_0\lambda^2$

問 18　観測者に対して静止している状態での質量がm [kg]である物体が，光速c [m/s]の 1/2 の速さで運動している。観測者からみたこの物体の運動量を求めよ。

① $\dfrac{1}{4}mc$ [kgm/s]　② $\dfrac{1}{2}mc$ [kgm/s]　③ $\dfrac{1}{\sqrt{3}}mc$ [kgm/s]　④ $\dfrac{1}{\sqrt{2}}mc$ [kgm/s]

⑤ $\dfrac{\sqrt{3}}{2}mc$ [kgm/s]　⑥ mc [kgm/s]　⑦ $\sqrt{2}mc$ [kgm/s]　⑧ $\dfrac{2}{\sqrt{3}}mc$ [kgm/s]

問 19　ある金属の仕事関数は2×10^{-19}[J]であった。この金属に光を照射し，光電効果によって電子を飛び出させるのに必要な光の限界振動数（振動数の最小値）に最も近い数値を以下から選べ。ただし，プランク定数を7×10^{-34}[Js]とする。

① 1×10^{14} [Hz]　② 2×10^{14} [Hz]　③ 3×10^{14} [Hz]　④ 4×10^{14} [Hz]
⑤ 5×10^{14} [Hz]　⑥ 6×10^{14} [Hz]　⑦ 7×10^{14} [Hz]　⑧ 8×10^{14} [Hz]

問 20　不確定性関係（不確定性原理）において，エネルギーの測定精度を 2 倍にしたとき，測定精度が $1/2$ となる量は以下どれか。

①　位置の測定精度　　②　運動量の測定精度
③　時間の測定精度　　④　位置と運動量の積の測定精度
⑤　運動量と時間の積の測定精度　　⑥　位置と時間の積の測定精度
⑦　位置と運動量と時間の積の測定精度