第８回工学基礎ミニマム物理試験問題　　　　06.08.09　日立

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　（仕事率）＝（力）×（距離）÷（時間）および（力）＝（質量）×（加速度）の関係があり，仕事率の MKS 単位はワット（W）である。ワットを基本単位（kg, m, s）で表せ。

① W = kg m s^{-2}　② W = kg m s^{-3}　③ kg m^2 s^{-2}　④ kg m^2 s^{-3}

⑤ W = kg^2 m s^{-2}　⑥ W = kg^2 m s^{-3}　⑦ W = kg^2 m^2 s^{-2}　⑧ W = kg^2 m^2 s^{-3}

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

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

と表されるとき，加速度ベクトルの y 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，$R,\ \omega,\ \alpha$ は定数である。

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

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

問 3　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

$$\boldsymbol{r}(t) = \cos 3t\,\boldsymbol{i} + e^{-2t}\boldsymbol{j} + 5t\,\boldsymbol{k}$$

と表されるとき，この質点に作用している力 $\boldsymbol{F}(t)$ 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。

① $\boldsymbol{F}(t) = 9m\cos 3t\,\boldsymbol{i} - 4me^{-2t}\boldsymbol{j}$　② $\boldsymbol{F}(t) = -9m\cos 3t\,\boldsymbol{i} + 4me^{-2t}\boldsymbol{j}$

③ $\boldsymbol{F}(t) = 9m\sin 3t\,\boldsymbol{i} - 4me^{-2t}\boldsymbol{j}$　④ $\boldsymbol{F}(t) = -9m\sin 3t\,\boldsymbol{i} + 4me^{-2t}\boldsymbol{j}$

⑤ $\boldsymbol{F}(t) = m\cos 3t\,\boldsymbol{i} - me^{-2t}\boldsymbol{j}$　⑥ $\boldsymbol{F}(t) = -m\cos 3t\,\boldsymbol{i} + me^{-2t}\boldsymbol{j}$

⑦ $\boldsymbol{F}(t) = m\sin 3t\,\boldsymbol{i} - me^{-2t}\boldsymbol{j}$　⑧ $\boldsymbol{F}(t) = -m\sin 3t\,\boldsymbol{i} + me^{-2t}\boldsymbol{j}$

問 4　質量 m の質点が直線（x 軸）上を運動している。質点には速度に比例する抵抗力 $\boldsymbol{F} = -k\boldsymbol{v}$ が作用している。時刻 $t = 0$ において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 $\boldsymbol{v}$ を時間 t の関数として求めよ。ここで，$\boldsymbol{i}$ は x 軸方向の単位ベクトル，$k,\ v_0$ は定数である。

① $\boldsymbol{v}(t) = v_0\left(1 - \dfrac{k}{m}t\right)\boldsymbol{i}$　② $\boldsymbol{v}(t) = v_0\left(1 + \dfrac{k}{m}t\right)\boldsymbol{i}$　③ $\boldsymbol{v}(t) = \dfrac{v_0}{1 - kt/m}\boldsymbol{i}$

④ $\boldsymbol{v}(t) = \dfrac{v_0}{1 + kt/m}\boldsymbol{i}$　⑤ $\boldsymbol{v}(t) = v_0 e^{\frac{k}{m}t}\,\boldsymbol{i}$　⑥ $\boldsymbol{v}(t) = v_0 e^{-\frac{k}{m}t}\,\boldsymbol{i}$

⑦ $\boldsymbol{v}(t) = v_0\cos\left(\dfrac{k}{m}t\right)\boldsymbol{i}$　⑧ $\boldsymbol{v}(t) = v_0\left[1 - \sin\left(\dfrac{k}{m}t\right)\right]\boldsymbol{i}$

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 $\phi(x,y,z)=c\,e^{-x^2}e^{-y^2}e^{-z^2}$ 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，質点に作用する力 $\boldsymbol{F}$ の x 成分 F_x 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，c は定数である。

① $F_x=-2mcx_1e^{-x_1^2}e^{-y_1^2}e^{-z_1^2}$　② $F_x=2mcx_1e^{-x_1^2}e^{-y_1^2}e^{-z_1^2}$　③ $F_x=-2cx_1e^{-x_1^2}e^{-y_1^2}e^{-z_1^2}$

④ $F_x=2cx_1e^{-x_1^2}e^{-y_1^2}e^{-z_1^2}$　⑤ $F_x=-mce^{-x_1^2}e^{-y_1^2}e^{-z_1^2}$　⑥ $F_x=mce^{-x_1^2}e^{-y_1^2}e^{-z_1^2}$

⑦ $F_x=-ce^{-x_1^2}e^{-y_1^2}e^{-z_1^2}$　⑧ $F_x=ce^{-x_1^2}e^{-y_1^2}e^{-z_1^2}$

問 6　1 次元波動方程式は $\dfrac{\partial^2 u}{\partial t^2}=c^2\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ と表される。この偏微分方程式の 1 つの解として波動 $u(x,t)=A\sin\left[2\pi\left(\dfrac{x}{\lambda}-ft\right)\right]$ を考える。その周波数（振動数）が f のとき，その波長 λ を与える式を示せ。ただし，$A,\ c$ は正の定数である。

① $\lambda=cf$　② $\lambda=cf^2$　③ $\lambda=c/f$　④ $\lambda=c/f^2$
⑤ $\lambda=2\pi cf$　⑥ $\lambda=2\pi cf^2$　⑦ $\lambda=2\pi c/f$　⑧ $\lambda=2\pi c/f^2$

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 へ光波が伝搬している。$n_1>n_2$ であるとき，全反射の臨界角 θ_c および θ_c で入射したときの屈折角 θ_2 に関する以下の関係のうち正しいものを選べ。

① $\sin\theta_c=\dfrac{n_1}{n_2},\ \theta_2=90^\circ$　② $\sin\theta_c=\dfrac{n_2}{n_1},\ \theta_2=90^\circ$　③ $\sin\theta_c=\dfrac{n_1}{n_2},\ \theta_2=0^\circ$

④ $\sin\theta_c=\dfrac{n_2}{n_1},\ \theta_2=0^\circ$　⑤ $\cos\theta_c=\dfrac{n_1}{n_2},\ \theta_2=90^\circ$　⑥ $\cos\theta_c=\dfrac{n_2}{n_1},\ \theta_2=90^\circ$

⑦ $\cos\theta_c=\dfrac{n_1}{n_2},\ \theta_2=0^\circ$　⑧ $\cos\theta_c=\dfrac{n_2}{n_1},\ \theta_2=0^\circ$

問８　温度 500[K]の単原子理想気体がある。この気体の定積比熱[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　圧力が 400[Pa], 体積が 3[m³]の単原子分子理想気体が 1.5[mol]ある。この気体の温度は $\left[(1)\right]$ [K]である。いま，この気体を等温膨張させたとき，体積が 12[m³]になった。この過程で気体の外界にした仕事は $\left[(2)\right]$ [J]である。また，等温膨張後のこの気体の圧力は $\left[(3)\right]$ [Pa]である。ただし、気体定数を 8 [J/(mol・K)]，アボガドロ数を 6×10^{23} [/mol]，$4^{5/3}=10$，$\log 2=0.7$ とする。数値は有効数字 1 桁で求めよ。

① (1)50,(2)100,(3)200　② (1)50,(2)1000,(3)100　③ (1)100,(2)1000,(3)100
④ (1)50,(2)2000,(3)200　⑤ (1)100,(2)2000,(3)200　⑥ (1)100,(2)2000,(3)100
⑦ (1)50,(2)3000,(3)200　⑧ (1)100,(2)3000,(3)100

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，このエンジンが高温熱源から取り込んだ熱量は 100[J]であった。このとき外界にした仕事は[(1)][J]であり，低温熱源に捨てられた熱量は[(2)][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)80　② (1)30,(2)70　③ (1)40,(2)60　④ (1)50,(2)50　⑤ (1)60,(2)40
⑥ (1)70,(2)30　⑦ (1)80,(2)20　⑧ (1)90,(2)10　⑨ (1)100,(2)0

問 11　前問のカルノーサイクルにおいて, 低温熱源と接触して行う放熱過程で作業物質である理想気体のエントロピーは[(1)][J/K]だけ減少する。また，高温熱源と接触して行う吸熱過程で作業物質である理想気体のエントロピーは[(2)][J/K]だけ増加する。したがって，このエンジンが 1 サイクルしたときの作業物質のエントロピー変化は[(3)][J/K]である。

① (1)0.1,(2)0.1,(3)0　② (1)1,(2)1,(3)0　③ (1)0.1,(2)0.3,(3)0.2
④ (1)0.2,(2)0.3,(3)0.1　⑤ (1)0.2,(2)0.4,(3)0.2　⑥ (1)0.2,(2)0.5,(3)0.3
⑦ (1)0.3,(2)0.4,(3)0.1　⑧ (1)0.3,(2)0.5,(3)0.2　⑨ (1)0.3,(2)0.6,(3)0.3

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に従っており，$\varphi(v)=4\pi n v^2\left(\dfrac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$ で与えられる。ここで，n は分子の数密度，m は分子の質量，k はボルツマン定数，T は温度である。分布の最大値を与える v の表式として正しいものを示せ。

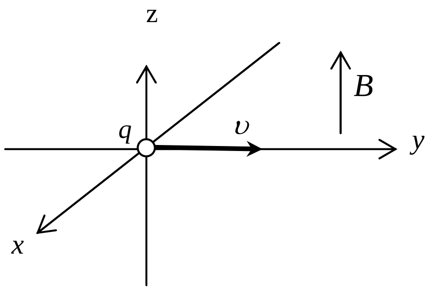
① $\left(\dfrac{2kT}{m}\right)^{-3/2}$　② $\left(\dfrac{2kT}{m}\right)^{-1/2}$　③ $\left(\dfrac{2kT}{m}\right)^{1/2}$　④ $\left(\dfrac{2kT}{m}\right)^{3/2}$

⑤ $\left(\dfrac{kT}{m}\right)^{-3/2}$　⑥ $\left(\dfrac{kT}{m}\right)^{-1/2}$　⑦ $\left(\dfrac{kT}{m}\right)^{1/2}$　⑧ $\left(\dfrac{kT}{m}\right)^{3/2}$

問 13　真空中で xyz 直交座標系の点 $(2,0,0)$ に q [C]の電荷を置いた。点 $(0,1,2)$ における電界の z 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 $\dfrac{q}{6\pi\varepsilon_0}$[N/C]　② $-\dfrac{q}{6\pi\varepsilon_0}$[N/C]　③ $\dfrac{q}{18\pi\varepsilon_0}$[N/C]
④ $-\dfrac{q}{18\pi\varepsilon_0}$[N/C]　⑤ $\dfrac{q}{54\pi\varepsilon_0}$[N/C]　⑥ $-\dfrac{q}{54\pi\varepsilon_0}$[N/C]

問 14　真空中に一様な静電界と静磁界が存在する。静磁界は xyz 直交座標系において z 軸正の方向に磁束密度 $B[T]$ で印加されている。原点から y 軸の正の方向に向けて初速度 υ[m/s] で質量 m[kg]，電気量 q [C]の点電荷を発射したとところ，そのまま y 軸に沿って直進した。静電界の方向と強さを求めよ。



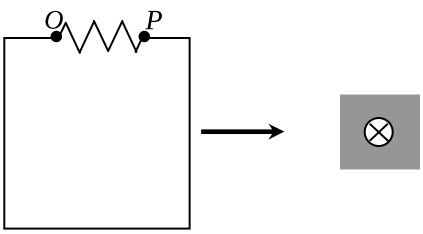
① x 軸正の方向で強さ υB[N/C]　　② x 軸負の方向で強さ υB[N/C]

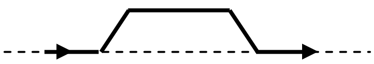
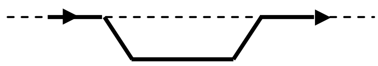
③ x 軸正の方向で強さ $q\upsilon B$[N/C]　　④ x 軸負の方向で強さ $q\upsilon B$[N/C]

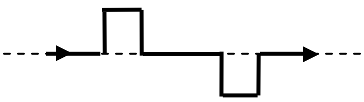
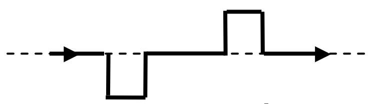
⑤ x 軸正の方向で強さ $\dfrac{\upsilon B}{m}$[N/C]　　⑥ x 軸負の方向で強さ $\dfrac{\upsilon B}{m}$[N/C]

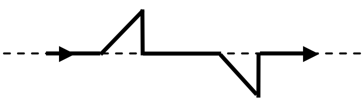
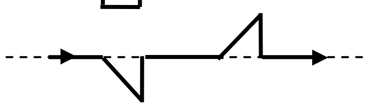
⑦ x 軸正の方向で強さ $\dfrac{q\upsilon B}{m}$[N/C]　　⑧ x 軸負の方向で強さ $\dfrac{q\upsilon B}{m}$[N/C]

問 15　図の斜線部  の領域のみ、紙面表から裏側に向かって一様な静磁界が存在する。この磁界の領域を左図のような回路が紙面に沿って一定速度で横切る。この時 O 点を基準とした P 点の電位変化をもっとも正しく表したグラフを以下から選べ。ただし、グラフの縦軸は電位、横軸は時間、実線は電位の変化、点線は電位 $0[V]$ を表すものとする。



① 　② 

③ 　④ 

⑤ 　⑥ 

問16　真空中で座標(x, y, z)の場所における静電界が$(x\boldsymbol{i}+y\boldsymbol{j}+z\boldsymbol{k})$[N/C]であった。座標$(x, y, z)$における電荷密度を求めよ。ただし，$\boldsymbol{i}, \boldsymbol{j}, \boldsymbol{k}$はそれぞれ$x, y, z$方向の単位ベクトルであり，真空の誘電率は$\varepsilon_0$ [F/m]，透磁率はμ_0 [H/m]である。

① ε_0 [C/m^3]　② $\dfrac{1}{\varepsilon_0}$[C/m^3]　③ $\varepsilon_0\mu_0$ [C/m^3]　④ $\dfrac{\mu_0}{\varepsilon_0}$[C/m^3]

⑤ $3\varepsilon_0$ [C/m^3]　⑥ $\dfrac{3}{\varepsilon_0}$[C/m^3]　⑦ $3\varepsilon_0\mu_0$ [C/m^3]　⑧ $\dfrac{3\mu_0}{\varepsilon_0}$[C/m^3]

問17　真空中をz軸正の方向に伝搬する電磁波の電界x成分E_xに対する波動方程式は，

$\dfrac{\partial^2 E_x}{\partial z^2}=\varepsilon_0\mu_0\dfrac{\partial^2 E_x}{\partial t^2}$と書くことができる。ただし，$t$[s]は時間，$\varepsilon_0$ [C^2/(Nm)]は真空の誘電率，μ_0 [N/A^2]は真空の透磁率である。光速を3×10^8[m/s]、真空の誘電率を1×10^{-11}[C^2/(Nm)]とするとき、真空の透磁率に最も近い値を選べ。

①　1×10^{-28}[N/A^2]　②　1×10^{-6}[N/A^2]　③　1×10^{6}[N/A^2]　④　1×10^{28}[N/A^2]

⑤　3×10^{-20}[N/A^2]　⑥　3×10^{-3}[N/A^2]　⑦　3×10^{2}[N/A^2]　⑧　3×10^{19}[N/A^2]

問18　観測者に対して速度1×10^8[m/s]で運動している電子の運動エネルギーを測ったところ5×10^{-15}[J]であった。特殊相対性理論を考慮して電子の静止質量を計算し，以下から最も近い数値を選べ。ただし，光速を3×10^8[m/s]とする。

①　1×10^{-30}[kg]　②　2×10^{-30}[kg]　③　3×10^{-30}[kg]　④　4×10^{-30}[kg]

⑤　5×10^{-30}[kg]　⑥　6×10^{-30}[kg]　⑦　7×10^{-30}[kg]　⑧　8×10^{-30}[kg]

問 19　金属に適当な周波数の光を照射したところ，光電効果によって金属から電子が飛び出す現象が観測された。この実験に関する以下の記述で正しいものを選べ。ただし，電子が金属中にあるとき持っていたエネルギーは無視できるとする。

①　照射する光の周波数を 2 倍にしたところ，飛び出す電子のエネルギーが 2 倍になった。

②　照射する光の周波数を 2 倍にしたところ，飛び出す電子の数が 2 倍になった。

③　照射する光の強度を 2 倍にしたところ，飛び出す電子のエネルギーが 2 倍になった。

④　照射する光の強度を 2 倍にしたところ，飛び出す電子の数が 2 倍になった。

⑤　照射する光の波長を 2 倍にしたところ，飛び出す電子のエネルギーが 2 倍になった。

⑥　照射する光の波長を 2 倍にしたところ，飛び出す電子の数が 2 倍になった。

問 20　一定速度(<< 光速)で運動する電子の物質波に関する以下の記述のうち正しいものを選べ。

①　この物質波の波長は電子のエネルギーに比例する。

②　この物質波の波長は電子のエネルギーに反比例する。

③　この物質波の波長は電子のエネルギーの平方根に比例する。

④　この物質波の波長は電子のエネルギーの平方根に反比例する。

⑤　この物質波の波長は電子の運動量の平方根に比例する。

⑥　この物質波の波長は電子の運動量の平方根に反比例する。