

【問題1】 振動数 680 Hz の音源 A と振動数 700 Hz の音源 B が、ある距離を隔てて静止している。線分 AB 上にいる観測者が、静止して音を観測したところ、うなりが聞こえたが、音源 A に向かって動いたところうなりが聞こえなくなった。このとき観測者の動いた速さは何 m/s か。数値を有効数字 2 桁で解答欄  に記入せよ。ただし音速を 340 m/s とする。[5]

【正解】 Ⓐ 4.9

【解説】 音波のうなりに関する問題。両方の音源から来る波の振動数が、観測者にとって等しくなればうなりは聞こえなくなる。従って観測者の速さを  $v$  [m/s] とすると次式が成り立つ。

$$\frac{340+v}{340} \times 680 = \frac{340-v}{340} \times 700$$

よって、

$$v = 4.92 \dots \text{ [m/s]}$$

【問題2】 原子数  $N_0$  の放射性核種 X が崩壊すると、 $t$  [s] 後の X の原子数  $N$  は、

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

となる。ここで  $\lambda$  は、単位時間あたりに崩壊する核種の割合を意味する崩壊定数である。核医学診断で用いられる  $^{99m}\text{Tc}$  (テクネシウム 99 m) の崩壊定数を  $\lambda = 3.2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  とするとき、 $^{99m}\text{Tc}$  の半減期 [h] に近いのはどれか。番号を解答欄  ①  にマークせよ。ただし、 $\log_2 2 = 0.69$  とする。[5]

- 1) 3.2
- 2) 4.3
- 3) 6.0
- 4) 8.7
- 5) 12.6

【正解】 ① 3)

【解説】 半減期の意味が理解できているかを問う問題である。

放射性崩壊の式において、半減期における原子数  $N_T$  と、崩壊前の原子数  $N_0$  の間には

$$\frac{N_T}{N_0} = \frac{1}{2}$$

が成り立つ。半減期を  $T$  とすると、

$$e^{-\lambda T} = \frac{N_T}{N_0} = \frac{1}{2}$$

であるから、左辺と右辺の関係式において自然対数をとると、

$$-\lambda T = \ln \frac{1}{2}$$

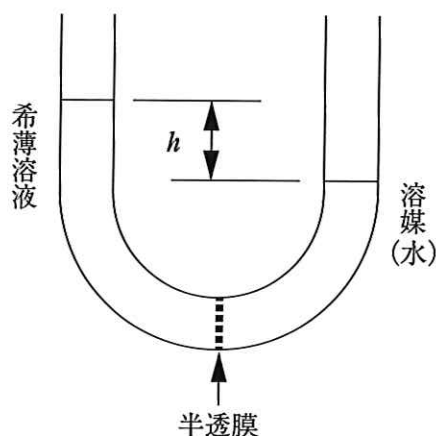
となる。 $\lambda = 3.2 \times 10^{-5}$ 、 $\log_2 2 = 0.69$  を代入して  $T$  [h] を求めると、

$$T = \frac{0.69}{3.2 \times 10^{-5} \times 60 \times 60} = 5.99 \text{ h}$$

となる。よって最も近いのは 6.0 h となる。

【問題3】 図のように半透膜で仕切られたU字管に、希薄溶液と溶媒(水)を入れたところ、液面の高さの差が $h$ [m]の状態では平衡した。

溶液の密度を $\rho$ [kg/m<sup>3</sup>]、重力加速度の大きさを $g$ [m/s<sup>2</sup>]、絶対温度を $T$ [K]、気体定数を $R$ [J/(mol·K)]とすると、溶液のモル濃度 $c$ [mol/m<sup>3</sup>]を表す式を解答欄  に記入せよ。[5]



【正解】   $\rho gh/RT$

【解説】 溶液の一部の成分のみを通すような膜を半透膜という。また、溶液と溶媒を半透膜で仕切った時、溶媒が半透膜を通過して溶液側に拡散しようとする現象を浸透という。

浸透現象が生じると、溶媒(水)は半透膜を通過して溶液側に浸透し、その結果、U字管の液柱は上昇する。浸透しようとする水の圧力を浸透圧という。浸透現象は、浸透圧が半透膜の両側に作用する液柱の圧力(の差)と釣り合ったところで停止する。

さて、U字管内の液柱が高さ $h$ (の差)で静止したとする。このとき液柱の重さにより生じる圧力と浸透圧が釣り合っている。前者は液柱高さ $h$ と溶液密度 $\rho$ から求めることができる。すなわち、U字管断面積を $A$ とすれば、液柱体積は $Ah$ 、その質量は $\rho Ah$ 、重量(力)は $\rho g Ah$ [N]となり、これを断面積で除せば、液柱圧力は $\rho gh$ [Pa]となる。

一方，希薄溶液の浸透圧  $\Pi$  [Pa] は，溶液のモル濃度  $c$  [mol/m<sup>3</sup>] ならびに，絶対温度  $T$  [K] に比例し，その比例定数を  $R$  [J/(mol·K)] とおくと，次式となる。

$\Pi = cRT$  (定数  $R$  は溶質の種類とは無関係で，気体定数  $R$  の値に等しい。) 浸透圧と液柱圧力が等しいとして，上記の解が得られる。

【問題4】 酸塩基平衡について正しいのはどれか。番号を解答欄②にマークせよ。[5]

- a. pHとは水素イオン濃度(モル濃度)の逆数を常用対数で表したものである。
- b. アルカリ性の溶液のpHは7より小さい。
- c. 強酸と強塩基との混合溶液は緩衝作用が強い。
- d. 血液のpHは主に重炭酸イオンによる緩衝作用によりほぼ一定に保たれる。
- e. 血液からの二酸化炭素の排出が障害されると血液のpHが大きくなる。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ② 3)

【解説】 pHを理解しているか、また、体内における酸塩基平衡を理解しているかを問う問題である。

- a. pHの定義。
- × b. pHが小さい溶液ほど水素イオン濃度が大きいので、酸性になる。
- × c. 弱酸、弱塩基の組合せの方が緩衝作用が強い。
- d. 血液のpHは重炭酸イオン、二酸化炭素によって一定に保たれる。
- × e. 二酸化炭素の排出が障害され、血中の二酸化炭素濃度が高くなると血液は酸性になる(呼吸性アシドーシス)。

【問題 5】 質量 3.0 kg の物体が 4.0 m/s の速さで移動している。この物体を 0.80 ms で停止させるために必要な力[N]はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[5]

- 1) 150
- 2) 600
- 3) 1500
- 4) 6000
- 5) 15000

【正解】 ③ 5)

【解説】 物体が急激に停止すると非常に大きな力が作用することを原理的に理解しているか否かを問う問題である。物体に作用させる力は速度が変化した時間  $\Delta t$ , 短時間に変化した速度を  $\Delta V$  とすると

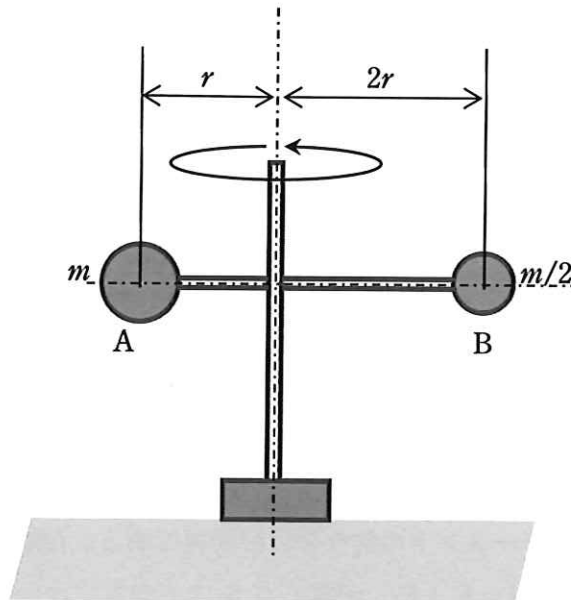
$$F = ma = m \frac{\Delta V}{\Delta t} = 3.0 \frac{4.0}{0.80 \times 10^{-3}} = 15 \times 10^3 [\text{N}]$$

となる。

【問題6】 図のように回転軸に小球を取り付けて回転させる。まず質量  $m$  の球 A を距離  $r$  の位置に取り付ける。次に質量  $m/2$  の球 B を長さ  $2r$  の腕で反対側に取り付けた。球 A のみを取り付けたときの慣性モーメントに対して球 A と球 B を両方取り付けたときの慣性モーメントは何倍になるか。番号を解答欄  にマークせよ。

ただし、質量は球の中心に集中しており、腕の長さは球の中心と回転軸の中心の間の距離で、回転軸および腕の質量は無視できるものとする。[5]

- 1) 1
- 2) 1.5
- 3) 2
- 4) 3
- 5) 4



【正解】 ④ 4)

【解説】 慣性モーメントの定義を理解しているか否かを問う問題である。慣性モーメントは微小領域の質量と回転軸との間の距離の2乗の積を対象となる質量分布で加算(積分)したものである。この問題では2つの球について回転軸周りの慣性モーメントを計算して加え合わせればよい。

球 A に関する慣性モーメント  $I_A$  は  $I_A = mr^2$ ,

球 B に関する慣性モーメント  $I_B$  は  $I_B = \frac{1}{2}m \cdot 4r^2 = 2mr^2 = 2I_A$

合計すると  $3I_A$  である。

なお、それぞれの球の相対位置、例えば回転軸に沿った高さや腕のなす角は考慮する必要はない。

【問題 7】 2 台の体重計 A, B の上に水平の台を設け, その上にヒトが横になった。A, B 間の距離が  $L$ , 体重計 A の読みが  $F_A$ , 体重計 B の読みが  $F_B$  とすると, 体重計 A から重心  $G$  までの距離  $W$  はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。ただし, 台の重さは考慮しないものとする。[5]

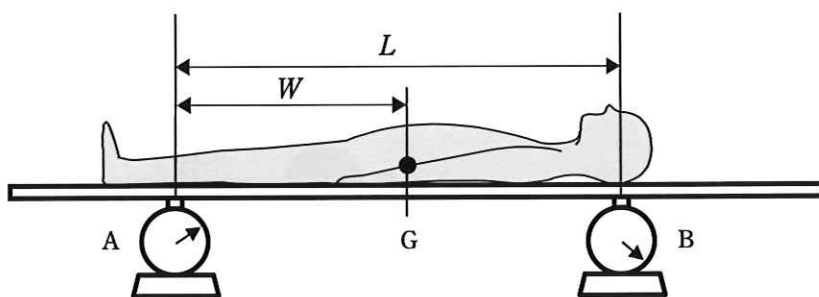
1)  $\frac{LF_A}{F_A+F_B}$

2)  $\frac{LF_B}{F_A+F_B}$

3)  $\frac{LF_B}{F_A}$

4)  $\frac{LF_A}{F_B}$

5)  $\frac{L}{2}$



【正解】 ⑤ 2)

【解説】 モーメントの釣り合いの問題である。「重心」の理解も問うている。

全体重  $F (=F_A+F_B)$  が重心点  $G$  に下向きにかかっていると考える。A を基準とした時計回りのモーメントは

$$W \times F - L \times F_B = 0$$

となるので, これを解き

$$W \times (F_A + F_B) = L \times F_B$$

$$\therefore W = \frac{LF_B}{F_A + F_B}$$



【問題8】 長さ1.3 mのチューブを鉛直に設置し、下端に栓をして中を水で満たした。上端を100 mmHgで加圧した場合に、下端のおよその圧力[mmHg]はどれか。番号を解答欄⑥にマークせよ。ただし、水の密度を $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とする。[5]

- 1) 130
- 2) 150
- 3) 200
- 4) 230
- 5) 260

【正解】 ⑥ 3)

【解説】 ベルヌーイの定理を覚えていて、利用することができるかを問う問題である。

チューブ内の流体の上端と下端にベルヌーイの定理を適用すると、

$$\rho g h_{up} + p_{up} + \frac{1}{2} \rho v_{up}^2 = \rho g h_{down} + p_{down} + \frac{1}{2} \rho v_{down}^2$$

となる。

ここで、 $\rho$ は流体の密度、 $g$ は重力加速度、 $h_{up}$ 、 $h_{down}$ は上端および下端の高さ、 $p_{up}$ 、 $p_{down}$ は上端および下端での圧力、 $v_{up}$ 、 $v_{down}$ は上端および下端での平均速度である。

流体は止まっていることから、

$$v_{up} = v_{down} = 0 \text{ m/s}$$

であり、上式は

$$\rho g h_{up} + p_{up} = \rho g h_{down} + p_{down}$$

$$p_{down} = \rho g (h_{up} - h_{down}) + p_{up}$$

となる。

$$h_{up} - h_{down} = 1.3 \text{ m}$$

であるから、

$$p_{down} = \frac{(1.0 \times 10^3 \times 9.8 \times 1.3)}{133 + 100} = 200 \text{ mmHg}$$

となる。

1 mmHg=133 Pa であるため，上式では Pa を mmHg に変換するために 133 Pa/mmHg で割る必要がある。

**【備考】**

この問題は身長約 170 cm の人が直立したときに足の動脈内の平均血圧を求め  
る問題と同等である。体内の動脈の平均血圧が 100 mmHg であるのは心臓付近  
だけであり，足の動脈には想像以上に高い血圧が働いていることを認識しておい  
ていただきたい。

【問題9】 金属に電界 $\vec{E}$ を加えたときの金属中の自由電子(質量 $m$ , 電荷 $e$ )の運動について, 以下の問いに答えよ。

(1) 金属中の自由電子が電界から受ける力 $\vec{F}$ はどれか。番号を解答欄 $\boxed{\text{⑦}}$ にマークせよ。[2]

- 1)  $m\vec{E}$     2)  $e\vec{E}$     3)  $me\vec{E}$     4)  $\frac{\vec{E}}{m}$     5)  $\frac{\vec{E}}{e}$

(2) 電界から受ける力によって, 金属中の自由電子が平均速度 $\vec{v}$ で運動するとき, 電流密度 $\vec{j}$ はどれか。番号を解答欄 $\boxed{\text{⑧}}$ にマークせよ。ただし, 単位体積当たりの自由電子の数を $n$ とする。[2]

- 1)  $n\vec{v}$     2)  $ne^2\vec{v}$     3)  $ne\vec{v}$     4)  $n^2e\vec{v}$     5)  $n^2e^2\vec{v}$

(3) 金属中を運動する自由電子は金属原子の熱振動や不純物によって $\vec{v}$ に比例した抵抗力 $\frac{m}{\tau}\vec{v}$ を受ける。この力が, 電界から受ける力とつりあうとき, 金属には一定の電流が流れる。このとき, 電流密度 $\vec{j}$ はどれか。番号を解答欄 $\boxed{\text{⑨}}$ にマークせよ。ただし,  $\tau$ は定数とする。[2]

- 1)  $nmer\vec{E}$     2)  $\frac{m}{ne\tau}\vec{E}$     3)  $\frac{m}{ne^2\tau}\vec{E}$     4)  $\frac{ne\tau}{m}\vec{E}$     5)  $\frac{ne^2\tau}{m}\vec{E}$

【正解】 ⑦ 2) ⑧ 3) ⑨ 5)

【解説】 オームの法則を電子の運動の観点から考えたものである。金属中を運動する電子は, 原子の熱振動によって抵抗を受ける。マクロな視点で見るとこれが電気抵抗である。この抵抗力と電界から受ける力がつりあうとき, 金属には一定の電流が流れることになる。したがって, (3)式はオームの法則と同じ意味をもっている。金属の場合, 温度が高くなると(つまり熱振動が激しいと), 抵抗は大きくなり, 温度が低くなると抵抗は小さくなる。

(1) 電界から電荷が受ける力は $\vec{F}=e\vec{E}$ となる。

(2) 単位体積当たりの電子の数密度が  $n$  なので、電流密度は  $\vec{j} = ne\vec{v}$  となる。

(3)  $\frac{m}{\tau}\vec{v} = e\vec{E}$  より、 $\vec{v} = \frac{e\tau}{m}\vec{E}$  であるから、電流密度の式に代入して、

$$\vec{j} = \frac{ne^2\tau}{m}\vec{E}$$

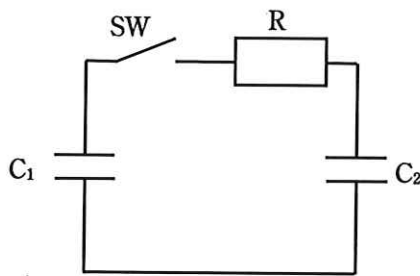
となる。

なお、 $\tau$  は熱振動や不純物と衝突し、平均速度が  $1/e$  になる時間に相当しており、緩和時間(または衝突時間)とよばれる。

【問題10】 図のようにスイッチ SW がオフの状態ではキャパシタ  $C_1$  の両端電圧が 10 V、 $C_2$  の両端電圧が 0 V の回路がある。SW がオフの状態ではこの回路に蓄えられていたエネルギーを基準としたとき、SW をオンにしてから十分に時間が経過した後に回路に蓄えられているエネルギーは何倍になるか。最も近い値の番号を解答欄  にマークせよ。

ただし、 $C_1$  および  $C_2$  の静電容量は  $100 \mu\text{F}$ 、抵抗器 R の抵抗は  $10 \text{ k}\Omega$  である。

[ 6 ]



- 1) 0.25
- 2) 0.37
- 3) 0.50
- 4) 0.63
- 5) 1.0

[正解] ⑩ 3)

[解説] 問題の初期状態(スイッチ SW がオフの状態)において、キャパシタ  $C_1$  の両端電圧を  $V_0[\text{V}]$  とおくと、蓄えられている電荷  $Q_0[\text{C}]$  は次式となる。

$$Q_0 = C_1 V_0$$

SW をオンにすると、この  $Q_0$  の一部が  $C_2$  へ移動し、二つのキャパシタの両端電圧が等しくなると電荷の移動がなくなる。回路内の電荷は保存されるので、次式が成り立つ。

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 = C_1 V_1 + C_2 V_2$$

ここで  $C_1=C_2$ ,  $V_1=V_2$  より, SW をオンしてから十分に時間が経過した後のキャパシタ両端電圧  $V[V]$  は

$$V = \frac{V_0}{2}$$

となる。

SW オフの時, 回路に蓄えられたエネルギー  $W_{OFF}[J]$  は

$$W_{OFF} = \frac{1}{2} C_1 V_0^2$$

SW オンの時, 回路に蓄えられたエネルギー  $W_{ON}[J]$  は

$$W_{ON} = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 + \frac{1}{2} C_2 V_2^2 = C_1 V^2 = \frac{1}{4} C_1 V_0^2$$

その比をとると,

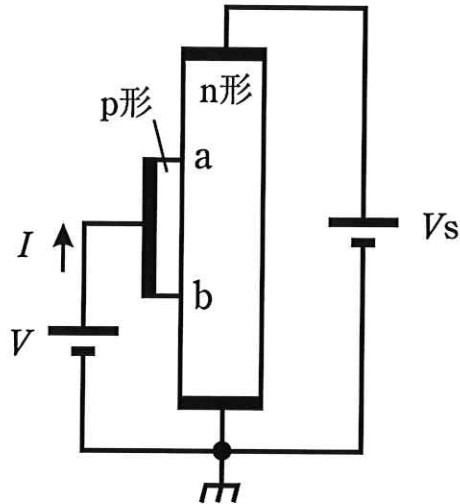
$$\frac{W_{ON}}{W_{OFF}} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} = 0.5$$

となる。

【問題11】 pn接合を1個，電極端子を3個もつ半導体素子を図のように結線した。電圧  $V$  をゼロから増大させた。電流  $I$  が流れ始める条件として最も適切なのはどれか。番号を解答欄  ①  にマークせよ。

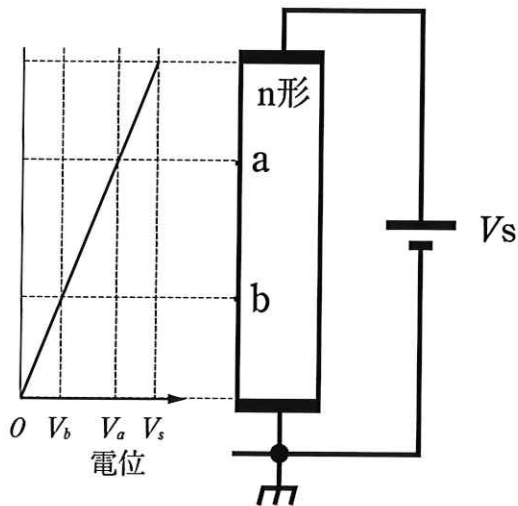
ただし，図の a 近傍の電位を  $V_a$ ，b 近傍の電位を  $V_b$  とし，電圧  $V_s$  は常に  $V_s > 0$  である。pn 接合の拡散電位は無視する。[6]

- 1)  $V > V_s$
- 2)  $V > V_a$
- 3)  $V > \frac{V_a + V_b}{2}$
- 4)  $V > V_a - V_b$
- 5)  $V > V_b$



【正解】 ① 5)

【解説】 拡散電位を無視しているので，n 形半導体における電位勾配は右図のように予想される。一方，p 形半導体の a-b 間では電圧  $V$  が均一に加わると考える。このような条件下で電流  $I$  が流れるのは， $V$  が n 形半導体の電位より高くなり，pn 接合が順方向バイアスになるときである。



- × 1) この条件で電流  $I$  は流れる。ただし、 $V > V_s$  となる前に a-b 間では順方向バイアスとなり電流  $I$  が流れ始めている。
- × 2) この条件で電流  $I$  は流れる。ただし、 $V > V_a$  となる前に b 近傍の領域では順方向バイアスとなり電流  $I$  が流れ始めている。
- × 3) この条件で電流  $I$  は流れる。ただし、 $\frac{V > (V_a + V_b)}{2}$  となる前に b 近傍の領域では順方向バイアスとなり電流  $I$  が流れ始めている。
- × 4) この条件では電流  $I$  は流れる場合と流れない場合がある。 $(V_a - V_b) > V_b$  の場合 b 近傍の領域では順方向バイアスとなり電流  $I$  が流れる。しかし、 $(V_a - V_b) < V_b$  の場合逆方向バイアスとなり電流  $I$  は流れない。
- 5)  $V > V_b$  で順方向バイアスとなり電流  $I$  が流れ始める。



【問題 12】 図 1 の回路に図 2 に示す入力電流 1 と入力電流 2 を同時に印加した。各トランジスタの電流増幅率( $h_{fe}$ )が 100 倍であるとき、負荷抵抗  $R_L$  を流れる電流波形はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。ただし、 $R_L$  の A 点から B 点に向かって電流が流れたときの電流を正の値とする。[ 6 ]

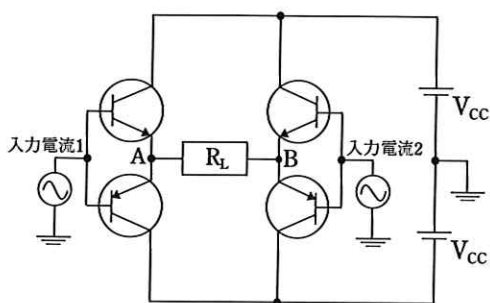


図 1

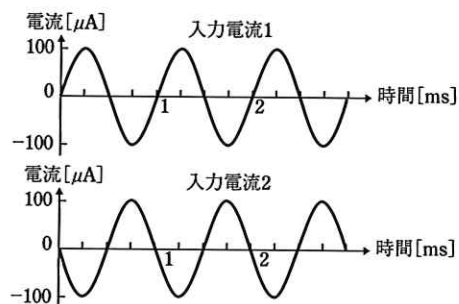
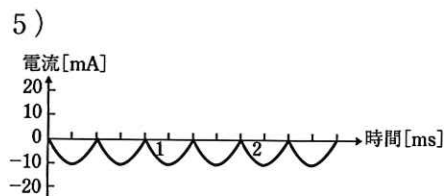
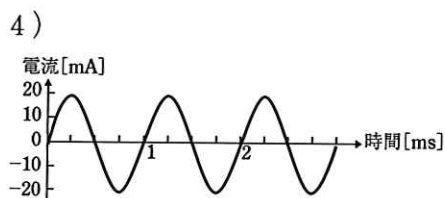
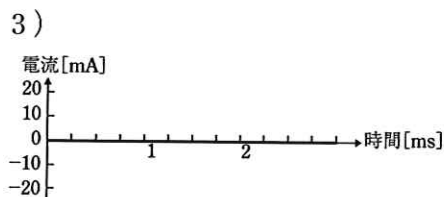
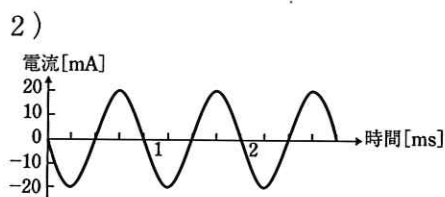
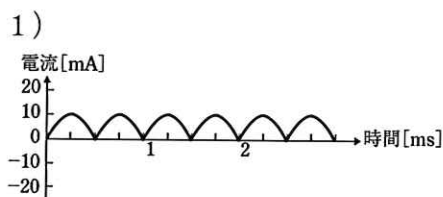


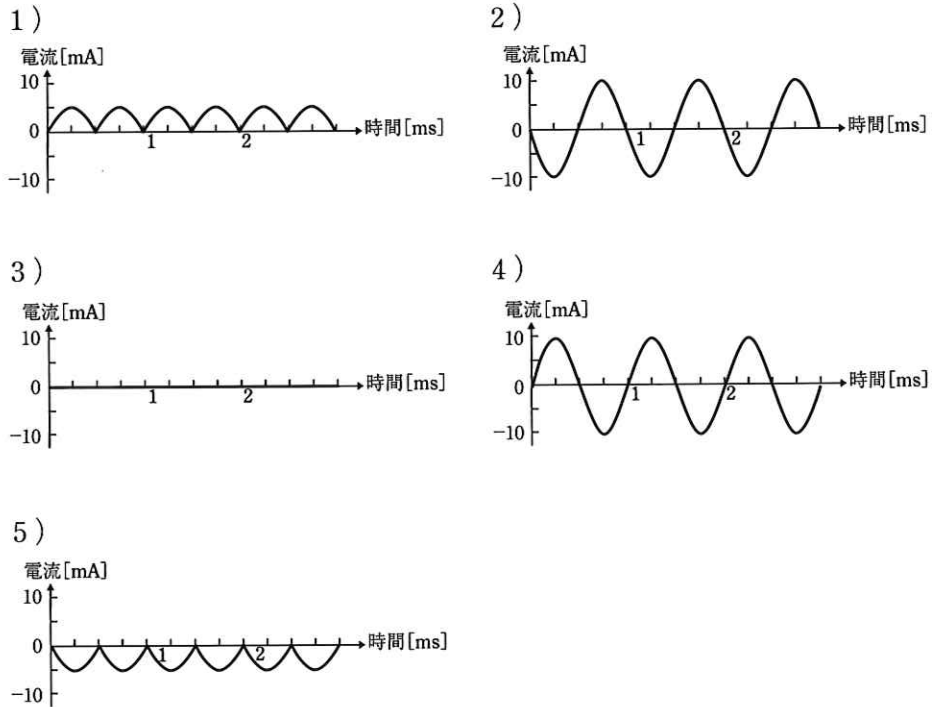
図 2



[正解] ⑫ 解なし

本問題については、選択肢の図に不適切(電流値の値)な点があるので、下図のとおり訂正した。以下、下図に基づき解答解説することとする。

[解答差換図]



[解説] npn バイポーラトランジスタはベースに正のベース電流が、pnp バイポーラトランジスタはベースに負のベース電流が印加されたとき、それぞれコレクタに増幅されたコレクタ電流が発生する。

図1左側上の npn バイポーラトランジスタを Tr1、左側下の pnp バイポーラトランジスタを Tr2、右側上の npn バイポーラトランジスタを Tr3、右側下の pnp バイポーラトランジスタを Tr4 とする。

0~0.5 ms の入力電流 1 は正の値であるため、Tr1 が動作し Tr2 は動作しない。入力電流 1 の最大値は 100  $\mu$ A であるため、Tr1 では最大 10 mA のコレクタ電流が発生し負荷抵抗の左端の A 点に流れ込む。

同じ 0~0.5 ms の入力電流 2 は負の値であるため、Tr3 は動作せず Tr4 が動作する。入力電流 2 の最小値は  $-100 \mu\text{A}$  であるため、Tr3 では最小  $-10 \text{ mA}$  のコレクタ電流が発生し負荷抵抗の右端の B 点から流れ出す。

このため負荷抵抗を流れる電流は点 A から点 B に向かって流れ、その最大値は  $10 \text{ mA}$  となる。

0.5~1.0 ms の入力電流 1 は負の値であるため、Tr2 が動作し Tr1 は動作しない。入力電流 1 の最小値は  $-100 \mu\text{A}$  であるため、Tr2 では最小  $-10 \text{ mA}$  のコレクタ電流が発生し負荷抵抗の左端の A 点から流れ出す。

同じ 0.5~1.0 ms の入力電流 2 は正の値であるため、Tr4 は動作せず Tr3 が動作する。入力電流 2 の最大値は  $100 \mu\text{A}$  であるため、Tr4 では最大  $10 \text{ mA}$  のコレクタ電流が発生し負荷抵抗の右端の B 点に流れ込む。

このため負荷抵抗を流れる電流は点 B から点 A に向かって流れ、その最小値は  $-10 \text{ mA}$  となる。

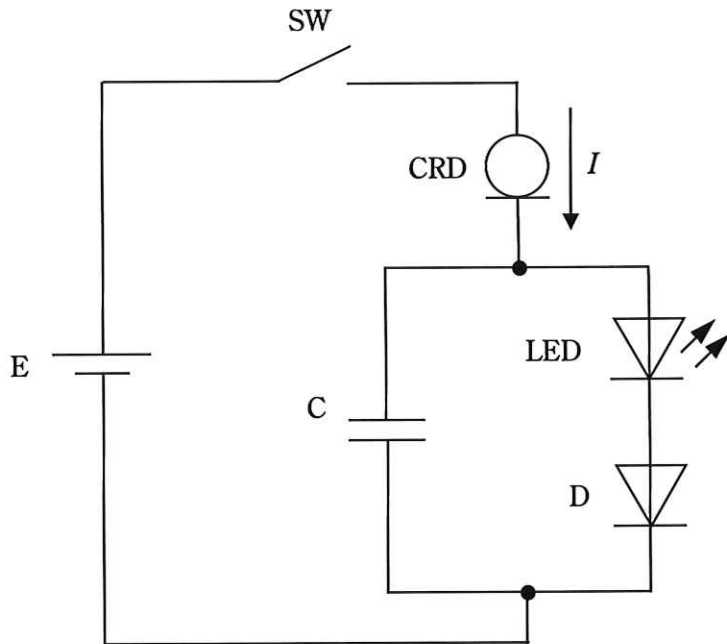
以上から負荷抵抗を流れる電流は 0~0.5 ms では正で最大値が  $10 \text{ mA}$ 、0.5~1.0 ms では負で最小値が  $-10 \text{ mA}$  となる。以後これを繰り返す。

この回路は B 級電力増幅回路であり、Single Ended Push-Pull, Balanced Transformer Less (SEPP-BTL) と呼ばれる回路の最も簡単な例である。

【問題 13】 図の回路で，スイッチ SW を ON にしてからコンデンサ C が充電され，LED が点灯するまでの時間はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。

ただし，電源 E の電圧は 10.0 V，C の静電容量は 2.0 F，初期状態で C に蓄えられている電荷は 0 C とし，定電流ダイオード CRD の電流  $I$  は 20 mA，LED の順方向電圧  $V_{LED}$  は 2.0 V，整流用ダイオード D の順方向電圧  $V_{D}$  は 0.5 V とする。[6]

- 1) 100 s
- 2) 150 s
- 3) 200 s
- 4) 250 s
- 5) 300 s



【正解】 ⑬ 4)

【解説】 LED および整流ダイオード D は順方向電圧  $V_f$  に達しないと電流が流れない。LED と整流ダイオードを直列接続した回路では，整流用ダイオードの順方向電圧  $V_{D}$  と LED の順方向電圧  $V_{LED}$  の合計電圧  $V_{ALL} = V_{D} + V_{LED}$  を越えるまでは電流が流れずに LED は点灯しない。図のように LED と整流ダイオードの直列回路にコンデンサ C を並列接続した回路では， $V_{ALL}$  に達するまでは定電流ダイオード CRD (Current Regulative Diode) を介して流れる電流は左側のコンデンサ C を充電する。コンデンサ C の両端電圧が  $V_{ALL} = V_{D} + V_{LED} = 0.5 + 2.0 = 2.5$  V に

達すると、右側の LED と整流用ダイオードの直列回路に電流が流れるようになり LED が点灯する。

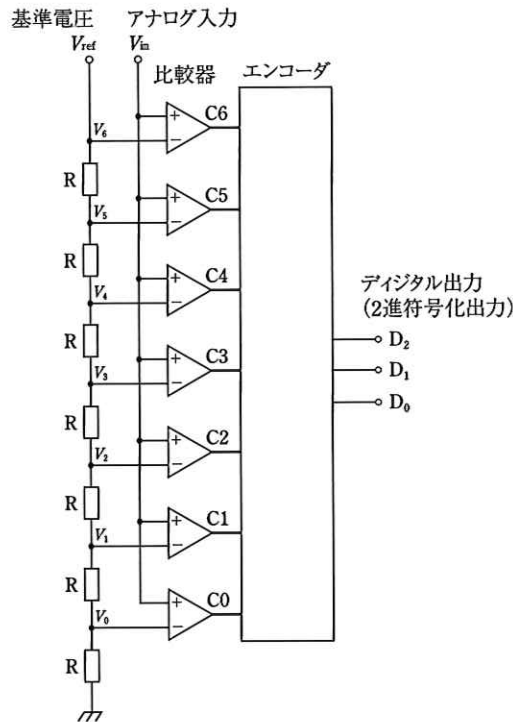
コンデンサに充電される電荷量は  $Q = I \times t$ 、 $Q = C \times V$  である。定電流ダイオード CRD で  $I = 20 \text{ mA}$  で充電されるため、LED が点灯するまでの時間は

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{C \times V}{I} = \frac{(2.0 \text{ F} \times 2.5 \text{ V})}{20 \text{ mA}} = 250 \text{ s}$$

として求められる。

【問題 14】 並列比較(フラッシュ)型 AD 変換器は，分解能(ビット数)に応じた数の比較器を並列に配置し，エンコーダで比較器出力を 2 進符号化する方式である。下図は 3 ビットの並列比較型 AD 変換器である。この変換器についての説明で正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。ただし，比較器の動作は，(+入力) > (-入力) で出力が “H” であり，(+入力) ≤ (-入力) で出力が “L” である。[ 6 ]

- 1) 電気抵抗 R の抵抗値で最小分解能電圧を変更できる。
- 2) デジタル出力を 4 ビットにするには比較器を 7 個増やす必要がある。
- 3) アナログ入力の前段にサンプルホールド回路が必要である。
- 4) C4 の出力が “H” で，C3 の出力が “L” となるのは  $V_i \leq V_{in}$  の場合である。
- 5) デジタル出力が (010) となるのは， $V_1 < V_{in} \leq V_2$  の場合である。



【正解】 ⑭ 5)

【解説】 問題の AD 変換器は 3 ビットのデジタル出力に対し  $(2^3-1)$  個の比較器を備えた並列比較(フラッシュ)型 AD 変換器であり, 入出力特性は以下の表のようになる。ただし, 電圧  $V_0 \sim V_6$  は,

$$V_n = \frac{(n+1)}{7} \cdot V_{ref} \quad (n=0 \sim 6)$$

となる。

表 入出力特性

アナログ入力 $V_{in}$	比較器の出力							デジタル出力		
	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>0</sub>
$V_6 < V_{in}$	H	H	H	H	H	H	H	1	1	1
$V_5 < V_{in} \leq V_6$	L	H	H	H	H	H	H	1	1	0
$V_4 < V_{in} \leq V_5$	L	L	H	H	H	H	H	1	0	1
$V_3 < V_{in} \leq V_4$	L	L	L	H	H	H	H	1	0	0
$V_2 < V_{in} \leq V_3$	L	L	L	L	H	H	H	0	1	1
$V_1 < V_{in} \leq V_2$	L	L	L	L	L	H	H	0	1	0
$V_0 < V_{in} \leq V_1$	L	L	L	L	L	L	H	0	0	1
$V_{in} \leq V_0$	L	L	L	L	L	L	L	0	0	0

- × 1) 最小分解能電圧は  $V_0$  と等しく, R に依存しない。最小分解能電圧を変更するためには  $V_{ref}$  を変更する必要がある。
- × 2) 分解能 n ビットで  $(2^n-1)$  個の比較器が必要となる。4 ビットでは 15 個の比較器が必要となり, 3 ビットの回路を 4 ビットの回路にするためには, 比較器を 8 個増やす必要がある。なお, n ビットで  $2^n$  個の電圧レベルを表現する。問題の回路では, 1 個以上の比較器が “H” となる組合せが  $(2^n-1)$  個で, すべての比較器の出力が “L” となる組合せが 1 個である。そのため,  $(2^n-1)$  個の比較器があれば良い。
- × 3) 並列比較型では並列的に同時に変換できるため, 変換時間が短くサンプル

- ホールド回路を必要としない。なお、逐次比較型 AD 変換器ではビット毎に変換するため変換時間が長くなり、サンプルホールド回路が必要になる。
- × 4) 上表より C4 の出力が “H” で、C3 の出力が “L” となる条件は存在しない。
  - 5) 上表よりデジタル出力が (010) となるのは  $V_1 < V_n \leq V_2$  の場合である。

**[備考]**

並列比較型 AD 変換器は、逐次比較型に比べ動作原理が簡単で高速動作が可能である。しかし、分解能(ビット数)を向上しようとする多数の比較器が必要となり電子回路が大規模化するため、高精度化が困難である。精度よりも高速動作が重要となるオシロスコープなどの用途に使われる。



【問題 15】 一画面が 1000×1000 画素，RGB 各々 256 階調，毎秒 30 枚のカラー動画を 20 Mbps で送信するとき，およそ何分の一に圧縮すればよいか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1)  $\frac{1}{12}$
- 2)  $\frac{1}{24}$
- 3)  $\frac{1}{36}$
- 4)  $\frac{1}{60}$
- 5)  $\frac{1}{72}$

【正解】 ⑮ 3)

【解説】

画素は，1000×1000 bit

階調は，256=8 bit

1 画素に必要なビット数は RGB (Red, Blue, Green の 3 色) のため，8 bit×3=24 bit である。

これが 1 秒間 30 枚送られるので，この画像を 1 秒間で送る必要のある総ビット数は，

$$1000 \times 1000 \times 8 \times 3 \times 30 \text{ bit}$$

実際の伝送速度が 20 Mbps とすると，画像を

$$\frac{20 \times 10^6}{1000 \times 1000 \times 8 \times 3 \times 30} = \frac{1}{36}$$

に圧縮すればよいこととなる。

【問題 16】 ASCII データ(7ビット)の通信時に正しく送信されているかを受信側で確認する方法として、7ビットの ASCII データ(7ビット)+パリティビット(偶数パリティ)を送る方法がある。下記に示す4文字の ASCII データ+パリティビットを受信したとすると、正しい記述はどれか。番号を解答欄 ⑩ にマークせよ。ただし、エラーは1ビットのみとする。[6]

送信データ	受信データ
	7ビットデータ    パリティビット
D	→ 1 0 0 0 1 0 0 0
A	→ 1 0 0 0 0 0 0 0
T	→ 1 0 1 0 1 0 0 1
S	→ 1 0 1 0 0 1 1 0

- 1) D にエラーが起きている。
- 2) A にエラーが起きている。
- 3) T にエラーが起きている。
- 4) S にエラーが起きている。
- 5) エラーは起きていない。

【正解】 ⑩ 2)

【解説】 下記のように、受信データのパリティと受信データから算出される偶数パリティが異なるのは、水平パリティでは2バイト目のAの文字であるため、答えは2)となる。本来Aの正しいデータは1000001でパリティは0である。

	受信データ	パリティビット	算出パリティ
D	1 0 0 0 1 0 0	0	0
A	1 0 0 0 0 0 0	0	1
T	1 0 1 0 1 0 0	1	1
S	1 0 1 0 0 1 1	0	0

【問題 17】 インターネット通信に関する組合せで誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) プライベートアドレス — 192.168.0.1
- 2) ネットマスク ————— 255.255.255.0
- 3) MAC アドレス ————— 可変論理アドレス
- 4) ポート番号 ————— アプリケーションによって固有番号を割付
- 5) IPv6 ————— 128 bit

【正解】 ⑰ 3)

【解説】

TCP/IP 通信における基本的な知識を確認する問題である。

○1) プライベートアドレスは閉ざされたネットワーク内だけに使用するアドレスで、

Class A 10.0.0.0 ~ 10.255.255.255

Class B 172.16.0.0 ~ 172.31.255.255

Class C 192.168.0.0 ~ 192.168.255.255

が割り振られている。

○2) ネットマスクは、IP アドレスのネットワークアドレス部とホストアドレス部を区別するためのもので、ネットワークアドレス部として使う領域に 1 のビットを立て、それ以外は 0 としてネットワークアドレス部を識別している。また、8 ビットすべてに 1 が立つと 10 進数字の 255 となるので、255.255.255.0 は、上位 24 ビットまでがネットワークアドレス部として識別することを意味している。また、ネットマスクの値によって IP アドレスの最上位 4 ビットのパターンが決められている。具体的にはネットマスクの値が 255.0.0.0 の場合、IP アドレスの最上位のビットは 0、ネットマスクの値が 255.255.0.0 の場合、IP アドレスの最上位は 10、ネットマスクの値が 255.255.255.0 の場合、IP アドレスの最上位は 110 と設定され、それぞれクラス A、クラス B、クラス C のマスク値と呼ばれる。この

- 問題でネットマスク 255.255.255.0 はクラス C のマスク値になり正しい。
- ×3) MAC アドレスは物理アドレスとも呼ばれ、製造元によって決められており、ユーザ側は変更できない仕様となっている。ベンダー識別 3 バイト + 機器識別 3 バイトで表される。可変論理アドレスは一般的に IP プロトコルに用いられている IP アドレスを意味する。
  - 4) TCP/IP 通信では、IP アドレスでコンピュータを識別し、使用するアプリケーションによって固有のポート番号が割り振られている。たとえば、ftp 21 番、telnet 23 番、SMTP 25 番、WWW(http)80 番などがある。
  - 5) IPv 6 は IPv 4 の IP アドレス不足に対応するために作られたもので、IPv 4 は 8 ビットが 4 つの組み合わせで表記されるのに対し、IPv 6 ではアドレス空間を広げ、128 ビットを使用している。128 ビットを 16 ビットずつ 8 個のブロックに分け、コロン ; で区切っている。

【問題 18】 ハブについて誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) レイヤ 2 スイッチングハブはルータの機能をもっている。
- 2) 全二重通信はデータのやりとりをする機器同士がお互い同時に送受信できる。
- 3) リピータハブは受信したデータ全てを接続された機器に同じように送信する。
- 4) オートネゴシエーション機能は機器同士が通信方法を自動的に調整する。
- 5) スイッチングハブは機器の MAC アドレスを認識し、その機器あての情報のみを出力する。

【正解】 ⑩ 1)

【解説】

旧来のリピータハブとスイッチングハブの相違を理解しているかどうか確認する問題である。

- × 1) レイヤ 2 スイッチングハブはルータの機能は持っていない。レイヤ 3 スイッチはルータの機能も持ち、ポート間でルーティングができるがレイヤ 2 スイッチングハブにはこの機能がない。
- 2) 全二重通信はデータのやりとりをする機器同士がお互い同時に送受信できる。
- 3) リピータハブは受信したデータ全てを接続された機器に同じように送信する。
- 4) オートネゴシエーション機能は機器同士が通信方法を自動的に調整する。
- 5) スイッチングハブはポートの先に接続されている機器の MAC アドレスを認識し、その機器あての情報のみを出力する。

スイッチングハブは通信する情報をデータとして内部のメモリに一旦蓄えた後、宛先などを解析して必要な機器にのみ送信する。この判断は MAC アドレスなどデータリンク層(OSI 参照モデル第 2 層)の情報に基づいて行われることから L2 スイッチ(レイヤ 2 スイッチ)とも呼ばれる。

【問題 19】 ストリーム暗号 (RC4) を抜本的に見直した高度な暗号化方式で、2001 年 3 月からアメリカ政府が採用したのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) WPA(Wi-Fi Protected Access)
- 2) WEP(Wired Equivalent Privacy)
- 3) WPA2(Wi-Fi Protected Access 2)
- 4) TKIP(Temporal Key Integrity Protocol)
- 5) AES(Advanced Encryption Standard)

【正解】 ⑱ 5)

【解説】 WPA および WPA2 方式は、接続制限の機能であり、セキュリティ本来の機能ではない。近年、WEP 方式の暗号化解析ソフトがインターネット上で出回り問題となっている。通信パケットを一定期間収集して特殊な暗号化ソフトを使うと 24 bit の乱数列 (IV) が解読される危険性がある。TKIP 方式は、暗号化キーを生成する乱数列 (IV) を 24 bit から 48 bit に強化したことで、数週間から数ヶ月におよぶパケット収集でも、解読が困難なレベルになる。AES 方式は、2001 年 3 月からアメリカ政府が採用した強固な暗号化方式であり、WEP 脆弱性の原因のひとつとされる暗号化方式 (RC4) を抜本的に見直したさらに高度な暗号化方式。現時点での解読手法は存在していない。

【問題20】 病院間で診療情報を公開鍵基盤により運用する際、不適切なのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 公開鍵の登録
- 2) 電子メールでの暗号化送信
- 3) 電子文書を秘密鍵で暗号化
- 4) 電子証明書の逐次確認
- 5) インターネット VPN による通信

【正解】 ② 2)

【解説】 公開鍵基盤 PKI(Public Key Infrastructure)は、公開鍵暗号化方式の技術を基に認証局が公開鍵証明書を発行し、この証明書を用いて署名/署名検証、暗号/復号、認証を可能にする仕組みのことである。保健医療福祉分野において情報を連携して利用するための公開鍵基盤としてH-PKIがある。ここで使われる通信路はセキュリティ面からインターネット VPN のようなものが望ましい。

公開鍵基盤を利用するためには、まず認証局に公開鍵を登録する必要があり、これによって電子証明書が発行される。次に、送付したい相手に電子文書を作成し、秘密鍵(公開鍵に対になった鍵)で暗号化することでデジタル署名となり、併せて公開鍵で開く電子証明書とともに送信する。受け手は、デジタル署名を検証するとともに、認証局に電子証明書の有効性を確認することができる。

以上の公開鍵基盤の仕組みが理解できると、電子メールでの暗号化送信は公開鍵基盤とは関係のないことがわかる。

【問題 21】 フールプルーフはどれか。番号を解答欄 ㉑ にマークせよ。[ 6 ]

- a. 観血式血圧計のゼロ調整ボタンは長押ししないと作動しない。
- b. 電気メスの対極板に接触不良があると使用できない。
- c. 除細動器の通電ボタンが左右 2 つある。
- d. IABP 装置で大量のガス漏れがあるとポンピングは停止する。
- e. 輸液ポンプのラインに空気が混入すると作動は停止する。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ㉑ 2)

【解説】 フールプルーフは「予防安全」という概念の下、そもそも危険な事態が発生しないような構造を持つことで、安全を確保する機構のことである。一方、フェイルセーフは「危険回避」という概念の下、ある危険につながる事態が発生した場合に、その危険を回避して安全を確保する機構のことである。

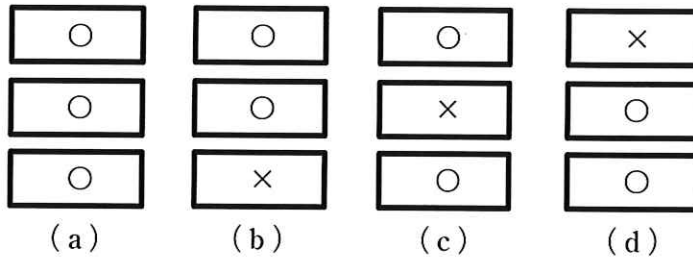
- a. 観血式血圧計のゼロ調整ボタンが、うっかり触れて調整が狂うのを防ぐために長押し機構になっているのは、フールプルーフ機構である。
- × b. 電気メスの対極板に接触不良があるとその異常を検知して、出力できなくするのはフェイルセーフ機構である。
- c. 除細動器には通電ボタンが左右のパドルに 2 つあるが、これは 1 つだと不用意に押された場合、感電事故などに繋がる可能性がある。2 つあるのはご操作予防のための意思の確認で、フールプルーフ機構である。
- × d. IABP 装置では大量のガス漏れという危険を検知すると、それ以上ポンピングを続けることは危険なのでポンプは停止するが、これはフェイルセーフ機構である。
- × e. 輸液ポンプのラインに空気が混入すると、空気塞栓の危険があり作動停止となるが、これはフェイルセーフである。



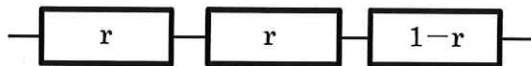
【問題22】 3台の機器を使用するシステムで、1台が故障しても、少なくとも2台の機器が正常であればシステムとして機能する場合、システム全体の信頼度を計算し、数値を解答欄  に記入せよ。ただし、それぞれの機器の信頼度を0.9とする。[6]

【正解】 ◎ 0.972

【解説】 3台の機器のなかで、2台以上が正常に動作していれば良いということで、3台全部が動作している確率と2台が動作している確率を求めることになる。それを図示すると以下のようなになる。



(a)は3台全部が正常、(b)~(d)はそれぞれ2台が正常に動作している状態である。3台すべてが動作している確率は直列系で考え、 $r^3$ となり、(b)~(d)のように2台が動作し、1台が故障している状態であるのでそれらを直列系モデルとして考え、



$R=r^2(1-r)$ となり、それが3通りあるので、3倍すると  $R=3r^2(1-r)$  となる。

上記から全体のシステムは、

$$R=r^3+3r^2(1-r)$$



で表すことができる。

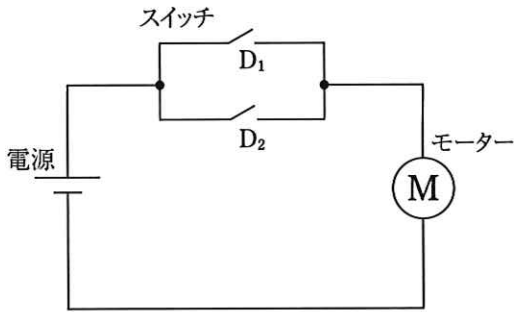
1台の機器の信頼度は0.9であるので、数値を代入して計算すると、

$$R=0.9^3+3\times 0.9^2(1-0.9)=0.972$$

となる。

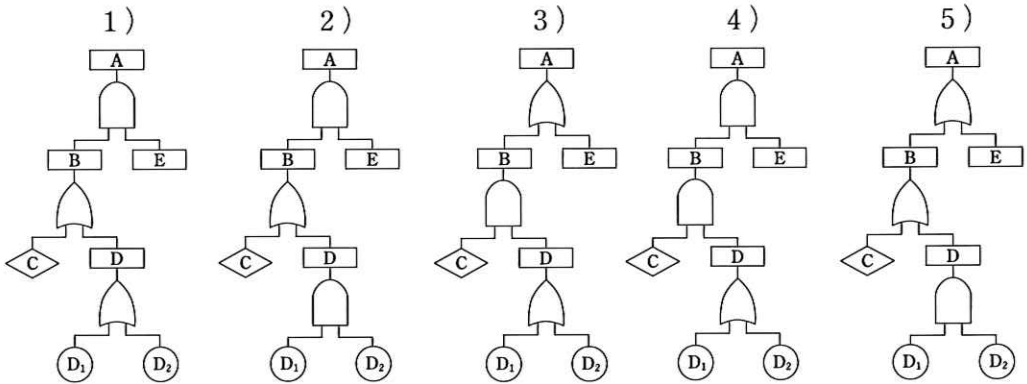
【問題 23】 図に示す回路においてモーターが正常に動作しない事象(A)に対し、以下の(B)～(E)の事象を選定し FTA による解析を行う場合、最もふさわしい FT 図はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。

ただし、 は AND ゲート、 は OR ゲートを表すものとする。[ 6 ]



事象

- (A) モーターが動作しない
- (B) 電流が流れない
- (C) 電源の故障
- (D) スイッチが閉じない
- (D<sub>1</sub>) D<sub>1</sub> スイッチの故障
- (D<sub>2</sub>) D<sub>2</sub> スイッチの故障
- (E) モーターの故障

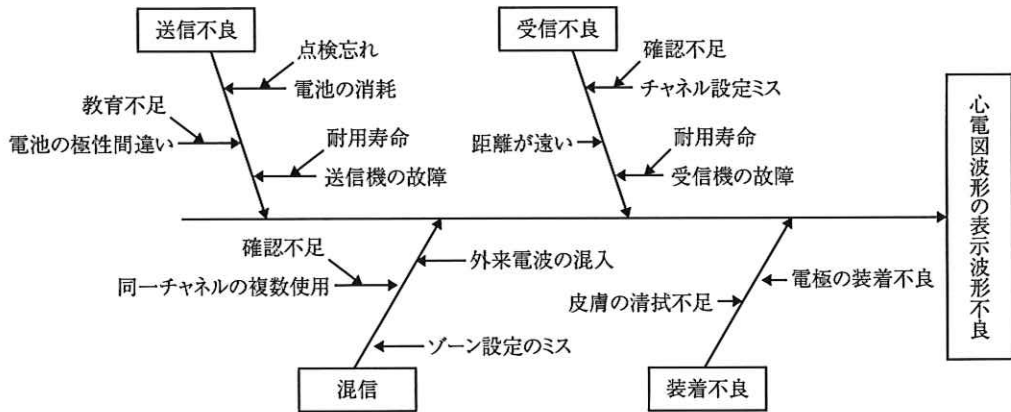


【正解】 ㉔ 5)

【解説】 FTAに関する問題である。スイッチ  $D_1$ 、 $D_2$  の並列化と、電源・スイッチ群 ( $D_1//D_2$ ) ・モーターの各要素が直列に接続されていることを踏まえて選定されたフォールト事象を見れば、フォールトツリーを構成する論理ゲートを適切に選ぶ問題であるとわかる。

冗長設計によるスイッチの並列化がなされている場合、フォールトとなる事象の論理積により、上位のフォールト事象が引き起こされることがわかれば、 $D$  と  $D_1$ 、 $D_2$  の関係から、2)か5)に絞られる。また、 $A$  と  $B$ 、 $E$  の関係、及び  $B$  と  $C$ 、 $D$  の関係は、ともにどちらかの事象が引き起こされることで上位のフォールト事象が引き起こされるため、ORゲートで繋ぐのが相応しいと判断でき5)が正解になる。

【問題 24】 テレメータでの心電図計測において表示波形不良があるとの報告を受けたため、以下のような図を作成して検討した。この図を何というか。番号を解答欄 ㉓ にマークせよ。〔6〕

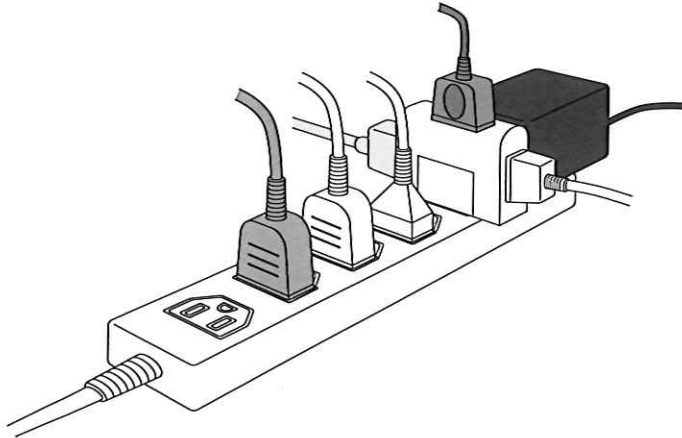


- 1) パレート図
- 2) 度数分布図
- 3) 特性要因図
- 4) 管理図
- 5) 相関図

【正解】 ㉓ 3)

【解説】 品質管理に用いられる「QC 七つ道具」には、パレート図、特性要因図、グラフ(管理図を含む)、チェックシート、ヒストグラム(度数分布図)、散布図(相関図)、層別がある。このうち、出題の図は特性要因図である。

【問題25】 図はあるナースステーションで見かけた3Pテーブルタップ(6口)の使用状態である。いわゆる“たこ足配線”と言われる状態である。安全管理のうえで考えられるハザードを解答欄⑦に2つ記述せよ。ただし、同義の内容を2つ記載した場合は1つとみなす。[6]



【解答例】 ⑦

- ・ テーブルタップの最大容量を接続された機器の消費電力の合計が上回り、テーブルタップまたはケーブルが発熱し、最悪は発火に至る。
- ・ テーブルタップに接続された装置の中に瞬間的に大電流を消費する装置が含まれている場合、大電流のために電圧が下がり、他の装置がシャットダウンする。
- ・ 定期的にこのテーブルタップを清掃しないと埃がたまりトラッキング現象が発生し、発熱発火する恐れがある。
- ・ このテーブルタップは壁コンセントにつながれているため1点アースではなくなり医療機器が微小な信号を取り扱う場合、信号にノイズが乗り適切使用ができなくなる。

など。

【解説】 いわゆる“たこ足配線”にどのようなリスクが考えられるかを考えて答えることを問う問題である。多くの機器を動作させるには大電力が必要になるこ

とが想像できるかどうか、また電源を供給するライン(線)が相対的に細いとどんなことが起きるのかなど、教科書の丸暗記ではなく様々な知識を動員して考える能力を試す問題である。事故とか不具合を経験してから学ぶのではなく、この問題を解くことで医療現場での事故、不具合の発生を抑えることができれば幸いである。

**[備考]**

JIS T 1021 及び JIS T 1022 に関する正しい理解と医療現場での実践経験が求められる問題である。

【問題 26】 平成 26 年に総務省・電波環境協議会から出された「医療機関における携帯電話等の使用に関する指針」について正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- a. 医療従事者は十分教育がなされていることを前提に携帯電話を使用することができる。
- b. 一般利用者は携帯電話を医療機器から 15 cm 程度離して使用する。
- c. 携帯電話を使用していなければ、医療機器の上に置いてもよい。
- d. 電波状況が悪くなると携帯電話からの電波の出力電力は小さくなる。
- e. 携帯電話からの離隔距離は JIS T 0601-1-2 の推奨分離距離が根拠になっている。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

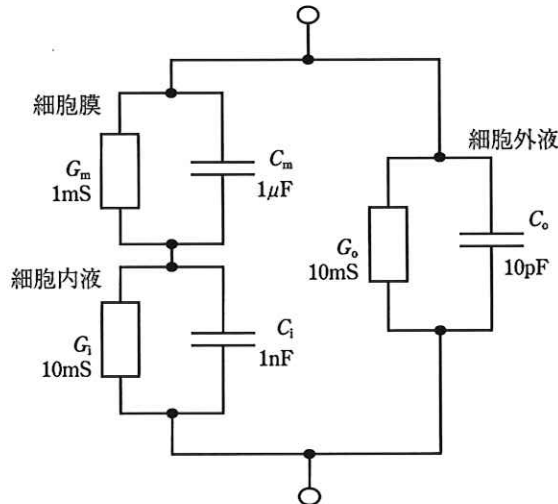
【正解】 ② 4)

【解説】

- a. 医療従事者は一般利用者とは分けて、十分教育がなされていることを前提に使用制限がない。
- × b. 一般利用者は携帯電話を医療機器から 1 m 程度離して使用する。15 cm は植込み型医療機器の場合の離隔距離である。
- × c. 携帯電話は使用していなくてもいつ着信があるか分からない。着信があると電波が放出されるので、医療機器の上に置いてはいけない。
- × d. 電波環境を示すアンテナ表示の本数が少ない場合は、携帯電話から発射される出力電波は大きくなる。医療機器への影響を評価する場合はこの状態で行うことが望ましい。
- e. 携帯電話からの離隔距離は JIS T 0601-1-2 の推奨分離距離が根拠になっていて、1 m 程度離すことが望ましい。

【問題 27】 細胞膜，細胞内液，細胞外液で構成された生体組織の電気的な等価回路が図のように示されるとき，100 kHz の交流電流に対するインピーダンスの値 $[\Omega]$ に最も近いのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 10
- 2) 30
- 3) 50
- 4) 100
- 5) 150



【正解】 ㉔ 3)

【解説】 生体組織の構造に由来する  $\beta$  分散は電流の周波数が数十 kHz $\sim$ 10 MHz の範囲で認められる。この周波数領域における生体組織の電気的モデルは細胞膜，細胞内液，細胞外液で構成された簡略化して図の回路で示される。設問では 100 kHz の周波数を考えているので，それぞれの要素のインピーダンスを概算する。

細胞膜については，この周波数帯では細胞膜のキャパシタンスに由来するインピーダンスは  $1\Omega$  程度であり，膜自体のインピーダンスもほぼ同様の値となる。

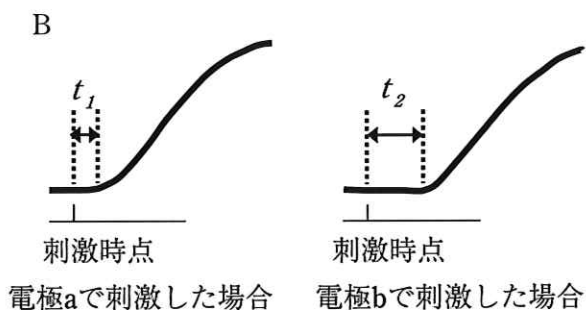
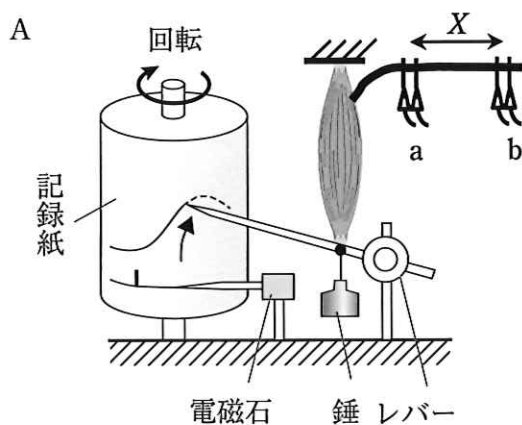
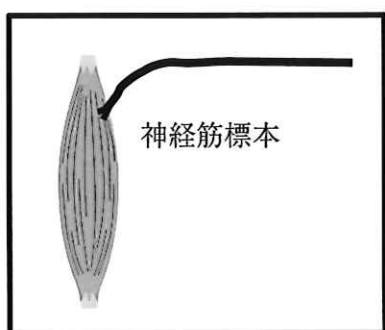


細胞内液では  $C_i$  に由来するインピーダンスが  $1 \text{ k}\Omega$  を超えるが、コンダクタンスで表される部分を抵抗成分に書き換えて  $\frac{1}{G_i}$  として細胞内液全体のインピーダンスを求めると  $93 \Omega$  程度となる。従って細胞部分のインピーダンスは膜部分と合計しておよそ  $95 \Omega$  となる。

細胞外液についてはキャパシタンスのインピーダンスが  $100 \text{ k}\Omega$  を超えるので、ほぼ抵抗成分だけを考えれば良く、 $\frac{1}{G_m}$  を  $Z_m$  に書き換えると細胞外液のインピーダンスは  $100 \Omega$  となる。

求めるインピーダンスは細胞外液と細胞部分の並列になるので、 $49 \Omega$  (およそ  $50 \Omega$ ) が得られる。

【問題 28】 下図は神経伝導速度計測の古典的な実験である。神経筋標本を図Aに示すような実験装置に装着した。神経の電気刺激を行い、刺激時点は電磁石を動かして記録した。一方、筋肉の収縮を先端がとがったレバーによって増幅し、すずを塗った記録紙を巻きつけた円筒を回転させて、レバーの先端ですずをかき落として収縮を記録した。このとき図Bで示す記録が得られた。神経伝導速度を図中の文字を用いた式で表し、解答欄  に記入せよ。[6]



【正解】 ①  $\frac{X}{(t_2 - t_1)}$

【解説】 運動神経伝導速度(MCV: Motor Nerve Conduction Velocity)の算出方法を問うている。MCVは、近位部と遠位部の運動神経の神経幹を別々に刺激し、末端の支配筋より筋活動電位(M波)を、それぞれ導出し両部位の潜時差で2点間の距離を割り m/s の単位であらわしたものである。当該問題に当てはめると、

近位部が  $b$ ，遠位部が  $a$  となり，2 点間距離が  $X$  である。活動電位は記録紙に描かれる垂直方向の変位と相関するが，baseline からの立ち上がりは活動電位の始まりであるため，潜時差は  $t_2 - t_1$  となる。したがって，MCV は  $\frac{X}{(t_2 - t_1)}$  で算出できる。

実際のヒトの測定では，上肢では正中神経，尺骨神経，下肢では後脛骨神経，総腓骨神経において行う場合が多い。刺激強度は超最大刺激(スプラマキシマル)を用いる。これは，神経幹内のすべての運動神経線維を興奮させ，伝導時間の測定誤差を少なくするので最も重要なことである。

本説明の一部は，<http://www.okayama-u.ac.jp/user/hos/kensa/nou/NCV.htm> より引用した。

【問題 29】 腎臓における物質輸送について誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- a. 糸球体濾過量は毎分約 120 mL である。
- b. 糸球体濾過の駆動力はおもに毛細血管圧である。
- c. 分子量 70,000 の血漿蛋白質は糸球体基底膜を通過する。
- d. 毛細血管壁にある間隙は 50~100 nm ほどである。
- e. グルコースは近位尿細管腔から毛細血管壁を通過して 80% ほどが再吸収される。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ② 9)

【解説】 腎臓における物質輸送メカニズムに関する問題である。

- a. 腎臓には、心臓からの血液拍出量(約 4,900 mL/min)の 20~25% (約 1,000 mL/min)が供給され、浄化される。
- b. 糸球体毛細血管圧は、血漿が濾過膜を透過する際の濾過圧の主成分である。糸球体での濾過の駆動力は、毛細血管圧(約 60 mmHg)とボウマン腔内圧(約 18 mmHg)の静水圧差と膠質浸透圧差(約 32 mmHg)である。膠質浸透圧差は水を血漿側に引き込む方向に作用するので、全体では  $(60-18)-32=$  約 10 mmHg の糸球体濾過圧で濾過される。
- × c. アルブミンに代表される分子量 68,000 以上の血漿蛋白質は糸球体基底膜を通過しない。
- d. 糸球体濾過膜は毛細血管内皮細胞壁、基底膜および足細胞の 3 層で構成され、そのうち毛細血管内皮細胞壁にあいている孔は 50~100 nm ほどである。
- × e. グルコースは近位尿細管において、近位尿細管腔から毛細血管壁を通過してほぼ 100% 再吸収される。

【問題 30】 血液に生理食塩液を加えて希釈してもほとんど変化しないのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- a. 粘性係数
- b. 単位体積当たりの酸素運搬能
- c. 膠質浸透圧
- d. 血漿浸透圧
- e. 赤血球の変形能

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ②⑦ 10)

【解説】 血液の力学的特性や能力が血液希釈によりどのように変化するのかを正しく理解しているかを問う問題である。

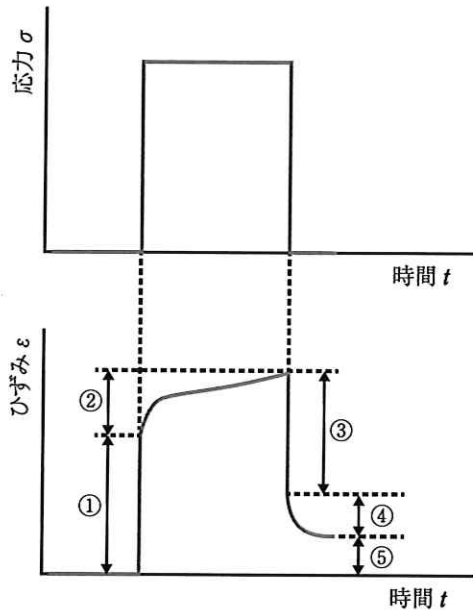
- × a. ヘマトクリット値が高いほど、すなわち血球成分が多いほど血液の粘性係数は高い。血液を希釈するとヘマトクリット値が減少するため、血液の粘性係数は低下する。
- × b. 体内で酸素の多くは赤血球中のヘモグロビンにより運搬されるため、ヘマトクリット値が低下すると運搬できる酸素の量は減少する。
- × c. 血液を希釈すると、血液中の血漿蛋白の量が減少し、血液の膠質浸透圧は低下する。一方、血漿浸透圧については生理食塩液で希釈しても変化しない。
- d. 血漿浸透圧は電解質の濃度差によって発生する浸透圧であり、血液と血漿浸透圧の等しい生理食塩液を血液に混ぜても血液の血漿浸透圧は変化しない。
- e. 糖尿病等の病気や血漿浸透圧の低下により赤血球は硬くなる。血漿浸透圧が低下すると水分が赤血球中に移動し、赤血球の体積が増加する。しかし、赤血球膜面積は増加しないため、赤血球が球状になり、変形しにくくなる

ためである。生理食塩液を血液に混ぜても血液の血漿浸透圧は変化せず、糖尿病等のように赤血球膜を硬化させる因子を含まないため、血液に生理食塩液を投与しても赤血球の硬さは変化しない。

【問題31】 生体軟組織から作製した試験片に対して、一定の引張応力を持続的に作用させた後、応力を完全に取り除く力学試験を実施した。この際、試験片に作用させた応力、および応力に対応して生じたひずみの経時的变化を図に示す。図中に記載した番号①～⑤の部分で生じているひずみについて、関連する挙動と正しく組み合わされているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。

[6]

- a. ① — 残存変形
- b. ② — クリープ
- c. ③ — 塑性変形
- d. ④ — 粘弾性回復
- e. ⑤ — 降伏



- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ㉘ 6)

【解説】 生体組織の多くは粘弾性的特性を有しており、弾性体とは異なる時間依存性の力学的挙動を示す。粘弾性体に一定の応力を作用した後、応力を完全に除去するまでの過程において、ひずみの経時的变化がどのようなものかを考える問題である。応力作用後から一定応力の状態を経て、応力がゼロになることで、順番に①弾性変形→②クリープ→③弾性回復→④粘弾性回復→⑤残存変形が現れる。

- × a. 応力を作用した直後に生じる変形は弾性変形である。
- b. 一定の応力が持続的に作用することで、徐々に変形が大きくなる現象をクリープという。
- × c. 応力を取り除いた直後に生じる変形は弾性回復によるものである。一方、塑性変形とは元に戻らない変形(残存変形)を生じさせるような変形のことである。
- d. 粘弾性回復によって、一定負荷のもとで時間の経過とともに徐々に変形が元に戻っていく。
- × e. 変形が元に戻らず、材料に残ったままの変形を残存変形という。また、塑性変形の生じ始める現象が降伏である。



【問題32】 生体の熱現象について誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 乳児の体重当たりの放熱量は成人に比べて大きい。
- b. 生体内部の熱の移動は主に血液の循環による。
- c. 体外への熱放射には空気などの媒体が必要である。
- d. 脂肪の熱伝導率は筋肉の熱伝導率より大きい。
- e. 活動時における熱の産生は主に骨格筋で起こる。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ② 8)

【解説】 熱の産生，放散，移動に関する基礎的知識を問う問題である。

- a. 体重当たり熱放射量や対流熱伝達率が成人より大きい。
- b. 体内の熱移動は主に循環血流による。
- × c. サーモグラフィでは，体表面から放射される遠赤外線を検出し，画像化している。
- × d. 筋肉の熱伝導率は  $1.3 \times 10^{-3} [\text{cal}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})]$ ，脂肪の熱伝導率は  $0.46 \times 10^{-3} [\text{cal}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})]$  なので，脂肪より筋力の熱伝導率が高い。
- e. 活動時の代謝量の増加はほとんどが骨格筋によるものである。

【問題 33】 人工臓器とその主な材料との組合せで誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- a. 血液透析膜 ————— ポリスルホン
- b. 人工肺膜 ————— ポリプロピレン
- c. 人工血管 ————— ポリメチルメタクリレート
- d. 補助人工心臓のダイヤフラム ————— ポリテトラフルオロエチレン
- e. 植込み型心臓ペースメーカーの筐体 ——— チタン

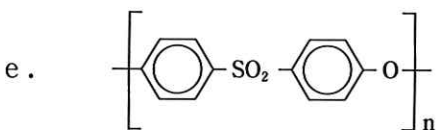
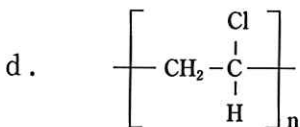
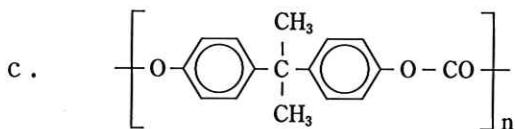
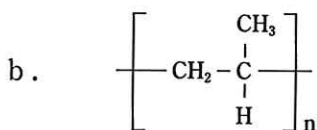
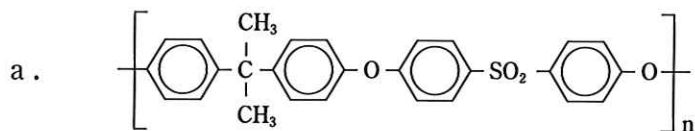
- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c
- 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ③ 8)

【解説】 人工臓器に使用されている主な医用材料に関する問題である。

- a. 血液透析膜：人工腎臓の血液透析膜にはポリスルホン(PS)，ポリエーテルスルホン(PES)が主に使用されている。
- b. 人工肺膜：人工肺用ガス分離膜にはポリプロピレン(PP)が主に使用されている。PPは輸液バッグ，注射器などにも使用される汎用材料である。
- × c. 人工血管：ポリエステルやポリウレタン，ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)が用いられる。ポリメチルメタクリレート(PMMA)は使用されていない。PMMAは人工水晶体(眼内レンズ)，血液透析膜，歯科用材料などに使用される。
- × d. 補助人工心臓のダイヤフラム：ポリウレタンが主に用いられる。ハウジングにはポリカーボネートが用いられる。ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)は人工血管，人工腱などに使用される。
- e. 植込み型心臓ペースメーカーの筐体：チタンが用いられる。植込み型ペースメーカーは長時間，安全に体内に包埋され動作する必要があるので，血液や体液を浸潤させず，かつ生体適合性のよい金属材料であるチタニウム性ケースに密封される。

【問題34】 血液透析膜に使用されている材料はどれか。番号を解答欄③①にマークせよ。[6]



- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ③ 4)

【解説】 人工腎臓の血液透析膜に使用されている医用材料の化学構造式に関する問題である。

○ a. ポリスルホン(polysulfone: PS)：使用されている。生体適合性を付与するための親水化剤ポリビニルピロリドン(polyvinylpyrrolidone: PVP)が配合されている。

× b. ポリプロピレン(polypropylene: PP)：使用されていない。酸素および二酸化炭素の透過性に優れていることから、人工肺用膜材料に利用されている。

多孔質構造膜やシリコン薄膜との複合膜がある。

- × c. ポリカーボネート (polycarbonate : PC) : 使用されていない。人工腎臓の外筒, ハウジングには使用されている。
- × d. ポリ塩化ビニル (polyvinylchloride : PVC) : 使用されていない。
- e. ポリエーテルスルホン (polyethersulfone : PES) : 使用されている。生体適合性を付与するための親水化剤ポリビニルピロリドン (polyvinylpyrrolidone : PVP) が配合されている。

なお, a, c の材料はビスフェノール A (Bisphenol A : BPA) を含む。BPA は環境ホルモン (外因性内分泌攪乱物質と呼ばれ, 生体にホルモン作用を示す化学物質である) の代表的物質である。BPA はエストロゲン (女性ホルモン) 様作用を引き起こすことが知られており, 洗浄等で BPA がプラスチックから溶出するという検討がこれまで多く報告されてきた。

ビスフェノールは二つのヒドロキシフェニル基を有する化合物の総称であり, アセトンを経典骨格に持つのが BPA (2,2-bis(4-hydroxyphenyl)propane) である。BPA を原料とするプラスチック強度と安定性に優れ, 特に耐熱性の高い材料が得られる。また加工性が良いことから, ポリカーボネートやポリスルホンなどプラスチック (高分子) の原料として使用され, 医療分野では外筒容器 (ハウジング) や透析膜に用いられる。

【問題 35】 金属材料の特徴について正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) アルミニウム合金は生体内埋植に適している。
- 2) ステンレス鋼は炭素含有量を増やすことで耐腐食性が向上する。
- 3) チタンは表面に酸化皮膜を形成することで耐腐食性が向上する。
- 4) コバルトクロム合金には形状記憶効果がある。
- 5) ニッケルチタン合金は医用材料には使用されない。

【正解】 ③ 3)

【解説】 医用材料や医療機器の原料として使われている金属の性質を理解しているかどうかを問う問題である。

- × 1) 代表的な医用金属材料であるコバルトクロム合金、チタン合金は人工関節等に用いられ、長期にわたり生体内に埋植される。アルミニウム合金(ジュラルミン)は、耐腐食性が低く医用材料には用いられない。セラミック材料である酸化アルミニウム(アルミナ)は埋植する材料として用いられている。
- × 2) ステンレス鋼の SUS316 L は、炭素含有量を減らすことで耐食性を向上させている(L は low carbon の意味)。
- 3) チタンはイオン化しやすい金属であるが、酸素と結合して表面に酸化皮膜(不動態)を形成するため、腐食されにくい。
- × 4) 形状記憶合金として代表的なものに、ニッケルチタン合金がある。コバルトクロム合金には形状記憶効果は無い。
- × 5) ニッケルチタン合金は形状記憶合金としての性質を生かし、ステントやワイヤーに用いられている。

【問題 36】 人工材料に対する生体の反応で、誤っている組合せはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 発熱 ————— 急性全身反応
- 2) アナフィラキシー —— 急性全身反応
- 3) 肉芽形成 ————— 慢性局所反応
- 4) 血栓形成 ————— 急性局所反応
- 5) 血管性浮腫 ————— 慢性全身反応

【正解】 ③ 5)

【出題の意図】

人工材料が生体に接したとき、どのような反応がいつ起きるのかを把握しているかを問う問題である。

【解説】

- 1) エンドトキシンなどで汚染された材料を使用すると、短時間のうちに発熱する。急性全身反応である
- 2) 過去に透析膜でも発生した急性全身反応である。まれに、透析膜に含まれている PVC でもアレルギー反応が起きている。
- 3) 血管吻合を有する埋め込み材料などで問題になる現象であり、急速に形成されることはない。
- 4) 血管内皮細胞の傷害、血流の低下または停止、血液粘度の異常上昇によって血栓が特定部位に形成される。比較的短時間に形成されるので、急性局所反応である。
- × 5) 血管浮腫は急性のアレルギー反応であり、急性全身反応に属する。

アナフィラキシーショックは透析患者でまれに見られる急性全身反応である。毒性が体内に残留し、胎児への影響が残る催奇形性はサリドマイドなどで過去に大きな問題となり、人工材料からの溶出では絶対に避けるべき事象である。どのような状態がなぜ起こるのかを説明できるようにしてもらいたい。

【問題37】 血液適合性材料と機能発現メカニズムとの組合せで誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) ポリ(2-メタクリロイルオキシエチルホスホリルコリン) — 細胞膜類似表面
- 2) エチレン-ビニルアルコール共重合体 ———— ミクロドメイン構造
- 3) ポリエチレングリコール ———— 疎水性表面
- 4) 延伸性ポリテトラフルオロエチレン ———— 偽内膜形成
- 5) ヘパリンを固定化した材料 ———— アンチトロンビン活性化

【正解】 ③ 3)

【解説】 血液適合性(抗血栓性)材料について、その機能発現のメカニズムを問う問題である。

- 1) ポリ(2-メタクリロイルオキシエチルホスホリルコリン)(MPC)は細胞膜の成分であるリン脂質をもち、タンパク質の吸着を抑制することにより血液適合性を発現する。植込み型補助人工心臓、人工肺などのコーティング材として用いられる。
- 2) エチレン-ビニルアルコール共重合体は疎水性ドメインと親水性ドメインからなるミクロ相分離構造をもち、血液適合性に優れる。血液透析膜として用いられる。
- ×3) ポリエチレングリコール(PEG)は親水性が高く、血液適合性に優れる。例えば、PEGは血液透析膜に表面修飾したり、もしくは薬物送達システム(DDS)の薬物担体などとして用いられる。
- 4) 延伸性ポリテトラフルオロエチレン(ePTFE)は血液成分が吸着することにより、血管内膜類似層(偽内膜)を表面に形成する。人工血管やカテーテルに用いられる。
- 5) ヘパリンはアンチトロンビンⅢを活性化させることにより、トロンビンを不活化し血液凝固反応を阻止する。ヘパリンを固定化した材料は人工肺などに用いられる。

【問題 38】 窓際に長期間設置した痰吸引器を移動させようとしたら、手が滑って落としてしまった。吸引器プラスチック外装の一部は粉々に破壊されたが、他の部分は変形に留まった。この事象で誤っている説明はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。〔6〕

- 1) 落下により外装材料に降伏点を越える応力が生じた。
- 2) 外装のプラスチックは紫外線により劣化していた。
- 3) 外装には韌性があるといえる。
- 4) 粉々に破壊されたことを脆性破壊という。
- 5) 他の部分の変形は延性変形である。

【正解】 ㊸ 3)

【解説】

言葉の上でのみ理解しがちな材料の破壊に関する問題であり、実際の現象(臨床で起こり得る事象)と材料に求められる特性との関係を正しく把握しているかを問う問題である。

- 1) 材料の降伏点を越えた応力で破壊が起こる。金属疲労などは降伏点手前の応力が繰り返しかかることにより引き起こされるが、今回の事象は一回の応力での破壊であり、明らかに降伏点を越えている。
- 2) 推測が含まれる内容だが、「窓際」、「長期間」から紫外線の影響を真っ先に考えるべきである。ME 1 種取得者は事故現場から可能な限り情報を集め、他の医療者へ周知して再発防止に努めなければならない。可能性がある問題点は指摘すべきである。
- × 3) 韌性とは外力によって破壊されにくい性質を意味しており、外装には十分な韌性がないといえる。
- 4) 紫外線劣化による典型的な脆性破壊が、可能性として挙げられる。
- 5) プラスチックは延性変形しやすい。



【問題 1】 「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律(医薬品医療機器法)」について誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 再生医療等製品には動物に使用するものも含む。
- 2) ソフトウェアは医療機器に該当することがある。
- 3) 治験は厚生労働大臣の承認を得る場合に提出する臨床試験の資料の収集を目的とするものである。
- 4) 医療機器を製造販売する場合に厚生労働大臣の承認が必要である。
- 5) 人の生命及び健康に影響を与えるおそれがほとんどないものは管理医療機器に分類される。

【正解】 ① 5)

【解説】

- 1) 医薬品医療機器等法第二条第九項第一号では『この法律で「再生医療等製品」とは、次に掲げる物であつて、政令で定めるものをいう。一、次に掲げる医療又は獣医療に使用されることが目的とされている物のうち、人又は動物の細胞に培養その他の加工を施したもの』とされている。
- 2) 医薬品医療機器等法第二条第十三項では『この法律で「製造販売」とは、その製造(他に委託して製造をする場合を含み、他から委託を受けて製造をする場合を除く。)をし、医療機器を販売し、貸与し、若しくは授与し、又は医療機器プログラムを電気通信回線を通じて提供することをいう。』(抄)とされている。
- 3) 医薬品医療機器等法第二条第十七項では『この法律で「治験」とは、第十四条第三項、第二十三条の二の五第三項又は第二十三条の二十五第三項の規定により提出すべき資料のうち臨床試験の試験成績に関する資料の収集を目的とする試験の実施をいう。』(抄)とされている。
- 4) 医薬品医療機器等法第二十三条の二の五第一項では『医療機器(略)の製造販売をしようとする者は、品目ごとにその製造販売についての厚生労働大

臣の承認を受けなければならない。』とされている。

- × 5) 医薬品医療機器等法第二条第七項では『「一般医療機器」とは、高度管理医療機器及び管理医療機器以外の医療機器であって、副作用又は機能の障害が生じた場合においても、人の生命及び健康に影響を与えるおそれがほとんどないものとして、厚生労働大臣が薬事・食品衛生審議会の意見を聴いて指定するものをいう。』(抄)とされている。なお、平成 16 年 7 月 20 日付薬食発第 0720022 号厚生労働省医薬食品局長通知「薬事法第二条第五項から第七項までの規定により厚生労働大臣が指定する高度管理医療機器、管理医療機器及び一般医療機器(告示)及び薬事法第二条第八項の規定により厚生労働大臣が指定する特定保守管理医療機器(告示)の施行について」の中に、次のように記載されている。『高度管理医療機器に関しては、医療機器規制国際整合化会議(GHTF)において議論されているクラス分類ルールを基本にクラス分類ルールを定め、その分類ルールに基づき各一般的名称ごとにクラス分類を行った結果「クラス IV」及び「クラス III」とされた医療機器を指定したものであること。また、管理医療機器については「クラス II」と、一般医療機器については「クラス I」と分類された医療機器を指定したものであること。』

【問題2】 「医療機器の臨床試験の実施の基準に関する省令」について誤っているのはどれか。番号を解答欄②にマークせよ。[5]

- a. 医療法に基づいて定められた省令である。
- b. 医療機器製造販売業者の研究開発者は治験協力者に含まれる。
- c. 臨床工学技士は製造販売後臨床試験協力者に含まれる。
- d. 被験機器とは治験の対象とされる機械器具等をいう。
- e. 対照機器とは治験において被験機器と比較する目的で用いられる医療機器をいう。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ② 1)

【解説】 「医療機器の臨床試験の実施の基準に関する省令」のポイントについての理解を問う問題である。

- × a. 薬事法(昭和35年法律第145号)第14条第3項(同条第9項及び同法第19条の2第5項において準用する場合を含む。), 第14条の4第4項並びに第14条の6第4項(これらの規定を同法第19条の4において準用する場合を含む。), 第80条の2第1項, 第4項及び第5項並びに第82条の規定に基づき, 医療機器の臨床試験の実施の基準に関する省令が定められた。
- × b. 「治験協力者」とは, 実施医療機関において, 治験責任医師又は治験分担医師の指導の下にこれらの者の治験に係る業務に協力する薬剤師, 看護師, 診療放射線技師, 臨床検査技師, 臨床工学技士その他の医療関係者をいう。
- c. 「製造販売後臨床試験協力者」とは, 実施医療機関において, 製造販売後臨床試験責任医師又は製造販売後臨床試験分担医師の指導の下にこれらの者の製造販売後臨床試験に係る業務に協力する薬剤師, 看護師, 診療放射線技師, 臨床検査技師, 臨床工学技士その他の医療関係者をいう。

- d. 「被験機器」とは、治験の対象とされる機械器具等又は製造販売後臨床試験の対象とされる医療機器をいう。
- e. 「対照機器」とは、治験又は製造販売後臨床試験において被験機器と比較する目的で用いられる医療機器又は機械器具等その他の物質をいう。

【問題 3】 医療機器で PL 法が適用されるのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 5 ]

- a. 初期故障期間において医療機器に不具合が生じ、患者が負傷した場合。
- b. 偶発故障期間において医療機器に不具合が生じ、医療従事者が負傷した場合。
- c. 偶発故障期間において医療機器の指定された点検の未実施で、患者が負傷した場合。
- d. 耐用期間を過ぎた医療機器に不具合が生じ、患者が負傷した場合。
- e. 医療従事者自らの判断で修理した医療機器の不具合のため、医療従事者が負傷した場合。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ③ 1)

【解説】 医療機器を点検、及び使用するさいに必要な PL 法の知識について問う問題である。

- a. 初期故障期間に医療機器の不具合が生じ、患者や医療従事者が負傷した場合、b と同様医療従事者の責任によるものではない場合、PL 法が適用される。
- b. 偶発故障期間において、操作ミスなど医療従事者の技量不足などもないのに、医療機器に不具合が生じ、患者や医療従事者の身体や財産に被害を及ぼした場合、PL 法適用の対象となる。
- × c. 医療機器が耐用期間を過ぎて摩耗故障期間に入った場合、消費者が合理的に認識することのできる耐用年数の経過後と解釈されるため、機器の不具合は欠陥にはあたらないとされ、患者や医療従事者が負傷した場合でも PL 法の対象にはならない。

- × d. 使用者側の保守・点検が不十分なため、医療機器の不具合により患者や医療従事者が負傷した場合、偶発故障期間であっても PL 法の対象とはならず、従来通り、民法第 709 条(不法行為責任)が適用される。
- × e. 医療従事者が修理した医療機器が不具合を生じ、患者や医療従事者が負傷した場合 PL 法の対象にはならず、d と同じく民法が適用される。

【問題 4】 医用室の配線方式について正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 5 ]

- a. 非接地配線方式はマイクロショック対策である。
- b. 非接地配線方式のコンセントの外郭表面は白色である。
- c. 鉄骨鉄筋コンクリートの建造物の地下部分を接地極として用いる。
- d. 多数の機器を同時に用いるために一つの絶縁トランス容量を 10 kVA とする。
- e. 等電位接地は患者が触れうるすべての導体表面を医用接地センタに接続することで実現する。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ④ 9)

【解説】 医用室では多数の医療機器が使用されており、患者安全のためには、電撃防止と同時に電源の遮断による機能停止を避けることも必要である。

- × a. 非接地配線方式は、1 台の機器の絶縁破壊でブレーカーが飛ばないようにすることで電源の供給信頼性確保を目的としている。絶縁トランスを用いることで漏れ電流が 0.1 mA 以下に抑制されているが、マイクロショック対策としては十分ではない。
- × b. 「非接地配線方式によるコンセントは他の配線方式によるコンセントと識別できるようにする」と定められており、「商用電源だけから供給されるコンセントは、外郭表面の色を白とする」と定められているので、外郭表面色は白色以外でなければならない。非常電源は赤、交流無停電電源装置から供給されるコンセントは緑としても良い、とされているので、これらの色も避けなければならない。
- c. 接地極は、最終的に地球に電氣的につながれる部分である。鉄骨鉄筋コンクリート造の建物では、鉄骨鉄筋が地中深くまで打ち込まれ、その周囲に

流し込まれているコンクリートは一般の土壌よりも電気伝導度が高い。よって、鉄骨鉄筋コンクリートの地下部分を接地極として用いることができる。

なお、免震構造の建物の場合はゴムなどの緩衝材の上に建物全体が乗っており、地下部分といえども接地極として用いることができない場合がある。

- × d. 絶縁変圧器の容量は7.5 kVAを超えないことと定められている。容量が大きくなると漏電も大きくなるためである。
- e. 等電位接地はマイクロショック対策である。患者が触れうるすべての金属体表面を接地センタと0.1 Ω以内の電線で結んで実現する。



【問題 5】 医用室の電源コンセントと電源プラグを点検したところ，下記のような状態であった。規格・指針に適合しているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 5 ]

- 1) 電源電圧を測定したところ 110 V であった。
- 2) クラス II の ME 機器である自動血圧計のプラグが 2 極であった。
- 3) 接地極の接触抵抗を計測すると 100 mΩ であった。
- 4) 人工呼吸器が白色のコンセントに接続されていた。
- 5) 15 A 用コンセントに接続されているプラグを引き抜くのに 100 N の力が必要であった。

【正解】 ⑤ 2)

【解説】

- × 1) 電源電圧は ±5% の変動しか認められていない。
- 2) クラス I の ME 機器は保護接地線が必要で接地型 2 極コンセント (3P コンセント) が必須であるが，クラス II の ME 機器はそうではない。
- × 3) 接地極の接触抵抗は 10 mΩ 以下でなければならない。
- × 4) 生命維持装置は非常電源に接続しなければならない。非常電源が設けられた医用コンセントの外郭表面の色は「赤」と定められている。
- × 5) コンセントからプラグが簡単に抜けることは好ましくないが，電源コードにある程度の力が加わったときは抜け落ちた方が安全な場合もある。医用コンセントの保持力には上限が設けられており，15 A 用では 15~60 N と定められている。

【問題 6】 以下の図記号のうち緊急停止を表したものはどれか。番号を解答欄

⑥ にマークせよ。[ 6 ]

1)



4)



2)



5)



3)



【正解】 ⑥ 2)

【解説】 JIS T 0601-1(1999 年版)に追加された図記号についての問題である。

- × 1) 電源の入/切
- 2) 緊急停止
- × 3) 警告, 危険電圧
- × 4) 操作指示に従う
- × 5) 待機

【参考】

第 1 種 ME 技術実力検定試験テキスト, p. 262-263, 2015.

【問題7】 医用室には2極接地極付の医用コンセント(医用3Pコンセント)を設けることとされているが、接地配線方式では電源導線の片側が接地されている。この医用室コンセントの接地と接地配線方式の接地はいずれも安全対策である。それらの目的の違いは何か、100文字以内で解答欄  に記述せよ。[5]

【解答例】 ㉗

・接地配線方式では、1次2次巻き線の混触が起こった時、過電圧による機器の故障を抑えるのが目的。医用室コンセントの接地極は人に対する電撃を抑えるのが目的。

【解説】 接地配線方式は変圧器のところで電源導線の片側を接地している。これは、変圧器の低圧電路と高圧電路が接触したとき、低圧側電路に接続された機器に過大な電圧がかからないようにするためである。

低圧側を接地しないと、変圧器の故障で高圧の6,600Vと低圧の200Vや100Vと接触(混触と呼ぶ)した場合、高圧の6,600Vが低圧の電路に流れ、接続された機器が焼損・故障する。

この接地をB種接地という。B種接地は変圧器の混触によって機器が焼損・故障するのを防ぐためのものである。

一方電源導線と独立した接地は、冷蔵庫・電子レンジ・洗濯機をはじめ各種医療機器など人が触れうる、機器からの漏れ電流を大地に流し、人の感電被害を低減するのを目的としている。

この接地をD種接地という。医用接地はこのD種接地に該当するので、機器に触れた人の感電被害を低減するのを目的としている。

【問題 8】 非接地配線方式の絶縁監視装置のアラームが鳴った。原因として考えられるのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[5]

- a. ME 機器の保護接地線が断線した。
- b. 同時に多数の ME 機器が使用された。
- c. 接地極の接地抵抗が  $10 \Omega$  以上に上昇した。
- d. 絶縁トランスの許容量以上の消費電流が流れた。
- e. 絶縁抵抗が  $50 \text{ k}\Omega$  以下の ME 機器が使用された。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑦ 7)

【解説】 一般家庭の配電方式は、電源線の片側を接地した片側接地方式である。この配線方式では、負荷として接続している機器の絶縁不良による地絡電流により停電の可能性がある。これに対して非接地配線方式は、片側接地配線方式で給電された電源を、配線の途中に絶縁変圧器(トランス)を設け、その2次側電路を、どこにも接地しない(接地から浮かせた)配電方式である。この非接地配線方式の主たる目的は、負荷として接続している機器の絶縁不良で地絡電流が発生した時も電源供給を継続することである。このため、2次側に接続した負荷の絶縁状態を把握するための絶縁監視装置が必ず設けられる。また、絶縁変圧器の2次側巻線から1次側巻線への漏れ電流が  $0.1 \text{ mA}$  以下と規定されていることからマクロショック対策にもなる。絶縁監視装置のアラームは、電源回路内で使用されている ME 機器や絶縁トランスの絶縁抵抗が  $50 \text{ k}\Omega$  以下(潜在的な接地漏れ電流が  $2 \text{ mA}$  以上)になった時に発する。

× a. 保護接地線の断線によって絶縁トランスの絶縁抵抗が下がることはない。  
 また、保護接地線の断線により ME 機器の接地漏れ電流はアースに流れない。

○ b. 多数の正常な ME 機器をした場合に、潜在的な接地漏れ電流の総和が 2

mA を越えることがあり，アラームが鳴る。

- × c. 非接地配線方式は接地から浮かせた配線方式であるため，接地極の接地抵抗とは無関係である。
- × d. 絶縁監視装置には過負荷(過電流)を検知する警報機能はない。過負荷時は電流監視装置でアラームが鳴る。
- e. 地絡電流表示が 2 mA ( $100 \text{ V} \div 50 \text{ k}\Omega = 2 \text{ mA}$ ) を超えると絶縁監視装置のアラームが鳴る仕組みになっているが，これは実際に流れている電流ではなく，ME 機器の対地インピーダンスを測定し，これが 50 k $\Omega$  以下になったことを意味する。

【問題9】 医用テレメータの受信不良の原因となり得るのはどれか。番号を解答欄⑧にマークせよ。[5]

- a. フェムトセル
- b. 携帯電話端末
- c. LED 照明器具
- d. PHS 端末
- e. テレコンテレメータ

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑧ 9)

【解説】 2016年4月に総務省・電波環境協議会から出された「医療機関において安心安全に電波を使用するための手引き」に関する問題である。医用テレメータ専用バンドである400MHz帯の電波を放射するかどうかで判断する。

- × a. 携帯電話の屋内基地局のアンテナの一種で携帯電話端末と同じ700MHz～2GHzの周波数を使用するので、医用テレメータとは周波数帯が異なる。
- × b. 使用している周波数帯が700MHz～2GHzで、医用テレメータとは異なる。
- c. LED照明器具のAC→DCコンバータから発生する広帯域のスイッチングノイズがテレメータの周波数帯と重なり干渉する。
- × d. PHSは使用する周波数帯が1.9GHz程度で、医用テレメータとは異なる。
- e. 医用テレメータのバンド3(3000番台のチャンネル)と重なり干渉する。病院内では離床センサやナースコールに、一般環境ではクレーンなどの無線操作作用に使用される。

【問題 10】 水平配列の医療ガス配管端末器で、各ガスソケットの左側からの配列として正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 5 ]

- 1) 酸素, 亜酸化窒素, 治療用空気, 吸引, 二酸化炭素
- 2) 酸素, 治療用空気, 吸引, 二酸化炭素, 亜酸化窒素
- 3) 治療用空気, 酸素, 亜酸化窒素, 二酸化炭素, 吸引
- 4) 治療用空気, 亜酸化窒素, 酸素, 吸引, 二酸化炭素
- 5) 吸引, 酸素, 治療用空気, 亜酸化窒素, 二酸化炭素

【正解】 ⑨ 1)

【解説】 医療ガスの配管は JIS T 7010 規格にある。設備工事をする側には重要な内容である。

また新築、増改築時の設計時や工事終了後の引き渡し時にガス種の配列が正しいか確認できる技士であるか問うた問題。病棟は左から O, V または O, A, V が基本である。

【参考：JIS T 7010：2014 より】

#### 11. 配管の設置

11.2.6 近接する配管を支持する場合は、配列順を供給設備から配管端末に向かって左から酸素, 亜酸化窒素, 治療用空気, 吸引, 二酸化窒素, 手術用駆動窒素, 手術用駆動空気 AGSS としなければならない。

【問題 11】 血液の二酸化炭素分圧( $P_{CO_2}$ ) の測定に用いられるセバリングハウス (Severinghaus)型電極について正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. アンペロメトリック方式である。
- b. 水素イオンを検出するガラス電極が組み込まれている。
- c. 二酸化炭素分圧に応じた電流が発生する。
- d. 作用電極と比較電極間に 0.6 V 程度の電圧を印加する。
- e. 電極の先端はテフロン膜で覆われている。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑩ 7)

【解説】 二酸化炭素分圧( $P_{CO_2}$ ) の測定には、セバリングハウス (Severinghaus) 型電極が用いられる。セバリングハウス型電極は  $CO_2$  透過膜、スペーサ、ガラス電極、比較電極(銀-塩化銀電極)、ならびに電極内部を満たす重炭酸塩電解液からなる。

- × a. アンペロメトリック方式の電極では、一定電圧を電極に印加した状態で、流れる電流を測定する。酸素分圧( $P_{O_2}$ ) の測定に用いるクラーク電極が、アンペロメトリック方式を利用している。一方、セバリングハウス型電極は、ガラス電極と比較電極(銀-塩化銀電極)間に生じる電位差から、二酸化炭素分圧( $P_{CO_2}$ ) を測定するポテンシオメトリック方式である。
- b. 透過膜を介して血液から電極内部に  $CO_2$  が拡散すると、重炭酸塩緩衝液を含んだスペーサ部分で以下の反応が起こる。



したがって、スペーサ部分では  $CO_2$  の量に比例した水素イオンが生じる。セバリングハウス型電極にはガラス電極が組み込まれており、スペーサ部分で起こる pH の変化を捉え、これをもとに二酸化炭素分圧を得てい



る。

- × c. セバリングハウス型電極では、 $P_{CO_2}$  に応じた電位差がガラス電極と比較電極間に生じる。
- × d. セバリングハウス型電極は、作用電極(ガラス電極)と比較電極間の電位差から測定を行うポテンシオメトリック方式の電極であり、電極間に電圧は印加しない。電極間に電圧を印加するのは、アンペロメトリック方式の電極である。
- e. セバリングハウス型電極の先端は、 $CO_2$  を透過させ、水素イオンを通さないテフロン膜で覆われている。

【問題12】 次の文章の空欄に当てはまる式を単位を含めて解答欄  ,  
 に記入せよ。[3×2=6]

肺・胸郭系の粘性抵抗の1つである気道抵抗  $R$  は、プラトー期間中の気道内圧の低下を  $\Delta P$  [cmH<sub>2</sub>O]、呼気流量を  $\Delta \dot{V}$  [L/s] とすると、 $R = \text{$  によって算出することができる。

また、肺・胸郭の弾性抵抗の逆数であるコンプライアンス  $C_L$  は、肺容積の変化を  $\Delta V$  [mL]、肺内外圧差を  $\Delta P_L$  [cmH<sub>2</sub>O] とすると、 $C_L = \text{$  によって算出することができる。

【正解】 ①  $R = \frac{\Delta P}{\Delta \dot{V}}$  [cmH<sub>2</sub>O/L/s] ②  $C_L = \frac{\Delta V}{\Delta P_L}$  [mL/cmH<sub>2</sub>O]

【解説】 肺・胸郭系の粘性抵抗や肺コンプライアンスの考え方についての理解を問う問題である。

肺・胸郭系の粘性抵抗には、気道抵抗、肺組織抵抗、胸郭抵抗があり、電気的等価回路で考えた場合、呼吸抵抗はこれらの抵抗の総和となる。気道抵抗は、等価回路にオームの法則を適用すると、気道内圧が低下したことによる圧力差と呼吸流量との比  $\frac{\Delta P}{\Delta \dot{V}}$  で求めることができる。これらの実際の測定には、体プレステモグラフィを用いる。

肺コンプライアンスは、肺の広がりやすさ(弾性抵抗の逆数)を表しており、肺容積と肺内外圧差を同時に記録すると、圧容積曲線が得られ、この曲線の傾き  $\frac{\Delta V}{\Delta P_L}$  が組織の軟らかさ、コンプライアンスを表すことになる。

【問題13】 カプノメータについて正しいのはどれか。番号を解答欄⑩にマークせよ。[6]

- a. 測定には近赤外線が用いられる。
- b. 二酸化炭素による吸光量は二酸化炭素分圧に正比例する。
- c. 高濃度酸素使用時には補正が必要である。
- d. 吸気開始後にカプノグラムの値は低下する。
- e. 麻酔器のソーダライムの劣化は把握できない。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑩ 6)

【解説】 カプノメータは呼気ガス中の二酸化炭素濃度(分圧)を測定する装置の総称である。カプノメータでは人工呼吸管理中の換気状態の確認(体外への二酸化炭素排出)、気道の閉塞状態や肺循環の状態が確認でき、かつ二酸化炭素産生量などの生体情報が得られる。1呼吸ごとの連続測定ができ、肺胞低換気や肺塞栓などの異常が早期に把握できるため、人工呼吸管理には不可欠なモニタである。

× a. 二酸化炭素が $4.3\ \mu\text{m}$ の中赤外線( $3\text{--}8\ \mu\text{m}$ )を強く吸収する特性を利用している。

○ b. 吸収される中赤外線量は二酸化炭素分圧(または濃度)に正比例することを利用している。

× c. 赤外線吸光スペクトルが二酸化炭素に近い亜酸化窒素( $3.9\ \mu\text{m}$ )を使用する際は補正が必要になる場合があるが、高濃度酸素による影響はないため補正は不要である。

○ d. 吸気開始時にはフレッシュなガス( $\text{CO}_2$ を含まない)が気道内に流入するため、呼気終末から吸気に移行する時のカプノグラムはベースラインに向けて低下する。

× e. 麻酔器は再呼吸式の呼吸回路になっているため、呼吸回路に装備された二

酸化炭素吸収剤(ソーダライム)で二酸化炭素が吸収除去している。二酸化炭素吸収剤の吸収除去機能が劣化した場合は、呼吸回路内に二酸化炭素が流れるためにカプノグラムのベースラインが上昇する(0にならない)。

【問題 14】 在宅酸素療法関連機器について正しいのはどれか。番号を解答欄

⑫ にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 在宅用酸素濃縮器はクラス I の ME 機器である。
- 2) 吸着型酸素濃縮器の吸着剤にポリアクリル酸ソーダが用いられる。
- 3) 膜型酸素濃縮器ではガス透過膜の片側に陽圧をかけている。
- 4) 設置型液化酸素供給装置は停電時でも使用できる。
- 5) 携帯型液化酸素装置は旅客機内で使用できる。

【正解】 ⑫ 4)

【解説】 在宅酸素療法(HOT: Home Oxygen Therapy)とは、治療のために酸素吸入が必要な患者で、病態が臨床的に安定し、酸素吸入用の機器または設備が患者の自宅に準備されており、家族の患者受け入れ体制が整い担当医師の了解が得られた場合に行われる。HOTでの酸素供給装置や器具には酸素濃縮器、設置型液化酸素供給装置(LGC: Liquid Gas Container)、携帯酸素発生器、酸素ボンベなどがある。また、酸素は強支燃性ガスのため、酸素投与時の火気の使用に伴う重篤な事故事例が繰返し発生しており、装置使用時の注意が必要である。

- × 1) 在宅用酸素濃縮器は、一般家庭の 2P コンセントで使用するために、保護接地設備が不要なクラス II の ME 機器(基礎絶縁と補強絶縁)である。
- × 2) 吸着型酸素濃縮器の吸着剤としてゼオライト(アルミの珪酸塩など)が使用される。ポリアクリル酸ソーダは吸湿剤である。
- × 3) 窒素よりも酸素に対する透過性が良い透過膜(高分子膜)を用い、ガス透過膜の一侧を真空ポンプで減圧することで、透過膜を介して室内気を透過させて酸素濃縮を行う。
- 4) 設置型液化酸素供給装置(LCG)は電気駆動でないため停電時でも使用できる。
- × 5) 携帯型液化酸素装置(子容器)は危険物となるため、いかなる場合でも旅客機には持ち込むことができない。HOT 対象患者が旅行等で旅客機を利用する際には、予め搭乗予定航空会社に確認が必要である。

【問題 15】 心電図の各誘導の極性で正しいのはどれか。番号を解答欄 ⑬ にマークせよ。[6]

- 1) 第 I 誘導は右手が正, 左手が負である。
- 2) 第 II 誘導は左足が負, 右手が正である。
- 3) 第 III 誘導は左足が負, 左手が正である。
- 4) 単極胸部誘導のウィルソン結合端子は正である。
- 5)  $aV_R$  誘導は右手が正, 左手と右足の間電極が負である。

【正解】 ⑬ 5)

【解説】 心電図誘導法は, Einthoven の三角形に基づく標準肢(双極)誘導, 増強単極肢誘導, 単極胸部誘導からなる。標準肢誘導では心尖部の方向が正極になると考えればよい。

- × 1) 心尖部は左方向を向いているので, 右手が負, 左手が正となる。
- × 2) 心尖部は左下方を向いているので, 右手が負, 左足が正となる。
- × 3) 心尖部は下方を向いているので, 左足が正, 左手が負となる。
- × 4) ウィルソン結合端子は四肢の電位から仮想的に基準電位を作り出して負極とし, 胸部電極が正極となる。
- 5) 正確には左手と左足の間端子が負極, 右手が正極となる。現実には右足と左足で大きな差はないので成立するが, 厳密に言えば正しい選択肢とは言えない。

【問題16】 ペーシングモードについて正しいのはどれか。番号を解答欄⑭にマークせよ。[6]

- a. VDDモードはP波を検出しAVディレイ内でR波を検出すると、心室ペーシングを抑制する。
- b. DDDモードは自己心房レートが設定より低い場合心室ペーシングを行う。
- c. VVIモードは自己P波に関係なく心室ペーシングを行う。
- d. VOOモードは自己R波が出現すると、心室ペーシングに抑制がかかる。
- e. DDIモードは心房細動になるとPMT(ペースメーカー起因性頻脈)を引き起こす。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑭ 2)

【解説】 ペーシングモードの基礎を問う問題である。ペーシングモードは、ICHDコードまたはNBGコードで示される。第1文字目はペーシング部位、第2文字目はセンシング部位、第3文字目は制御機構を示す。Vは心室、Aは心房、Dは心房と心室または抑制と同期を示す。

- a. VDDモードは、心房と心室でセンシングを行い、心室のみでペーシングを行う。P波を検出し、設定したAVディレイの間にR波が出なければ心室ペーシングを行う。また、R波を検出したらペーシングに抑制がかかる。
- × b. DDDモードは心房と心室の両方でペーシングとセンシングを行う。自己心房レートが設定より低い場合、心房ペーシングを行い、設定したAVディレイの間にR波が検出されなければ心室ペーシングを行う。
- c. VVIモードでは心室のみにリードを留置し、ペーシングとセンシングを行う。心房にリード線が入っていないので、自己Pに関係なく心室の自己レートが低下したら心室でペーシングを行う。
- × d. VOOモードはセンシング機能が無いため、R波があっても無くてもペー

シングを行う。電気メスや高周波治療装置等の EMI を検出しないため、オーバーセンシングを回避できる。

- × e. DDI モードは心房、心室での同期機能を持たないので、心房細動になっても P 波を検出して心室ペーシングすることはない。しかし DDD モードだと PMT を引き起こしてしまう。



【問題 17】 除細動において、単相性波に比して二相性波の特徴はどれか。番号を解答欄(15)にマークせよ。[6]

- a. ICD には採用されていない。
- b. 内蔵のバッテリーは大型になる。
- c. 除細動が成功する最低エネルギーが小さい。
- d. 波形ダンピング用のインダクタが必要である。
- e. 心筋に与えるダメージが少ない。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (15) 9)

【解説】

- × a. 市販の ICD による除細動波形は二相性が採用されている。
- × b. 二相性では除細動可能エネルギーが少ないためバッテリーを小さくできる。
- c. 詳細は不明だが、第一相波で生じた遺残電圧を第二相波が消去し心室細動を誘発しにくくするという説が有力。
- × d. 単相性波除細動器の放電回路にインダクタが接続される。これによりコンデンサからの放電波形をダンピングし、放電波形の心筋に悪影響を及ぼす初期の急峻な立上がりとは除細動に関与しないなだらかな裾引き部分を補正する。
- e. 単相性でも二相性でも通電エネルギーが高いほど、除細動後の心筋ダメージは増す。二相性ではエネルギーが少ないので心筋へのダメージが少ない。

【参考】

臨床的に二相性波による電氣的除細動に成功したのは 1947 年で単相性波による除細動より早い。ところがコンデンサ放電による単相性波を用いた除細動器の成功が報告されると、放電回路の簡単さから単相性波による製品が普及した。し

かし単相性波による除細動では高エネルギー(360 J)を用いるため、除細動を受けた患者に一定の割合で心筋障害を示す徴候が見られた。二相性波の除細動可能エネルギー(150~200 J)は単相性に比べ少なく、従って心筋へのダメージも少ないことからその有用性が再認識された。電子工学の進歩により半導体素子を使った二相性波を作り出す回路を小型化し、使用エネルギーも少ないことから充電用バッテリーも小さくでき除細動器自体も小型となった。このため埋込み型除細動器(ICD)では第三世代から採用されている。AHAのガイドライン 2000(心肺蘇生(CPR)と救急心血管治療(ECC)のためのガイドライン)から二相性波の有用性が認められた。二相性波の波形はメーカーにより異なったものが提案されているが、最良のタイプや、至適エネルギーレベルによる通電の方式(固定エネルギー対漸増エネルギー)は、決定されていない。

【問題18】 人工心肺に貯血槽(心内貯血槽を含む)が必要な理由はどれか。番号を解答欄⑩にマークせよ。[6]

- a. 心臓の前負荷の調整
- b. 輸血や補液
- c. 回収血からの気泡の除去
- d. 脱血流量の確保
- e. 除水量の確認

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑩ 2)

【解説】 人工心肺は個々のパーツを理解するのではなく、人工心肺システムとして臨床で何を求められどのように運用しているのかを理解しておくが良い。また、貯血槽は下記の外、サクシオンに含まれる組織片や脱血に混入する気泡の除去も担う。

- a. 手術では心臓の拍出を止めたり増やしたりしなければならない。貯血槽の貯血量を増減させ心臓の前負荷(CVP)を変えることで心拍出量を変化させている。
- × b. 貯血槽を持たない透析の血液回路でも輸血や補液ができる。
- c. 心臓・大血管手術は出血を伴うのでこれを体外循環回路に回収して生体に戻すが、サクシオンには空気も流入するので、これを貯血槽で気液分離して気泡を除去している。
- × d. 貯血槽が無い閉鎖回路(PCPSや透析など)は送血ポンプが脱血ポンプとして機能するので脱血は確保しやすい。一方、貯血槽への脱血は落差を取るあるいは内部を陰圧にするなどの工夫をしないと流量を確保できない。
- × e. 除水されると貯血量は減るが、脱血の程度・出血・血管外へのボリュームのシフトも貯血量に影響するので除水量の測定はできない。

【問題 19】 経皮的心肺補助(PCPS)の送血流量に影響しないのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 脱血カニューレの内径
- 2) 送血カニューレの内径
- 3) 回路の長さ
- 4) 遠心ポンプと患者の落差
- 5) 循環血液のヘマトクリット値

【正解】 ⑰ 4)

【解説】 経皮的心肺補助(percutaneous cardiopulmonary support; PCPS)は、主に大腿静脈から挿入した経皮的カニューレによる右房脱血、同じく経皮的カニューレによる大腿動脈送血による遠心ポンプを用いた閉鎖回路による循環補助と、回路内に設置した膜型人工肺による呼吸補助を行うことを目的とした補助循環である。送血流量は遠心ポンプの回転数により制御するが、送血カニューレや膜型人工肺、そして各構成部品を繋ぐ回路チューブによる管路抵抗によりその流量は制限される。また、閉鎖回路であるため送血流量と脱血流量は常に等しくなる。すなわち、送血流量は脱血流量による制限も受ける。さらに、血液の粘性も管路抵抗の一因となることは、流体力学のハーゲン・ポアズイユの式からも理解できる。

- 1) 脱血カニューレの内径により脱血流量が制限される。PCPS は閉鎖回路であるため、脱血流量と送血流量は常に等しく、すなわち脱血カニューレにより送血流量も制限される。
- 2) 送血カニューレの内径が細いほど管路抵抗は増大し、送血流量を制限する。ハーゲン・ポアズイユの式に基づけば、管路抵抗は管路の半径の 4 乗に反比例する。
- 3) 回路の長さは管路抵抗の一因である。ハーゲン・ポアズイユの式に基づけば、管路抵抗は管路の長さに比例する。

- × 4) PCPSは閉鎖回路であるため、患者に対する遠心ポンプの高さ(落差)は送血流量に影響しない。遠心ポンプと患者との落差による位置エネルギーはその入出部にて相殺される。
- 5) ヘマトクリット値が高値であるほど、血液の粘性も高い。流体の粘性は管路抵抗の一因であり、ヘマトクリット値は送血流量に影響する。ハーゲン・ポアズイユの式に基づけば、管路抵抗は流体の粘性率に比例する。

【問題 20】 血液透析において，血流量 200 mL/min，透析液流量 500 mL/min，除水流量 0 mL/min で透析治療を行ったところ，血液側入口における尿素濃度が 60 mg/dL，血液側出口における尿素濃度が 6 mg/dL であった。このとき，透析液排液中の尿素濃度[mg/dL]に最も近い値はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 0.2
- 2) 1.8
- 3) 22
- 4) 25
- 5) 54

【正解】  3)

【解説】 物質収支により，単位時間に血液側から除去された尿素の量と透析液に排出された尿素の量は等しい。また単位時間に透析液中に排出された尿素の量は，排液中の尿素濃度と透析液流量(透析器出口)の積で表される。このことを利用することで血液側の濃度変化から透析液排液濃度を求めることができる。

透析器入口側の血流量を  $Q_{BI}$ ，尿素濃度を  $C_{BI}$ ，出口側の血流量を  $Q_{BO}$ ，尿素濃度を  $C_{BO}$ ，透析液排液流量を  $Q_{DO}$ ，透析液排液中の尿素濃度を  $C_{DO}$  とすると，物質収支が成り立っているので，

$$Q_{BI}C_{BI} - Q_{BO}C_{BO} = C_{DO}Q_{DO} \text{ となる。}$$

したがって，

$$200 \times (60 - 6) \div 100 = 500 \times C_{DO} \div 100$$

となる。これを解いて，

$$C_{DO} = 21.6 \text{ mg/dL}$$

となるため，22 mg/dL が最も近い値となる。

【問題 21】 透析液配管中に存在しうる菌および菌体毒素の低減対策として不適切なのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 月1回の酢酸洗浄
- b. 85℃の熱水消毒
- c. 低濃度次亜塩素酸夜間封入
- d. ROタンク内への紫外線照射
- e. エンドトキシン捕捉フィルタ設置での透析液循環

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑬ 3)

【解説】

透析担当者以外でも理解してもらいたい、透析液ライン管理に関する内容である。

- × a. 月1回では不十分であり、週2回が標準である。
- b. 85℃で洗浄が行われている。
- c. 東レのシステムでは、1 ppmの次亜塩素酸が夜間自動封入されている。
- × d. ROタンクを正常化しても透析液配管中に存在している細菌、エンドトキシン濃度は減少できない。ROより下流のバイオフィルム対策は、該当する部分で熱水あるいは薬液洗浄を頻繁に行う必要がある。
- e. 循環式では ETRF 設置が標準仕様となっている。

【問題 22】 前希釈オンライン HDF で、誤って静脈側エアトラップに補液回路を接続した場合、考えにくいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。

[ 6 ]

- a. ヘモダイアフィルタ内の血液濃縮
- b. 動脈圧の上昇
- c. エンドトキシンの混入
- d. 透析液圧の上昇
- e. TMP の上昇

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑳ 8)

【解説】 On-lineHDF を行う施設は多くなったが、補液回路の接続は個々にスタッフが行っており、A 側・V 側とも接続可能な回路が一般的で、A 側 V 側を誤って接続可能性がある。仮にそのまま治療が始まっても圧力の変化を観察すれば大事に至る前に検出可能であり、発生メカニズムや影響について理解する必要がある。

- a. 前希釈法の補液置換流量は後希釈より多く、ヘモダイアフィルタ内の血液側では過濾過により極端な血液濃縮が起こる。
- b. 上記の理由で血液側出入口では圧力損失が高くなり、動脈圧は上昇する。
- × c. 補液位置が変わっただけでは、エンドトキシン混入の理由にならない。
- × d. 血液側は濃縮するため、膜面では境膜抵抗が増大し透水性は低下するにもかかわらず一定の濾過を掛けようとするため、透析液圧は低下する。
- e. 前述の d と b より圧力は、透析液側で低下、血液側で上昇し、TMP は上昇する。



【問題23】 血液透析と比較した腹膜透析の特徴はどれか。番号を解答欄⑳にマークせよ。[6]

- a. 食事制限が緩い。
- b. 水分管理が厳しい。
- c. 運動ができない。
- d. 透析液浸透圧が高い。
- e. 小児には適応できない。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ㉑ 3)

【解説】 腹膜透析のメリットに関する問題である。第一選択の根拠を整理する。

- a. 腹膜透析ではアルブミンリークが少ないこと、透析液にカリウムが入っていないので食事制限は緩やかである。
- × b. 水分管理も厳しくはない。
- × c. ウォーキングなどの運動なら行う方がよいと言われている。
- d. 高浸透圧の透析液を用いて毎日透析を行っているので、血液中濃度は安定しており、過剰水分も毎日除去されやすく、生理的である。
- × e. 小児には第一選択の治療とされている。

【問題 24】 誘発電位計の基本性能で、手術室の電磁環境で誘発電位モニタリングを可能にするために必要なのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。

[ 6 ]

- a. 100 dB 以上の同相信号除去比
- b.  $10 \mu\text{V}/\text{div}$  以上の感度範囲
- c. 3 kHz 以上の高域遮断周波数
- d. 加算平均機能
- e. マルチモダリティー刺激装置

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ② 3)

【解説】

誘発電位計を利用した、神経機能モニタリングでのオペ室における電磁雑音環境についての理解を問う問題である。

- a. 誘発電位計は 80 dB を求められる。
- × b. 幅広い感度設定は種々の誘発電位には必要だが、電磁雑音の多い環境の対策にはならない。
- × c. 誘発反応は脳波に比べて高域周波数成分を有するが、電磁雑音環境では高周波ノイズを誘導しやすくなる。
- d. 加算平均はノイズ成分除去を目的としている。
- × e. 術中の脊髄機能をモニタするためには経頭蓋で電気刺激を行う運動誘発電位 (MEP) を誘導するための高電圧刺激装置が使用されるが、電磁雑音の対策が目的ではない。

【問題25】 電気メスのスプレー凝固について正しいのはどれか。番号を解答欄

㉓ にマークせよ。[6]

- 1) 出力電圧の最大値を 10,000 V 近くまで上げる。
- 2) 高周波電流の流入部位を 1 点に集中させる。
- 3) バイポーラ型のアクティブ電極を使用する。
- 4) 高周波漏れ電流による術者の熱傷は手術用ゴム手袋で防げる。
- 5) 止血部を挟んだ鉗子にアクティブ電極を接触させて凝固する。

【正解】 ㉓ 1)

【解説】

- 1) 電気メスの電圧は切開で約 2,000 V、通常の凝固では約 3,000 V の電圧を使用する。これに対してスプレー凝固の電圧は約 9,000 V となる。
- ×2) ある 1 箇所を凝固するのは通常の凝固操作である。スプレー凝固ではアクティブ電極が組織(凝固部位)に接触せず通常の凝固より比較的長い火花を飛ばして、スプレーのように広範囲に凝固を行なう。
- ×3) モノポーラ電極を用いる。
- ×4) 術者は接地されていると見なせるので高周波漏れ電流が流れ込みやすい状態にある。手術用手袋程度の厚さの絶縁物は高周波電流が通り抜けてしまい、術者の感電や熱傷の原因となる。スプレー凝固時は出力電圧が高いため特に防ぎにくい。
- ×5) スプレー凝固は比較的高い電圧を一気にアクティブ電極にかけ、遠くまで火花を飛ばすことで面凝固を行なう。凝固部位(止血部)とアクティブ電極の間に鉗子などの導電体が挿入されると面凝固が行なえない。また鉗子保持部にも高電圧が掛かるため術者の感電・熱傷事故にもつながる。

【問題26】 ESD(内視鏡的粘膜下層剥離術)に用いられないのはどれか。番号を  
解答欄  にマークせよ。[6]

- a. ヒアルロン酸
- b. トラカール
- c. 電気メス
- d. 超音波凝固切開装置
- e. フックナイフ

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ②④ 6)

【解説】 消化器(軟性)内視鏡を介した処置具を用いて、消化管(胃, 食道, 大腸)の粘膜表面にある癌組織の周囲を切った後、患部全体を剥ぎ取る方法を内視鏡的粘膜下層剥離術(ESD: endoscopic submucosal dissection)という。

- a. ヒアルロン酸を粘膜下に注入して、粘膜表面の癌を剥離・浮上させる。
- × b. 腹腔鏡手術において、硬性鏡を挿入するポートとして用いられる。
- c. ナイフに高周波を通電することにより粘膜組織を切除する。
- × d. 腹腔鏡手術において、血管や組織の切除に用いられる。
- e. 先端がフック状になったナイフで、消化管粘膜の切除および止血に用いられる。

【問題27】 手術ナビゲーションシステムについて誤っているのはどれか。番号を解答欄⑳にマークせよ。〔6〕

- a. 脳外科手術に使われる。
- b. 手術器具先端の位置を計測する。
- c. GPS(Global Positioning System)を利用する。
- d. CTやMRIで撮影した3次元画像を用いる。
- e. 執刀医に次の操作を合成音声で指示する。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ㉑ 9)

【解説】 手術室でしばしば用いられる手術ナビゲーションシステムの初歩的な概念を問う問題である。ナビゲーションシステム(surgical navigation system, 手術ナビゲータとも呼ばれる)は日本の脳外科医が発明した医用機器である。1990年代から普及し始め、今では多くの施設に導入されている。

- a. 術中に変形しやすい組織の手術に応用するのは難しい。このため、主に脳外科、脊髄外科、耳鼻科、整形外科等で用いられる。
- b. 手術器具の先端の位置と方向を計測する。手術ナビゲータの位置計測の方式には光学式、磁気式、機械式、超音波式などがあり、主流は光学式と磁気式である。光学式は手術器具に取り付けた反射マーカまたは発光体を三角測量の原理で計測をおこなうもので、位置計測器の視野が遮られると測定できなくなるが、測定できていればその結果は信頼できる。また、反射マーカを使う方式は手術器具にケーブルを取り付ける必要がないのが利点である。磁気式は磁場発生源が作る磁場の強度・方向を手術器具に取り付けたセンサで測定する方式で、見えない場所でも常時測定できるが、近くに磁性体があると大きな系統的誤差が生じることがあって、しかも誤差が実際に生じているかどうかはすぐには分からない(どこまで信用して良い

か判断できない)ということが弱点である。

一方、ナビゲーションを行うには、実際の患患者と画像との位置関係を正確に測っておくこと(位置合わせ, レジストレーション registration)が必要である。位置計測の誤差は 0.1~0.5 mm 程度だが, レジストレーションの誤差がこれに加わるため, 臨床における実効的な誤差は典型的には 1 mm 程度, 場合によっては数 mm になる。ナビゲーションを使う医学上の目的によって, 要求される精度は様々であり, 単に精度が高くさえあれば良いというものではない。使い勝手の良さやヒューマンエラーの防止対策, 位置計測装置の精度管理のしやすさなども重要なポイントである。

- × c. GPS は複数の人工衛星が放送している信号を受信してそれらの時間差から位置を算出するもので, 手術室内では受信できないし, 精度も全く足りない。
- d. あらかじめ撮影しておいた volumetric な画像データを「地図」として利用する。さらに, 手術中に手術室内にある CT や MRI で撮影し直して, 「地図」として使う画像を最新のものに up-date すると, 手術操作で生じた術野の変形に起因する誤差が小さくなり, これができる施設は今後増えていくと思われる。
- × e. 「地図」となる 3 次元画像上に, 手術器具先端の位置と方向を示す CG (computer graphics) を重ねて表示することで, 執刀医を誘導する。触れるべきでない危険な部位に手術器具が近づくと自動的に警報音を鳴らすものもある。

【問題28】 シリンジポンプにはない機能はどれか。番号を解答欄⑳にマークせよ。〔6〕

- a. シリンジのサイズを検出する。
- b. 送液中であることを表示する。
- c. 送液回路に気泡が混入したことを検出する。
- d. 送液回路の閉塞を検出する。
- e. サイフォニングの発生を検出する。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ㉑ 9)

【解説】

シリンジポンプの基本的な機能について理解を問う問題である。

- a. シリンジのストッパを用い、シリンジの太さからサイズを検出する機能がある。
- b. 送液動作が遅いので確認のため送液中であることを表示する機能がある。
- × c. 送液回路へ気泡が混入したことを検出する機能をシリンジポンプは有していない。
- d. スライダの反力やモータ電流の増加により送液回路が閉塞したことを検出する機能がある。
- × e. サイフォニングの発生を検出する機能はない。

【選択問題1】 低圧持続吸引器で管理するのはどれか。番号を解答欄〔選1〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 水頭症の頭蓋内圧
- 2) 口腔内の痰
- 3) 気管チューブのカフ上分泌物
- 4) 胸腔内圧
- 5) 胃 瘻

【正解】 (選1) 4)

【解説】

- ×1) 水頭症など頭蓋内圧亢進患者で、頭蓋骨に小さな穴を開け、圧センサーを脳実質内もしくは脳室内に留置し、持続的に頭蓋内圧をモニターして治療の補助とする。圧センサーは脳室ドレナージも兼ね、脳室から髄液を排出させいくぶんかの頭蓋内圧コントロールも可能である。
- ×2) 嚥下障害がある患者の口腔内の喀痰を吸引カテーテルで吸引する。  
-20 kPa 程度の圧で吸引するが、持続的には行なわない。
- ×3) 人工呼吸器関連肺炎の発生を予防するため、気管チューブのカフの上に貯留した分泌物を吸引する。-20 kPa 程度の圧で吸引するが、持続的には行なわない。
- 4) 胸腔ドレーンに低圧持続吸引器をつなぎ胸腔内圧の管理をおこなう。
- ×5) 微量の栄養剤を持続的に胃内に直接流し込むため、主に持続注入ポンプを用いる。

【参考】

胸腔ドレーンとは、気胸などで虚脱した肺の再膨張を促し胸腔内圧を適正に保ったり、胸腔内に貯留した空気や体液(滲出液、血液、膿など)を持続的に体外に排出させたりする胸腔ドレナージのため、経皮的に胸腔に挿入するカテーテルのこと。胸腔内の陰圧保持や体液排出の陰圧を供給するために低圧持続吸引器を用いる。従来水封式であったが電気式が普及し始めている。



【選択問題2】 経皮的血液ガス分圧測定について誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選2〕にマークせよ。〔6〕

- a. 一般に経皮的二酸化炭素分圧(tcPco<sub>2</sub>)は動脈血二酸化炭素分圧(Paco<sub>2</sub>)よりも低値を示す。
- b. 経皮的酸素分圧(tcPo<sub>2</sub>)は動脈血酸素分圧(Pao<sub>2</sub>)とほぼ等しい。
- c. 測定ごとにキャリブレーションを行う必要がある。
- d. 同一箇所で一昼夜の連続測定が可能である。
- e. 経皮的酸素分圧(tcPo<sub>2</sub>)は重症下肢血管障害における治療方針の決定に有用である。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選2) 3)

【解説】 経皮的血液ガス分圧測定では、皮膚に装着した専用の電極を介して、血液から皮膚表面に拡散してくる酸素や二酸化炭素を測定する。

- × a. 経皮的二酸化炭素分圧(tcPco<sub>2</sub>)は、毛細血管から拡散してきたCO<sub>2</sub>とともに、皮膚組織の代謝で産生されたCO<sub>2</sub>も加わるため、動脈血二酸化炭素分圧(Paco<sub>2</sub>)よりも高値を示す。
- b. 電極装着部を42~43℃に加温するため、ボイル・シャルルの法則から毛細血管血の酸素分圧は上昇する。また加温に伴いヘモグロビンと酸素の結合力も弱まり、ヘモグロビンからの酸素の解離が促進される。その後、毛細血管血から皮膚組織に酸素が拡散するが、酸素は皮膚組織の代謝で消費される。ここで、加温に伴い上昇する酸素分圧と、皮膚組織での酸素消費から低下する酸素分圧は同程度となる。結果として、皮膚表面のセンサで捉えた経皮的酸素分圧(tcPo<sub>2</sub>)は動脈血酸素分圧(Pao<sub>2</sub>)に近い値を示す。
- c. 測定に際して、装置本体の電源を投入した後(測定前)と、電極膜を交換した後では、校正ガスを用いたキャリブレーションが必要となる。

- × e. 装置内部で使用するストレッチャ等のキャストおよび装置内で治療行為を行う者の履き物は、静電気による放電による発火を防止するために導電性材料のものが用いなければならない。(高気圧酸素治療の安全基準第 39 条：導電性)。

【選択問題 4】 パルスオキシメータの酸素飽和度の値が 85% を示した。考えられる要因で最も影響の大きいのはどれか。番号を解答欄(選4)にマークせよ。

[ 6 ]

- 1) ヘマトクリットが低下している。
- 2) 赤色のマニキュアをしている。
- 3) 患者が体を動かした。
- 4) カルボキシルヘモグロビンが増加している。
- 5) メトヘモグロビンが増加している。

【正解】 (選4) 5)

【解説】 パルスオキシメータでの酸素飽和度の測定における誤差とその要因について理解を問う問題である。

メトヘモグロビンの増加は、オキシヘモグロビン、デオキシヘモグロビンの量に関わらず。酸素飽和度のある値に収束するように導いてしまう。メトヘモグロビンは、パルスオキシメータで用いられている LED 両波長(660 nm, 940 nm)において吸光係数がオキシヘモグロビンやデオキシヘモグロビンより大きいため、メトヘモグロビンの増加は、オキシヘモグロビン、デオキシヘモグロビンの振幅変化を相対的に弱めてしまう。メトヘモグロビンは両波長における吸光係数がほぼ等しいため、 $\frac{\text{赤色光脈派振幅}}{\text{赤外光脈派振幅}}$  が 1 に近づき、酸素飽和度計算値を 85% 前後に収束させる。

【選択問題5】 麻酔器を点検して得られた結果で正常なのはどれか。番号を解答欄〔選5〕にマークせよ。〔6〕

- a. 酸素フラッシュ作動時の酸素流量が30 L/minであった。
- b. 酸素ポンベの圧力計が10 MPaを示した。
- c. 治療用空気供給圧計が0.35 MPaを示した。
- d. 酸素供給圧警報装置のアラームの持続時間が5秒間であった。
- e. 呼吸回路の加圧テストで30秒間に3 cmH<sub>2</sub>Oの圧力低下があった。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選5) 7)

【解説】 麻酔器の始業点検(日本麻酔学会編)およびJIS T 7201-1:1999 吸入麻酔システム(麻酔器本体)に関する決まりを理解しておくことは、麻酔器に関わる業務を行う上で1種の技術者として必要である。

- × a. 酸素フラッシュ作動時の酸素流量：35～75 L/分
- b. 未使用の酸素ポンベの最高充填圧力は14.7 MPa(150 kgf/cm<sup>2</sup>)であり、0.1 MPa(10 kgf/cm<sup>2</sup>)になれば交換する。
- × c. 治療用空気の供給圧力は400 KPa±30 KPaである。
- × d. 酸素供給圧警報装置のアラームの持続時間は7秒間以上鳴り続けなければならない。
- e. 閉鎖された呼吸回路に酸素を流し回路内圧を30 cmH<sub>2</sub>Oにした後、酸素を止めて30秒間維持して回路内圧低下が5 cmH<sub>2</sub>O以内であれば良い。

【選択問題 6】 人工呼吸器の規格 JIS T 7204-1989, および人工呼吸器の警報音：「人工呼吸器警報基準(厚生労働省告示第 264 号)」について正しいのはどれか。番号を解答欄【選 6】にマークせよ。[ 6 ]

- a. 換気量の誤差は設定値の±10% 以内である。
- b. 酸素濃度の安定度は±5 vol%以内である。
- c. 患者に送られるガスの温度は 42℃ 以下である。
- d. 警報の自動復帰時間は消音から 2 分以内である。
- e. 電源異常時には 10 秒以内に警報を発報しなければならない。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選 6) 3)

【解説】 人工呼吸器の規格 JIS T 7204-1989(1995 確認), および人工呼吸器の警報音：「人工呼吸器警報基準(厚生労働省告示第 264 号)」については, この領域で業務する 1 種技術者として必要である。

- a. 1 回換気量または分時換気量の誤差および変動は設定値の±10% 以内でなければならない。
- × b. 酸素濃度誤差は設定値の±10% 以内であり, 安定度は±3 vol%で安定していなければならない。
- × c. 呼吸回路の患者側端でのガス温度は, 周囲温度より 5℃ 以上低くならず。また 41℃ を超えないように維持されなければならない。
- d. 呼吸回路が外れた場合など発せられる警報を一時消音した場合には, 警報消音時から 2 分以内に自動的に当該警報を発する機能(自動復帰能)をもたなければならない(厚生労働省告示)。
- × e. 電源または医療ガス供給源の異常によって作動する警報は, 即時に作動し, 異常が回復しない限り少なくとも 2 分間は作動しなければならない。

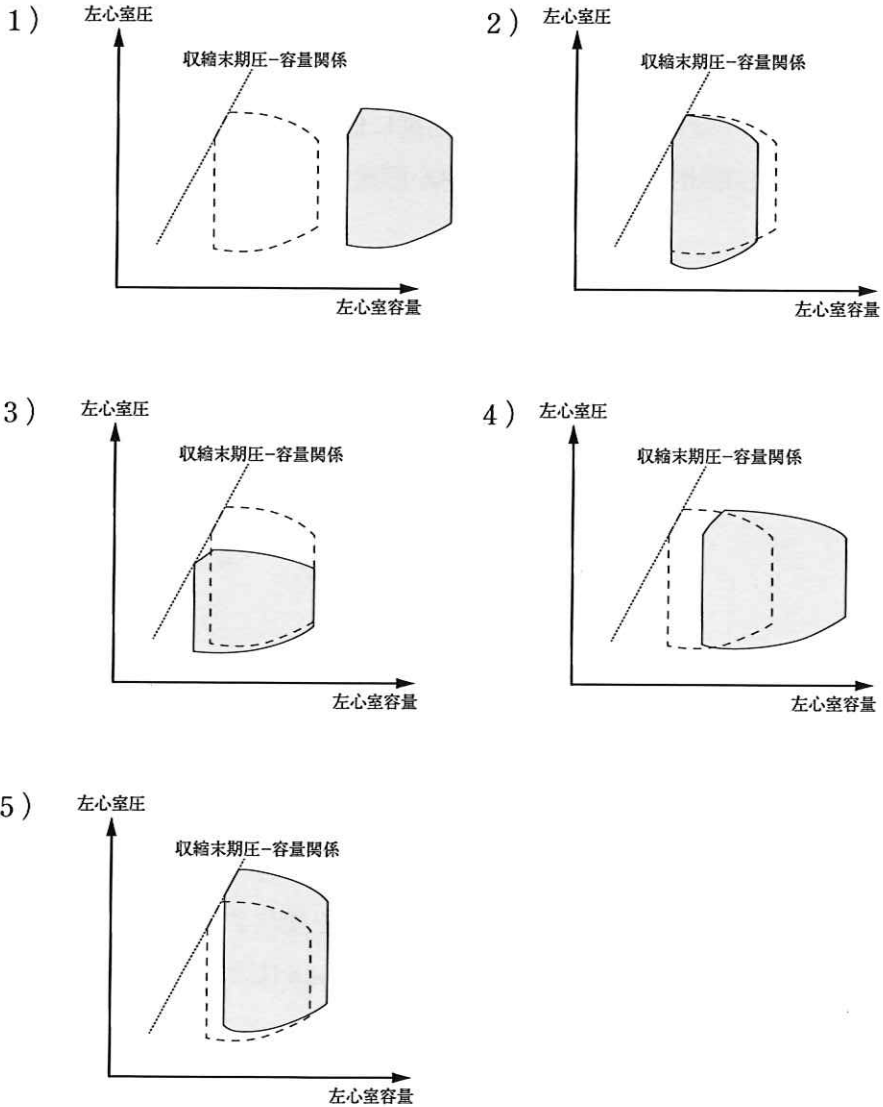
【選択問題7】 観血式動脈圧測定ラインのダンピング定数( $D$ )ならびに共振周波数( $f$ )の組合せで最も波形ひずみが小さいのはどれか。番号を解答欄〔選7〕にマークせよ。〔6〕

- 1)  $D=0.1$      $f=10$  Hz
- 2)  $D=0.2$      $f=40$  Hz
- 3)  $D=0.6$      $f=40$  Hz
- 4)  $D=1.0$      $f=20$  Hz
- 5)  $D=1.2$      $f=10$  Hz

【正解】 (選7) 3)

【解説】 ダンピング定数  $D$  は共振の程度を示すもので、 $0.7$  が最適と言われている。これより小さな値になって行くと、血圧波形は振動的なアンダーダンピング (under damping) のパターンを示す。逆に、これより大きな値になって行くと、血圧波形は鈍ったオーバーダンピング (over damping) のパターンを示す。選択肢の中では  $0.6$  が  $0.7$  に最も近い。また、血圧波形の主な周波数成分は  $20$  Hz 以下にあるので共振周波数  $f$  は高い方がよい。

【選択問題 8】 左心室の圧力と容積をプロットすると図のようになる。この中で正常と比較して慢性大動脈弁閉鎖不全が疑われるものはどれか。番号を解答欄【選 8】にマークせよ。ただし、破線を正常とする。[6]



【正解】 (選 8) 4)

【解説】 この問題を解くにはいくつかの力学的知識と生理学的知識が必要である。

図に示すように Loop 1 を正常とすると、中心静脈圧が上昇した時 (Loop 2, 例えば輸液を行ったときなど) では拡張末期容積の増大により 1 回拍出量 (SV) は上昇し、結果として血圧も上昇する。血圧が上昇すると、血圧に逆らって拍出をするために縦長の面積も増え、Loop 3 の仕事量が増加、心臓の仕事量が同じならば SV は低下する。すなわち血圧上昇は心拍毎に仕事量が増え、心臓の負担は大きくなる。一方、心拍出量は静脈還流圧 (中心静脈圧) でも決定される。

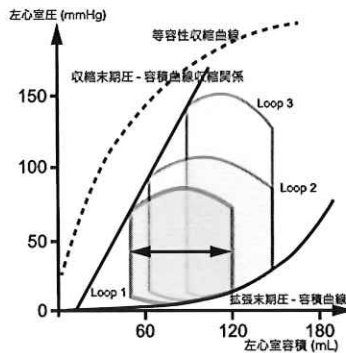


図 ヒトの P-V 関係

P-V 関係の曲線で囲まれる面積は心臓の仕事量を反映する。等容性収縮曲線では心拍出を止めているので、生理的心臓ではこの曲線を越える血圧は絶対に現われない。また拡張末期圧が心拍出量を決定しているため、P-V 曲線 Loop は拡張末期圧-容量曲線より上側を移動する。さらに容積を変化させても収縮末期圧は収縮末期圧-容量直線に存在する。よって P-V 曲線 Loop はこの二つの曲線の中を移動する。

これが分かれば本問題は比較的簡単で、設問 1) 収縮末期圧-容積曲線収縮関係の傾きが小さいので収縮力低下が考えられ、慢性心不全で左心室容圧 (左心室容積) を大きくして SV を維持している。2) 失血のように前負荷が低下し SV が低下している。3) 左心房圧は大動脈圧より低いので、圧は低下し SV を増大させて逆流分を補う僧帽弁閉鎖不全が当てはまる。4) 左心室と大動脈の血圧は等しいのに、



逆流分の仕事をして SV が大きく、直線の傾きが小さく慢性の大動脈閉鎖不全が当てはまる。5)は拡張期容積を増加させると圧は上昇し SV もわずかに増加する。3)と 4)が無駄な SV が必要。

\*拡張にも心筋はエネルギーを消費しているが、それとは異なる。

【選択問題9】 経皮的冠動脈インターベンション(PCI)について誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選9〕にマークせよ。〔6〕

- a. ステント拡張時のバルーン内圧は5気圧程度が適切である。
- b. BMSステント留置部に重ねてDESステントを留置することもある。
- c. 生体吸収性ステントはポリ乳酸素材でスキャフォールドが作られている。
- d. IVUSは光干渉断層法(OCT)よりも高分解能の血管の断層画像が得られる。
- e. ロータブレードの使用中に血圧低下が起こることがある。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選9) 3)

【解説】

- × a. ステント拡張時は15～20気圧程度にする。
- b. 一度留置されたステントは取り除くことはできないので、再狭窄を起こした場合は留置部に重ねてステントを留置することになる。
- c. 生体吸収性ステントの素材は時間経過と共に生体に吸収されて行くので、抗血栓薬を使用しなくてもよいとされている。
- × d. 光干渉断層法(OCT)は、超音波の代わりに近赤外線を用いた血管内断層画像診断装置である。OCTの距離分解能は最大10μmであり、従来の血管内超音波(IVUS)と比較して約10倍の高解像度を有するため、より詳細な冠動脈壁構造を観察することができる。
- e. ロータブレードの回転ヘッドにはダイヤモンド粉が使用されており、石灰化した病変部を高速回転で粉砕するが、その粉砕片で末梢血流が阻害され、ST変化や血圧低下が起こることがある。

【選択問題 10】 通常の完全体外循環中に人工心肺から送血した血液が脱血回路に到達するまでの時間[分]はどれか。番号を解答欄〔選10〕にマークせよ。

ただし、対象は体重 60 kg、体表面積 1.7 m<sup>2</sup>、回路充填量 1000 mL、体外循環時の貯血量は 600 mL とする。〔6〕

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4
- 5) 5

【正解】 (選10) 1)

【解説】 人工心肺が生体の血液循環を代行するためには人の睡眠時の心拍出量とほぼ同じ送血流量が必要になる。人の睡眠時の心拍出量が人の循環血液量とほぼ同じであるので、計算せずとも約1分であることは導き出せる。計算で正解を導くのであれば、体重の8%が血液量とされるので、血液量=60×0.08=4.8 Lとなるが貯血槽に0.6 L脱血されているので体内の循環血液は4.2 Lとなる。麻酔下の人工心肺の送血流量は Perfusion Index で 2.4~2.6 L/min/m<sup>2</sup> 程度なので送血流量=1.7×2.5=4.250 L/min となる。容量 4.2 L の循環系に 4.250 L/min の流速で送れば約1分で一巡する。この問題では送血部位から脱血部位までの体内の循環なので、体外循環回路充填量は関係しない。

【選択問題 11】 IABP 中の平均動脈圧がアシスト比 1:1 の方がアシスト比 2:1 より低値になった。原因として考えられるのはどれか。番号を解答欄【選11】にマークせよ。[6]

- 1) 不整脈の発生
- 2) 下行大動脈の狭窄
- 3) デフレートタイミングの早過ぎる設定
- 4) インフレートタイミングの遅過ぎる設定
- 5) S/D の増大

【正解】 (選11) 5)

【解説】 IABP の収縮期と拡張期の圧変化を理解していれば分かる問題である。S/D 比(収縮期と拡張期の時間比)が大きいと、収縮期の圧低下(後負荷軽減効果)が拡張期の圧上昇を凌ぐことがあり、結果として平均動脈圧の低下につながる。そのような場合には、補助率つまりアシスト比を下げた方が平均動脈圧の低下は少なくなる。

【選択問題 12】 拍動式空気駆動型補助人工心臓が拍動数：85 回/分，%Systole：40%，駆動陽圧：180 mmHg，駆動陰圧：-40 mmHg の駆動条件にて，血液ポンプの拡張期にダイアフラムが完全には膨らんでいない状態で駆動している。

ダイアフラムの膨らみを改善できないのはどれか。番号を解答欄(選12)にマークせよ。

ただし，%Systole とは 1 回の拍動に占める収縮期の時間の割合とする。[ 6 ]

- a. 駆動陽圧を強める。
- b. 駆動陰圧を強める。
- c. 拍動数を下げる。
- d. %Systole を上げる。
- e. 適度な補液をする。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選12) 3)

【解説】 拍動式空気駆動型補助人工心臓の駆動状態は，血液ポンプのダイアフラムの状態により 4 つに分けられる。すなわち，拡張期にダイアフラムが完全に膨らんでいる状態(full-fill)と完全に膨らんでいない状態(partial-fill)，収縮期にダイアフラムが完全に押し切れられ，血液ポンプのハウジングに当たっている状態(full-empty)とハウジングにはダイアフラムが当たらない状態(partial-empty)であり，full-fill/partial-empty の状態での駆動が望ましいとされている。一般的に駆動条件は，駆動陽圧は患者の収縮期血圧+100 mmHg 程度，駆動陰圧は-40～-50 mmHg 程度，拍動数は 60～90 回/分，%Systole は 35～45% 程度に設定される。ダイアフラムの膨らむ状態を改善するには，拡張時間を延長することや駆動陰圧を下げる(強める)ことが必要となる。ただし，拡張時間の延長は収縮時間の短縮となり，必ずしも駆出流量が増加するというわけではない。

- × a. 駆動陽圧は収縮期のダイアフラムを押しやる力であるため、拡張期のダイアフラムの膨らみは改善しない。
- b. 駆動陰圧を下げれば(強めれば)ダイアフラムの膨らみは改善する。
- c. 拍動数を下げると 1 拍動の周期は長くなり、拡張時間も延長されダイアフラムの膨らみは改善される。
- × d. %Systole を上げると収縮時間は延長されるが拡張時間は短縮するため、ダイアフラムの膨らみの改善はない。
- e. 循環血液量の不足による脱血不良に対し、補液による適度な循環血液量の維持でダイアフラムの膨らみは改善される。

【選択問題 13】 透析膜材質に添加剤としてポリビニルピロリドンを使わない材質はどれか。番号を解答欄【選13】にマークせよ。[6]

- a. ポリスルホン
- b. ポリメチルメタクリレート
- c. ポリエーテルスルホン
- d. セルローストリアセテート
- e. 親水化ポリエステル系ポリマーアロイ

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選13) 6)

【解説】

膜材質の添加剤について情報力が必要な問題である。

- × a. ポリスルホン膜は元来疎水性であり、親水化剤としてポリビニルピロリドン(PVP)が添加されている。
- b. ポリメチルメタクリレートは2種類の光学異性体をブレンドして作成されており、PVPは添加されていない。
- × c. ポリエーテルスルホンにはPVPが添加されている。
- d. セルロース系膜は親水性であり、PVPは不要である。
- × e. ポリエステルポリマーアロイ(PEPA)はPVPを含有しているものとしていないものがある。親水化PEPAにはPVPが添加されている。PEPAはポリスルホンに分類されている。

【選択問題 14】 血液透析において、透析膜の水分移動に影響する因子はどれか。  
番号を解答欄〔選14〕にマークせよ。〔6〕

- a. 膠質浸透圧
- b. 血液 pH
- c. 膜間圧力差
- d. 温度差
- e. 透析膜電位

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 〔選14〕 2)

【解説】

ME 1 種取得者として、ダイアライザ内の水分移動に関する物理現象の理解を問う問題である。

- a. アルブミンなどのタンパク質濃度は、限外濾過圧に影響を与えている。
- × b. 血液 pH は透析液中の重炭酸で補正されるが、pH は浸透圧を表していません、水分移動に影響しない。
- c. 水分移動の主因子である。
- d. 温度は水分移動に影響しない。
- × e. 膜電位はイオン透過性に影響を与えるが、水分移動には影響しない。



【選択問題 15】 血液透析中に透析液排液中の尿素濃度を連続してモニタリングしていたところ、徐々に濃度が低下していったが、ある時点で急激な濃度増加が観察された。考えられるのはどれか。番号を解答欄【選15】にマークせよ。[6]

- 1) 透析液流量の低下
- 2) 血流量の低下
- 3) 血圧の低下
- 4) 再循環の発生
- 5) 透析液圧の増加

【正解】 (選15) 1)

【解説】

- 1) 透析液流量が低下すると、透析液排液中の尿素濃度が増加する。
- × 2) 血流量が低下すると除去される尿素的量が減るので、透析液排液中の尿素濃度は低下する。
- × 3) 血圧低下は直接影響しない。血圧低下により脱血流量が低下した場合、2)と同様に透析排液中の尿素濃度は低下する。
- × 4) 再循環が発生すると、血液中の尿素濃度が低下するため、除去される尿素的量が減少する。そのため、透析液排液中の尿素濃度は低下する。
- × 5) 透析液圧の低下は影響しない。

【選択問題16】 アフェレシスについて誤っているのはどれか。番号を解答欄

〔選16〕にマークせよ。〔6〕

- a. 血漿交換の血漿分離器には限外濾過膜を用いる。
- b. 二重濾過血漿分離交換では血漿分画器でアルブミンを回収して体内に戻す。
- c. LDL コレステロール吸着ではスチレンジビニルベンゼンのカラムを用いる。
- d. 敗血症に用いられるエンドトキシン除去カラムには全血を灌流させる。
- e. 白血球除去療法は潰瘍性大腸炎に有効である。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 〔選16〕 2)

【解説】 アフェレシス療法には様々な種類があり、原理や回路構成・適応疾患など、初学者には複雑でわかりにくいのが、病因物質の分離方法と分離メカニズム、さらに保険適応について対応させながらの理解が必要である。

- × a. 血漿分離器は赤血球などの有形成分と血漿を分離し、精密濾過に分類される。
- b. 血漿分画器(=血漿成分分離器)ではグロブリン分画とアルブミン分画に分けられ、アルブミン分画を体内へ戻す。
- × c. LDLの除去にはデキストラン硫酸を用いる。スチレンジビニルベンゼンを使用するのはビリルビン吸着であり、いずれも原理はイオン交換である。
- d. ポリミキシンBが固定されたカラムに全血を灌流させるDHP(Direct Hemoperfusion)である。
- e. 白血球/顆粒球除去療法は、潰瘍性大腸炎およびクローン病に有効である。

【選択問題 17】 グルコースが浸透圧剤として使用されている腹膜透析液は長期使用で被嚢性腹膜硬化症を発症する確率が高い。その原因として考えられているのはどれか。番号を解答欄〔選17〕にマークせよ。〔6〕

- a. 透析液中の細菌繁殖
- b. グルコースに由来するタンパク変性
- c. 高濃度グルコースによるカテーテルからの不純物溶出
- d. 高濃度グルコースによる透析液バッグからの不純物溶出
- e. 高圧蒸気滅菌によるグルコース分解物の産生

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選17) 7)

【解説】

長期(8年以上)のグルコース入り腹膜透析では、被嚢性腹膜硬化症(EPS)を発症しやすく、グルコース以外の浸透圧剤や中性透析液の使用、8年での血液透析への変更が好ましいとされている。腹膜透析患者は自宅での治療のため、病院で接することが少ない。日ごろ見えにくい治療限界について正しく理解することが必要である。在宅医療の一つである腹膜透析への理解を深めてもらうことを意図した問題である。

- × a. 医療用なので、透析液中での細菌繁殖はありえない。
- b. 非生理的な高濃度グルコース、酸性透析液がタンパク変性原因の一つといわれている。
- × c. 不純物の溶出は血液透析で取り上げられているが、同様の事象が EPS の原因かどうかは不明である。
- × d. 同上、原因になりうるかどうかは不明である。
- e. グルコース分解産物(DGP)は大きく取り上げられており、原因物質の一つである。

【選択問題 18】 平成 28 年度診療報酬改定にて保険収載されたベッドサイド型人工臓臓療法について正しいのはどれか。番号を解答欄〔選18〕にマークせよ。

[ 6 ]

- a. 糖尿病患者の周術期の血糖コントロールを目的とする。
- b. 二重内腔カテーテルを用いて採血を行う。
- c. 使用する酵素電極は冷凍保存しておく。
- d. グルコースと反応して発生した ATP 濃度より血糖値を測定する。
- e. 間欠的に血糖値を測定する。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選18) 1)

【解説】 平成 28 年度診療報酬改定にて「J 043-6 人工臓臓療法(1日につき 3,500 点)」が保険収載された。通知は以下の通りである。人工臓臓療法のシステムについては第 21 回選択問題 14 および第 22 回選択問題 13 の解説を参照されたい。

注) 別に厚生労働大臣が定める施設基準に適合するものとして地方厚生局長等に届け出た保険医療機関において行われる場合に、3 日を限度として算定する。

通知

- (1) 人工臓臓療法は、糖尿病患者の治療に際して、周術期における血糖コントロール等を目的として、血管内に留置した二重腔カテーテルから吸引した血中のグルコース値を連続して測定し、持続的な血糖管理を行った場合に算定できる。
- (2) 算定の対象となる患者は、次の療養が必要な糖尿病等の患者であって、医師が人工臓臓療法以外による血糖調整が困難であると認めたものである。
  - ア 高血糖時(糖尿病性昏睡等)における救急的治療

イ 手術、外傷及び分娩時の血糖管理

ウ インスリン産生腫瘍摘出術の術前、術後の血糖管理

- (3) 人工膵臓療法と同一日に行った血中グルコース測定は別に算定できない。
- (4) 穿刺部位のガーゼ交換等の処置料及び材料料は別に算定できない。
- (5) 人工膵臓療法を 4 日以上実施した場合の費用は、3 日目までの所定点数に含まれ別に算定できない。

- a. 糖尿病患者の治療に際して、周術期における血糖コントロール等を目的として保険適用となる。
- b. 静脈に留置した二重内腔カテーテルから持続的に採血(2 mL/hr を超えない程度)し、血糖値を連続的にモニタリングすることが可能である。
- × c. 室温(10℃ を超える温度)で保管すると酵素が変性する恐れがある。また、0℃ 以下にすると凍結により電極が損傷する恐れがあるため、37℃ 付近で保管する。
- × d. カテーテル内でヘパリン加血液にしてチューブを介して酸化酵素電極へ送り、グルコースと反応して発生した過酸化水素濃度より血糖値を連続的に測定している。
- × e. 上述の通り、連続的なモニタリングにより血糖管理(目標血糖値の維持)をおこなう。

【選択問題 19】 BIS(bispectral index)値について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選19)にマークせよ。[6]

- 1) ケタミンによる麻酔深度と良い相関がある。
- 2) 前額部の脳波信号を解析して得られる。
- 3) 18才未満では臨床データが十分に得られていない。
- 4) 手術中は、60～40が適切と言われている。
- 5) 筋電位の影響を受ける。

【正解】 (選19) 1)

【解説】

広く使用されている BIS モニタの基礎を理解しているかを問う問題である。

×1) プロポフォル，ミダゾラムおよびイソフルランで良い相関が得られた。

Anesthesiology 1997; 86(4); 836-847

またメーカーが用意する添付文書上には「ケタミンまたは亜酸化窒素/麻薬を主に使用するなど一部の麻酔の組み合わせにおいては、BIS 値を注意して評価する必要がある。臨床経験が少ないため、既知の神経疾患を有する患者及び精神活性薬を使用している患者への適用時には、BIS 値の慎重な評価を行うこと。」と書かれている。

- 2) FFT 解析に基づくバイスペクトラムより算出され、詳しくは、バーストサプレッション比(低電位相の占める割合：深い催眠状態を検出する)，QUAZI(脳波平坦部の基線の揺れ：深い催眠状態を検出する)，ベータ比(低周波数領域に対する高周波数領域のスペクトル成分の割合：軽度の催眠状態を検出)，Sync Fast Slow(高周波数領域に対する全周波数領域のバイスペクトラムの大きさの割合：中程度の催眠状態を検出)の4つのサブパラメータの組み合わせにより作り出される。
- 3) 他にてんかんなどの既知の神経疾患を有する患者、向精神薬を使用している患者および脳梗塞患者でも BIS 値の解釈には注意が必要。

○4) BIS 値の詳細は次の通りである。

90-80：浅い～中等度の鎮静，80-70：覚醒しうるが，中等度～深い鎮静状態，70-60：浅い催眠状態(覚醒しうる場合もそうでない場合もあるが，想起リスクは低い)，60-40：適切な催眠状態(外科手術中の維持範囲)，40未満：深い催眠状態(バルビツール昏睡，著しい低体温，バーストサプレッション)

○5) その他ハムノイズ，電気メスなどの外乱や脈波，ペーシングパルスや心電図も影響する事がある。値だけではなく，波形を観察する必要がある。さらに，事前の準備として電極のインピーダンスも低減させる必要がある。

【選択問題 20】 腹腔鏡手術において、ガス塞栓症の恐れが大きいのはどれか。  
番号を解答欄〔選20〕にマークせよ。〔6〕

- a. 炭酸ガスレーザー照射
- b. 超音波凝固切開
- c. フィブリン糊噴霧
- d. アルゴンビームコアギュレータ照射
- e. スプレー凝固

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選20) 8)

【解説】 ガス塞栓症とは、空気や炭酸ガス等の気体などが血管内に入り込んで、末梢血管に詰まり障害を起こすものである。発生すると一時的に人工呼吸器による呼吸管理を必要とし、重篤な副作用をおこす恐れもある。気腹による腔内圧力の設定は、高くしすぎないように注意する必要がある。

× a. レーザー治療装置の一種であり、皮膚や粘膜表面の処置に用いられる。

× b. 超音波メスの一種であり、血管や組織の切開に用いられる。

○ c. 患部の止血のためフィブリン糊をスプレー状に噴霧することにより、局所的に圧力が高まり血管に炭酸ガス等が混入する恐れがある。

○ d. 患部にアルゴンガスが吹き付けられるため、腔内の圧力が高まる恐れがある。

× e. 電気メスでパルス状の高電圧を印加することにより止血凝固を行う。



【選択問題21】 PET-CTについて正しいのはどれか。番号を解答欄(選21)にマークせよ。[6]

- a. ガンマカメラと X 線 CT を組合せた装置である。
- b. SPECT と X 線 CT を組合せた装置である。
- c. X 線 CT 画像と PET 画像を重ねて表示する。
- d. X 線 CT 撮影をしながら同時に PET 撮像を行う。
- e. CT 値を PET の吸収補正に用いる。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選21) 9)

【解説】

画像診断に用いられる PET-CT について、基本的な知識を問う問題である。

- × a. PET と X 線 CT を組合せた装置である。ガンマカメラと X 線 CT を組合せた装置は SPECT-CT と呼ばれている。
- × b. SPECT-CT は回転するガンマカメラと X 線 CT を組み合わせたもので実用化されている。
- c. X 線 CT によって撮像された形態画像に PET 装置で撮像された PET 画像を重ねて、フュージョン(fusion)表示することによって正確な病変の位置が把握できる。
- × d. 同時に撮像することはできない。
- e. CT 値を PET の吸収補正に用いることによって、精度の高い吸収補正ができる。今まで外部線源を用いた吸収補正を行っていたが、CT 値を PET の吸収補正に用いることによって精度が向上する。

【選択問題 22】 白熱電灯を 0.4 T 永久磁石 MRI 装置の撮影領域近くに持ち込んで、商用交流 100 V で点灯したところ、チリチリというかすかな音がしたのち数秒で消えた。その理由として考えられるのはどれか。番号を解答欄(選22)にマークせよ。[6]

- 1) 磁場で電灯ソケット内の磁性体の変形して導通が切れた。
- 2) 磁場で電流が増幅されフィラメントが溶融した。
- 3) MRI 室の安全装置によって電源が遮断された。
- 4) 磁場で電球のフィラメントが変形して切れた。
- 5) 誘導電流で電球内に短絡が生じた。

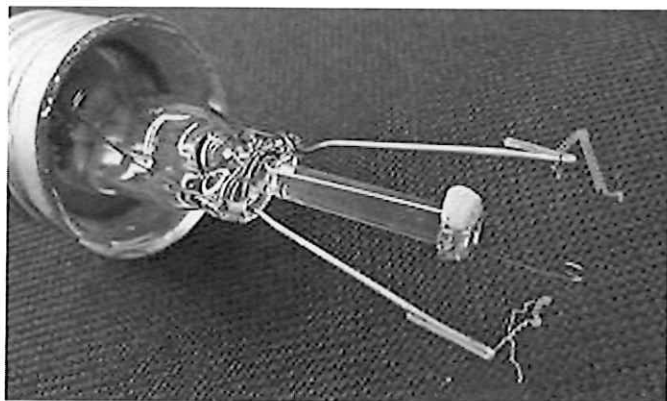
【正解】 (選22) 4)

【解説】 MRI 装置の近くでは普段経験しない異常な現象が様々発生する。その性質と理由を理解することは、特に安全管理のために重要である。なお、この問題は、電球の構造に関する常識的知識と電磁気物理の基礎知識を応用し、磁場と交流電流の相互作用を考えれば解ける。

電球内には両端を導線で支えられたフィラメントがあり、これらがひとつのループ状の回路を形成している。このループに電流が流れると、ループは電磁石になる。MRI 装置が常時発生している強い静磁場によって、この電磁石に力が掛かり、ループが大きく変形する。さて、電流が交流なので、ループの電磁石としての極性は、電源周波数(50~60 Hz)と同じ周波数で逆転する。このため、ループに掛かる力も同じ周波数で逆転を繰り返し、ループが機械的に振動する。この際にフィラメントが電球内壁に周期的に衝突してチリチリという音が生じる。フィラメントはもともと柔らかいものである上に電流で加熱されて白熱しているので脆弱であり、繰り返し荷重によって容易に引き伸ばされ、折損してしまう。同様の振動現象は、交流を使う回路すべてで起こりうる。

第23回午後の部

下の写真は、問題文の設定通りに行った実験結果である。電球のガラスを取り除いたところ、フィラメントが伸びて切れているのが観察された。



【選択問題 23】 JIS T 0601-2-24 輸液ポンプおよび輸液コントローラの安全に関する個別要求事項の記載について誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選23〕にマークせよ。[ 6 ]

- a. BF または CF 形装着部に限定される。
- b. 輸液ポンプのドアを開けたときに輸液セットが自動的にはずれる機能を備える。
- c. 流量誤差は設定流量の±10% 以内である。
- d. バッテリ消耗により停止する 30 分前に、警告表示と警告音を出す。
- e. 動作中に操作者の一回の動作では流量設定の変更ができない。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 〔選23〕 5)

【解説】

輸液ポンプの規格について、基本的な項目の理解を問う問題である。

- a. BF または CF 形装着部に限定される。
- × b. ドアを開けたときに輸液セットをクランプする機能を備える。
- × c. 輸液流量精度の規程はない。作動データの正確度評価のグラフを取扱い説明書に示す必要がある。
- d. バッテリ消耗によりポンプ機能が停止する 30 分前に、警告表示と警告音を出す。
- e. 意図しない設定値の変化を防ぐため、動作中に操作者の一回の動作で流量設定の変更ができない機能などを付けなければならない。

【選択問題 24】 超音波診断装置で計測された生体内の距離は、軟部組織の標準的な超音波伝搬速度(1,540 m/s)に基づいて算出される。ところが脂肪中の伝搬速度は1,450 m/sであるため、脂肪のみの組織は実際より大きく表示される。その誤差は約何%か。番号を解答欄〔選24〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 12
- 2) 9
- 3) 6
- 4) 3
- 5) 1

【正解】 (選24) 3)

【解説】 この問題で求めているのは、距離の測定誤差の割合である。音速は単位時間に超音波が進む距離であるから、音速の差から生体内での距離の測定誤差が導ける。従って測定誤差の割合(%)は次式で求められる。


$$\text{測定誤差}[\%] = \left\{ \left( \frac{\text{軟部組織の音速}}{\text{脂肪組織の音速}} \right) - 1 \right\} \times 100$$

ゆえに、

$$\begin{aligned} \text{測定誤差}[\%] &= \left\{ \left( \frac{1,540 \text{ m/s}}{1,450 \text{ m/s}} \right) - 1 \right\} \times 100 \\ &\doteq \{1.062 - 1\} \times 100 \\ &= 6.2 \end{aligned}$$

したがって、題意の測定誤差は約6%となる。


【選択問題 25】 ME 機器の等電位化導線及びその接続端子について誤っているのはどれか。番号を解答欄【選25】にマークせよ。[6]

- 1) ME 機器を使用中，操作者が容易に端子に接近できる。
- 2) 端子には  を表示する。
- 3) 導線を外すには工具が必要である。
- 4) 保護接地接続に使用しない。
- 5) 電源コードは等電位化導線を組み込んではいならない。

【正解】 (選25) 3)

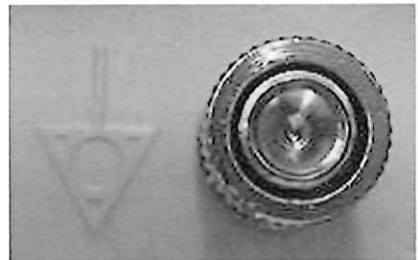
【解説】 等電位化の図記号等についての知識は普及しているが，等電位化導線及びその接続端子の使用法を問う問題である。保護接地端子との差異を明確にすることが本題の目的である。本問題は JIS T 0601-1 : 2017 に基づいて出題されている。

○ 1) ME 機器を使用中，操作者が容易に端子に接近できる。

○ 2) 端子には  を表示する。

× 3) 導線を外すには工具が必要である。

保護接地端子に接続した導線を緩めるには工具を必要とするが，等電位化導線は工具なしで外すことができる。



○ 4) 保護接地接続に使用しない。

○ 5) 電源コードは等電位化導線を組み込んではいならない。

## 小論文試験問題

2016年5月に開催された経済財政諮問会議において、医療系・福祉系専門職の養成課程を再編し、複数の資格を取りやすくするための検討を行うことが厚生労働大臣によって表明された。今後、複数資格をもった医療従事者が増えていった場合における社会にとっての利点・欠点について、あなたの考えを800文字以上1000文字以内で述べなさい。ただし、空白は文字数にカウントしないので注意すること。[30]