工学基礎ミニマム物理試験問題　　　　　　　　09．08．05

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　質量 m の質点が x-y 平面上を運動している。この質点の時刻 t における位置ベクトルが $\boldsymbol{r}(t)=a\cos(\omega t+\theta)\boldsymbol{i}+b\sin(\omega t+\theta)\boldsymbol{j}$ と表されるとき，質点の軌道を求めなさい。ただし，a，b，ω，θ は正の定数であり，x 軸方向の単位ベクトルを $\boldsymbol{i}$，y 軸方向の単位ベクトルを $\boldsymbol{j}$ とする。

① $\left(\dfrac{x}{a}\right)^2+\left(\dfrac{y}{b}\right)^2=1$　② $\left(\dfrac{x}{b}\right)^2+\left(\dfrac{y}{a}\right)^2=1$　③ $\left(\dfrac{x-a}{\omega}\right)^2+\left(\dfrac{y-b}{\omega}\right)^2=1$　④ $\left(\dfrac{x+a}{\omega}\right)^2+\left(\dfrac{y+b}{\omega}\right)^2=1$

⑤ $(x-a)^2+(y-b)^2=1$　⑥ $(x+a)^2+(y+b)^2=1$　⑦ $x^2+y^2=a^2+b^2$　⑧ $x^2+y^2=\omega^2$

問３　質量 m の質点が x-y 平面上を運動している。この質点の時刻 t における速度ベクトルが $\boldsymbol{v}(t)=\alpha\sin t\,\boldsymbol{i}+\beta t^2\,\boldsymbol{j}$ と表される。このとき，質点の位置ベクトル $\boldsymbol{r}(t)$と加速度ベクトル $\boldsymbol{a}(t)$を時間 t の関数として求めよ。ただし、時刻 $t=0$ において質点は x-y 平面上の原点（$0, 0$）にあることが分かっている。また，α，β は定数であり，x 軸方向の単位ベクトルを $\boldsymbol{i}$，y 軸方向の単位ベクトルを $\boldsymbol{j}$ とする。

① $\boldsymbol{r}(t)=\alpha(1-\cos t)\boldsymbol{i}+\frac{1}{3}\beta t^3\boldsymbol{j}$，　$\boldsymbol{a}(t)=\alpha\cos t\boldsymbol{i}+2\beta t\boldsymbol{j}$　② $\boldsymbol{r}(t)=\alpha(1-\sin t)\boldsymbol{i}+\frac{1}{3}\beta t^3\boldsymbol{j}$，　$\boldsymbol{a}(t)=\alpha\cos t\boldsymbol{i}+2\beta t\boldsymbol{j}$

③ $\boldsymbol{r}(t)=\alpha(1-\cos t)\boldsymbol{i}+2\beta t\boldsymbol{j}$，　$\boldsymbol{a}(t)=\alpha\sin t\boldsymbol{i}+\frac{1}{3}\beta t^3\boldsymbol{j}$　④ $\boldsymbol{r}(t)=\alpha(1-\sin t)\boldsymbol{i}+2\beta t\boldsymbol{j}$，　$\boldsymbol{a}(t)=\alpha\sin t\boldsymbol{i}+\frac{1}{3}\beta t^3\boldsymbol{j}$

⑤ $\boldsymbol{r}(t)=\alpha(1+\cos t)\boldsymbol{i}+\frac{1}{3}\beta t^3\boldsymbol{j}$，　$\boldsymbol{a}(t)=-\alpha t\cos t\boldsymbol{i}+2\beta t\boldsymbol{j}$　⑥ $\boldsymbol{r}(t)=\alpha(1+\sin t)\boldsymbol{i}+\frac{1}{3}\beta t^3\boldsymbol{j}$，　$\boldsymbol{a}(t)=-\alpha t\cos t\boldsymbol{i}+2\beta t\boldsymbol{j}$

⑦ $\boldsymbol{r}(t)=\alpha(1+\cos t)\boldsymbol{i}+2\beta t\boldsymbol{j}$，　$\boldsymbol{a}(t)=-\alpha t\sin t\boldsymbol{i}+\frac{1}{3}\beta t^3\boldsymbol{j}$　⑧ $\boldsymbol{r}(t)=\alpha(1+\sin t)\boldsymbol{i}+2\beta t\boldsymbol{j}$，　$\boldsymbol{a}(t)=-\alpha t\sin t\boldsymbol{i}+\frac{1}{3}\beta t^3\boldsymbol{j}$

問４　質量 m の質点が直線上を運動している。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。質点の運動方向に x 軸をとる。時刻 $t=0$ で質点は座標の原点にあり，その速度は $\boldsymbol{v}=2\boldsymbol{i}$ であった。ただし，$\boldsymbol{i}$ は x 軸方向の単位ベクトルである。また，$k>0$ は定数である。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。

① $\boldsymbol{v}(t)=2e^{-\frac{kt}{m}}\boldsymbol{i}$　② $\boldsymbol{v}(t)=-2e^{-\frac{kt}{m}}\boldsymbol{i}$　③ $\boldsymbol{v}(t)=e^{-\frac{kt}{m}}\boldsymbol{i}$　④ $\boldsymbol{v}(t)=-e^{-\frac{kt}{m}}\boldsymbol{i}$

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

問５　質量 m の質点が３次元空間中を運動している。質点には重力 $\boldsymbol{F} = -mg\,\boldsymbol{k}$ が作用している。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。また，g は重力加速度定数である。重力による位置エネルギー，すなわち，重力場のポテンシャル関数 $U(x, y, z)$ を求めよ。ただし，座標原点を位置エネルギーの基準点にとる。すなわち，$U(0,0,0) = 0$ である。

① $U = mg\,x$　② $U = mg\,y$　③ $U = mg\,z$　④ $U = mg\,(x+y)$

⑤ $U = -mg\,x$　⑥ $U = -mg\,y$　⑦ $U = -mg\,z$　⑧ $U = -mg\,(x+y)$

問６　１次元波動方程式 $\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} = A\dfrac{\partial^2 u}{\partial t^2}$ 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，この波の伝播速度（位相速度）v [m/s] の表式として正しいものを選べ。

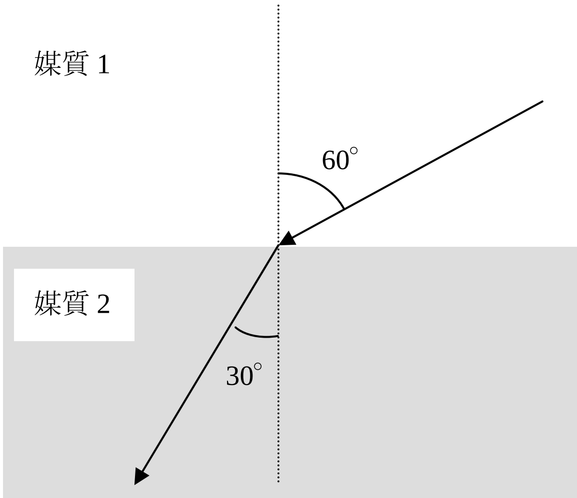
①　$A = 1/1600,\quad v = 40$　　②　$A = 1600,\quad v = 40$

③　$A = 1/64,\quad v = 40$　　④　$A = 64,\quad v = 40$

⑤　$A = 1/40,\quad v = 64$　　⑥　$A = 40,\quad v = 64$

⑦　$A = 1/8,\quad v = 64$　　⑧　$A = 8,\quad v = 64$

問７　媒質１から媒質２を通過する光の進路が右の図のようになった。このとき、媒質２の媒質１に対する相対屈折率は $[(1)]$ であり、媒質１における光の速さ c_1 は媒質２における光の速さ c_2 の $[(2)]$ 倍である。



① (1) $\dfrac{\sqrt{3}}{2}$，(2) $\dfrac{\sqrt{3}}{2}$　　② (1) $\dfrac{2}{\sqrt{3}}$，(2) $\dfrac{\sqrt{3}}{2}$　　③ (1) $\dfrac{\sqrt{3}}{2}$，(2) $\dfrac{2}{\sqrt{3}}$

④ (1) $\dfrac{2}{\sqrt{3}}$，(2) $\dfrac{2}{\sqrt{3}}$　　⑤ (1) $\sqrt{3}$，(2) $\sqrt{3}$　　⑥ (1) $\dfrac{1}{\sqrt{3}}$，(2) $\sqrt{3}$

⑦ (1) $\sqrt{3}$，(2) $\dfrac{1}{\sqrt{3}}$　　⑧ (1) $\dfrac{1}{\sqrt{3}}$，(2) $\dfrac{1}{\sqrt{3}}$

問８　温度 T [K] における２モルの単原子理想気体の，平均の運動エネルギーとして正しい表式は以下のうちどれか。ただし気体定数を R [J/(mol・K)] とする。

① $2T$　② RT　③ $2RT$　④ $3RT$　⑤ $5RT$

問９　２モルの理想気体が等温変化により膨張した。気体の温度は 500[K]とし，体積は最初２[m^3]で，最後に６[m^3]になったとする。また，この過程は準静的過程である。この気体が外部にした仕事として正しいものを以下のものから選べ。ただし必要ならば気体定数を 8.31[J/(mol・K)]，３の自然対数を 1.10，自然対数の底 e を 2.72 として計算せよ。

①　9.13×10^3[J]　②　2.63×10^4[J]　③　5.27×10^4[J]　④　9.75×10^4[J]　⑤　1.06×10^5[J]

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　2[mol]の理想気体を 1000[Pa]の一定圧力の下で 8[m^3]から 16[m^3]まで準静的に膨張させた。この気体のエントロピー変化[J/K]を求めよ。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 20log2 [J/K]　② 20 [J/K]　③ 40log2 [J/K]　④ 40 [J/K]　⑤ 500 [J/K]

⑥ 1000 [J/K]　⑦ 10000 [J/K]　⑧ 20000 [J/K]

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　真空中で直交座標の原点 $(0,0,0)$ に電気量 $-q$[C]の電荷が，点 (x,y,z) に q[C]の電荷がおかれている。点 (x,y,z) における電位（静電ポテンシャル）ϕ[V]はいくらか。ただし，真空の誘電率は ε_0[F/m]とし，電位の基準点は無限遠点とする。座標の単位はメートルである。

①　$-\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{1}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$　②　$\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{1}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$　③　$-\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{1}{x^2+y^2+z^2}$

④ $\dfrac{q}{4\pi\,\varepsilon_0}\dfrac{1}{x^2+y^2+z^2}$　⑤ $-\dfrac{q^2}{4\pi\,\varepsilon_0}\dfrac{1}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$　⑥ $\dfrac{q^2}{4\pi\,\varepsilon_0}\dfrac{1}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}$

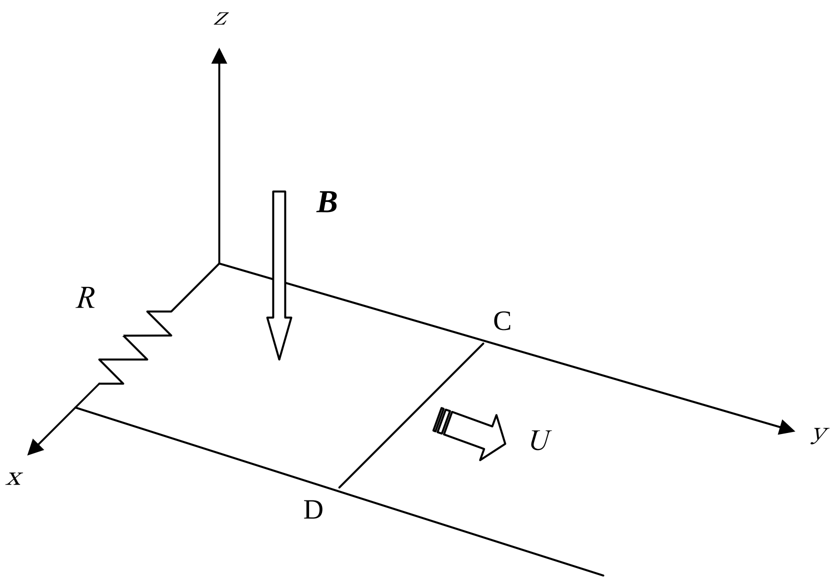
⑦ $-\dfrac{q^2}{4\pi\,\varepsilon_0}\dfrac{1}{x^2+y^2+z^2}$　⑧ $\dfrac{q^2}{4\pi\,\varepsilon_0}\dfrac{1}{x^2+y^2+z^2}$

問 14　静電界 $\boldsymbol{E}$[N/C]，静磁界 $\boldsymbol{B}$[T] が存在する真空中を速度 $\boldsymbol{v}$[m/s] で運動する電気量 q の点電荷が存在する。この点電荷に作用するローレンツ力 $\boldsymbol{F}$[N] はどのように表されるか。

① $\boldsymbol{F}=q\boldsymbol{v}\times(\boldsymbol{B}+\boldsymbol{E})$　② $\boldsymbol{F}=q(\boldsymbol{B}+\boldsymbol{E})\times\boldsymbol{v}$　③ $\boldsymbol{F}=q(\boldsymbol{E}+\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B})$

④ $\boldsymbol{F}=q(\boldsymbol{E}+\boldsymbol{B}\times\boldsymbol{v})$　⑤ $\boldsymbol{F}=q(\boldsymbol{B}+\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{E})$　⑥ $\boldsymbol{F}=q(\boldsymbol{B}+\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{v})$

問 15　図に示すように，z 軸の負の向きに一様な磁束密度 $\boldsymbol{B}$ [T]の磁場がある。抵抗 R [Ω]と x 軸に平行な長さ L [m]の導線ＣＤが y 軸及びそれに平行な導線（y 軸も導線）と接触している。また導線 CD が一定速度 U [m/s]で y 軸の正の向きに運動している。このとき電流[A]の向きと大きさを求めよ。



① C から D に向かって流れ，その大きさは UL

② C から D に向かって流れ，その大きさは ULB

③ C から D に向かって流れ，その大きさは $ULBR$

④ C から D に向かって流れ，その大きさは ULB/R

⑤ D から C に向かって流れ，その大きさは UL

⑥ D から C に向かって流れ，その大きさは ULB

⑦ D から C に向かって流れ，その大きさは $ULBR$

⑧ D から C に向かって流れ，その大きさは ULB/R

問 16　真空中のマックスウェル方程式（微分形）の正しい表現はどれか。ただし，$\boldsymbol{E}$[N/C] は電界，$\boldsymbol{B}$[T] 磁束密度，ε_0[F/m] は真空の誘電率，μ_0[H/m] は透磁率，ρ[C/m^3] は電荷密度，$\boldsymbol{i}$[A/m^2] は電流密度を表す。

① $div(\varepsilon_0 \boldsymbol{E}) = 0$, $div\boldsymbol{B} = \rho$, $rot\mathbf{E} = -\dfrac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$, $rot\boldsymbol{B} = \varepsilon_0\ \mu_0 \dfrac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t} - \mu_0 \boldsymbol{i}$

② $div(\varepsilon_0 \mathbf{E}) = \rho$, $div\mathbf{B} = 0$, $rot\boldsymbol{E} = \dfrac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t}$, $rot\boldsymbol{B} = -\varepsilon_0 \dfrac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t} + \mu_0 \boldsymbol{i}$

③ $div(\varepsilon_0 \mathbf{E}) = \rho$, $div\mathbf{B} = 0$, $rot\mathbf{E} = -\dfrac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$, $rot\boldsymbol{B} = \varepsilon_0\ \mu_0 \dfrac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t} + \mu_0 \boldsymbol{i}$

④ $div(\varepsilon_0 \mathbf{E}) = \rho$, $div\mathbf{B} = 0$, $rot\boldsymbol{E} = \dfrac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t}$, $rot\boldsymbol{B} = \varepsilon_0 \dfrac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t} - \mu_0 \boldsymbol{i}$

⑤ $div(\varepsilon_0 \boldsymbol{E}) = 0$, $div\boldsymbol{B} = \rho$, $rot\mathbf{E} = -\dfrac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$, $rot\boldsymbol{B} = \varepsilon_0 \dfrac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t} - \mu_0 \boldsymbol{i}$

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

問 17　真空中を y 軸，正の方向に伝搬する電磁波が存在する。$\boldsymbol{i}$，$\boldsymbol{j}$，$\boldsymbol{k}$ をそれぞれ x, y, z 方向の単位ベクトル，λ[m] を波長，ν[Hz] を周波数，t[s] を時間，E_0[V/m] を振幅として，座標 (x, y, z) における電磁波の電界成分が $\boldsymbol{E} = E_0 \sin(\dfrac{2\pi}{\lambda} y - 2\pi \nu t)\boldsymbol{k}$ と表せるとき，座標 (x, y, z) における磁束密度 $\boldsymbol{B}[\mathrm{Wb/m^2}]$はどのように表せるか。ただし，磁束密度の振幅を $B_0[\mathrm{Wb/m^2}]$ とする。

① $\boldsymbol{B} = B_0 \sin(\dfrac{2\pi}{\lambda} x - 2\pi \nu t)\boldsymbol{k}$　② $\boldsymbol{B} = B_0 \cos(\dfrac{2\pi}{\lambda} x - 2\pi \nu t)\boldsymbol{k}$　③ $\boldsymbol{B} = B_0 \sin(\dfrac{2\pi}{\lambda} y - 2\pi \nu t)\boldsymbol{i}$

④ $\boldsymbol{B} = B_0 \cos(\dfrac{2\pi}{\lambda} y - 2\pi \nu t)\boldsymbol{i}$　⑤ $\boldsymbol{B} = B_0 \sin(\dfrac{2\pi}{\lambda} z - 2\pi \nu t)\boldsymbol{j}$　⑥ $\boldsymbol{B} = B_0 \cos(\dfrac{2\pi}{\lambda} z - 2\pi \nu t)\boldsymbol{j}$

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　波長が 7.0×10^{-7} [m]で，出力が 5.0×10^{-3} [W]の半導体レーザーは，１秒あたり何個の光子を放出しているか。プランク定数 h は 6.6×10^{-34}[J・s]とし，光の速度を 3.0×10^{8} [m]とする。

①$1.8\times10^{16}$ 個　②$3.5\times10^{16}$ 個　③$6.6\times10^{16}$ 個　④$7.1\times10^{16}$ 個

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。
この物質波の波長は、

① 電子のエネルギーに比例する。　②電子のエネルギーに反比例する。

③ 電子のエネルギーの平方根に比例する。　④電子のエネルギーの平方根に反比例する。

⑤ 電子の運動量の平方根に比例する。　⑥電子の運動量の平方根に反比例する。