第５回工学基礎ミニマム物理試験問題　　05.02.08　日立・水戸

正解は各問の選択肢の中から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の鉛筆を使うこと。（細いシャープペン，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。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　仕事率の単位はワット（W）である。仕事率の次元（ディメンション）を求めよ。ここで，距離をL，質量をM，時間をTで表す。

① $M^1L^0T^{-2}$　② $M^1L^0T^{-1}$　③ $M^1L^1T^{-2}$　④ $M^1L^1T^{-1}$
⑤ $M^1L^2T^{-1}$　⑥ $M^1L^2T^{-2}$　⑦ $M^1L^2T^{-3}$　⑧ $M^1L^2T^{-4}$

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，加速度ベクトルの 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 $m\omega(\sin\omega t + \cos\omega t)$　② $m\omega(\sin\omega t - \cos\omega t)$
③ $m\omega(\sin\omega t + t\cos\omega t)$　④ $m\omega(\sin\omega t - t\cos\omega t)$
⑤ $\omega^2\sin\omega t$　⑥ $-\omega^2\sin\omega t$
⑦ $\omega\cos\omega t$　⑧ $-\omega\cos\omega t$

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，$\boldsymbol{r}(t) = a\cos t\ \boldsymbol{i} + a\sin t\ \boldsymbol{j} + \boldsymbol{k}$ 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 は定数である。

① $m(a\cos t\ \boldsymbol{i} + a\sin t\ \boldsymbol{j} + \boldsymbol{k})/2$　② $m(a\cos t\ \boldsymbol{i} - a\sin t\ \boldsymbol{j} + \boldsymbol{k})/2$
③ $m(a\sin t\ \boldsymbol{i} + a\cos t\ \boldsymbol{j} + \boldsymbol{k})/2$　④ $m(a\sin t\ \boldsymbol{i} - a\cos t\ \boldsymbol{j} + \boldsymbol{k})/2$
⑤ $m(a\sin t + a\cos t + 1)/2$　⑥ $m(a\sin t - a\cos t + 1)/2$
⑦ $ma/2$　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 3 乗に比例する抵抗力 $\boldsymbol{F} = -kv^3\boldsymbol{i}$ 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 $\boldsymbol{v} = \boldsymbol{i}$ であった。運動方程式を変数分離の方法で解き，速度ベクトル $\boldsymbol{v}$ を時間 t の関数として求めよ。

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

⑤ $\boldsymbol{v}(t) = \left(\dfrac{2kt}{m}+1\right)^{-1/2}\boldsymbol{i}$　⑥ $\boldsymbol{v}(t) = \left(\dfrac{2kt}{m}-1\right)^{2}\boldsymbol{i}$　⑦ $\boldsymbol{v}(t) = \left(\dfrac{kt}{m}+1\right)^{1/2}\boldsymbol{i}$　⑧ $\boldsymbol{v}(t) = \left(\dfrac{kt}{m}-1\right)^{2}\boldsymbol{i}$

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 $\phi(x,y,z)=cxyz$ と表される。位置ベクトル $\boldsymbol{r}_1=x_1\boldsymbol{i}+y_1\boldsymbol{j}+z_1\boldsymbol{k}$ で表される点における保存力 $\boldsymbol{F}$ 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である。c は定数である。

① cy_1z_1　② $-cy_1z_1$　③ $cy_1z_1/2$　④ $-cx_1y_1z_1/2$
⑤ mcy_1z_1　⑥ $-mcy_1z_1$　⑦ $-mcy_1z_1/2$　⑧ $mcy_1z_1/2$

問６　１次元波動方程式は $\dfrac{\partial^2 u}{\partial t^2}=c^2\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ と表現される。この偏微分方程式の１つの解として $u(x,t)=A\sin(kx-\omega t)$ を考える。以下の関係のうち，正しいものはどれか。ただし，A, c, ω は正の定数である。

① $k=c\omega$　② $k=c/\omega$　③ $k=\omega/c$　④ $k=c/\omega^2$
⑤ $k=Ac\omega$　⑥ $k=Ac/\omega$　⑦ $k=A\omega/c$　⑧ $k=Ac/\omega^2$

問７　絶対屈折率（真空に対する屈折率）n_1 の媒質１と絶対屈折率 n_2 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。入射角を θ_1，屈折角 θ_2 をとする。この界面での媒質１に対する媒質２の相対屈折率を n_{12} とする。媒質１中で光速を c_1，媒質２中で光速を c_2 とする。以下の関係のうち正しいものはどれか。

① $n_{12}=\dfrac{n_1}{n_2}=\dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$,　$\dfrac{c_1}{c_2}=\dfrac{n_2}{n_1}$　② $n_{12}=\dfrac{n_1}{n_2}=\dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$,　$\dfrac{c_1}{c_2}=\dfrac{n_1}{n_2}$

③ $n_{12}=\dfrac{n_1}{n_2}=\dfrac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}$,　$\dfrac{c_1}{c_2}=\dfrac{{n_2}^2}{{n_1}^2}$　④ $n_{12}=\dfrac{n_1}{n_2}=\dfrac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}$,　$\dfrac{c_1}{c_2}=\dfrac{{n_1}^2}{{n_2}^2}$

⑤ $n_{12}=\dfrac{n_2}{n_1}=\dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$,　$\dfrac{c_1}{c_2}=\dfrac{n_2}{n_1}$　⑥ $n_{12}=\dfrac{n_2}{n_1}=\dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$,　$\dfrac{c_1}{c_2}=\dfrac{n_1}{n_2}$

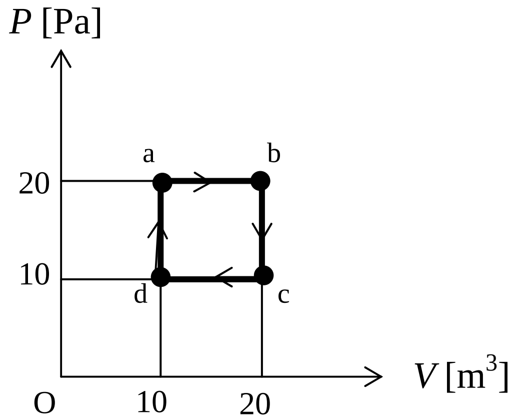
⑦ $n_{12}=\dfrac{n_2}{n_1}=\dfrac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}$,　$\dfrac{c_1}{c_2}=\dfrac{{n_2}^2}{{n_1}^2}$　⑧ $n_{12}=\dfrac{n_2}{n_1}=\dfrac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}$.　$\dfrac{c_1}{c_2}=\dfrac{{n_1}^2}{{n_2}^2}$

問８　温度 1000[K]の単原子理想気体がある。この気体の定積モル比熱[J/(mol・K)]を有効数字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，単原子分子の質量を 2×10^{-26} [kg]，気体定数を８[J/(mol・K)]，アボガドロ数を 6×10^{23} [/mol]とする。

① 1×10^1　② 2×10^1　③ 3×10^1　④ 4×10^1　⑤ 5×10^1　⑥ 6×10^1
⑦ 7×10^1　⑧ 8×10^1　⑨ 9×10^1

問 9　0.5 モルの単原子分子理想気体が P–V 図上の線で示したように，状態 a→状態 b→状態 c→状態 d→状態 a と変化した。この過程は準静的過程である。状態 b における温度 T [K]と内部エネルギー U [J]を有効数字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 T =100K，U =300J　② T =100K，U =600J　③ T =200K，U =300J　④ T =200K，U =600J
⑤ T =300K，U =300J　⑥ T =300K，U =600J　⑦ T =400K，U =300J　⑧ T =400K，U =600J



問 10　温度 2000[K]の高温熱源と温度 200[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，高温熱源から 100[J]の熱量を吸収した。このとき，低温熱源に捨てられる熱量を有効数字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 10　② 20　③ 30　④ 40　⑤ 50　⑥ 60　⑦ 70　⑧ 80　⑨ 90

問 11　単原子分子理想気体の定積モル比熱を C_v とする。n [mol]の単原子分子理想気体が体積一定の条件で暖められ，その温度が T_1 から T_2 まで上昇した。この過程は準静的過程である。この過程における理想気体のエントロピー[J/K]の変化を与える式として，正しいものはどれか。

① $\int_{T_1}^{T_2}\frac{5C_v}{2T}dT$　② $-\int_{T_1}^{T_2}\frac{5C_v}{2T}dT$　③ $\int_{T_1}^{T_2}\frac{n\,C_v}{T}dT$　④ $-\int_{T_1}^{T_2}\frac{n\,C_v}{T}dT$

⑤ $\frac{5C_v}{2}(T_2-T_1)$　⑥ $\frac{n\,C_v}{2}(T_2-T_1)$　⑦ $\frac{5C_v}{2}\left(\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T_2}\right)$　⑧ $\frac{n\,C_v}{2}\left(\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T_2}\right)$

問12　単原子分子理想気体がある。この気体の分子の速さ（速度の大きさ）v の分布はマックスウェル分布 $\varphi(v)$ に従っている。この表式として適当な形は以下のどれか。ここで，m は分子の質量，k はボルツマン定数，T は温度，A は定数である。

① $\varphi(v) = Av^2\left(\frac{1}{kT}\right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$　② $\varphi(v) = Av^2\left(\frac{1}{kT}\right)^{3/2} e^{\frac{mv^2}{2kT}}$　③ $\varphi(v) = Av\left(\frac{1}{kT}\right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$

④ $\varphi(v) = Av\left(\frac{1}{kT}\right)^{3/2} e^{\frac{mv^2}{2kT}}$　⑤ $\varphi(v) = Av^2\left(\frac{1}{kT}\right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{kT}}$　⑥ $\varphi(v) = Av\left(\frac{1}{kT}\right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{kT}}$

問 13　真空中で直交座標の点 (0,0,1) に電気量 q[C] の電荷がおかれている。点 (0,0,6) における電位[V] はいくらか。ただし，真空の誘電率は ε_0[F/m]，座標の数値の単位はメートル[m]である。電位の基準点は無限遠点とする。

① $\frac{q}{10\sqrt{5}\pi\,\varepsilon_0}$　② $\frac{q}{20\pi\,\varepsilon_0}$　③ $\frac{q}{20\sqrt{5}\pi\,\varepsilon_0}$

④ $-\frac{q}{10\sqrt{5}\pi\,\varepsilon_0}$　⑤ $-\frac{q}{20\pi\,\varepsilon_0}$　⑥ $-\frac{q}{20\sqrt{5}\pi\,\varepsilon_0}$

問 14　真空中に定常電流 I [A]が流れている導線上の微小部分（電流素片）$\boldsymbol{ds}$[m] を考える。これは電流と同じ向きのベクトルで，そのおおきさは電流素片の長さに等しい。この電流素片からの相対位置がベクトル $\boldsymbol{R}$[m]で表される点において，この電流素片がつくる微小磁場（磁束密度）$\boldsymbol{dB}[T]$ はどのように表されるか。真空の誘電率を μ_0 とする。ベクトル $\boldsymbol{R}$[m] の絶対値を R とする。

① $\boldsymbol{dB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\left(\boldsymbol{ds}\times\frac{\boldsymbol{R}}{R}\right)$　② $\boldsymbol{dB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2}\left(\boldsymbol{ds}\times\frac{\boldsymbol{R}}{R}\right)$　③ $\boldsymbol{dB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^3}\left(\boldsymbol{ds}\times\frac{\boldsymbol{R}}{R}\right)$

④ $\boldsymbol{dB} = \frac{I}{4\pi\mu_0 R}\left(\boldsymbol{ds}\times\frac{\boldsymbol{R}}{R}\right)$　⑤ $\boldsymbol{dB} = \frac{I}{4\pi\mu_0 R^2}\left(\boldsymbol{ds}\times\frac{\boldsymbol{R}}{R}\right)$　⑥ $\boldsymbol{dB} = \frac{I}{4\pi\mu_0 R^3}\left(\boldsymbol{ds}\times\frac{\boldsymbol{R}}{R}\right)$

問 15　ファラデーの電磁誘導の法則の表式として，正しいものはどれか。ここで，コイルがつくる曲面を Ω とし，その面積素ベクトルを $\boldsymbol{dS}$，磁場（磁束密度）を $\boldsymbol{B}$[T]，起電力を V[V] とする。

① $V = \int_\Omega \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{S}$　② $V = -\int_\Omega \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{S}$　③ $V = \frac{d}{dt}\int_\Omega \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{S}$　④ $V = -\frac{d}{dt}\int_\Omega \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{S}$

⑤ $V = \frac{d^2}{dt^2}\int_\Omega \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{S}$　⑥ $V = -\frac{d^2}{dt^2}\int_\Omega \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{S}$　⑦ $V = \frac{d^3}{dt^3}\int_\Omega \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{S}$　⑧ $V = -\frac{d^3}{dt^3}\int_\Omega \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{S}$

問 16　真空中の電磁場を記述するマックスウェル方程式のうち, アンペールの法則を拡張した法則に対応する正しい表式はつぎのうちどれか。ただし， ρ[C/m^3] は電荷密度， ε_0[F/m] は真空の誘電率，μ_0[H/m] は真空の透磁率， $\boldsymbol{E}$[V/m] は電場， $\boldsymbol{B}$[T] は磁場（磁束密度)， $\boldsymbol{i}$ [A/m^2] は電流密度を表す。

①　$\mathrm{div}(\boldsymbol{E}/\varepsilon_0)=\rho$　　②　$\mathrm{div}\boldsymbol{B}=\mu_0$　　③　$\mathrm{rot}\boldsymbol{E}=-\mu_0\dfrac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t}$　　④　$\mathrm{rot}\boldsymbol{B}=\varepsilon_0\dfrac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t}+\mu_0\boldsymbol{i}$

⑤　$\mathrm{div}(\varepsilon_0\boldsymbol{E})=\rho$　　⑥　$\mathrm{div}\boldsymbol{B}=0$　　⑦　$\mathrm{rot}\boldsymbol{E}=-\dfrac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t}$　　⑧　$\mathrm{rot}\boldsymbol{B}=\varepsilon_0\,\mu_0\dfrac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t}+\mu_0\boldsymbol{i}$

問 17　真空中を z 軸方向に伝搬する電場成分 E_x[V/m] $=E_0\sin(\dfrac{2\pi}{\lambda}z-2\pi\nu t)$，磁場（磁束密度）成分 B_y[T] $=B_0\sin(\dfrac{2\pi}{\lambda}z-2\pi\nu t)$ の電磁波が存在する。ここで λ[m] は波長, ν[1/s] は周波数, t[s] は時間, E_0[V/m] および B_0[T] は定数である。この電磁場に対する波動方程式として正しいものはどれか。ただし，真空の誘電率は ε_0[F/m]，透磁率は μ_0[H/m] とする。

①　$\dfrac{\partial^2 E_x}{\partial x^2}=\varepsilon_0\mu_0\dfrac{\partial E_x}{\partial t}$　　②　$\dfrac{\partial^2 E_x}{\partial y^2}=\varepsilon_0\mu_0\dfrac{\partial E_x}{\partial t}$　　③　$\dfrac{\partial^2 E_x}{\partial z^2}=\varepsilon_0\mu_0\dfrac{\partial E_x}{\partial t}$

④　$\dfrac{\partial^2 B_y}{\partial x^2}=\varepsilon_0\mu_0\dfrac{\partial^2 B_y}{\partial t^2}$　　⑤　$\dfrac{\partial^2 B_y}{\partial y^2}=\varepsilon_0\mu_0\dfrac{\partial^2 B_y}{\partial t^2}$　　⑥　$\dfrac{\partial^2 B_y}{\partial z^2}=\varepsilon_0\mu_0\dfrac{\partial^2 B_y}{\partial t^2}$

問18　　観測者に対して相対速度 $-v$ [m/s]で等速直線運動している系の時間の進み方は, 観測者自身の持つ時計の進み方と異なる。観測者の時計が 1 秒進む間に相対速度 $-v$ で等速直線運動している系の時計は何秒進むように見えるか。光速を c [m/s]とし， $\beta=v/c$ とする。

①$\dfrac{1}{\sqrt{1-\beta}}$　　②$\dfrac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$　　③$\sqrt{1-\beta}$

④$\sqrt{1-\beta^2}$　　⑤$1-\beta$　　⑥$1-\beta^2$

問 19　金属に光を照射したところ，光電効果によって電子が飛び出した。その運動エネルギーを与える表式として正しいものはどれか。ただし，h[Js] をプランク定数，ν[Hz] を照射光の振動数，W[J] を金属の仕事関数とする。

①　$W-h\nu$　　②　$h\nu-W$　　③　$h\nu+W$　　④　$W^2-(h\nu)^2$

⑤　$(h\nu)^2-W^2$　　⑥　$(h\nu)^2+W^2$　　⑦　$h\nu^2-W$　　⑧　$h^2\nu+W$

問 20　電子の速度を 2 倍にすると，その物質波（ド・ブロイ波）の波長は何倍になるか。ただし，電子の速度は光速に比べ充分小さいとする。

①　$\frac{1}{4}$　　②　$\frac{1}{2}$　　③　$\frac{1}{\sqrt{2}}$　　④　$\sqrt{2}$　　⑤　2　　⑥　4