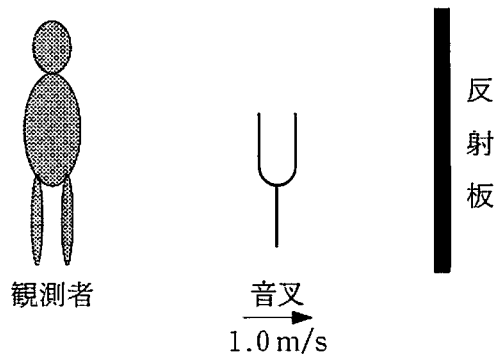


第7回午前の部

【問題1】 反射板に面して観測者が立っているとき、反射板と観測者の間で振動数 340 Hz の音叉を鳴らしながら、反射板の方へ 1.0 m/s の速さで近づけるものとする。いま、音速を 340 m/s とするとき、以下の設問に答えよ。

1-1 観測者が聞く直接音の振動数は何 Hz か。解答欄 に記入せよ。[4]

1-2 観測者が観測する直接音と反射音によるうなりは毎秒何回になるか。解答欄 に記入せよ。[4]



【正解】 ㉠=339 Hz ㉡=2 回

【解説】 ドブラ効果に関する問題である。音源が動いたり、観測者が動くと、観測される音の振動数は音源から出ている音とは異なり、音源の音の高さよりも高く、あるいは低く観測される。

いま、音速を c 、音源の振動数を f_0 とし、音源が速度 u_s 、観測者が速度 u_o で一直線上を同じ向きに動くとき、観測者が観測する音の振動数 f は、次のような式で表される。

$$f = f_0(c - u_o) / (c - u_s)$$

第7回午前の部

1-1

この式に $f_0=340$, $c=340$, $u_s=-1.0$, $u_0=0$ を代入すればよいから, 求める直接音の振動数 f_d は, $f_d=340 \times 340 / (340+1.0) = 339$ [Hz] となる。

1-2

同様にして, 反射音の振動数 f_e は, $f_e=340 \times 340 / (340-1.0) = 341$ [Hz] である。直接音と反射音によるうなりの回数は, $f_d \sim f_e$ により求めることができるから, $341-339=2$ [回/s] となる。

【問題2】 X線について誤っているのはどれか。番号を解答欄①にマークせよ。[4]

- a. 物質中を通るとき、Lambert-Beerの法則に従う吸収を受ける。
- b. 粒子放射線の1種である。
- c. 気体にあてると、気体を電離して電気の導体とする。
- d. 可視光線とは異なり、偏光現象は生じない。
- e. 筋肉部分の状態を知ることでできるものもある。

- 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】①=6)

【解説】X線の性質に関する問題である。本文におけるそれぞれの事項について正しいかどうかをしてみる。

- a. X線が物質中を通るとき、吸収されて次第に弱くなるが、距離 x だけ進んだときの強さ I は、最初の強さを I_0 、その物質での吸収係数を μ とするとき、 $I = I_0 \exp(-\mu x)$ で表される。これを Lambert-Beer の法則という。
- × b. X線は紫外線より波長の短い電磁波である。
- c. X線には電離作用があり、気体に当てると正負のイオンを生じ、イオン電流が流れる。
- × d. 前述したようにX線は波長の短い ($1 \times 10^{-12} \sim 1 \times 10^{-9} \text{m}$) 電磁波で、可視光線と同様の性質を示すことから、偏光現象を生じる。
- e. 波長の長い(軟らかい)X線は、短い(硬い)X線よりも透過度が小さく、前者では乳房検査に用いられるマンモグラフィのように、筋肉部分の撮影を行うことができる。

第7回午前の部

【問題3】「体重60kgの男性に10% NaCl 50mℓを血液中に注入した場合、浸透圧濃度 [mOsm/ℓ] はどれだけ上がるか」を以下の手順で求めた。空欄に当てはまる数値を解答群から選び、番号を解答欄 , にマークせよ。
[3×2=6]

3-1 10% NaCl 50mℓ に存在する NaCl はおよそ g である。

- 1) 0.5 2) 1 3) 5 4) 10 5) 50

3-2 Na と Cl の原子量はそれぞれ 23, 35.5 であるので、10% NaCl 50mℓ に存在する Na^+ と Cl^- はそれぞれ 85 mmol である。ただし、 $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ への電離度は 100% とする。
したがって、浸透圧濃度はおよそ mOsm/ℓ 上がる。ただし、注入した NaCl は全身の細胞外液に分布するものとする。

- 1) 5 2) 7 3) 14 4) 21 5) 37

【正解】 ② = 3) ③ = 3)

【解説】

3-1

血漿のように溶媒が水であれば、%濃度は [g/dℓ] にほぼ等しい。

1 dℓ = 100 mℓ であるから、10% NaCl 50 mℓ に存在する NaCl は次式で算出される。

$$10 \times (50/100) = 5 \text{ g}$$

3-2

モル数は質量を分子量で除したものに等しいため、10% NaCl 50 mℓ に存在する Na^+ と Cl^- は以下のごとく次式で算出される。

$$(5 \times 1000) / (23 + 35.5) = 85 \text{ mmol}$$

第7回午前の部

浸透圧は浸透圧物質である Na^+ と Cl^- の両者のモル濃度に影響を受ける。細胞外液量 VE [ℓ] は体重 BW [kg] のおよそ 20% と仮定すると ($VE = 0.2 BW$)、次式より浸透圧濃度を算出することができる。

$$85 \times 2 / (60 \times 0.2) = 14 \text{ mOsm} / \ell$$

【問題4】 モータの回転出力をねじ機構を使って直進方向への運動に変換した。モータは10 Vの直流により効率25%で動き、ねじ機構部は効率40%で伝達する。いま、直進方向の出力として5 Nの力で毎秒0.1 mの直進運動をさせたい。モータに流れる電流はいくらになるか。以下の手順で計算し、空欄に当てはまる数値を解答欄 ~ に記入せよ。[4×2=8, 2]

モータに流れる電流を I [A] とする。このときモータに入力される電力は $I \times 10$ [W] となる。モータの回転およびねじ機構の効率を考慮した出力（伝達される実効的な仕事率）は、 $I \times$ [W] となる。一方、直進運動として必要な出力は、 [N・m/s] である。1 W=1 J/s, また1 J=1 N・mなので、求める電流は [A] となる。

【正解】 C=1 D=0.5 E=0.5

【解説】 設問にある解答手順にしたがって計算すればそれほど難しくなく正解を得られるはずである。

モータに流れる電流を I とすれば、電力は電流×電圧として $10 \times I$ [W] となる。モータの効率は25%なので、モータの出力端では $0.25 \times 10 \times I$ [W] となる。これが、ねじ機構部を伝達するときさらに損失が加わり、最終的には

$$0.4 \times 0.25 \times 10 \times I \text{ [W]} = 1 \times I \text{ [W]} \quad \text{---(1)}$$

となる。

直進運動として必要な仕事は 5×0.1 [N・m/s] となるので、これを単位変換する。設問に与えた関係を利用して、

$$0.5 \text{ [N・m/s]} = 0.5 \text{ [J/s]} = 0.5 \text{ [W]} \quad \text{---(2)}$$

が得られるので、(1)=(2)を解いて、求める電流値 $I=0.5$ [A] が得られる。

このような問題では、入力と出力の関係をたどっていけばよい。エネルギーはたとえば、電気から機械的な運動へと形を変えても保存則が成立するので、効率が1、すなわち伝達ロスがなければ入力と出力は一致するはずである。すなわち、等しい値で等しい単位をもつことになる。入出力間の伝達効率は1以下の係数が

第7回午前の部

掛かってくるので、要素を伝達するごとに効率を乗じてゆけばよい。機構そのものが十分理解できていなくても(あるいはどのような機構が使われても)、効率さえ与えられれば、必要な電力は計算できる。

【問題5】 レイノルズ数の説明で誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- 1) レイノルズ数の単位は無次元である。
- 2) 完全流体ではレイノルズ数を定義できない。
- 3) ニュートン流体では層流より乱流のときレイノルズ数が大きくなる。
- 4) 管内の流れでは速度が一定で管の径が大きくなると、レイノルズ数は大きくなる。
- 5) 粘性が大きくなるほどレイノルズ数は大きくなる。

【正解】 ④=5)

【解説】

- 1) レイノルズ数の単位は無次元である。レイノルズ数とは流体の相似性を与える数値であり、レイノルズ数が等しい流体は相似的な運動をする。レイノルズ数は流れの慣性力と抵抗力の比として理解でき、慣性力の大きな流れ(荒々しい流れ)のレイノルズ数は大きくなる。抵抗力は流れの粘性によって決まり、粘性の大きな流体のレイノルズ数は小さくなる。
- 2) 上記の説明にあるように、粘性率が0として与えられる完全流体ではレイノルズ数は定義できない。
- 3) レイノルズ数が一定値を超えると流れは送流から乱流へ変化する。このときのレイノルズ数を臨界レイノルズ数という。
- 4) 管路を流れる流体でのレイノルズ数Rは、
$$R = \rho \cdot v \cdot d / \mu$$
で与えられる。ただし、 ρ は流体の密度、 v は流体の速度、 d は管の内径、 μ は粘性率である。
この式によれば、レイノルズ数と流体に与えられた条件との関係が理解できよう。
円管での臨界レイノルズ数はおよそ2300である。
- ×5) 誤りであることは4)の式から明らかである。

第7回午前の部

【問題6】 遠心分離器の原理を力学的に検討するため、ある点を中心に r の距離を一定の角速度 ω で周回する質量 m の物体の運動を考える。この運動に関する説明で誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- 1) この物体の速度の方向は常に変化している。
- 2) 物体に働く加速度は円の中心に向いている。
- 3) 物体に働く遠心力の大きさは ω に比例する。
- 4) 物体に働く遠心力の大きさは r に比例する。
- 5) 遠心力は加速度と逆の方向に発生する。

[正解] ⑤ = 3)

[解説] 等速度で円運動では運動する物体は、回転の中心に向かって一定の力(向心力)が働いている。遠心力とはこの向心力に釣り合う力のことであり、円運動に対する物体の慣性力である。遠心力は加速度運動によって生まれ、向心力と反対の向きをもつ。

遠心力 f は $f = m \cdot a$ で与えられる。ただし、 m は物体の質量、 a は加速度である。

等速円運動では速度 v は $r \cdot \omega$ で与えられる。ただし、 r は運動半径、 ω は角速度である。加速度は $a = v^2/r$ となるので、遠心力 f は $f = m \cdot r \cdot \omega^2$ となる。したがって、設問の各条件から3)が誤りであることがわかる。

【問題7】 図1の回路で、閉じてあったスイッチ SW を開いた後の経過時間 t と出力電圧 V_o が、図2の関係になるようにしたい。コンデンサ C の値はいくらか。単位をつけて解答欄 に記入せよ。ただし、オペアンプは理想的なものとする。[5]

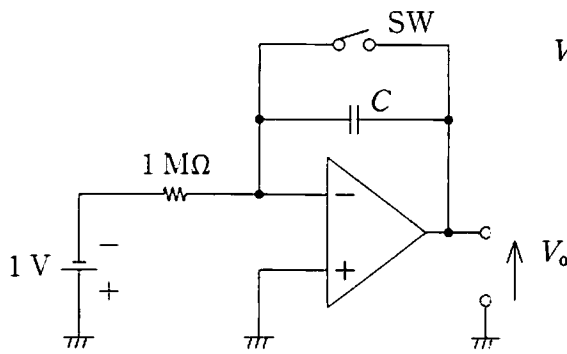


図1

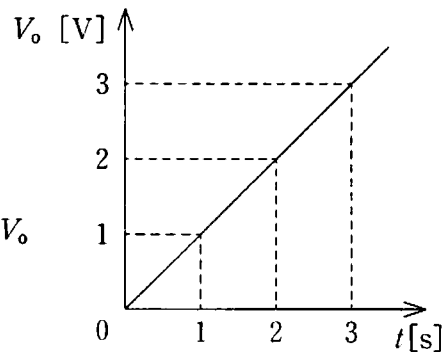


図2

【正解】 ㊦ = $1\mu\text{F}$

【解説】 オペアンプによる積分回路の基本問題である。図1中の SW は積分コンデンサ C をリセットするスイッチで、これが閉じている間、 C の電荷は放電され、0 に保たれており、スイッチを開いた直後からは積分回路として動作する。オペアンプが理想的なものとしてされているので、SW を開いた時点を $t=0$ 、この積分回路の入力電圧を $V_1(t)$ 、出力電圧を $V_o(t)$ 、入力部の抵抗を R としたとき、

$$V_o(t) = -\frac{1}{R \cdot C} \cdot \int_0^t V_1(\tau) d\tau \dots\dots\dots(1)$$

となることを知っていれば、答えは容易に得られよう。つまり、この問題の場合では、入力電圧 $V_1(t)$ は -1V で一定であり、(1)式は、

$$V_o(t) = -\frac{1}{R \cdot C} \cdot \int_0^t (-1) d\tau = \frac{t}{R \cdot C} \dots\dots\dots(2)$$

となる。ところで、図2により、 $V_o(t) = t$ だというのだから、 $R \cdot C = 1$ でなけ

第7回午前の部

ればならない。したがって、 $R=1\text{ M}\Omega$ なので、

$$C=1/R=1\ \mu\text{F} \dots\dots\dots(3)$$

と求まる。

もし、(1)式を記憶していなければ、オペアンプの理想条件と入力部の仮想0の考えのもとに、オペアンプの-側入力の接続点でキルヒホッフの第1法則を適用する。抵抗 $R (=1\text{ M}\Omega)$ を通過して接続点に流れ込む電流とコンデンサ C を通過してこの接続点に流れ込む電流の代数和は0でなければならない。このことから、

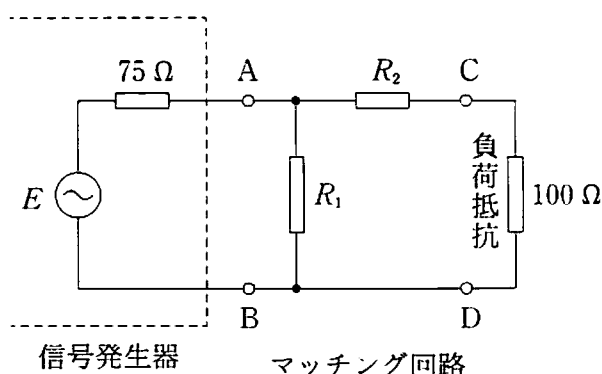
$$V_1(t)/R+C\cdot dV_0(t)/dt=0 \dots\dots\dots(4)$$

$V_1(t)$ に定数の -1 V を代入し整理すれば、

$$dV_0(t)/dt=1/(R\cdot C) \dots\dots\dots(5)$$

図2により、 $V_0(t)$ の勾配 $dV_0(t)/dt=1$ だから、 $R\cdot C=1$ でなければならない。

【問題8】 内部抵抗 $75\ \Omega$ の信号発生器と $100\ \Omega$ の負荷抵抗を、図に示すようにマッチング回路で接続した。 R_1 と R_2 をいくらにすればよいか。 R_1 の値を解答欄⑥に、 R_2 の値を解答欄⑦に番号をマークせよ。ただし、このマッチングとは、図の A, B 端子から負荷側を見た抵抗が $75\ \Omega$ になり、C, D 端子側から信号発生器側を見た抵抗が $100\ \Omega$ になるようにすることである。[$4 \times 2 = 8$]



- | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| 1) $25\ \Omega$ | 2) $50\ \Omega$ | 3) $60\ \Omega$ | 4) $75\ \Omega$ | 5) $100\ \Omega$ |
| 6) $125\ \Omega$ | 7) $150\ \Omega$ | 8) $175\ \Omega$ | 9) $225\ \Omega$ | 10) $300\ \Omega$ |

【正解】 ⑥ = 7) ⑦ = 2)

【解説】 インピーダンスマッチングとは、電源側から負荷側へのエネルギー伝達を最も効率よく行うための手法で、原理的には、電源側の内部インピーダンスと負荷インピーダンスとが等しいとき、電源側から負荷側への電力供給が最高となる。また、波形の伝達では、この条件のときに反射が起こらず、歪みが少ないので、特に高周波の電送線路ではインピーダンスマッチングが重要である。この場合、負荷側から見た電源側のインピーダンスも負荷インピーダンスに等しくする必要があるのである。

問題の説明にあるように、A, B 端子から負荷側を見て $75\ \Omega$ に、また、C, D 端子から電源側(信号発生器側)を見て $100\ \Omega$ になるように、 R_1 、 R_2 の値を決めればよい。

以下の手順で計算する。

第7回午前の部

- a) A, B 端子から負荷側を見た合成抵抗は R_2 と負荷抵抗 100Ω の直列抵抗と, R_1 との並列抵抗が 75Ω であるから, 次式が成立する。

$$1/(100+R_2) + 1/R_1 = 1/75 \dots\dots\dots(1)$$

- b) また, C, D 端子から電源側(信号発生器側)を見た抵抗は, 電源の内部抵抗 75Ω と R_1 の並列抵抗と, これに直列接続された R_2 の合成抵抗で, これが 100Ω になるわけだから, 次式が成立する。

$$1/R_1 + 1/75 = 1/(100-R_2) \dots\dots\dots(2)$$

- c) (2)式を $1/R_1$ の式に変換して, これを(1)式に代入すると

$$1/(100+R_2) + 1/(100-R_2) = 2/75 \dots\dots\dots(3)$$

となる。

- d) (3)式を解くと, $R_2 = 50 [\Omega]$ が求まる。

- e) これを(1)式または(2)式に代入すると, $R_1 = 150 [\Omega]$ が求まる。

なお, 問題の図で, 信号源の内部抵抗を R_a , 負荷抵抗を R_b とすると, 一般的に

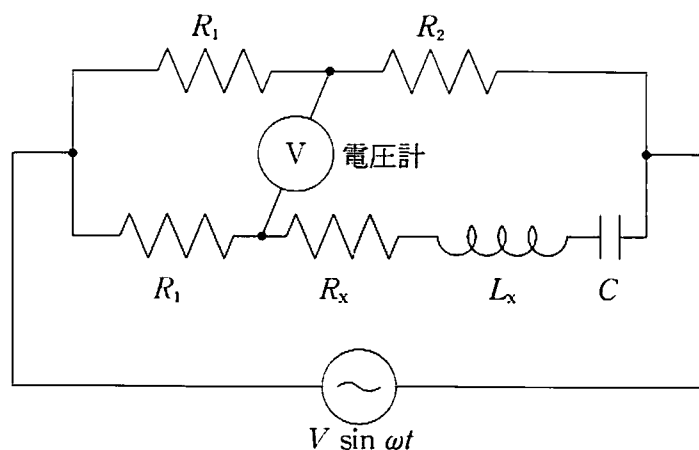
$$R_1 R_2 = R_a R_b, \quad R_2/R_1 = (R_b - R_a)/R_a$$

の関係がある。

【問題9】 図に示すブリッジ回路で、電圧計が0Vを示した。以下の設問に答えよ。

9-1 R_x の値はいくらか。解答欄 に記入せよ。[5]

9-2 L_x の値はいくらか。解答欄 に記入せよ。[5]



【正解】 ㉔ = R_2 ㉕ = $\frac{1}{\omega^2 C}$

【解説】 この問題は交流ブリッジ回路の問題である。問題の解き方としては回路方程式を解いて求める方法、回路方程式を解かずにブリッジ回路の平衡条件をいきなり用いて解く方法などが考えられる。ここではできるだけ定性的に求めることにする。

解説図1中の電圧計との接続点を図に示すようにA、Bとする。電圧計が0Vを示したことは、A点とB点との電位が等しく電圧計に電流が流れていないことを意味する。すなわち、このブリッジ回路は解説図2に示す回路に置き換えられる。(解答例1)

A点を流れる電流 i_1 は、負荷が純抵抗 (R_1 , R_2) だけであるから容易に印加電圧と同位相であることはわかる。したがって、B点での電位も印加電圧と同位相でなければならない。この条件を満たすためには電流 i_2 も印加電圧に同位相で

第7回午前の部

なければならず、インダクタンスとキャパシタンスによる虚数部がゼロでなければならぬ。すなわち、

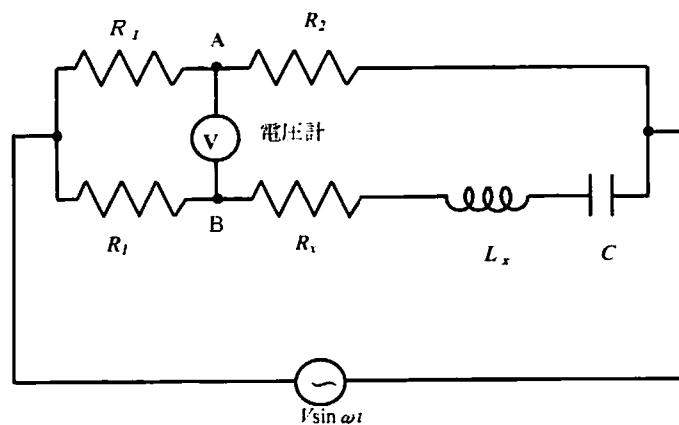
$$\omega L_x = \frac{1}{\omega C} \quad \left(L_x = \frac{1}{\omega^2 C} \right) \text{である。この結果、} R_x \text{は抵抗} R_2 \text{と等しくなる。}$$

(解答例2)

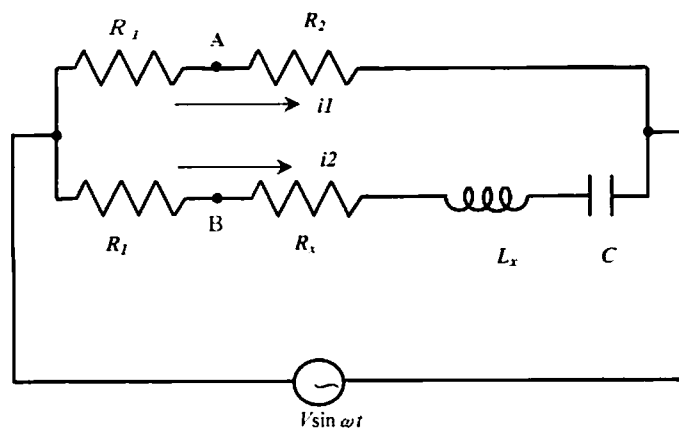
A点とB点との電位が等しいことから次の関係式が得られる。

$$R_1 : R_2 = R_1 : R_x + j\omega L_x + \frac{1}{j\omega C}$$

この結果、 $R_x = R_2$, $j\omega L_x + \frac{1}{j\omega C} = 0$ ($L_x = \frac{1}{\omega^2 C}$) となる。

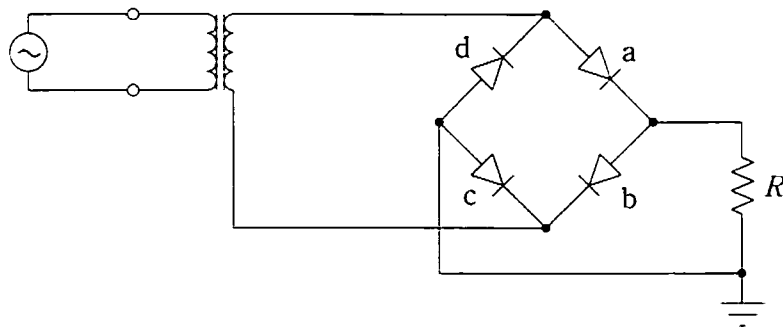


解説図 1



解説図 2

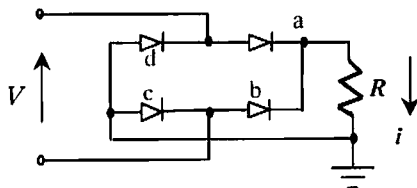
【問題10】 図に示す回路で、ダイオードを間違えて配線してしまった。この結果、破損する可能性のあるダイオードをすべて挙げ、記号で解答欄 に記入せよ。[5]



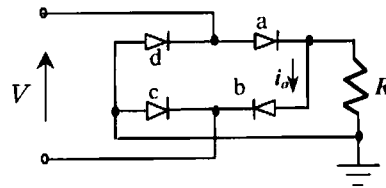
【正解】 ① = a, b

【解説】 ダイオードを使用した全波整流回路である。ダイオード b の方向が逆であるためダイオード a, b が破損してしまった。

ダイオード d と a の接点側の電位がダイオード c と b の接点側の電位より高い状態（電位差 V ボルトとする）を想定しよう。ダイオード b が正常に接続されている場合には、解説図1に示すように電流 i は抵抗 R を流れる。ダイオード a と c は順方向であるため抵抗値は抵抗 R に比較して無視できる程度に小さいと仮定できる。したがって、電流 i は V/R となる。一方、解説図2に示すようにダイオード b の方向を逆にするとダイオード a と b は順方向になるため電流がダイオード a, b を通して流れることになる。ダイオードの順方向抵抗は非常に小さい。このため負荷抵抗には電流がほとんど流れず、ダイオードにより電源をショートした状態になり、大電流 i_0 がダイオード a, b を通して流れてしまう。ダイオードの順方向抵抗は非常に小さいがゼロでないため、ダイオード a, b は大電流 i_0 により熱が発生し破損してしまう。



解説図1

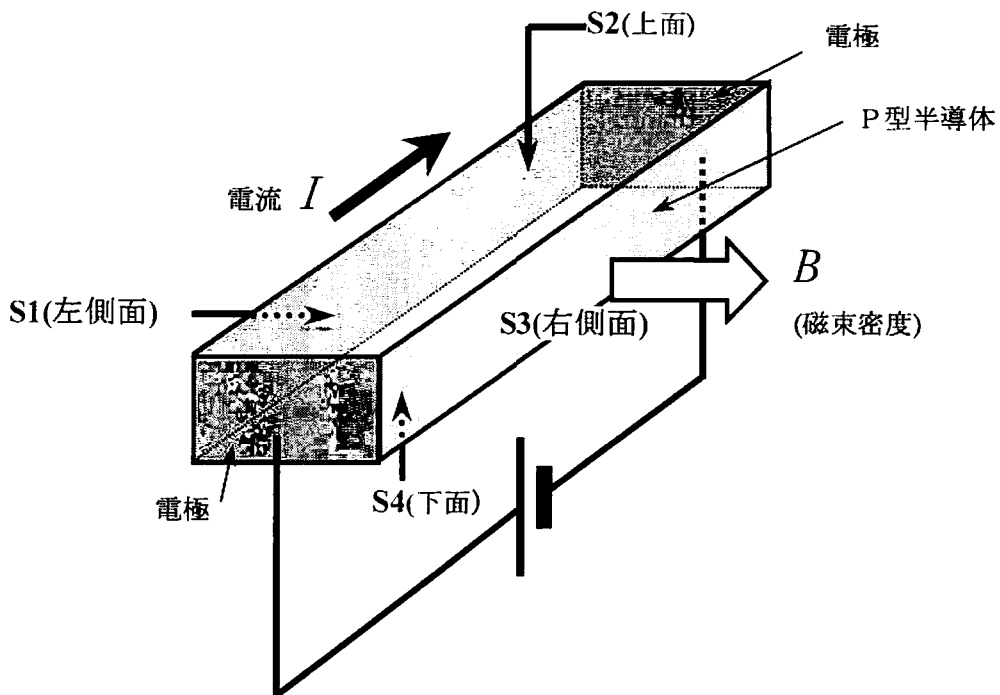


解説図2

第7回午前の部

【問題 11】 図に示すように、直方体の P 型半導体の両端に電極を接続して電流（正孔による）を黒矢印の方向（電極面に垂直）に流しながら、矢印の方向（S1, S3 側面に垂直）の磁界の中に挿入した。磁界は一様の磁束密度 B をもっているものとする。次のうち正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。
[4]

- 1) S1 面（左側面）の方が S3 面（右側面）より電位が高い。
- 2) S3 面（右側面）の方が S1 面（左側面）より電位が高い。
- 3) S2 面（上面）の方が S4 面（下面）より電位が高い。
- 4) S4 面（下面）の方が S2 面（上面）より電位が高い。
- 5) S1, S2, S3, S4 面どこも同じ電位である。



[正解] ⑧=4)

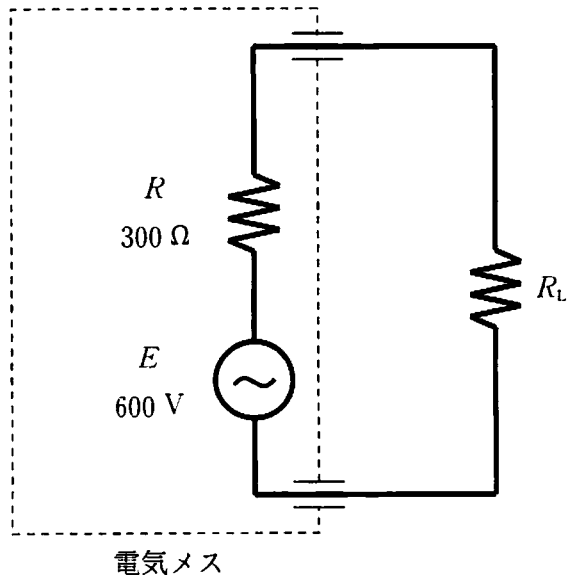
[解説] 磁界中で電荷が動くとき右ネジの法則、ローレンツ力またはフレミングの左手の法則で知られる力が電荷に働く。力の方向は電荷の運動方向と磁束密度の方向のベクトル積 ($F=I \times B$)、すなわち、右ネジの法則、ローレンツ力またはフレミングの左手の法則で与えられる方向である。この結果、P型半導体の上面S2と下面S4に電位差が生じる。この効果は、ホール効果と呼ばれ磁束密度測定器に使用されている。

正孔(ホール)は正の電荷をもっているためS4面(下面)の方向に力を受けその方向に移動する。この結果、S4面方向が電氣的に正に帯び、S2面(上面)方向が負に帯びる。これらの片寄った電荷によりS4面からS2面方向に電界ができていく。このため、正孔はS2面方向に力を受ける。正孔に働く磁界と電界による力は釣り合い平衡状態に達する。以後の正孔は電極間を飛んでいくことになる。したがって、S4面の電位はS2面の電位より高くなる。この現象は一瞬のうちになされ、常に平衡状態が保たれている。

第7回午前の部

【問題12】 電気メスのメス先電極と対極板間に消費電力が最大となるような負荷抵抗 R_L を接続した。この負荷抵抗 R_L での消費電力は何 W か。番号を解答欄 にマークせよ。ただし、電気メスの内部抵抗 $R=300\Omega$ 、起電力 $E=600\text{V}$ とする。[4]

- 1) 225 W
- 2) 288 W
- 3) 293 W
- 4) 300 W
- 5) 325 W



[正解] ⑨ = 4)

[解説] 負荷抵抗 R_L での消費電力 P とすると次の式が成立する。

$$P = R_L \left(\frac{E}{R + R_L} \right)^2 \Rightarrow P = \frac{R_L E^2}{(R^2 + 2RR_L + R_L^2)}$$

分母分子を R_L で割ると

$$P = \frac{E^2}{(R^2/R_L + 2R + R_L)}$$

分母が最小のときに電力 P は最大となる。したがって、分母を変数 R_L で微分して最大条件をもとめると $R_L = R$ となり、これを代入すると 最大電力は

$$P_{\text{MAX}} = E^2 / 4R$$

となる。よって、 $R_L = 300[\Omega]$ とき、

第7回午前の部

$$P_{\text{MAX}} = (600 \times 600) / (4 \times 300) = 300 [\text{W}]$$

一般に装置の出力電力の最大値を負荷に供給するには、装置の内部抵抗と負荷抵抗の値が等しいことが必要である。したがって、この条件を理解していれば $R_L = 300 [\Omega]$ として出力電力 P は、

$$\begin{aligned} I^2 R_L &= 1^2 [\text{A}] \times 300 [\Omega] \\ &= 300 [\text{W}] \end{aligned}$$

となる。

【問題13】 ネットワークや医療情報システムについて誤っているのはどれか。
番号を解答欄 ⑩ にマークせよ。[5]

- 1) OSI (Open System Interconnection) は、ISO によって制定された異機種間の通信を実現するためのネットワークアーキテクチャの標準規格モデルである。
- 2) インターネットのVPNとは、全世界にオープンなインターネット上で、認証や暗号化などのセキュリティ技術を利用して仮想的に閉鎖したネットワークを構築するものである。
- 3) HL7とは、医療施設での電子的データ交換を目的として、交換データの定義や交換タイミングやアプリケーション特有のエラーの通信を定義するものである。
- 4) TCP/IPは、インターネットでは使われない通信手順（プロトコール）である。
- 5) 厚生省（現厚生労働省）による「診療録等の電子媒体による保存について」の通知において、電子カルテに要求される3条件は、真正性、見読性、保存性である。

【正解】 ⑩ = 4)

【解説】 4) のTCP/IPは、インターネットでは使われる最も一般的な通信手順（プロトコール）であるので、間違い。インターネットでのデータ転送をパケットにより処理する低レベルのプロトコールで、FTPやTelnetなどがこの上で動作する。もともと2つのものだが、このように一緒に用いて広義に使用することが多い。

1), 2), 3), 5) の各選択肢は、それぞれ正しい表現であり、これからの医療の現場における常識問題。

なお、VPNは、virtual private networkの略で、元来は、電話回線の公衆網を使って私設網と同様に守秘性の高い閉鎖的専用線環境を実現する手法という意

第7回午前の部

味の一般用語であった。HL7は、health level 7の頭文字であり、OSIの最上位である第7層での共通化を目的とする国際的規約であるために、こう命名されている。日本にもHL7の協会支部があり、共通化と啓発活動につとめている。

「診療録等の電子媒体による保存について」という重要な通知は、平成11年4月22日に各都道府県知事宛に厚生省健康政策局長、厚生省医薬安全局長、厚生省保険局長の3局長によって通知され、電子媒体による保存を認める文書等（診療録、助産録、病院の管理および運営に関する諸記録、指示書、調剤録、救急救命処置録、歯科衛生士の業務記録）の種類が指定され、保存義務のある情報を電子媒体に保存する場合は次の3条件を満たさなければならないとした。その3条件とは、（1）保存義務のある情報の「真正性」が確保されていること、（2）保存義務のある情報の見読性が確保されていること、（3）保存義務のある情報の保存性が確保されていること、である。さらに留意事項として、施設の管理者は具体的な運用管理規程を定め、実施することとし、患者のプライバシー保護に十分留意することも求めている。

【問題 14】 電子文書の情報システムについて誤っているのはどれか。番号を解答欄 ① にマークせよ。[5]

- 1) SGML (Standard Generalized Markup Language) は、電子的な文書構成の国際規格で、文書の要素をタグ付けして体系化する枠組みのシステムである。
- 2) DTD (Document Type Definition) は、タグ付けの意味や階層を決めるなど電子的な文書の論理的構造を決める規格で、「文書型定義」と訳される。
- 3) SGML は、SGML 宣言、DTD、文書インスタンスの3部分から構成される。
- 4) HTML (Hyper Text Markup Language) は、SGML を利用して WWW (World Wide Web) をレイアウトして表示するためのタグセットを定義するものである。
- 5) XML (eXtensible Markup Language) は、差出人不明のウィルス感染率の高い危険なメイリングリストのことである。

【正解】 ① = 5)

【解説】 SGML (Standard Generalized Markup Language) は、ISO (8879) や JIS (X 4151) によって制定されている電子的な文書構成の規格で、文書の要素をタグ付けして体系化する枠組みのシステムである。

DTD (Document Type Definition) は、タグ付けの意味や階層を決めるなど電子的な文書の論理的構造を決める規格で、「文書型定義」と訳される。我が国でも平成10年3月各省庁事務連絡会議と行政情報システム各省庁連絡会議幹事会で公文書での採用が了承された。

SGML は、SGML 宣言、DTD、文書インスタンスの3部分から構成され、SGML 宣言は文書を構成する文字にはどのようなものがあるかなどの基本情報を決め、文書インスタンスは文書データそのもので、SGML 宣言と DTD に基

づいて記述される。

XML は、SGML の仕様を発展させたサブセットで、インターネット上で用いられている形式を定める HTML とは異なり、個別に独自の意味のあるタグが定義できるので、情報の意味に関するコンピュータ処理が容易である。ブラウザは既存の Netscape Navigator や Internet Explorer を用いる。また、拡張性が高く、ベンダーやプラットフォームへの非依存性が高く、ソフトウェアの種類やバージョンにとらわれず、データ保管、データ流通が可能となることが期待される。

第7回午前の部

【問題 15】 通信・情報システムについて誤っているのはどれか。番号を解答欄
⑫にマークせよ。[5]

- 1) PDF ————— 米 Adobe Systems 社が開発したデジタル書類のファイル形式。
- 2) MPEG ————— 静止画像の蓄積用符号化方式の標準化作業を進める組織。
- 3) xDSL ————— 銅線による一般的な電話回線を用いて高速通信を実現する技術の総称。
- 4) CATV internet ——— 有線テレビ放送網によるインターネット接続サービス。
- 5) VPN ————— 公衆網を専用網のように利用できる仮想閉域網または仮想私設網と呼ばれる通信サービスの総称。

注) PDF = Portable Document Format

MPEG = Moving Picture coding Experts Group

xDSL = x Digital Subscriber Line

CATV = Cable Television

VPN = Virtual Private Network

【正解】 ⑫ = 2)

【解説】

○ 1. PDF (Portable Document Format) は、米 Adobe Systems 社が開発したデジタル書類のファイル形式である。書類上の文字、画像、レイアウト情報などのあらゆるデータが、使用機種にかかわらず表示・出力できる。Acrobat Reader というビューアを無料で配布したので、急速に普及した。

× 2. MPEG (moving picture coding experts group) は、静止画像ではなく、

動画像の蓄積用符号化方式の標準化作業を進める組織のこと。その符号化方式の呼称としても使われ、動画像圧縮だけでなく、オーディオ符号化MP3（CD並みの音質で1分のデータを約1MBにできる（CDの約1/10）。MPEG-1 Layer 3のこと）なども含まれる。選択肢では、これが静止画となっているので誤り。

- 3. xDSLは、銅線による一般的な電話回線を用いて高速通信を実現する技術の総称。既存の電話回線で高速回線に生まれ変わる。代表的なのは、非対称に下り通信を高速化したADSL（asymmetric digital subscriber line）がある。
- 4. CATV internetは、有線テレビ放送網によるインターネット接続サービスのこと。ケーブル・モデムと呼ばれる機器を使ってインターネットを利用できる。一般のプロバイダと公衆電話網を使った場合に比較して高速といわれていたが、この1、2年の間にADSLや光ファイバによる高速回線（ブロードバンドと総称される）が廉価に普及を始め厳しい競争にさらされている。
- 5. VPN（virtual private network）は、公衆網を専用網のように利用できる仮想閉域網または仮想私設網と呼ばれる通信サービスの総称。電話回線だけでなく、全世界に開かれたインターネット上でも、認証や暗号化などのセキュリティ技術を利用して仮想的に構築する。ちなみに、IPSEC（security architecture for internet protocol）とはTCP/IPでの通信のセキュリティを強化するための技術の総称で、これらの機能を利用すると、セキュリティを強化し、インターネットを介してVPNを構築できる。

【問題 16】 デジタル化 (PCM) した情報信号の帯域圧縮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. 帯域圧縮伝送は、情報を乗せたすべての信号を伝送するのではなく、冗長な信号成分をカットして伝送する。
- b. 帯域圧縮符号化は、情報信号を伝送する搬送波の周波数帯域を圧縮し、電波の利用効率を高める。
- c. 携帯電話の伝送方式は電波利用効率が高いので、帯域圧縮符号化の方法は用いられていない。
- d. 動画像情報の差分データを送って復元する方法による帯域圧縮方式は、音声伝送の場合も利用される。
- e. 帯域圧縮符号化の伝送方式は、高品質画像を利用する放送・通信系や医用画像の伝送や保存には使われない。

- 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】 ⑬ = 3)

【解説】 デジタル化 (PCM) 通信方式には、情報の種類によらず、あらゆるアナログ情報を、全く同じデジタル方式の信号として扱えることや、装置の小型化、大容量化、経済化などのほか、情報の劣化が極めて少なく高品質であるなど、多くの優れた特徴をもっている。しかし、デジタル通信方式はビットレート (1秒間あたり送るパルス数) が高くなるので、画像や携帯電話などの大量情報伝送の場合、情報の中の冗長な信号や不必要な信号の一部をカットして効率的に伝送する方式がとられる。このような方式を帯域圧縮符号化、または、冗長度抑圧符号化と呼んでいる。

帯域圧縮符号化した動画像伝送の場合は、ビットレートを数十分の一程度に圧縮できる。また、通常の電話音声 (0.3~3.4 kHz) を PCM で符号化すると 64 k ビット/秒 [kb/s] になり、これが電話網や ISDN の基本ビットレートになっ

第7回午前の部

ているが、PHS 電話では 32 kb/s、デジタル携帯電話では人間の聴覚特性を考慮して約 8 kb/s、さらに情報量が増加するにしたがって 4 kb/s へと帯域圧縮化が進んでいる。

- a. 帯域圧縮伝送とは、情報を含むすべての信号を伝送するのではなく、信号の一部をカット（圧縮）して伝送する方式である。
- × b. 帯域圧縮符号化は、情報に含まれる冗長な一部をカットして情報量を圧縮する方式であって、情報を乗せる搬送波の周波数帯域幅を圧縮（狭める）ことではない。ちなみに、搬送波の帯域幅を必要以上に狭めることは、変調する伝送情報量が制限されることになる。
- × c. 前述のとおり、PHS や携帯電話の伝送方式は大量の情報伝送処理を行う必要があるため、ビットレートを $1/2 \sim 1/10$ 程度に帯域圧縮して伝送している。ちなみに、携帯電話での電波の利用効率を高める方法には、セルラー（小ゾーン方式）が用いられている。
- d. 差分データ圧縮方法は、映像信号圧縮でも音声信号圧縮でも使われている。一般に、帯域圧縮符号化の方法は、静止画、動画、音声など情報の種類で圧縮方法が異なるが、差分データの方法を含むいくつかの方法（技術）を組み合わせる利用することが多い。
- e. ハイビジョンなどの高品質画像や医用画像の伝送や記録をする場合は、ビットレートが非常に高くなり、大きな記録密度が必要になるので、高品質を保ち、かつ、圧縮率の高い帯域圧縮符号化が必要とされ、より高度な帯域圧縮技術が使われている。

【問題 17】 通信ケーブル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. 銅線のペアケーブルは、10 M ビット/秒程度の LAN のデジタル信号伝送には使用できない。
- b. 同軸ケーブルは、アナログ伝送で数百 MHz 程度まで使用できる。
- c. 長距離光通信に使用される石英光ファイバの伝送損失は、波長 $10.6 \mu\text{m}$ の赤外線レーザー光において最も小さい。
- d. マルチモード光ファイバは、8~32 種の波長の異なる光を使って、波長多重大容量伝送に使われている。
- e. 光ファイバ伝送路と LD (レーザーダイオード) を用いた情報通信は、アナログ伝送よりデジタル伝送に向いている。

- 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】 ⑭ = 7)

【解説】 通信に使うケーブルは、技術の進歩および通信距離や情報信号の種類によって、その種類が異なり、使用目的や使用範囲も異なっている。

・ペアケーブル (メタリックケーブル)

2本の銅線を合わせた構造のケーブル (より対線、平行対線、ツイスト線などと呼ばれる) は、構造が簡単で、安価であるが、漏話があり、あまり周波数の高い信号の伝送には不向きである。アナログ伝送では 100 kHz 程度以下で、デジタル伝送では 10 Mb/s 程度以下で使用され、加入者線や市内の局間を結ぶ中継線に使用される。

・同軸ケーブル

同軸ケーブルは、中心の線を外部の細かい網状の銅線で覆う形状の状態のケーブルで、外部を覆っている銅線が電磁的に遮蔽する働きがあるため、漏話がなく、雑音の混入もなく品質のよい伝送が可能なケーブルである。アナログ伝送では数

100 MHz, デジタル伝送では1 Gb/s程度まで使用でき, 多数の回線を多重化して長距離の高周波伝送に使用される。LANでは, 高速デジタル信号を伝送するので同軸ケーブルを使うことが多いが, 伝送距離が短いところではペアケーブルを使うところもある。

・光ファイバケーブル

光ファイバは, 高純度のガラスの細い2重構造ファイバで, コア(周囲よりも屈折率が高く, 直径0.01~0.05 mmの光の通る中心部)とクラッド(全反射を作る周囲のガラス)とからなっている。コア径が0.01 mm以下のシングルモードファイバとコア径が0.05 mm程度のマルチモードファイバとがある。マルチモードファイバは, 数百 Mb/s程度以下の伝送に使用され, 高速伝送には適さない。シングルモードファイバは, 10 Gb/s以上の超高速・大容量・長距離伝送(波長1.55 μm で1 kmあたり0.2 dBの定損失)に使われる。また, 1本の光ファイバで, 波長の異なる光を何種類も混合して伝送する波長多重伝送の方法が用いられている。超高速・大容量光通信の光源には良質なLED(半導体レーザー)が用いられる。

- × a. 伝送距離が数百メートル以内でのLANを構築する場合などでは, 銅線のペアケーブルでも10 Mb/s以上の高速伝送に使用される。コストが安いことがメリットである。
- b. 前述のとおり, 同軸ケーブルは数100 MHz程度までのアナログ信号伝送が可能である。
- × c. 光ファイバコア内を光が通過するときの減衰率(伝送損失)は, 伝送距離が大きいほど大きく, 光の波長に依存する。伝送距離1 kmあたりの伝送損失は, 波長1.55 μm の近赤外線が最小で0.2 dB程度である。問題の, 波長10.6 μm の赤外線に対しては, 減衰率が非常に大きい(不透明に近い)ので, 光通信には使用できない。
- × d. マルチモード光ファイバは, コア径が0.05 mmと大きいため, 光の通る経路の形態(伝送モード)が多重になることから名付けられてもので, 波長多重伝送を意味するものではない。

第7回午前の部

シングルモードファイバは、8～32種の異なる波長の光を使い、波長多重大容量伝送に使われている。

- e. 光ファイバを用いた光通信は、デジタル化した情報信号の高速・大容量・高品質通信が特徴であり、アナログ伝送用に利用されることは極めて少ない。

第7回午前の部

【問題18】 電気通信事業法において、端末設備接続の技術基準に関する規定および遵守事項が定められている。誤っているのはどれか。番号を解答欄⑮にマークせよ。[5]

- 1) 電気通信回線設備を損傷し、またはその機能に障害を与えてはならない。
- 2) 第1種電気通信事業者の設備する電気通信回線と利用者の接続する端末設備に関する責任は、第1種電気通信事業者にある。
- 3) 端末設備の技術基準に適合すれば、端末機器の利用者が自ら自由にネットワークに接続でき、利用者の高度化・多様化に対応できる。
- 4) 端末設備の接続に関する技術基準は、省令で一元的に定めることになっている。
- 5) 技術基準に適合した端末機器であっても、電気通信回線への接続は、工事担任者資格認定証の交付を受けた者（工事担任者）の監督が必要である。

【正解】 ⑮ = 3)

【解説】 電気通信事業法には、電気通信事業の公共性にかんがみ、運営を適正かつ合理的なものとすることにより、電気通信役務の円滑な提供を確保するとともにその利用者の利益を確保し、もって電気通信の健全な発達および国民の利便の確保をはかり、公共の福祉を増進することを目的とする、とされている。

電気通信事業法の総則には、通信の検閲の禁止、秘密の保護に関する事項、電気通信事業の種類、事業の許可・登録ならびに届け出、契約約款の認可、電気通信設備の規定、端末設備の接続、工事担任者に関する事項について定めている。電気通信回線（電気通信事業者の設置するもの）への端末設備の接続は、工事担任者または工事担任者の監督の下に行うことになっている。

電気通信事業の種類としては、電気通信事業者を、電気通信サービスを提供するための基盤となる電気通信回線設備（利用者端末を除く）を自ら設置しサービスを行う第1種電気通信事業者と、第1種電気通信事業者から電気通信回線設備

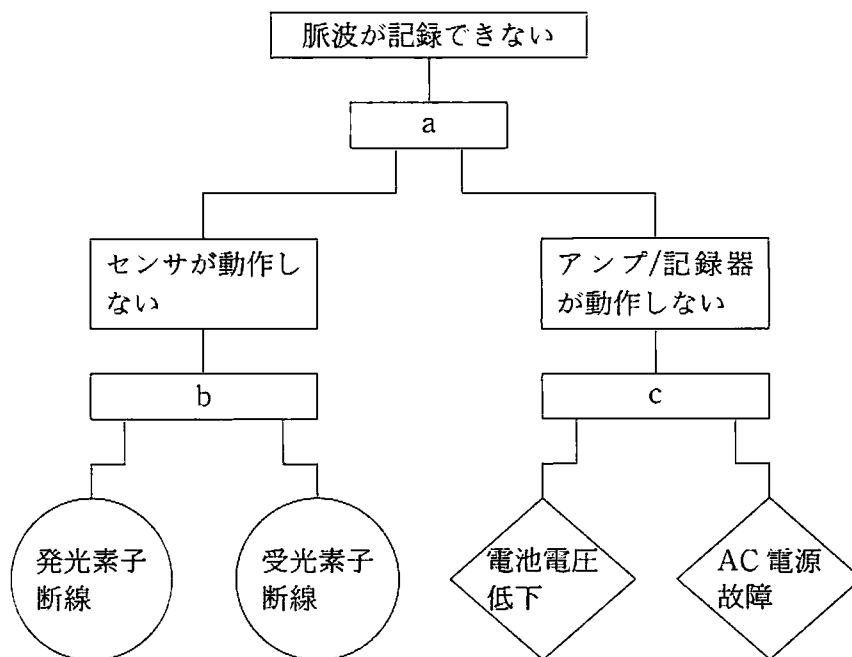
第7回午前の部

の提供を受けてVANサービスなどを行う第2種電気通信事業に大別している。

さらに、第2種電気通信事業を、特定の企業グループを対象とする一般第2種事業と全国規模のネットワークか国際ネットワークをもち、不特定多数の企業等を対象とする特別第2種事業とに分類されている。また、電気通信事業者の資格を取得するための手続きとして、第1種電気通信事業者については許可制、一般第2種については届け出制、特別第2種については登録制を採用することと規定している。(政令・郵政省令)

- 1) 電気通信事業法によって、電気通信事業者の設備を損傷し、またはその機能に障害を与えてはならない、となっている。
- ×2) 第1種電気通信事業者の設備する電気通信回線と端末設備との接続に関する責任は、工事担任者にある。電気通信事業者の責任範囲は電気通信回線までである。
- 3) 電気通信事業法で定める技術基準に適合した端末設備への利用者の端末機器の接続については定められていない。したがって、利用者の端末機器は端末設備に利用者が接続することができる。
- 4) 前述のとおり、端末設備の接続に関する技術基準は、省令で定められている。
- 5) 電気通信回線への端末設備の接続は、工事担任資格認定証の交付を受けた者(工事担任者)の監督が必要となっている。

【問題 19】 AC/DC 電源型の光電脈波計において、脈波が記録できないという現象を FTA（故障の木解析）の手法で解析した。図中の空欄に当てはまる論理記号の組み合わせで正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]



	a	b	c
1)	AND	AND	OR
2)	AND	OR	OR
3)	OR	OR	AND
4)	OR	AND	OR
5)	OR	AND	AND

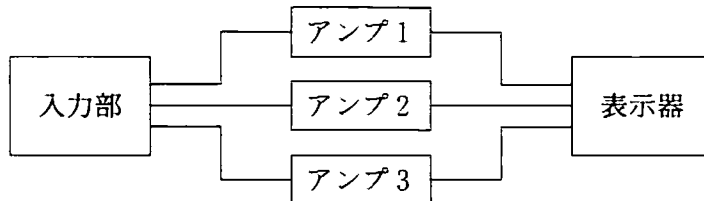
[正解] ⑩ = 3)

[解説] FTA (fault tree analysis) とは、予想される事故を想定し、そこからその原因を樹の根のように掘り下げていく手法である。掘り下げていく途中で必要条件 (原因) が2種以上になったときは、それらを AND と OR のゲートを使って結合し分析を進めていく。

設問は、光電脈波計で脈波が記録できないという事故を想定し、その原因を掘り下げた例である。

まず のゲートは、“センサが動作しない” という現象と “アンプ/記録器が動作しない” という現象のいずれか一方でも起きれば “脈波は記録できなくなる” ので、“OR” ゲートである。 のゲートは、同様に “受光素子断線” と “受光素子断線” という現象がいずれか一方でも起きれば “センサは動作しなくなる” ため “OR” ゲートである。また、 のゲートは、この装置が “AC 電源と DC 電源の共用形” であるので、“電池電圧低下” あるいは “AC 電源故障” という現象が一方だけ起きても装置は動作し、両方の現象が同時に起きた場合にのみ、“アンプ/記録器が動作しなくなる” ので “AND” ゲートである。

【問題 20】 図は 3 チャンネル心電図モニタの構成を示すブロック図である。ここで、ブロック各々の信頼度を、入力部は 0.7、アンプ 1、アンプ 2、アンプ 3 はいずれも 0.6、表示器は 0.7 としたとき、少なくとも 1 チャンルの心電図が表示できる場合の信頼度はほぼいくらか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]



- 1) 0.16 2) 0.29 3) 0.46 4) 0.88 5) 2.5

【正解】 ⑰ = 3)

【解説】 心電図モニタを構成する個々のユニット（要素）の信頼度がシステム全体の信頼度にどのように影響するかの問題である。

設問は、少なくとも 1 チャンルの心電図が表示できるとの条件設定である。この状態は、“入力部”と“表示部”は正常に動作し、“アンプ 1, 2, 3”の 3 つのアンプのうち、少なくともどれか 1 つのアンプが動作していればよいわけである。この状態の信頼度は、入力部の信頼度 (0.7) と表示部の信頼度 (0.7) と、アンプ 1, 2, 3 のうち、少なくとも 1 つ以上が動作する信頼度を、それぞれ掛合わせることにより求めることができる。

アンプ 1, 2, 3 のうち 1 つ以上が動作するということは、言い換えれば、すべてのアンプが同時に故障する場合以外のことである。そこで、すべてのアンプが同時に故障する確率（不信頼度）を求め、この値を 1 から引くことにより、この条件での信頼度が求まることになる。

個々のアンプの信頼度は 0.6 であるので、不信頼度は $(1 - 0.6) = 0.4$ となる。したがって、アンプ全体の不信頼度（同時に 3 つのアンプが故障する確率）は $0.4 \times 0.4 \times 0.4 = 0.064$ となり、アンプ全体の信頼度は $1 - 0.064 = 0.936$ となる。

したがって、この状態の信頼度は $0.7 \times 0.7 \times 0.936 = 0.45864$ となり、“0.46”が正解となる。

【問題 21】 患者回路のフローティング化は電気ショックに対する安全性を高めるために有効な手段であるが、接地型に比べて欠点もある。この欠点として考えられるのはどれか。番号を解答欄 ⑱ にマークせよ。[6]

- 1) CMRR が低下する。
- 2) 静電気（帯電）などの影響を受けやすくなる。
- 3) 患者測定電流が増加する。
- 4) 周波数帯域が低下する。
- 5) 1/f ノイズが低下する。

【正解】 ⑱ = 2)

【解説】 患者回路をフローティングするということは、大地（接地）から電氣的に絶縁をすることである。したがって、誤って患者に外部から商用電源のような高い電圧が加わったとしても、流れる電流経路がないので電気ショックの危険性は減少する。したがって、医療機器の入力部をフローティング化したものは多くある。

しかし、大地から電氣的に絶縁された状態では、患者の動き（衣服の摩擦）から発生する静電気の逃げ場がなく、患者の体に帯電することがある。この帯電した静電気の電圧は数 kV にも達することもあり、また、患者自身の動きや、患者の近くを人が通るとこの電圧も大きな変化を起こす。

一般に、生体アンプの CMRR（同相弁別比）は非常に高くしてあるが、実際には電極と生体間の抵抗や電極コードと大地間の浮遊容量が存在し、これらのアンバランス分が帯電した静電気から差分信号となってアンプに加わり、基線の揺らぎのようなノイズとして表れることになる。特に化繊の衣類の着用と乾燥時期が重なると起こりやすくなるので注意が必要である。

- 1) CMRR（同相弁別比）は入力回路の構成に関係するが、フローティングとは直接関係はない。
- 3) 患者測定電流とは、生体のインピーダンス測定をするために微弱な高周波

第7回午前の部

電流を流す電流などのことであり、フローティングとは直接関係ない。

- 4) フローテリング化と周波数帯域低下とは直接関係ない。
- 5) フォローテリング化により $1/f$ ノイズが増加するとはいいきれない。

第7回午前の部

【問題 22】 電磁波による医用電気機器への影響に関する記述で正しいのはどれか。番号を解答欄⑱にマークせよ。[6]

- a. 携帯電話端末は電源オンの状態でも通話をしなければ電波は出ないので影響しない。
- b. ほとんどの植込み型心臓ペースメーカは携帯電話端末による影響を受ける。
- c. 出力 1 mW の医用テレメータ送信機は輸液ポンプへ影響を及ぼす。
- d. 盗難防止装置には植込み型心臓ペースメーカに影響を与えるものがある。
- e. EMC の国際規格では、3 V/m の電界強度の無線周波電磁界で影響されないことと規定されている。

- 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】 ⑱=10)

【解説】 電磁波による医用電気機器への影響に関する基本的な問題である。

- × a. 携帯電話端末は電源オンの状態では通話しなくても電波は出ることがある。
- × b. 不要電波問題対策協議会から発表された携帯電話による植込み型心臓ペースメーカへの影響に関する調査では、ペースメーカの全機種についての実験が行われた。その結果、携帯電話端末を最大出力にした実機の場合の実験では、影響を受けた機種数は全体の 19.3% (800 MHz デジタル)、4.4% (1.5 GHz デジタル) で、影響をまったく受けなかった機種の方が多かった。
- × c. 出力 1 mV の医用テレメータ送信機は輸液ポンプへ影響を及ぼすことはない。
- d. CD ショップや図書館等に設置されている盗難防止装置から出る電磁波が、植込み型心臓ペースメーカに影響を与えることがあることが、実験により確認されている。
- e. EMC の国際規格では、通常の医用電気機器の場合、3 V/m の電界強度の

第7回午前の部

無線周波電磁界で影響されないことと規定されている。なお、輸液ポンプを含む生命維持装置に関しては、この値が10 V/mとさらに厳しく規定されている。

第7回午前の部

【問題 23】 次の文章の空欄に当てはまる語句、数値を解答群から選び、番号を解答欄 ～ にマークせよ。[2×3=6]

その装置内で高周波エネルギーを発生し、そのエネルギーを装置内あるいはその周辺の限られた範囲内で、工業・科学・医療用などの目的のために利用する装置を という（ただし、無線設備、通信設備、情報技術装置は含まれていない）。これには、 MHz などの特定の周波数帯を利用するものとそうでないものがある。前者には、無線通信の保護の観点からの制限はない。後者には、医療用の場合、装置から 30 m 離れた場所、あるいは装置が設置されている敷地の境界線で、電界強度は 100 mV/m 以下とわが国の電波法で定められている。医療用の装置としては、高周波治療器、 ，ハイパーサーミア装置、MRI 装置などがある。

の解答群

- 1) OEM 2) ISM 3) ESU 4) EMI 5) OCS

の解答群

- 1) 0.024 2) 0.495 3) 465 4) 835 5) 2450

の解答群

- 1) サーモグラフィ 2) 電気メス 3) レーザメス
4) 超音波診断装置 5) X線 CT 装置


第7回午前の部

[正解] ㉓ = 2) ㉔ = 5) ㉕ = 2)


[解説] ISM は Industrial (工業用), Science (科学用), Medical (医療用) の高周波を利用する装置のことである (ただし, 無線設備, 通信設備, 情報技術装置は含まれない)。工業用の ISM 装置には, ビニール溶着用の高周波ウェルダ, 木材乾燥用の誘電加熱装置, 金属焼き入れ用の誘導加熱装置, 食品加工用の高周波加熱装置, アーク溶接機, 超音波加工機などの装置がある。科学用の ISM 装置には, スペクトラムアナライザ, 周波数カウンタ, 高周波信号発生器などがある。家庭用の ISM 装置には, 電子レンジ, 電磁調理器, 超音波洗浄機などがある。医療用の ISM 装置には, 電気メス, 高周波治療器, MRI 装置, ハイパーサーミア装置などがある。


第7回午前の部

【問題 24】 JIS T 1006 または JIS T 0601-1 で規定されている医用電気機器図記号とその名称の組み合わ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.  —— 部分回路切

b.  —— 始動

c.  —— 保護接地

d.  —— 非電離放射線











e.  —— 緊急警報

- 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

第7回午前の部

[正解] ㉓ = 9)

[解説]

- | | | | | |
|------|---|------------|----------------|---|
| ○ a. |  | 部分回路切 | これに対して“部分回路入”は |  |
| ○ b. |  | 始動 | これに対して“停止”は |  |
| × c. |  | これは“接地” | “保護接地”は |  |
| ○ d. |  | 非電離放射線 | これに対して“電離放射線”は |  |
| × e. |  | これは“警報一時切” | “緊急警報”は |  |

【問題 25】 JIS T 0601-1-1「医用電気システムの安全要求事項」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. 医用電気システムとは、複数の医用電気機器の組み合わせ、または医用電気機器と他の非医用電気機器との組み合わせで、患者環境内で使用するものについていう。
- b. 患者環境とは、患者とシステムおよびそれに接触している他の人との間の空間領域で、周囲（横および高さ方向）3 m の範囲をいう。
- c. 患者環境における安全性の確保は、そこで使用される個別医用電気機器の規定に従い、医用電気システムについてはそれを構成する医用電気機器のみ適用される。
- d. 分離装置は安全のため、医用電気システムの部分間における好ましくない電圧、または電流の伝導を防止する。
- e. ここに示される規定は、その製造業者、供給業者、組み合わせ・設置業者などの組織のみに適用され、病院従事者が行う組み合わせ変更などには適用しない。

- 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】 ②=10)

【解説】 今では1台の医用電気機器を1人の患者に適用するよりは、複数の医用電気機器と非医用電気機器の組み合わせで用いるなどが増えてきている。そこで1999年に副通則として「医用電気システムの安全要求事項」が制定された。

- × a. 患者環境内であるかどうかに関係なく、医用電気システムは定義される。
- × b. 空間領域は周囲（横）1.5 m、（高さ）2.5 m の範囲をいう。
- × c. 患者環境においては、システムは JIS 0601-1, IEC 60601-1 および該当する個別規格に適合する医用機器と同等の安全性を備えることが求められる。
- d. 分離装置は安全のために、システムの部分間における好ましくない電圧ま

第7回午前の部

たは電流の伝導を防止する、信号入力部および信号出力部をもつ部品または部品の組み合わせである。

- e. 日本においては、欧米のようにクリニカルエンジニアの制度が確立していないので、病院の従事者がシステムを組み立てたり変更を行った場合、そのシステムの安全性を確保できるとは限らない。したがって、この規格においては、病院の従事者は適用範囲の対象外としている。

病院のIT化によって医用電気機器を含むシステム化はますます増えている。試験のためだけでなく、実際の場合においても必須のものとして、これらの規定を理解することが望ましい。

第7回午前の部

【問題 26】 次の物理的エネルギーのうち，生体への障害に対する蓄積効果がみられるのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

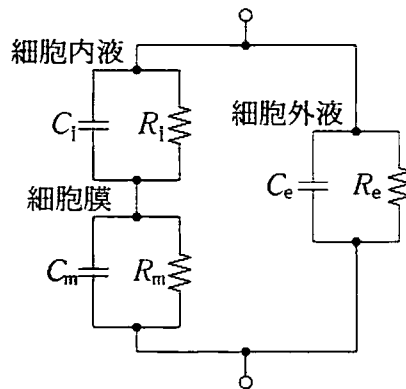
- 1) 衝撃波
- 2) 超音波
- 3) 商用交流
- 4) マイクロ波
- 5) 放射線

【正解】 ② = 5)

【解説】 物理的エネルギーの生体影響には，ある閾値を越すと急激に障害などの影響を与えるものと，より確率的な事象に支配され，蓄積効果があるかのごとく，エネルギーに曝される機会が多いほど障害を受けやすくなるものがある。前者の代表例は電撃であり，力学的な衝撃や超音波エネルギーあるいは熱変性をともなう現象もこれに属する。他方，放射線では，生体の微細構造に対し偶発的にダメージを与え，後者の代表例である。

- × 1) 衝撃による力学的な損傷は，ある強度以上で顕著に生じ，蓄積効果がない。
- × 2) 蓄積効果がみられず，閾値以下では産科領域でも安全とされる。
- × 3) 最小感知電流値，離脱電流値，心停止など電撃には，よく知られるようにかなり明確な閾値があり，個人間でも平均値の周囲 ± 6 dB の中に 99% の実測値が入るとの報告もある。
- × 4) マイクロ波の主な障害は熱効果で生じ，閾値以上で生体組織を変性させる。
- 5) 放射線については見かけ上蓄積効果があり，障害を未然に防ぐため，放射線の総被曝線量を管理する。

【問題 27】 筋肉組織の電氣的受動特性を表すのに図に示す等価回路が考えられている。周波数を β 分散領域 ($10^3 \sim 10^5 \text{Hz}$) で考えるとき、省略しても差し支えないのはどれか。図中の記号で3つ挙げ、解答欄 に記入せよ。[6]



【正解】 ① = C_e, C_i, R_m

【解説】 各要素の電氣的特性を測定した例を表1に示す。これらより時定数および遮断周波数の大略を求め、表1の最右の2欄に示してある。遮断周波数より十分に低い周波数では、抵抗分のみが、また、これより十分に高い周波数では容量分のみが実質的に関係し、それぞれ他方を無視してもよい。したがって、周波数が β 分散領域 ($10^3 \sim 10^5 \text{Hz}$) では体液部分でコンデンサを、細胞膜部分で抵抗を省略しても差し支えない。

表1 生体組織の電氣的特性の測定例

	誘電率・電気容量	抵抗率・電気抵抗	時定数	遮断周波数
細胞内液	$50 \sim 80 \times \epsilon_0$	$0.3 \sim 3 \Omega \cdot \text{m}$	$\cong 10^{-9} \text{s}$	$\cong 10^8 \text{Hz}$
細胞外液	$60 \sim 80 \times \epsilon_0$	$0.2 \sim 1 \Omega \cdot \text{m}$	$\cong 10^{-9} \text{s}$	$\cong 10^8 \text{Hz}$
細胞膜	$10 \sim 100 \text{mF/m}^2$	$0.1 \sim 1 \Omega \cdot \text{m}^2$	$\cong 10^{-2} \text{s}$	$\cong 10^1 \text{Hz}$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{F/m}$$

【問題 28】 関節について正しいのはどれか。番号を解答欄 ㉔ にマークせよ。

[6]

- 1) 関節の一般的構造は、回転軸をもつ蝶番と同じである。
- 2) ほとんどの関節では、筋力を高めるために関節を支点として作用点よりも関節から遠い側に筋が結合されている。
- 3) 指では、指先にいたる3つの関節がそれぞれ独立の指伸筋腱や指屈筋腱につながっている。
- 4) 膝関節の摩擦係数はかなり小さいが、アイススケートで氷上を滑る場合の約10倍といわれる。
- 5) 関節部分の骨を関節軟骨が覆い、さらに適度な粘性をもつ関節液（滑液）の介在が摩擦を減じている。

【正解】 ㉔ = 5)

【解説】 関節に関わる雑多な知識を問う問題である。筋の出力は関節を支点とする骨に伝えられ、作用点での運動に変換される。関節では、自由な運動のほか、可動域を制限したり複数の関節を連動させたりして目的に合致した動きを可能にし、また磨耗を防ぎ長期間の使用に耐える、実に巧みな構造がみられる。

- × 1) 関節と蝶番との決定的な違いは、ピボット構造で動きが面内の回転に制限される蝶番に対して、関節では臼の中をボールが転がる構造のため、その回転中心は必ずしも1点とならず、回転とともに移動するのが一般的であり、また、回転の面内への制約も弱く、肩関節のようにほとんどあらゆる方向に動く場合もある。
- × 2) 筋はその構造より収縮距離を大きくとることが困難な一方、比較的大きな筋力が得られる。したがって、多くの場合、槌子の原理によって移動距離を大きくとる必要が生じ、関節を支点として作用点よりも関節に近い側に筋が結合される。踵を持ち上げ爪先立ちするときのみ、足アーチを槌子として例外的に力が増強する。

第7回午前の部

- × 3) 指の屈伸では3つの関節が独立して屈伸するように筋や腱が結合されているわけではなく、主要な屈筋、伸筋のいずれに対しても3つの関節が一緒に動く重複的な結合になっている。これにより握る、開くの動作が円滑に行われる一方、1つの指の3つの関節を別々に動かすことが困難になる。
- × 4) 膝関節では体重を支え、かつ歩行のためには常に屈伸運動を繰り返す必要がある。摩擦があればすぐに磨耗し歩行できなくなるであろう。アイススケートで氷上を滑る場合やベアリングの摩擦係数が0.1程度なのに対し、膝関節の摩擦係数はそれらよりさらに小さく0.01~0.05の程度といわれている。
- 5) 関節部分では骨と骨が直接ぶつかりあい、しのぎを削るのを防ぐために、まず、関節軟骨が骨を覆い、さらに適度の粘性をもつ関節液がその間を潤滑油のように満たしている。関節液が流失しないよう袋状の構造(関節包)もみられる。

【問題 29】 血行動態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) 血液は理想流体とみなせるので、ベルヌーイの法則に従う。
- 2) 血管内の流速は、層流であれば中心部と周辺部でほぼ等しい。
- 3) 流速が大きいほど、血液の粘性率が大きくなる。
- 4) 赤血球は、その直径よりも内径の小さい毛細血管を通過することができる。
- 5) 赤血球が毛細血管を通過するときには、連銭形成する。

【正解】 ② = 4)

【解説】 血液がいろいろな太さの血管の中を流れるときの様子、つまり血行動態について問う問題である。定量化が困難な現象も含まれるが、少なくとも定性的には知っておいてほしいことばかりである。

- × 1) 血液には粘性があり、また血球や血小板を含み粘性にはさらに速度依存性があつて非線形の現象をともなう。このため血液は、圧縮性のほかに粘性も無視できる理想流体とも、粘性が定数に確定する（つまり、ずり応力が粘性係数と速度勾配のみで決まる）ニュートン流体ともみなされない。したがって、理想流体にのみ成立するベルヌーイの法則にはもちろん従わない。
- × 2) 粘性を有する流体が管内を層流で流れるとき、管壁部（周辺部）では流体が管壁に粘着し、流速が0なのに対し、管の中心部では平均流速より早い速度で流れる。血管のように円管の場合には、流速分布が管壁で速度0の回転放物面になることも容易に計算できる。また、回転放物面の流速プロファイルの体積は単位時間当たりの流量となり、これが圧力勾配に比例し、粘性に反比例するほか、管の内径の4乗に反比例するという、ポアズイユの式が導かれる。また、管内の流れが乱流の場合には、管壁近傍のわずかな領域を除いてほぼ一様な流速分布になる。

第7回午前の部

- × 3) 血液での実測では流速が小さいほど粘性率が大きくなることが知られており、その原因として、赤血球ほか、血液中の微小構造物の振舞いが指摘されている。低流速では、これらの微小構造物がかっつきあい塊状になり、あるいは連鎖形成し、見かけの粘性を増加させ、また高流速では、ばらばらになって粘性を減少させる、などである。
- 4) 赤血球は中心部の厚みが周辺部より薄い煎餅状で、極めて柔軟のため、折れ曲がって自身よりも細い毛細管の中をも通過する。このとき管壁と赤血球が直接接し酸素、二酸化炭素などの物質交換が効率よく行われる。
- × 5) 上記3)でも述べたように、赤血球には低流速で数珠玉状につながる、連鎖形成が生ずるが、これは赤血球に比べ管径が十分に大きい血管内で血液がよどむ場合のことであり、毛細管内のように、狭いところを無理に流れるときは連鎖形成の余地はなく、ばらばらな状態で通過する。

【問題 30】 血液・組織の光学的特性について誤っているのはどれか。番号を解答欄 ㉔ にマークせよ。[6]

- 1) 波長 900 nm 付近の赤外線吸収係数は、脱酸素ヘモグロビンより酸素加ヘモグロビンの方が小さい。
- 2) 血液中の後方散乱光の強度は、ヘマトクリット値に依存する。
- 3) 紫外線 UVc (波長 190~290 nm) は、皮下組織の細胞に到達しない。
- 4) 眼球の水晶体は紫外線をよく吸収する。
- 5) メラニンの光吸収は、可視光の範囲で波長の増加とともに単調減少する。

【正解】 ㉔ = 1)

【解説】 血液や生体組織の光学的特性を雑多に問う問題である。

- × 1) 赤色 (波長 600 nm 付近) の可視光では酸素加ヘモグロビンの方が明るく鮮やかに見え、吸収係数が小さい。しかし、赤外光で波長が長くなるにしたがい、両者の吸収係数は接近し、約 810 nm の付近で交差して、さらに波長が長い領域では逆転する。つまり波長 900 nm 付近で吸収係数は酸素加ヘモグロビンの方が大きくなる。
- 2) 血液中での光散乱は微小構造物の存在に依存し、その濃度はヘマトクリット値で表される。
- 3) 紫外線は波長域により、UVa (320~400 nm)、UVb (290~320 nm)、UVc (190~290 nm) に区分されてそれぞれの生体影響が論じられる。影響の相違は主に生体内への到達深度の違いによる。生体はメラニン色素などを生成し、紫外線の侵入を防ぐ。波長の短い紫外線ほど高エネルギーで生体影響が深刻だが、侵入深度は浅い。UVa は減衰が少なく、皮下組織の細胞まで効果的に到達しうるが、UVb では真皮まで、UVc では表皮の顆粒層程度までに吸収され、実効的には皮下組織まで到達し得ない。
- 4) 紫外線により眼、特に光の入口の水晶体を痛めるのはここによく吸収されるためである。水晶体に限らず、水を含む組織は可視光に対し透明であっ

第7回午前の部

でも紫外光および遠赤外光をよく吸収する。一般に水は可視光および近赤外光のみを選択的に透過する窓と考えてよい。

- 5) メラニンは特に短波長の紫外線をよく吸収するが、可視光の範囲では波長の増加とともに吸収しなくなり、皮下組織への侵入を許す。

【問題 31】 脈波伝搬速度 (PWV) に関係が少ないのはどれか。番号を解答欄

⑳ にマークせよ。[6]

- a. 血液の圧縮率
- b. 血流速度
- c. 血圧
- d. 血管壁円周方向の弾性率
- e. 血管壁の厚さと血管内径の比

- 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 = 1)

【解説】 管の中の流体を伝わる圧力波の伝播速度 (v) はアリエビの式：

$$v = \{\rho\beta + (\rho \cdot D)/(E \cdot h)\}^{-1/2} [\text{m/s}]$$

で表される。ただし、 ρ ：流体の密度、 β ：流体の圧縮率（体積弾性率）、 E ：管壁の弾性率（ヤング率）、 h ：管壁の厚さ、 D ：管の内直径である。

この式の第1項は流体を媒質とする無限に広い空間を圧力波が自由に伝播するときの伝播速度を表し、たとえば、水中や血液中では約 1500 m/s、空気中では約 340 m/s である。第2項は流体が管で囲まれ、その軸方向の伝播を考えたときの補正項である。管壁の弾性率 E が大きいとか、 D/h が小さい（つまり管の厚さに比べ、管の内直径が小さい）などの条件があれば、この補正項は小さくなり無視できる。しかし、血管の場合はこれらが成立せず、むしろ第2項の方が大きくなり、第1項を無視して伝播速度を近似的に表すことができる。このとき、伝播速度は無限空間の場合より遅くなるのがこの式より明らかである。

脈波伝播速度 (PWV) には、アリエビの式の第1項を省略し、第2項のみとした、メーンズ・コルテヴェーグの式：

$$\text{PWV} = \{(E \cdot h)/(\rho \cdot D)\}^{1/2} [\text{m/s}]$$

が適用される。この式に直接現れる量のほかに、間接的に関連する血圧などもあ

第7回午前の部

るので注意を要する。

- a. 一般に空間など広い媒質中の圧力波伝搬には媒質の圧縮性（体積弾性率で表す）と媒質の密度が伝搬速度に関与する。しかし、管内の圧力波伝搬においては、媒質の圧縮性よりも管壁の弾性の影響の方が大きく、メーンズ・コルテヴェーグの式で示されるように媒質の圧縮性を無視して波動伝搬を論ずることができる。
- b. 管内の血流速度は媒質の移動する速度であり、圧力波の伝搬速度よりはるかに遅く、圧力波伝搬の位相をわずかに変調することがあっても大局的な伝搬速度を変えることはない。
- × c. 血圧は血管を押し広げ、管の弾性が非線形のことともなって、圧力波伝搬に関与する管壁弾性の基準値を変えて伝搬速度に影響を与える。
- × d. メーンズ・コルテヴェーグの式より明らかなおり弾性率 E に関係がある。
- × e. 同上、血管の壁厚と内径の比 D/h に関係がある。

第7回午前の部

【問題 32】 次の生体反応のうち急性反応はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- a. 組織吸収
- b. 血小板凝集
- c. 石灰化
- d. 悪性腫瘍化
- e. 発熱反応

- 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)

【解説】

- × a. 組織吸収 : 慢性異物反応
- b. 血小板凝集 : 急性異物反応
- × c. 石灰化 : 慢性異物反応
- × d. 悪性腫瘍化 : 慢性毒性反応
- e. 発熱反応 : 急性毒性反応

【問題 33】 注射筒などの医療用硬質材料として用いられている高分子材料はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。〔4〕

- a. ポリプロピレン
- b. ポリカーボネート
- c. ポリ塩化ビニル
- d. ポリウレタン
- e. シリコーンゴム

- 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】 ① = 1)

【解説】

- a. ポリプロピレン：人工肺膜材料に用いられるほか，注射筒などの硬質材料にも利用されている。
- b. ポリカーボネート：硬質のプラスチック材料の1つで，たとえば，人工肺の外筒などに用いられている。
- × c. ポリ塩化ビニル：軟質高分子材料の1つで，血液バッグ，血液回路などのディスポーザブル製品に広く利用されている。
- × d. ポリウレタン：軟質高分子材料の1つで，人工心臓，大動脈バルーンカテーテルや血液浄化器の接着剤などに利用されている。
- × e. シリコーンゴム：弾性材料や繊維材料として利用されており，後者では気体透過性のよいことから人工心肺膜としても使用されている。

第7回午前の部

【問題 34】 人工腎臓，人工肺，人工血管などに利用されている繊維状高分子材料にポリエチレン，ポリエチレンテレフタレートなどがある。他に知っている材料の一般名を2つ挙げ，解答欄 ， に記入せよ。[5×2=10]

【正解】 ㊸㊹=再生セルロース，ポリテトラフルオロエチレン，ポリスルホンなど

【解説】 人工腎臓や血漿分離などの血液浄化に用いられる繊維状膜材料に，セルロース，ポリエチレン [PE]，ポリプロピレン [PP]，ポリアクリロニトリル [PAN]，ポリメチルメタクリレート [PMMA]，ポリスルホン [PS]，ポリアミド [PA]，ポリビニルアルコール [PVA] などがある。これらは最近では中空糸状が大半で，その内側に患者血液を流す。このほか，人工肺用ガス交換膜としてポリプロピレン [PP] が，人工血管材料としてポリテトラフルオロエチレン [PTFE] とポリエチレンテレフタレート [PET] などが臨床利用されている。

【問題1】 次の医療用具と薬事法に関する文章について、空欄に当てはまる語句を解答欄 ～ に記入せよ。[3×3=9]

1-1 医療用具とは、「人もしくは動物の疾病の診断，治療もしくは に使用されること，または人もしくは動物の身体の構造，もしくは機能に影響を及ぼすことが目的とされている器具器械であって で定めるものをいう。」と定義されている。

1-2 医療用具を業として製造，あるいは輸入・販売するにあたり，薬事法では製造（営業）所ごとに の許可を受けることを規定している。

【正解】 ㉠=予防 ㉡=政令 ㉢=厚生労働大臣

【解説】 医療用具と薬事法についての基本的な事項に関する問題である。

1-1

薬事法によると，医療用具とは「人もしくは動物の疾病の診断，治療もしくは予防に使用されること，または人もしくは動物の身体の構造，もしくは機能に影響を及ぼすことが目的とされている器具器械であって政令で定めるものをいう。」と定義されている（第2条）。

1-2

医療用具を業として製造，あるいは輸入・販売するにあたり，薬事法では，製造（営業）所ごとに厚生労働大臣の許可を受けること，および原則として，品目ごとに厚生労働大臣の承認を受けることを規定している。

第7回午後の部

【問題2】 次のうち正しいのはどれか。番号を解答欄①にマークせよ。

[5]

- a. 医療関連サービスマークの認定は、厚生労働省が直接行う。
- b. JIS は、工業標準化法に基づいた国家規格で、すべての工業製品が遵守^{じゅんしゅ}しなければならない規格である。
- c. 薬事法施行令による「修理する物およびその修理の方法に応じた区分」は6区分となっている。
- d. 特定修理業以外の修理業についても、責任技術者になるためには基礎講習と専門講習の受講が必要である。
- e. 医療用具の規格には、製品規格以外に方法規格、基本規格などがある。

- 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】 ①= 7)

【解説】 この問題は JIS などの規格、改正薬事法に基づく修理業および医療法の一部改正による医療機器の点検業務に関する問題である。それぞれの事項について正しいかどうかをしてみる。

- × a. 改正医療法施行令でいう厚生労働省令で定める基準に適合するものの認定については、(財)医療関連サービス振興会が厚生労働省の委託を受け、いわゆるマル適マークである「医療関連サービスマーク制度」の中で行うこととなっている。
- b. JIS は、昭和24年6月に制定された工業化標準法に基づき制定された生産、流通、使用などを通じて適用される国家規格である。
- × c. 薬事法施行令の規定による「修理する物およびその修理の方法に応じた区分」は、施行規則別表第1の4（講習会テキスト参照）に掲げる9区分となっている。
- × d. 薬事法施行規則における修理業の要件として、特定修理業者以外の修理業

第7回午後の部

者の責任技術者資格として、”イ) 医療用具の修理に関する業務に3年以上従事した後、厚生労働大臣が指定する基礎講習を終了した者、ロ) 厚生労働大臣がイ)に掲げる者と同等以上知識経験を有すると認めた者、というように定められている。

- e. 規格はその内容によって、製品規格（製品の形状、寸法、品質、機能などを規定したもの）、方法規格（試験・分析・測定方法や作業標準などを規定したもの）、基本規格（用語、標準数、単位などを規定したもの）のようなものに分類される。

【問題3】 次のPL法と医療機器の保守点検・修理業務に関する記述で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. 医療用具の使用により被害が生じた場合、PL法の適用にあたって、使用者の知識・技量の程度は関係しない。
- b. 耐用年数を過ぎた医療用具の故障などは、PL法にいう製品の欠陥にはあたらない。
- c. 保守点検・修理業務の行為は、PL法における製造物にはあたらない。
- d. 医療用具の修理ミスにより患者に被害が生じた場合、PL法は適用されない。
- e. 機器を点検しないで使用して患者に被害を生じた場合、PL法が適用される。

- 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=4)

【解説】医療用具の欠陥にあたり、PL（製造物責任）法の適用と保守・点検の関連に関する問題である。それぞれの事項について正しいかどうかをしてみる。

- × a. 平成5年10月の中央薬事審議会製造物責任制度特別部会報告書では、医療用具と欠陥という項において、医療用具は使用者の専門知識や技量による使用結果が大きく左右されるため、被害が生じた場合、医療用具の欠陥によるものか、使用者の知識・技量の不足によるものかについての慎重な判断が必要なことが記述されている。
- b. 上記のaと同じ報告書では、耐久消費財としての要素が強い医療用具については、消費者が合理的に認識することができる耐用年数を経過した後の故障等は、原則として欠陥にあたらないと解すべきであるということが記述されている。
- c. 保守点検・修理業務の行為そのものは、PL法にいう製造物にはあたらない。

第7回午後の部

いと解されている。

- d. 上記のcで述べたことから、もし医療用具の点検ミスや修理ミスにより患者に被害が生じた場合、PL法は適用されず、従来どおり、民法第709条（不法行為責任）が適用されると考えられている。
- ×e. 無点検機器の使用により患者の身体や財産に被害が生じた場合、PL法の適用対象とはならず、機器の管理責任（医療法第15条の2：保守点検の実施主体、臨床工学技士法第2条の2：保守点検を業とする唯一の医療資格、および同法第39条：適正な医療の確保）が問われることになると考えられる。

第7回午後の部

【問題4】 JIS T 1001 および JIS T 1002 は 1999 年 12 月に、JIS T 0601-1 に改訂・統合された。この新しい JIS について正しいのはどれか。番号を解答欄 ③ にマークせよ。[5]

- a. 改訂後 10 年間は、製造承認の際は、新旧のどちらの JIS に依ってもよい。
- b. 機器の形別分類はなくなり、装着部の分類になった。
- c. 患者漏れ電流 I・II・III のすべてに直流規制値が加わった。
- d. 定格電流 10 A 以下のクラス I 機器の保護接地線の抵抗は、25 A の商用交流で測定する。
- e. 新たに義務付けられたタッチプルーフ機構とは、電源スイッチがうっかり切られないようにカバーを付けることである。

- 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] ③ = 6)

[解説] JIS T 0601-1 は、国際規格である IEC 60601-1 の「完全翻訳規格」として生まれ変わった。JIS T 0601-1 は、JIS T 1001 と JIS T 1002 の両方の内容を含んでおり、医用電気機器の安全に関する要求事項とそれを確認するための試験方法からなっている。

規格の名称も、IEC 60601-1 “Medical electrical equipment-Part 1 : General requirements for safety” の日本語訳として、JIS T 0601-1 「医用電気機器 - 第 1 部：安全に関する一般的要求事項」になった。

× a. 新しい JIS T 0601-1 は 1999 年 12 月 27 日に制定されたものであるが、厚生労働省の医療用具の製造・輸入・販売にかかわる許認可の際の「安全基準」としては、制定後 5 年間は、現用 JIS T 1001, 1002 を併用してよいことになっている。2004 年 12 月よりは、新しい JIS T 0601-1 が完全適用されるが、この間の経過措置の間は、新旧の規格が「正しいもの」として併用されるので、両者の内容と違いをしっかりと把握しておくことが必要で

ある。

- b. JIS T 1001 の電撃の保護の程度による機器分類である「〇〇形機器」という呼び方が、すべて「〇〇形装着部」というような、装着部の分類に変わった。すなわち、医用電気機器の装着部は、B形装着部、BF形装着部、CF形装着部のどれかでなければならない。

この改訂の理由は、「複数の異なった形の装着部が1つの機器の中にある場合は、単純に1つの形の〇〇形機器とは言えない」からである。

- × c. 「患者漏れ電流 I」に従来の交流規制値に加えて、新たに「直流規制値」が加わった。

従来の「患者測定電流」と同じく、直流による電解質溶液（人体組織）の電気分解によって生じる有害物質が人体組織を拐傷する恐れがあるため、直流漏れ電流は、すべての形について、正常状態 0.01 mA、単一故障状態で 0.05 mA 以下という厳しい基準を設けた。

- d. 保護接地線の抵抗測定法として、JIS T 0601-1 では、「……25 A か定格電流の 1.5 倍の電流の内どちらか大きい方の電流値を少なくとも 5~10 s ……」に改訂され、より厳しくなった。よって、定格電流 10 A のクラス I 機器の保護接地線の抵抗は、25 A か 10 A×1.5 のどちらか大きい方で試験するので、25 A 以上の商用交流で測定しなければならない。

- × e. 「患者への装着部に接続するコネクタ部」はタッチプルーフ機構が義務付けられた。

規格では「装着部に接続する患者コードのコネクタ部は大地または危険な電圧に接触できない構造とすること」という規定が新たに加わった。すなわち、「患者コードの本体部への接続コネクタは、金属部が剥き出しではいけない」ということで、このことを通常「タッチプルーフ」機構という。

【問題5】 JIS T 1031「医用電気機器の警報通則」について正しいのはどれか。
番号を解答欄 ④ にマークせよ。[5]

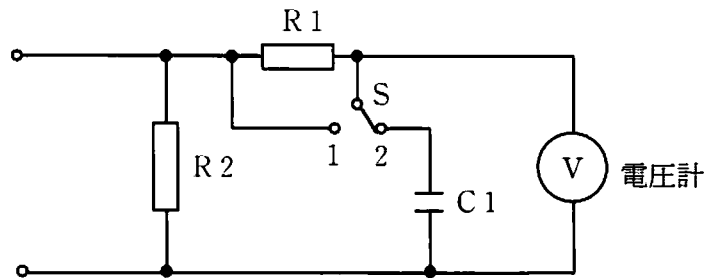
- 1) 緊急警報音は警戒警報音より高い音に設定する。
- 2) 警報音は正弦波を使わなければならない。
- 3) 発報中の警報音を小さくする調節器はつけてはならない。
- 4) 警報音の最大レベルは 120 dB 以上にしなければならない。
- 5) 光による注意報は赤色の点滅表示にしなければならない。

【正解】 ④ = 1)

【解説】

- 1) 緊急警報音の基本周波数は、1000～2000 Hz にすることになっており、警戒警報音の基本周波数 500～600 Hz より、高い音に設定するよう規定されている。
- × 2) 警報音の基本周波数は規定されているが、波形は規定されていない。
- × 3) 「警報音は、一時的に停止、または減衰できる手段を備えていることが望ましい。」と規定されており、発報を確認した警報音は小さくできるのが一般的である。
- × 4) 「警報音の最大音圧レベルは 70 dB 以上であること。」と規定されている。音圧 120 dB はジェット機の爆音に匹敵するような轟音である。
- × 5) 光による注意報は「黄色の連続点灯とする」と規定されている。赤色の（警報音に同期した）点滅表示は緊急警報である。また、警戒警報は、警報音に同期した黄色の点滅表示とする。

【問題6】 JIS T 0601-1では、図のような「漏れ電流測定器」を規定している。図で、スイッチSは通常2側で測定するが、1側にするのはどのような場合で、何を確かめるためか。100字以内で解答欄⑦に記述せよ。[7]



【正解】 ⑦=(例) 漏れ電流に高周波が含まれている可能性がある場合に、漏れ電流の総量が10 mAを超えないか確かめるために2側にし、R1 C1で構成される低域フィルタを取り除いた形で測定する。

【解説】 JIS T 0601-1に規定されている「漏れ電流測定器」は、1 kHz以上の高周波漏れ電流がkHz単位で表した係数倍(10 kHzなら10倍、100 kHzなら100倍)だけ許容される(人体が高周波には感電しにくい特性をもつから)ことを測定器の周波数特性として実現した測定器である。しかし、高周波でも数10 mAの電流が流れると熱傷の危険が生じるので、1 kHz以上の高周波が含まれる可能性がある場合は、スイッチSを2側にして、フィルタを外して実流を測ることになっている。

【問題7】 超音波診断装置に関して使用されない言葉はどれか。番号を解答欄

⑤にマークせよ。[4]

- a. DBF (デジタル・ビーム・フォーマ)
- b. TOF (タイム・オブ・フライト)
- c. NEAR ゲイン・FAR ゲイン
- d. パワードプラ (カラーパワーイメージ)
- e. 緩和時間

- 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】 ⑤=7)

【解説】

- a) DBF (デジタル・ビーム・フォーマ) は、1本の超音波ビームを多数の細かな発振素子の励起位相をずらせることにより形成する際に、さらに時系列的にも細かい制御を行い、シャープで奥深くまで焦点が維持できるようにする電子的な開口合成を行う技術。
- × b) TOF (タイム・オブ・フライト) は、通常はさらに高速で伝播する電磁波での計測に際して用いる。通常の臨床診断に用いる反射法での超音波診断装置では、深さ方向の位置情報を超音波信号が往復する時間から知るが、これをTOFとは呼ばない。
- c) NEAR ゲイン・FAR ゲインは、近距離と遠距離の超音波信号の増幅度すなわちゲインあるいはさらに画面上の輝度まで含めた観察のしやすさを調整するスイッチのこと。臨床現場で超音波検査に携わっている方には、とても易しい問題。
- d) パワードプラ (カラーパワーイメージ) は、超音波ドプラ信号が、従来はドプラシフト成分の周波数の変化のみを扱って速度換算していたのに対して、当該サンプルボリューム内の血液のどのくらいの量がその速度で運動

第7回午後の部

しているかまで示すもので、ドブラシフト成分の強さを利用した速度と移動物質を表す。したがって、超音波診断に用いられる用語である。

× e) 緩和時間は、MRI で用いられるスピンの元にもどる（緩和）時間のことである。超音波診断領域では用いない。

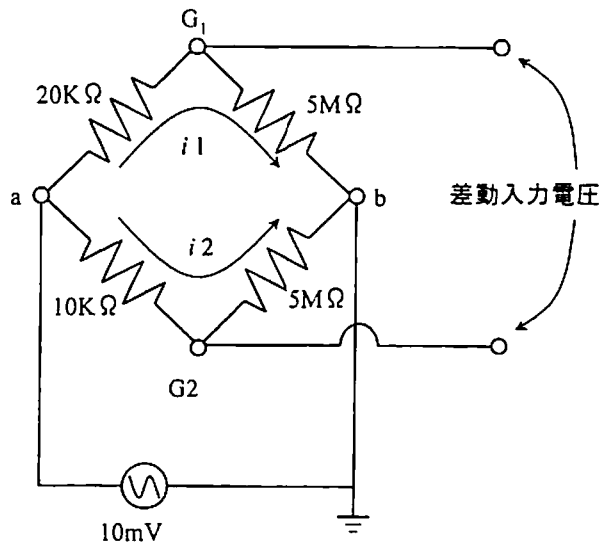
第7回午後の部

【問題8】 患者の頭部における交流雑音（対地電位）が10 mVであった。2つの電極の接触抵抗がそれぞれ10 kΩと20 kΩ，差動増幅器の2つの入力端子と接地間の入力抵抗がそれぞれ5 MΩであるとき，脳波信号に混入する雑音はいくらか。番号を解答⑥にマークせよ。ただし，差動増幅器のCMRRは十分大きく，またリード線による雑音の影響はないものとする。[4]

- 1) 10 μV
- 2) 20 μV
- 3) 50 μV
- 4) 0.1 mV
- 5) 0.5 mV

【正解】 ⑥ = 2)

【解説】 対地電位10 μVをもつ頭部の交流雑音電圧と電極接触抵抗および差動増幅器の入力抵抗との間の関係は下図のようになっている。いま，差動増幅器のCMRRは十分大きいことが条件であるため，本問題は差動増幅器の入力抵抗両端の交流雑音電圧を求めればよい。



第7回午後の部

a点を基準としたとき、電流 i_1 による G_1 の電位は

$$\begin{aligned} 20 \text{ k}\Omega \times i_1 &= (20 \text{ k}\Omega \times 10 \text{ mV}) / (20 \text{ k}\Omega + 5 \text{ M}\Omega) \\ &\simeq (20 \text{ k}\Omega \times 10 \text{ mV}) / 5 \text{ M}\Omega \\ &= 40 \mu\text{V} \end{aligned}$$

a点を基準としたとき、電流 i_2 による G_2 の電位は

$$\begin{aligned} 10 \text{ k}\Omega \times i_2 &= (10 \text{ k}\Omega \times 10 \text{ mV}) / (10 \text{ k}\Omega + 5 \text{ M}\Omega) \\ &\simeq (10 \text{ k}\Omega \times 10 \text{ mV}) / 5 \text{ M}\Omega \\ &= 20 \mu\text{V} \end{aligned}$$

したがって、 $G_1 - G_2$ 間の差動増幅器に入力される差動入力電圧は

$$40 \mu\text{V} - 20 \mu\text{V} = 20 \mu\text{V}$$

第7回午後の部

【問題9】 次の文章の空欄に当てはまる語句を解答群から選び、番号を解答欄

⑦～⑩にマークせよ。[2×4=8]

9-1 動脈血の酸素分圧は⑦電極によって測定されるが、これはアンペロメトリック法と呼ばれ、電極先端は血液中の酸素を通過させる⑧膜で覆われている。

- | | |
|--------------|----------------|
| 1) pH | 2) ガラス |
| 3) クラーク | 4) テフロン |
| 5) トノメトリー | 6) ポリプロピレン |
| 7) クロマトグラフィ | 8) セバリングハウス |
| 9) アンペロメトリック | 10) ポテンショメトリック |

9-2 炭酸ガス分圧は⑨電極によるポテンショメトリック法の応用である。構造的には、電極の表面にスペーサがあり、その外側は炭酸ガスが通過できる⑩膜で覆われている。

- | | |
|--------------|----------------|
| 1) pH | 2) 白金 |
| 3) クラーク | 4) テフロン |
| 5) オキシメトリー | 6) バリノマイシン |
| 7) ナイロンメッシュ | 8) ポーラログラフィ |
| 9) アンペロメトリック | 10) ポテンショメトリック |

【正解】⑦=3) ⑧=6) ⑨=1) ⑩=4)

【解説】

9-1

陰極に白金，陽極に銀-塩化銀を用い，この間に-0.6 Vの電圧を加えておくと，酸素透過膜であるポリプロピレンを介して透過したO₂は陰極先端で次式にしたがってOH⁻に還元され，このときO₂分子1個に対して4個の電子が消費される。



クラークはこの原理を応用して，酸素分圧を測定する電極を開発した。この酸素電極を一般にクラーク電極と呼んでいる。4個の電子が消費されることにより電流変化を検出することから，この方法をアンペロメトリック法と呼ばれている。

pH電極にはガラス電極が用いられ，ガラスで隔てた内側と外側にH⁺濃度の変化があると電位差（電圧）が生じることの原理を応用したもので，これを後述するポテンションメトリック法と呼んでいる。バリノマイオンはNa⁺やK⁺等の電解質を検出するためのイオン感応膜の1つである。

9-2

炭酸ガス分圧はpHガラス電極をCO₂透過膜であるテフロン膜で覆った電極であり，テフロン膜を透過したCO₂によってガラス面とテフロン膜の間の重曹水のpHが変化するため，ガラス内側とガラス外側の間にCO₂分圧に比例した電位差が生じる。ポーラログラフィはクラーク電極による基本原理の総称である。なお，炭酸ガス分圧測定電極はクラーク電極と同様開発者の名前をとり，セバリングハウス（Severinghaus）型電極ともいう。

第7回午後の部

【問題 10】 熱線式呼吸流量計について正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- a. 熱線にはステンレス線が使われている。
- b. 熱線は約 400°C に加熱されている。
- c. 熱線の温度をサーミスタによって検出している。
- d. 熱線の温度を一定にする電流変化から気流速を求めている。
- e. 測定値は ATPS 値に変換する必要がある。

- 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】 ⑩ = 6)

【解説】

- × a. 熱線には直径 20 μm 程度の細い白金線が使われている。
- b. 白金線に電流を流し、約 400°C に熱した抵抗線が使われている。
- × c. 熱線の温度は白金線に流した電流値または既値抵抗とのブリッジ回路による方法で検出している。
- d. 気流によって白金線が冷却し、温度が下がると常に 400°C になるように電流が増加し、その電流変化から気流速を求めている。
- × e. 測定値は BTPS 値で表示しなければならないが、400°C の熱線を使用した場合、熱線の出力特性はほぼそのまま BTPS 値を表示していると考えられる。

【問題 11】 次の文章の空欄に当てはまる語句を解答欄①～⑤に記入せよ。[5×3=15]

心電図解析装置における最重要の評価パラメータは解析精度である。それはコンピュータでの①認識とその計測，および経験的な解析論理に依存する。

現在の解析一致率は，心電図異常（所見）の少ない検診では95%程度，臨床検査では80%程度である。この中で，特に解析一致率の低い心電図として②などがある。

なお，心電図解析装置による解析結果は自動解析による所見であって，心電図診断ではないので，③が必要である。

[正解] ①=波形またはパターン ②=WPW 症候群，急性心筋梗塞，不整脈など ③=医師による確認，または，医師によるオーバーリード

[解説] 心電図解析装置による解析結果（解析精度）は，専門医の診断と比較してまだ不十分である。それは人間の目なら雑音があっても，それを除外したり，また補正などして波形の特徴を簡単に判別することができるが，コンピュータでは，波形の重要な部分を見落とししたり，間違っただもの（雑音など）を拾ってしまうなどの波形（パターン）認識の弱さに起因している。

特に，解析一致率の低い心電図に，P波やΔ（デルタ）波が診断の決め手になるようなWPW 症候群，わずかなST波の変化を読み取る急性心筋梗塞，また不整脈についても心電図の入力（取り込む）時間が短く，P波の識別が難しいなどから複雑な調律異常の判定などに問題を残している。

一般に，解析一致率は，心電図に異常の多い臨床検査（病院などでの診断・治療のために行う検査）では80%程度と低く，心電図に異常の少ない検診などでは95%程度と高い。いずれにしても，心電図解析装置による解析結果にはまだ問題を残しており，「心電図の最終的な診断は医師によって行われること」を徹底することである。

【問題 12】 観血式血圧計測に用いるカテーテルの特性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。[4]

- 1) コンプライアンスを上げると固有振動数は高くなる。
- 2) コンプライアンスを上げると制動係数は小さくなる。
- 3) 長くすると固有振動数は低くなる。
- 4) 長くすると制動係数は小さくなる。
- 5) 太くすると固有振動数は低くなる。

[正解] ⑫ = 3)

[解説] 観血式血圧計測におけるカテーテルの役割は、体内の測定対象の圧力(心室内圧, 大動脈圧など)を, 体外の圧トランスデューサに正しく伝えることである。カテーテルの構造は極めて単純であるが, そのカテーテルの性能(特性)が血圧測定精度をほぼ決定してしまう。一般に, カテーテルの特性は固有振動数と制動係数によって表すことができ, これらはカテーテル内の液体の慣性, 液体の粘性抵抗, 容積コンプライアンス(圧力に対する体積変化)によって決まり, 簡易的には以下の式により算出できる。

$$\text{制動係数 } h = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} \quad \text{固有振動数 } f_n = \frac{\omega^2}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

ただし, r = カテーテルの半径, l = カテーテルの長さ, ρ = 液体の密度, v = 液体の粘性係数, $L \doteq \frac{\rho l}{\pi r^2}$ (カテーテル内の全液体の慣性), $R \doteq \frac{8vl}{\pi r^4}$ (カテーテル内の全液体の粘性係数), C = カテーテル内の容積コンプライアンス

- × 1) 高くなる → 低くなる
- × 2) 小さくなる → 大きくなる
- 3) 正しい
- × 4) 小さくなる → 大きくなる
- × 5) 低くなる → 高くなる

【問題 13】 パルスオキシメータについて誤っているのはどれか。番号を解答欄

⑬にマークせよ。[4]

- a. 赤色光と赤外光の発光ダイオードを用いている。
- b. 受光部には CdS を用いている。
- c. 測定部位に強い光が当たると、測定値に影響を及ぼすことがある。
- d. 圧脈波を検出するため、プローブは測定部位に強く固定する。
- e. 測定部位の血管に脈動がないと測定できない。

- 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] ⑬= 6)

[解説] パルスオキシメータの基本的な原理は、2つの発光素子（発光ダイオード）と受光素子（フォトダイオード）で構成されたプローブを指先、足先などに装着し、酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの吸光度の差および光電式容積脈波を測定し、動脈血酸素飽和度を連続的にモニタする装置である。

- a. 発光波長 660 nm の赤色光と 910 nm の赤外光の発光ダイオードが使用されている。
- × b. 受光部にはフォトダイオードが使用されている。CdS はフォトダイオードに比して応答速度および形状の大きさにより使用されていない。
- c. プローブを装着している測定部位に無影灯や外光などの強い光が当たると、これらがフォトダイオードに混入して容積脈波が計測できなくなる。特に末梢循環が悪く、測定部位での容積変化が小さな状態などでは、S/N が悪くなり測定値に影響を及ぼす。
- × d. プローブ装着部位の血液の吸光度および容積変化を測定するので、プローブを強く巻きつけると容積変化が検出できないばかりか循環障害を発生させる。
- e. 測定する部位の血管における容積変化（脈動）を測定し、動脈と静脈の識別をするので、容積変化がない場合は測定できない。

【問題 14】 ゴム管の内径を操作盤で設定すると、吐出量がメータで直読できる人工心肺装置がある。装置のローラポンプに内径 10 mm のゴム管を装着した。手術開始時に、設定内径を誤って 12 mm と設定してしまった。メータを見ながら、吐出量を毎分 3 ℓ に設定して送血したとすると、実際の吐出量は、およそ毎分何 ℓ になっているはずか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- 1) 1.5ℓ
- 2) 2.1ℓ
- 3) 2.5ℓ
- 4) 3.6ℓ
- 5) 4.3ℓ

【正解】 = 2)

【解説】 人工心肺ポンプで、操作盤に使用ゴム管の内径を設定すると、ポンプの吐出量がメータで直読できるようになったものがある。この内径の設定を間違えると、設定値と実際の吐出量が違ってしまって、時に、重大な事故が起こりうる。使用機器によっては、わずかな設定ミスも大きな誤動作につながる可能性があることを認識しなければならない。

ローラポンプの吐出量は、次式で計算できる。

$$[\text{ゴム管の断面積}] \times [\text{ローラでしごかれるゴム管の長さ}] \times [\text{回転数}]$$

ここで、[ローラでしごかれるゴム管の長さ] × [回転数] が変わらないとすれば、吐出量は [ゴム管の断面積] に比例することになる。

[ゴム管の断面積] = $2\pi \times [\text{ゴム管の内半径}]^2$ であるから、結局、吐出量は [ゴム管の内半径] の 2 乗に比例することになる。

内径 10 mm のゴム管を装着しておきながら、これを 12 mm と誤って設定した場合、内部の計算機構は、ゴム管の断面積を $(12/10)^2$ 倍だけ大きく計算し表示することになる。すなわち、1.44 倍大きく表示することになる。よって、実際の吐出量は表示値の $1/1.44 = 0.694$ 倍しか出ていないことになる。よって、実際の吐出量は、 $3\ell/\text{min} \times 0.69 = 2.1\ell/\text{min}$ になってしまっているはずである。

【問題 15】 ペースメーカー、ICD (Implantable Cardioverter Defibrillator) 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。[4]

- 1) ICD の植え込み時には、実際に心室細動を発生させてテストを行う。
- 2) ICD にはペースメーカーの機能がある。
- 3) ペースメーカー不全の原因に電極リードのフローティングがある。
- 4) ペースメーカーのプログラマは他メーカーのものでも使用できる。
- 5) ペースメーカー患者に電気メスを使用すると、設定レートが変更されることがある。

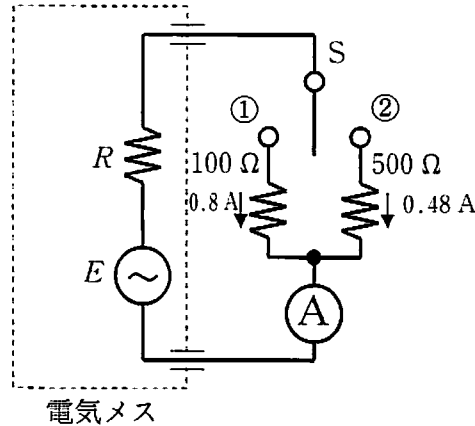
【正解】 ⑮ = 4)

【解説】

- 1) ICD の植え込み時には、ICD が適切に作動するかどうかを、実際に心室細動を発生させてテストを行う。
- 2) 最近の ICD には除細動機能だけでなくペーシング機能も備わっている。
- 3) ペースメーカー不全の原因で最も多いのが、電極リードの位置が植え込み当初の適切な位置から移動してしまうトラブルで、電極が心筋壁から離れてフローティング状態になることが多い。
- × 4) ペースメーカーのプログラマは標準化されておらず、各製造メーカーが用意したものの以外は使用できない。
- 5) ペースメーカー患者に電気メスを使用すると設定レートが変更したり、最悪では停止することもあるので、ペースメーカー患者に電気メスを使用することは原則的に禁忌である。しかし、どうしても使用しなくてはならないケースもあり、その場合は、なるべくペースメーカー植え込み部位から離して使用する、電気メスの出力を極力上げない、体外式ペースメーカー等でバックアップするなどの注意が必要である。また、電気メス使用後は、ペースメーカーの各設定が変更されていないかどうかを確認することが重要である。

【問題16】 電気メスの内部抵抗 R を求めるため図のような測定を行った。スイッチ S を①側に倒したとき高周波電流計 A は 0.8 A を指示し、 S を②側に倒したとき 0.48 A を指示した。このとき R の値は何 Ω になるか。番号を解答欄 にマークせよ。ただし、測定に用いた抵抗は無誘導形、電気メスの出力は切開出力であり、本体の条件は変わらないものとする。[4]

- 1) 100Ω
- 2) 200Ω
- 3) 300Ω
- 4) 400Ω
- 5) 500Ω



【正解】

【解説】 電気メスの内部抵抗を求める際の測定である。回路の負荷抵抗を R_1 , R_2 , スイッチを切り替えたときの電流を I_1 , I_2 とする。

S を①側に倒したとき S を②側に倒したとき、

$$I_1 = \frac{E}{R + R_1} \qquad I_2 = \frac{E}{R + R_2}$$

$$E = 0.8(R + 100) \dots\dots\dots \text{①}$$

$$E = 0.48(R + 500) \dots\dots\dots \text{②}$$

本体の条件は変化しないので、起電力 E は一定として①, ②より

$$0.8(R + 100) = 0.48(R + 500)$$

$$0.32 R = 160$$

$$R = 500[\Omega]$$

第7回午後の部

【問題 17】 ホースヒータ付加温加湿器において、チャンバの出口温度を 34°C、患者口元温度を 37°C に調整した。このとき、チャンバの出口での相対湿度は 90% であった。この状態での口元における相対湿度はいくらか。番号を解答欄 ⑰ にマークせよ。ただし、34°C における飽和水蒸気量は 36.5 mg/ℓ、37°C における飽和水蒸気量は 43.8 mg/ℓ とする。[4]

- 1) 55%
- 2) 65%
- 3) 75%
- 4) 85%
- 5) 95%

【正解】 ⑰ = 3)

【解説】 人工呼吸器使用時における加温加湿は気道管理上重要であり、吸気の温度および湿度の関係を把握しておく必要がある。絶対湿度と相対湿度の関係は次のようになる。

$$\text{相対湿度} = \frac{(\text{測定時の空気中の水蒸気量})}{(\text{測定時の気温での飽和水蒸気量})} \times 100[\%]$$

まず 34°C における相対湿度と水蒸気量（絶対湿度）の関係は、

$$(\text{水蒸気量} \div 36.5) \times 100 = 90[\%]$$

となり、これより

$$\begin{aligned} \text{水蒸気量} &= 36.5 \times 0.9 \\ &= 32.85[\text{mg}/\ell] \end{aligned}$$

したがって、

$$\begin{aligned} 37^\circ\text{C} \text{ における相対湿度} &= (32.8[\text{mg}/\ell] \div 43.8[\text{mg}/\ell]) \times 100 \\ &= 75[\%] \end{aligned}$$

【問題 18】 人工心肺装置を使用し、両動脈弁置換術を行う。体外循環中に通常使用しない機器はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- a. 直腸体温計
- b. パルスオキシメータ
- c. 血液ガス分析装置
- d. 熱希釈式心拍出量計
- e. 血液凝固時間測定装置

- 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] ⑩ = 6)

[解説] 安全な体外循環を行うためには、安全性が高く信頼できるモニタが欠かせぬものである。人工心肺装置を使用中には様々なモニタ類が使用されるが、同時に使用できないものや、測定誤差が増加するものなどがあるため、測定原理を理解し、適切な装置の組み合わせを選択する必要がある。

- a. 体外循環中の患者の中枢温測定に使用される。このほか、咽頭温、鼓膜温、膀胱温および血液温などが測定されることもある。
- × b. 指または前額部などに装着することで動脈血酸素飽和度を連続的に監視する装置である。計測では脈圧による動脈の容積変化により動脈血からの信号成分を認識している。しかし、人工心肺中は脈圧の振幅が小さいので、測定誤差が大きくなることがあり、人工心肺を使用した体外循環中では一般的に使用されない。
- c. 人工心肺機能の評価および患者の状態把握をし、適切な体外循環が行われているかを確認するため必須のモニタである。採血による間欠的モニタが標準的な方法であるが、連続モニタシステムも開発されている。
- × d. スワン-ガンツカテーテル (Swan-Ganz catheter) を挿入し心拍出量を測定するものである。スワン-ガンツカテーテルは静脈から右心房、右心

第7回午後の部

室を経由して肺動脈に挿入されるので、右心系を切開する手術では使用できない。また、肺動脈弁を機械弁と置換した場合は術後も使用できない。

- e. 体外循環中は抗凝固剤としてヘパリンが用いられるが、ヘパリンの感受性には個人差があり、適切に血液の凝固能をコントロールするために必要である。

[備考] 体外循環に関しては以下の参考書などがある。

草川實編：体外循環の実際，南江堂，1991

井野隆史，安達秀雄編：最新体外循環 基礎から臨床まで，金原出版，1997

【問題 19】 温熱療法（ハイパーサーミア）は生体を加温する療法で、悪性腫瘍の治療などに用いられる。生体の加温法には RF 容量結合型加温法、マイクロ波加温法などがある。RF 容量結合型加温装置では、数 M～数十 MHz の RF 電流を用いて生体を加温する。この装置の特徴として誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- a. 電極の組み合わせにより、種々の温度分布を得ることができる。
- b. 大きさの異なる電極を使用した場合、大きい電極側が高温になる。
- c. 脂肪層が筋肉より加温されやすい。
- d. 組織内に発生する熱量は、電流密度と比抵抗の積に比例する。
- e. 皮膚表面を、ボースで冷却しながら使用することがある。

- 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】 ⑩ = 6)

【解説】 ハイパーサーミアとは、現在、臨床的には癌温熱療法を指すことが多い。腫瘍の温度を生理的な温度よりも高い温度に上げることで、治療効果を得るものである。放射線療法や化学療法と併用して行われることが多い。加温は RF 誘電加温法、マイクロ波加温法が主であるが、誘導型加温法、超音波加温法および体外循環による加温法もある。問題の RF 容積結合型加温装置は RF 誘電型加温装置とも呼ばれ、100 MHz よりも低い RF (radio frequency) 波を用い、高周波電流のジュール熱により癌組織を加温するものである。

- a. 1組の電極間に高周波電流を流し組織を加温する構造であり、電極の組み合わせにより、目的とする温度分布を得ることができる。
- × b. 小さい電極側の電流密度が高くなり、高温となる。
- c. 脂肪層は筋肉よりも比抵抗が高いため、同じ電流が流れると、ジュール熱の発生が大きく、高温となる。
- × d. 組織内に発生する熱量は電流密度の2乗と比抵抗の積に比例する。

第7回午後の部

- e. RF 誘電加温法式における最大の問題点は皮下脂肪が高温になることと、電極周囲が高温になることである。したがって、目的外の加温を防止するため、ボラス (bolus) およびオーバーレイボラス (overlay bolus) を用い、皮下を冷却する方法を用いる。また、電極が皮膚に密着していない場合も、部分的に高温部が生じるので、この予防のためにも使用される。

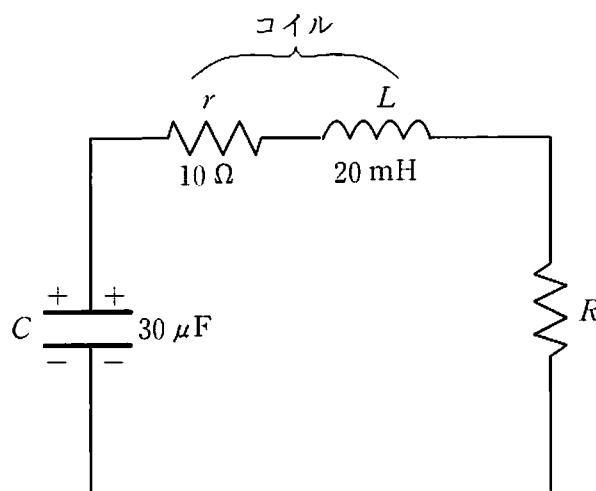
[備考] ハイパーサーミアに関する参考書は以下のものなどがある。

菅原努, 阿部光幸編: ハイパーサーミア 癌治療の新しい方法, マグプロス出版, 1984

日本ハイパーサーミア学会監: ハイパーサーミアマニュアル 効果的な癌治療法を実施するために, 医療科学社, 1999

【問題 20】 下図は除細動の放電時の等価回路である。コンデンサに蓄積されたエネルギーを放電するとき、その一部はコイルの抵抗成分で消費され、残りが負荷に出力される。したがって、コンデンサには、設定出力エネルギーにコイルの損失エネルギーを加えたエネルギーを充電しておく必要がある。通常、負荷抵抗 (R) を $50\ \Omega$ として充電エネルギーを決めている。

コンデンサ (C) の容量を $30\ \mu\text{F}$ 、コイルの抵抗成分 (r) を $10\ \Omega$ 、インダクタンス (L) を $20\ \text{mH}$ として、以下の設問に答えよ。



- 20-1 出力エネルギーを $200\ \text{J}$ に設定したとき、コンデンサに蓄積すべきエネルギー $[\text{J}]$ の値はいくらか。解答欄 ㉔ に記入せよ。ただし、 $R=50\ \Omega$ とする。[6]
- 20-2 出力エネルギーを $200\ \text{J}$ に設定して除細動を行った際に、電極のペースト不足で負荷抵抗が $110\ \Omega$ に上昇していた（内訳は電極接触抵抗 $60\ \Omega$ 、生体抵抗 $50\ \Omega$ とする）。電極装着部に加えられたエネルギーの値はいくらか。解答欄 ㉕ に記入せよ。[6]
- 20-3 除細動の際にペースト不足などで電極接触抵抗が上昇すると、主にどのような問題が起こりうるか。2つ挙げ、解答欄 ㉖ に記述せよ。[7]

[正解] ㉔=240 J ㉕=220(あるいは120)J ㉖=解説参照

[解説]

20-1

コンデンサに蓄積されたエネルギーを放電するときその一部はコイルの抵抗成分で消費され、残りが負荷に出力され消費される。消費されるエネルギーは抵抗値に比例するので、蓄積すべきエネルギーを x とすると、

$$x(50/(10+50))=200$$

が成り立ち、 $x=240$ J が求まる。

20-2

前問より蓄積エネルギーは240 Jとなるので、電極装着部に加えられるエネルギーは、

$$240(110/(10+110))=220 \text{ J}$$

が得られる。

なお、設問の電極装着部をペースト不足で高くなった電極接触抵抗と解釈すると、そこで消費されるエネルギーは、

$$240(60/(10+110))=120 \text{ J}$$

となる。

20-3

ペースト不足などで電極接触抵抗が上昇すると、前問(20-2)で計算したように電極接触抵抗で消費されるエネルギーが相対的に増加するので以下のような問題が起こりうる。

①生体(心臓)へ通電されるエネルギーが設定値よりも小さくなり除細動の成功率が下がる。

②電極を装着した部位の皮膚に熱傷が生じる。

【問題 21】 呼吸療法でみられるトラブルとその原因について不適切なのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- a. 人工呼吸器の換気圧の上昇が得られない——呼気弁の持続的閉鎖
- b. 加温加湿器による加湿ができない——滅菌水の入れ忘れ
- c. ネブライザによる薬液吸入ができない——ネブライザの目詰まり
- d. 医療ガス配管からの酸素供給圧の低下——除湿装置の故障
- e. 電気吸引器の吸引圧の上昇が得られない——吸引容器の亀裂

- 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】 呼吸療法でみられるトラブルとしては、医療ガスの供給異常が起こる、人工呼吸器が適切に作動しない、吸気ガスが加温加湿されない、薬剤吸入ができない、気道内の分泌物を吸引できないなどがあり、トラブルの種類によっては、患者に致命的に影響を与える危険性があるため、日頃から起こり得るトラブルについてはよく理解していて、迅速に対応できるようにしておく必要がある。

- × a. 呼気弁は呼気時に開き、呼気ガスが排出されるが、呼気弁が閉じたままの状態では、呼気ガスが呼出されず、換気圧は上昇し、放置しておくとう胸等の圧外傷を起こす危険性がある。
- b. 加温加湿器は吸気ガスを加温加湿するために用いられるが、滅菌水を入れ忘れると加湿できないし、そのまま加温を続けると発火等の危険性がある。
- c. ネブライザは薬液吸入の際に用いられるが、使用後放置しておくとう薬液の結晶により目詰まりを起こすため、使用後は滅菌水等で結晶を洗い流しておくとうよい。
- × d. 医療ガスの供給源設備で除湿装置を備えているのは圧縮空気供給装置で、酸素の供給圧とは関係ない。除湿装置での除湿が不十分な場合、水分が圧

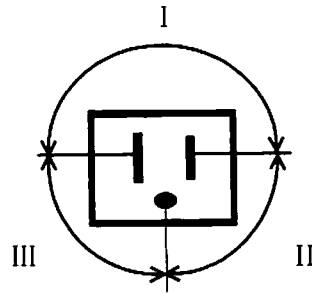
第7回午後の部

縮空気と共に供給され、人工呼吸器等の誤作動の原因となる。

- e. 電気吸引器で吸引圧の上昇が得られない原因の多くは、吸引容器の蓋が開いている、吸引容器に破損・亀裂がある、ポンプと吸引容器間の不完全な接続等がある。

第7回午後の部

【問題 22】 非接地配線方式の医用室で絶縁監視装置が警報を出したが、機器は異常なく動作していた。電源コンセントの刃受間の電位差を調べると、Iでは100 V、IIは0 V、IIIは100 Vであった。どのような状況が考えられるか、また何が問題となるのかを100字以内で解答欄 $\textcircled{㊦}$ に記述せよ。[6]



【解答】 $\textcircled{㊦}$ = (例) 電源ラインの1線と接地の間で接触事故が起きている。非接地配線なので直ちに危険な状態とはいえないが、同じ回路のいずれかの機器で、他の1線が接触事故を起こせば停電事故につながる。

【解説】 接地配線のコンセントでは左側の1線が柱上変圧器で接地されているため、Iは100 V、IIが100 V、IIIが0 Vになる。しかし、非接地配線方式のコンセントでは接地極がいずれの1線とも接続されていないため、Iは100 V、IIとIIIの間は100 Vになるが、通常、II、IIIのいずれかが0 Vになることはない。IIが0 Vになったのは右の1線が接触事故を起こしているためと考えられる。この状態では接地配線と同じ状態なので危険な状態ではないが、同じ回路内のいずれかの機器で、他の1線が接触事故を起こせば停電事故になる。

【備考】 非接地配線は電源ラインの接触事故が起きても他の機器への影響を避けるのが目的なので、電撃事故防止のためではないことに注意したい。

第7回午後の部

【問題 23】 次の文章の空欄に当てはまる語句を解答群から選び、番号を解答欄

①～③にマークせよ。[2×3=6]

JIS T 7101 では医療配管設備について規定し、その中でガス別表示に用いられる識別色として、酸素は①、空気は②、亜酸化窒素は③など明確にガス別同定ができるよう決められている。一方、臨床で使用されているガスボンベの色は基準が異なる高圧ガス保安法で決められており、酸素は黒色、空気や亜酸化窒素は灰（ねずみ）色となっている。

- | | | | |
|-----------|------------|-------|-------|
| 1) 黒色 | 2) 灰（ねずみ）色 | 3) 紫色 | 4) 赤色 |
| 5) 褐（かっ）色 | 6) だいたい色 | 7) 黄色 | 8) 緑色 |
| 9) 青色 | 10) 白色 | | |

【正解】 ①= 8) ②= 7) ③= 9)

【解説】 ガス配管の識別色は日本工業規格、ガスボンベの識別色は高圧ガス保安法と、それぞれが異なった規格で決められている。

臨床現場で使用される主なガスとボンベの色表示の対応

日本工業規格			高圧ガス保安法	
ガスの種類	色	ガス名	高圧ガスの種類	色
酸素	緑	酸素	酸素ガス	黒
二酸化炭素	だいたい	炭酸ガス	液化炭酸ガス	緑
亜酸化窒素	青	笑気	笑気ガス	ねずみ
治療用空気	黄	空気	空気	ねずみ
窒素	灰	窒素	窒素ガス	ねずみ
駆動用空気	褐	駆動空気	空気	ねずみ
麻酔ガス排除吸引	赤	排ガス	その他の高圧ガス	ねずみ
	黒	吸引		

第7回午後の部

[備考] 臨床の現場で我々が目に触れるポンベは酸素ポンベと炭酸ガスのポンベ、笑気ガスのポンベの3種類である。酸素ポンベは黒色、炭酸ガスポンベは緑色、笑気ガスポンベはねずみ色であるが、とっさの場合、酸素配管が緑色であることから炭酸ガスポンベを酸素ポンベと錯覚して、取りに走る恐れがある。保管場所を変えるなど運用上の注意も必要である。

【問題 24】 遮断弁（シャットオフバルブ）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]

- a. 圧縮空気装置など供給装置から末端の配管端末器にいたる配管の途中に設ける。
- b. 遮断弁は保守点検や火災時にガスの供給を止める。
- c. 送気操作は供給源から離れたところに設けられる。
- d. 送気操作は送気制御目的で医療従事者のみが操作する。
- e. 区域別遮断弁は、病棟または診療部門ごとに設ける。

- 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】 ②4 = 8)

【解説】 CE システム（定置式超低温液化ガス貯槽による供給装置）、マニフールド装置や圧縮空供給装置などから、末端の配管端末器にいたる配管の途中に設けられるガス遮断用の弁

- a. ガスの遮断が目的であるので供給装置から配管端末の途中に設ける。
- b. 遮断弁には大別して送気操作と区域別遮断弁がある。
- × c. 送気操作が目的であるので、供給源（供給装置）に近いところに取り付けられる。
- × d. 送気操作は送気制御のため専任の職員のみが操作することができる。医療従事者のみが操作できるわけではない。
- e. 区域別遮断弁は病棟または診療部門ごとに設け、配管端末器の保守点検や火災などの非常時に下流へのガスの供給を止めることを目的とする。

第7回午後の部

【問題 25】 病院内の医療ガス安全・管理委員会について、空欄に当てはまる語句を解答欄①～⑫に記入せよ。[2×3=6]

25-1 委員会で扱う医療ガスとして、酸素、各種麻酔ガス、①、医療用圧縮空気、窒素等がある。

25-2 委員会は、医療ガスの安全点検に係わる業務の②および実施責任者を定める。

25-3 委員会の行った医療ガス設備の保守点検業務についての記録の保存期間は③年である。

[正解] ①=吸引 ②=監督責任者 ③=2

[解説] 厚生省健康政策局長通知「医療の用に供するガス設備の保安管理について」(平成5年10月5日健政発第650号)により、各医療施設に医療ガス安全・管理委員会が設けられることになっているが、この委員会の扱う医療ガスは診療の用に供する酸素、各種麻酔ガス、吸引、医用圧縮空気、窒素等となっている。

医療ガス安全・管理委員会は、医療ガスの安全点検に係わる業務の監督責任者および実施責任者を定めることになっている。監督責任者は当該医療施設における委員会の委員で、医療ガスに関する知識と技術を有する者の中から選任することになっている。実施責任者は、医療ガスに関する専門的知識と技術をもつ者(高圧ガス保安法による主任者等)を任ずることになっている。

医療ガス安全・管理委員会は、帳簿を備え、行った医療ガス設備の保守点検業務についての記録を作成し、保存することになっていて、その保存期間は2年である。

【問題 26】 医療ガスの誤供給を防止するために設けられたものはどれか。番号を解答欄⑳にマークせよ。〔6〕

- a. CE システム
- b. マニフォールド
- c. ヨーク締付式ボンベガス充填口のピンホールの位置
- d. 遮断弁
- e. シュレータ方式

- 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 = 9)

【解説】

- × a. CE システムは定置式超低温液化ガス貯槽による供給装置のことで、医療ガスの液化したものを貯蔵するタンク、それを気化させる蒸発器、圧力調整器および制御装置から構成され、ここから各部所に設けられた配管を介して医療ガスが供給される。普通液化酸素および液化窒素に用いられている。
- × b. マニフォールドは複数の高圧ガスの容器を集めて1本にまとめて供給する装置をいい、ここから各部所に設けられた配管を介して医療ガスが供給される。左右それぞれ複数のボンベ（バンクという）を連結して、中央に左右バンクの切り換え装置が付けられていて、片方のバンクが空になると、もう一方のバンクから自動的にガスが供給される仕組みになっているものもある。
- c. ヨーク締付式ボンベガス充てん口のピンホールの位置は、JIS B 8246「高圧ガス容器用弁」によりガス別特定になっていて、医療ガスの誤供給を防止している。
- × d. 遮断弁は手動または自動で開閉し、閉まっているときはどの方向へもガス

第7回午後の部

を流さないバルブをいい、送気操作用遮断弁と区域遮断弁がある。

- e. シュレーダ方式は配管端末器のソケットアセンブリとホースアセンブリのアダプタプラグとの間のガス別特定方式の1つで、医療ガスの誤供給を防止している。

【問題 27】 JIS T 1022 中の非接地配線方式の電源設備に関する規定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. この方式のコンセント回路には非常電源を設けることが必要である。
- b. この方式を設備した医用室にも医用コンセントや医用接地端子等の接地設備を設ける。
- c. 使用する絶縁変圧器の定格容量は最大 15 kVA とする。
- d. 絶縁変圧器の二次巻線から一次巻線への漏れ電流は $10 \mu\text{A}$ 以下であること。
- e. 絶縁変圧器の一次側電路には、漏電遮断器は施設しないこと。

- 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)

[解説] 非接地配線方式とは、一般の片側接地配線方式の電源を、絶縁変圧器を設けることによって、電源線のどちらも大地から浮いた（フローティング）線路にする方式で、「電源導線の一線地絡時にも電源供給を確保するための方式」である。

- a) 非接地配線方式は、機器や設備の絶縁不良による「一線地絡」が起こった際も、電源供給を確保するのが目的で、いわば、停止しては困る重要な機器を使う部屋には設備したい方式である。「機器が停止すると重大な事故が起こる施設には、信頼性の高い電源を供給する」という趣旨は「非常電源」と同じであるので、この方式のコンセント回路には非常電源を設けることが必要である。
- b) この方式を設備した医用室でも、クラス I 機器（通常 3 P 電源プラグを装備している）や等電位接地が必要な機器を使うわけで、そのためには、医用コンセントや医用接地端子等の接地設備が必要となる。
- × c) 使用する絶縁変圧器の定格容量は最大 7.5 kVA となっている。大容量に

第7回午後の部

すると、絶縁変圧器の二次巻線、屋内配線、接続された機器の電源線等の対地容量（アースとの間で形成されるコンデンサ結合の浮遊容量）が増加して、絶縁変圧器としての用をなさなくなるため。

- × d) 絶縁変圧器の二次巻線から一次巻線への漏れ電流は0.1 mA以下であることとなっている。よって、電撃に対する保護としては、マクロショック対策にはなるが、マイクロショック対策にはならない。（特別な設計をすれば、漏れ電流を10 μ A以下にすることは可能であるが、JIS T 1022の要求事項ではない。）
- e) 非接地配線方式は、本来、不用意な電源遮断を防止する目的があるわけだから、絶縁変圧器の一次側電路での漏電で、二次側への供給が絶たれることがないように設計が必要で、「一次側には漏電遮断器は施設しないこと」となっている。

選択問題 A {計測診断機器} 解答欄 ㉓ ~ ㉗, ㉘ ~ ㉚, ㉛

【問題 A 28】 超音波診断装置について適切なのはどれか。番号を解答欄 ㉓ にマークせよ。[5]

- a. 超音波検査では、探触子や周波数を切り替えて最適反射信号（画像）を得る。
- b. カラー Doppler 法の検査では、折り返し現象を無視できる。
- c. 超音波診断は、胎児や乳幼児にも制限なく何度でも検査してよい。
- d. 3次元の超音波画像は、ベッドサイドでの検査中には観察できない。
- e. 超音波造影法は、造影剤と血液との音響インピーダンスの差を利用する。

- 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】 ㉓ = 4)

【解説】

- a) 超音波検査では、探触子や周波数を切り替えて最適反射信号（画像）を得るのは、Doppler 法であるとないと関わらず、臨床の常識。
- × b) カラー Doppler 法もパルス Doppler 法の 1 種であり、サンプリング間隔をもつから、速度や計測深度制約があり、したがって、想定外の速度と深度の強力な反射信号があれば、エイリアシングを発生する。カラー Doppler 法の検査でも、折り返し現象を無視できない。
- × c) 超音波診断は胎児や乳幼児にも制限なく何度でも検査してよいと以前は行われていた時期もあるが、現在は FDA や日本超音波医学会などの勧告にもあるように、超音波振動といえども、必要最小限にしておくことが望まれている。現時点では、この選択肢は間違い。
- × d) 3次元の超音波画像を、ベッドサイドでの検査中には観察できる機種が増えてきた。実際の超音波ビーム収集と信号処理には、数秒の時間がかかる

第7回午後の部

が、臨床検査には支障のない程度の遅れでほぼリアルタイム的に胎児の3次元画像を得ると、まだ見ぬ我が子の顔を超音波の3次元像であらかじめ見ることができ、多くの妊婦に喜ばれている。

- e) 超音波造影法は、造影剤と血液との音響インピーダンスの較差を利用するのも常識問題で、繰り返し出題されている。

【問題 A 29】 超音波診断装置による検査結果の取り扱いについて望ましいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 緊急検査のため、ルーチンでの検査項目が揃わず、台帳には記録しなかった。
- b. ドブラ計測時に角度補正を忘れたら、その B モード画像があっても補正してはいけない。
- c. ドブラ法で求めた流速から簡易ベルヌーイ法で狭窄の圧較差を算出した。
- d. 小児の心臓の超音波検査をビデオテープ記録の際、記録時間を 3 倍モードにした。
- e. ネットワーク対応の超音波装置で検査し、DICOM 3 にてサーバに自動転送した。

- 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】 ⑳ = 9)

【解説】

- × a) 緊急検査のため、ルーチンでの検査項目が揃わず、台帳には記録しないのでは、もちろん医療の基本が押さえられていない。どんな状況での検査や処置も必ず台帳記載と、主治医への報告が必要である。
- × b) ドブラ計測時に角度補正を忘れても、その B モード画像があり、ドブラ法での検査中の超音波ビームの角度と、血流の方向の推定ができれば、おおよその速度推定は可能である。主治医に情報量を増やして報告できるのであれば、ぜひ B モード画像から推定して報告してあげるべきであろう。
- c) ドブラ法で求めた流速から簡易ベルヌーイ法で狭窄の圧較差を算出した。もちろんこれは、必須である。
- × d) 緊急時にビデオテープの残量がないなどの状況でない限り、画像の解像力に劣る 3 倍モードなどの長時間録画モードは使わないことが望ましい。こ

第7回午後の部

とにビデオ信号には、人間の眼の赤に対する解像力の悪さを根拠に信号量（情報量）を減らしているのので、赤色の信号のエッジはぼけており、ビデオテープ再生時にはさらにぼけてしまい、観測や計測に耐えない。

- e) ネットワーク対応の超音波装置で検査し、DICOM 3にてサーバに自動転送するのは、これからの超音波診断装置の方向性であろう。

【問題 A 30】 デジタル脳波計について誤っているのはどれか。番号を解答欄

□ ㉑ □ にマークせよ。[5]

- a. 脳波検査終了後でも単極、双極両方の導出法が表示できる。
- b. 判読時にフィルタ条件をいろいろ変えて表示することができる。
- c. 脳波導出時のフィルタ条件は、雑音除去のためにできる限り狭帯域で導出する。
- d. A/D変換精度が高くても、判読のための精度はCRTの解像度に依存する。
- e. エイリアシング雑音を除くために、判読時にデジタルフィルタが使われている。

- 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] ㉑ = 9)

[解説]

- a. デジタル脳波計では最初に電極単位ごとに脳波を導出し、そのデジタル脳波信号をメモリに格納しているため、検査終了後でも単極および双極導出など種々の導出法による脳波を表示することができる。
- b. 記録時にできるだけ広帯域なフィルタ特性で記録しておけば、検査終了後の判読時に広帯域のフィルタ内であれば種々のフィルタ条件の脳波を表示することができる。
- × c. 記録後でも雑音除去のためのフィルタ条件を設定できるため、始めの脳波導出時には狭帯域で導出するのは好ましくない。
- d. A/D変換精度が高くても判読時のCRTの解像度が悪いと表示波形に歪を生じることになる。
- × e. エイリアシング雑音はA/D変換前のアナログ信号の前処理としてのアナログフィルタ特性によって多くは決まるため、判読時のデジタルフィル

第7回午後の部

タとは無関係である。

[備考] 学会基準によると脳波判読時のCRT画面の表示分解能はX軸：1600 dots, Y軸：1200ライン以上を用いなければならない、できればX軸：2000 dots, Y軸：1400ライン以上の表示分解能をもったdisplay装置を使用することが望ましいとしている。

第7回午後の部

【問題 A 31】 次の文章の空欄に当てはまる数式、数値を解答欄 , に記入せよ。[6×2=12]

MRI 装置では、共鳴周波数 f と静磁場強度 T 、磁気回転比 γ との間には Larmor (ラーモア) の式による の関係式がある。

したがって、いま、 $T=1.5$ テスラの静磁場強度における H 原子の共鳴周波数は [MHz] となる。

[正解] ㉔ = $f = \gamma T$ ㉕ = 63.75 MHz

[解説] 陽子 (原子核) を静磁場の中におくと、陽子は 1 つの軸を中心に回転運動をする。いま、回転運動 (歳差運動) の共鳴周波数 f 、静磁場強度 T (テスラ)、磁気回転比 γ (原子核の種類によって異なる。H 原子の場合の γ は約 42.5 MHz/T である) とすると、Lamor (ラーモア) の式より $f \approx \gamma T$ の関係がある。したがって、 $T=1.5$ テスラでは H 原子の共鳴周波数 f は約 63.75 MHz となる。

【問題 A 32】 聴覚脳幹反応記録で誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. クリック音刺激のため、レシーバが必要である。
- b. 必要な周波数帯域は 20~500 Hz である。
- c. 加算平均回数は 100~300 回である。
- d. 10 ms の中に 5~6 の波がある反応である。
- e. 0.1~0.5 μV の反応である。

- 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] ⑩ = 5)

[解説] 聴覚刺激による聴覚誘発電位には刺激からの反応時間(潜時)によって短潜時成分(潜時 1~8 ms 程度)、中間潜時成分(潜時 8~50 ms 程度)、長潜時成分(潜時 50~300 ms 程度)に分類される。特に短潜時成分は脳幹を起源とした反応であることからこの反応を聴覚脳幹反応という。

- a. 通常、0.1~0.2 ms のパルス幅をもつクリック音刺激をイヤホンまたはヘッドホンより与える。
- × b. 短い潜時から理解できるように、反応波形の周波数成分はほぼ 20~2000 Hz と広帯域である。
- × c. 頭皮上に電極を接着し、脳幹の深い部位の神経核の電位を記録するために、頭皮上で記録される電位は非常に小さい。そのため、S/N の向上のために音刺激による同期加算平均回数は 1000~2000 回は必要である。
- d. 短潜時であるため、10 ms 以内に 5~6 個の脳幹を含む聴覚伝導路にある中継核からの反応波形が記録される。
- e. 頭皮上では c で述べたように非常に小さい反応電位で、その大きさは 0.1~0.5 μV 程度である。

【問題 A 33】 筋電計と関係ないのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。

[5]

- a. アイソレータ
- b. オドボール課題
- c. テンプレートマッチング
- d. レートポテンシャル分析
- e. 加算平均装置

- 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] ③ = 6)

[解説]

- a. 誘発筋電図を得るための電気刺激として神経のごく限られた2点間の部位のみを刺激するために、刺激装置出力の片方の端子であるアースポイントと無関係な \oplus \ominus の両刺激端子によって生体に刺激が与えられる。この刺激装置出力端子をアースと無関係にするために接続されたトランス回路をアイソレータという。
- × b. 大脳誘発電位の中の事象関連電位を得るために、被験者に刺激課題を与える方法が行われる。この課題をオドボール課題という。
- c. 筋電図波形、特に神経・筋単位 (NMU) の種々の自動分類を行う手法の1つにテンプレートマッチング法がある。
- × d. 心筋梗塞などの後に心室筋に局所的な伝導遅延が起こり、そのために生ずる μ Vオーダの電位をレートポテンシャルといい、危険な不整脈を出現予想する電位として注目されている。通常、心電図を微分した後加算平均することによって検出できる。
- e. 筋電計には順行性の知覚神経の伝導速度を検査するために知覚神経の興奮電位を検出する必要がある。皮膚表面からの神経の興奮電位が小さいことから加算平均による興奮電位の検出が行われている。

【問題 A 34】 バイオセンサ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。[5]

- 1) 基本となる電気化学電極にはイオン電極が使われている。
- 2) 生体機能膜には酵素や微生物が固定化されている。
- 3) グルコースセンサには乳酸オキシターゼが使われている。
- 4) ISFET は微小なマルチバイオセンサとして使用できる。
- 5) ペルオキシターゼの酵素はルミノール発光と関係がある。

【正解】 ㉑ = 3)

【解説】

- 1) pH 電極や O_2 電極のような電気化学電極であるイオン電極に種々の生体機能膜を組み合わせることによってグルコースや尿酸、アルコールなどを電極法で測定ができる。
- 2) 生体機能膜には酵素や微生物、種々の抗体あるいは生物組織などがあり、これらを膜に固定化することによって種々のセンサが作られている。イオン電極に固定化酵素膜を組み合わせたものが酵素センサ（グルコースセンサ等）、微生物を生きたまま固定化したセンサを微生物センサという。これを総称してバイオセンサという。
- × 3) グルコースセンサはイオン電極に単に触媒作用として働くグルコースオキシダーゼ（酵素）を固定化して使用したセンサである。乳酸オキシダーゼは乳酸センサの固定化酵素として使用されている。
- 4) ISFET (ion sensitive field effect transistor) は半導体を用いた pH センサであり、FET のゲート面に種々機能膜（この場合イオン感応膜）を用いることによって種々のバイオセンサを作ることが可能である。半導体であるため微妙なケント面を数多く作れ、すべて電圧信号として出力することができるためマルチ機能センサとして期待される。
- 5) フォトダイオードまたはフォトトランジスタにペルオキシダーゼ酵素を触

第7回午後の部

媒として組み合わせると測定物質のルミノールの発光酵素免疫センサ等がある。

【問題 A 35】 超音波診断装置に関する組み合わせで正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. コントラストエコー ————— 音響増強
- b. ハーモニックイメージ ——— サイドローブ雑音
- c. パルスドプラ法 ————— エイリアシング雑音
- d. ミラーイメージ ————— 多重反射
- e. レンズ効果 ————— スペックル

- 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 = 2)

【解説】

- a. 超音波画像のコントラストを得る方法で血流中にマイクロバブル（造影剤）を入れることによって、バブルからの反射波によってより輝度の高い（音響増強）コントラストをもった画像が得られる。
- × b. 病変にあたって反射してきた超音波周波数のうち探触子より発射された周波数の2倍の周波数（ハーモニック周波数）の信号を検出し、質のよい画像を描出する方法で、多重エコー、サイドローブ雑音のような雑音の少ない画像が得られる。
- c. パルス波を用いた血流計測ではパルス波の繰り返し周波数（サンプリング周波数）よりも速い周波数でサンプリングをしなければならないような速い血流速で生ずる雑音をエイリアシング雑音という。
- × d. ミラーイメージは鏡面現象ともいわれ、横隔膜等によって反射した超音波ビームが病変にあたって反射してきたエコーがあたかも横隔膜の向こうに病変があるかのように描出された超音波像（アーチファクトの一種）をいう。多重反射は一般に探触子と病変との間で反射を繰り返すことによる線状虚像をいう。

第7回午後の部

- × e. 生体内で屈折した超音波ビームによって病変が描出される時あたかも屈折しない場合の超音波ビームの進行方向に病変があるかのように見える効果をレンズ効果という。スペックルは血流測定のための表示を行う信号列である。

【問題 A 36】 心電図解析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。[5]

- 1) 心拍変動解析 ————— 自己回帰 (AR) 法
- 2) 心室遅延電位 ————— 加算平均法
- 3) T 波交互脈 (TWA) ————— 周波数分析法
- 4) 心電図波形解析 ————— 区分点認識法
- 5) QT 間隔変動解析 ————— ゼロクロス法

【正解】 = 5)

【解説】

- 1) 心拍変動解析には、通常、周波数分析法が用いられる。周波数分析には FFT による方法や AR モデルによる自己回帰法を用いたもの等がある。
- 2) 心室遅延電位は突然死などの原因である心室頻脈等の予測をする上で注目されているが、体表面からの電位が μV オーダであるため、通常、加算平均法が用いられる。
- 3) T 波交互脈は危険な不整脈の予知をする上で注目されている。これは心電図の T 波振幅の微小な電位変動 (μV オーダ) の周期のうち 0.5 Hz 付近 (T 波交互脈) のパワースペクトルを検出することでこれらの存在を知ることができる。
- 4) 心電図の自動診断システムは心電図波形の解析が必要であり、そのためには心電図各波の区分点を用いた各波の振幅などを計測する必要がある。
- × 5) QT 間隔変動解析は、通常、12 誘導心電図の各誘導での QT dispersion として知られている解析法である。QT 時間の誘導によるバラツキが長いと突然死によるリスクファクタが大きいといわれている。QT 時間の解析には心電図各波のゼロクロス法による方法では解析は難しい。

第7回午後の部

【問題 A 37】 観血式血圧計で橈骨動脈圧のモニタリングを行っていたとき、デジタル表示による最高血圧が間接法による値より 40 mmHg も高くなっていた。一方、最低血圧値はほぼ一定していた。このとき行うべき処置として最も有効と考えられることを 50 字以内で解答欄 に記述せよ。[9]

【正解】 ㊦=ダンパー（ダンピング装置）を使用して共振した血圧波形を補正する。

【解説】 動脈圧波形の最高血圧のみ高くなっていたということは、モニタリングライン（測定系）の共振現象によるオーバーシュート（アンダーダンピング）が考えられる。このようにオーバーシュートした動脈波形のピークは真の高さより数 10 mmHg 高くなることもあり、デジタル表示はそのピーク値をそのまま表示してしまう。したがって、観察者は、このような共振現象がみられる場合、表示されているデジタル値をそのまま採用してはならない。具体的な対策としては、ダンパー（Damper）またはダンピング装置（Damping Device）と呼ばれる、共振現象による波形歪を補正する装置が使用される。

第7回午後の部

【問題 A 38】 JIS T 1203「脳波計」では同相弁別比を 60 dB 以上と定められている。JIS T 1203 の各規格値をもとに、以下の設問に答えよ。ただし、規格値で、たとえば 60 dB 以上、50 k Ω 以下と定められている場合は、それぞれ 60 dB、50 k Ω として考えよ。

A 38-1 商用交流障害による雑音を脳波計の許容雑音値と同等の大きさに収めるためには、同相性の商用交流電圧を何 mV_{p-p} 以下にしなければならないか。その値を解答欄 に記入せよ。[7]

A 38-2 脳波計の同相弁別比 60 dB 以上を満たすためには、各電極抵抗の不均衡値を何 Ω 以下にしなければならないか。その値を解答欄 に記入せよ。ただし、脳波計自体の同相弁別比は 100 dB とする。[7]

[正解] ㉞ = 3 mV_{p-p}, ㉟ = 5 k Ω

[解説] この問題は ME 機器の JIS に関する知識を問うものである。

そこでこれを解くには、まず JIS T 1203「脳波計」に示している、脳波計に許容している雑音値（1~60 Hz で 3 μ V_{p-p}）と入力インピーダンスの要求値（5 M Ω 以上）を知らなければならない。

A 38-1

設問で、同相弁別比を 60 dB としているので、商用交流障害による雑音を脳波計の許容雑音値である 3 μ V_{p-p} 以下に抑えるためには、同相性の商用交流電圧 = 3 μ V_{p-p} × 1000 = 3 mV_{p-p} 以下となる。

A 38-2

脳波計の JIS で入力インピーダンスを 5 M Ω 以上、弁別比を 60 dB と定められているので、電極抵抗（電極の接触インピーダンス）と同相弁別比の間には、「第1種 ME 技術実力検定試験問題解説集（第2回）」の 2-55 ページの、同相弁別比 = $Z_i / (Z_b - Z_a)$ の関係から、電極の不均衡値は、 $(Z_b - Z_a) = Z_i / \text{同相弁別比}$ 5 M Ω / 1000 = 5 k Ω 以下となる。

第7回午後の部

【問題 A 39】 JIS T 1304「心電図監視装置」の安全に関する事項の中で、こぼれについて次のように規定している。空欄に当てはまる数値、語句を解答群から選び、番号を解答欄 , にマークせよ。[5×2=10]

正常な使用時に液体を使用する環境で使われる監視装置は、正常な使用状態に置き、監視装置の上面 50 cm の高さから任意の部分に垂直に 3 mm/分の人工雨を 秒一定に注いだ直後に監視装置の目に見える水滴を除去し、JIS T 1002 の 13 による の試験をしたとき、正常に作動しなければならない。

- 1) 10 2) 30 3) 60 4) 90 5) 120
6) 180 7) 外装漏れ電流 8) 耐電圧
9) 患者漏れ電流 10) 絶縁抵抗

[正解] = 2) = 8)

[解説] 手術などに際しては多くの薬液や液体が使用されることから、これらの環境で使われる ME 機器には一定の防水構造が要求される。そこで心電図監視装置にも、JIS T 1304「心電図監視装置」の中で、設問に示すような、液体のこぼれに対する保護の対策を求めている。

なお、この試験方法は、JIS T 1002 の 17.液体の侵入の項に示してあるので、これを参照されたい。

【問題 A 40】 赤外線方式の呼気炭酸ガスモニタ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。[5]

- a. 波長 $4.3\ \mu\text{m}$ 付近の赤外線を用いている。
- b. 吸収される光量は、炭酸ガスの分子の数に反比例する。
- c. 麻酔中は亜酸化窒素の影響を受けるので、補正する必要がある。
- d. メインストリーム方式は、サイドストリーム方式より応答速度が遅い。
- e. メインストリーム方式は、センサ部を 40°C 前後に温めている。

- 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】 ③7 = 6)

【解説】 本来、呼気ガス中の炭酸ガス濃度または分圧を測定する装置の総称をカプノメータというが、一般的には赤外線の吸収特性を利用した装置のみを指すことが多い。測定原理は、炭酸ガスや笑気などの多原子分子が特定の周波数の赤外線を強く吸収する性質をもっていることを利用している。炭酸ガスの場合は $4.3\ \mu\text{m}$ 付近での赤外線の吸収が強くおき、吸収される光量は存在する炭酸ガスの分子数に比例する。カプノメータの測定方式には、①サイドストリーム方式、②メインストリーム方式に分けられる。

サイドストリーム方式は、呼吸ガスを気道からサンプルチューブを介して装置本体まで吸引し測定する。この際のサンプル量は1分間あたり、 $50\ \text{ml}$ ～ $250\ \text{ml}$ と機種により差があり、新生児、小児に使用する場合は留意する必要がある、サンプルガスを吸引して測定する間の遅延時間がある。

メインストリーム方式は、呼吸ガスを吸引することなく測定チャンバを患者の口元に装着して、チャンバ内を通過するガス濃度の変化を測定する。したがって、応答速度が速く、ガスを吸引しないので換気条件に影響を及ぼすことがない。しかし、湿度の影響をなくすためチャンバ部分（トアランスデューサ）を 40°C 程度に加温しておく必要がある。両方式ともに、赤外線の吸収特性を利用している

第7回午後の部

ので、炭酸ガスに吸収特性に近いガス（亜酸化窒素の吸収スペクトル $3.9\ \mu\text{m}$ 等）が同時に測定される場合は補正をする必要がある。

- a. 炭酸ガスの吸収スペクトルが強い $4.3\ \mu\text{m}$ を使用している。
- × b. 吸収される光量は分子の数に比例する。したがって、測定チャンバ内を通過してくる赤色光は、分圧が高ければ少なく、分圧が低ければ多くなる。
- c. 赤外線吸収スペクトルが特に近い亜酸化窒素は補正する必要がある。
- × d. 吸引する必要がないので応答速度は速い。
- e. 湿度の影響をなくすために 40°C 前後に暖めている。

選択問題B {治療機器} 解答欄 ~ , ~ ,

【問題B28】 透析型人工腎臓装置承認基準（旧厚生省薬務局長通知）では、超音波や光の透過による気泡検出器で、何ml以上の気泡が通過した場合には警報を発し、装置を停止させると定めているか。番号を解答欄 にマークせよ。

[5]

- 1) 0.001
- 2) 0.01
- 3) 0.1
- 4) 1.0
- 5) 10

【正解】 = 4)

【解説】 体外循環中で最も危険な事故の1つといえるものが空気の体内混入である。気泡検出器には光センサを用いるものと超音波センサを用いるものがあるが、光センサでは連続する微小な気泡を検出できないことや誤動作が多いことから、現在では超音波方式が主流となっている。

透析型人工腎臓装置承認基準では以下の基準となっているが、ダイアライザ手前の動脈回路から微量の空気が連続的に入った場合、検知できない場合がある。そのため、動脈側にも気泡センサを設置する場合もある。

〈透析型人工腎臓装置承認基準〉

3 作動および性能試験

(7) 血液回路内の気泡監視装置の作動試験

血液回路内気泡監視装置は、血液回路内に1mlの気泡を通過させたときに作動しなければならない。

【問題 B 29】 ダイアライザの膜からの血液漏れが発生したことは、肉眼では発見しにくいいため、主に光学式の漏血検出部によって監視されている。

透析型人工腎臓装置承認基準（旧厚生省薬務局長通知）では、漏血監視装置は、血液を 37°C の透析液 1ℓ に入れた液で検査することになっている。使用する血液のヘマトクリット値と量の組み合わせで正しいのはどれか。番号を解答欄

③9 にマークせよ。[5]

	ヘマトクリット値 [%]	血液量 [mℓ]
1)	20	0.5
2)	30	0.5
3)	20	1.0
4)	30	1.0
5)	20	2.0

【正解】 ③9 = 1)

【解説】 近年、ダイアライザの進歩で透析中の膜リークはほとんどなくなった。現在、漏血検出器は光学式がほとんどであるが、透析液とセンサとの隔壁板の汚れ等で検出しない場合がある。そのため、十分な洗浄が必要となる。また、複数の発光ダイオードにより汚れをキャンセルさせる処理を行っているものもある。

〈透析型人工腎臓装置承認基準〉

3 作動および性能試験

(6) 漏血監視装置の作動試験

漏血監視装置は、回路内にヘマトクリット値 20% の血液を 0.5 mℓ を 37°C の透析液 1 ℓ に入れた液を通過させるとき、作動しなければならない。

【問題 B 30】 血液透析では透析膜の片側に患者血液を、反対側に電解質溶液である透析液を流し、拡散と濾過によって物質交換と分離が行われる。血液透析について不適切なのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 患者血液中の有形成分は透析液側に流出させない。
- b. 透析液は滅菌されているので、菌やその産生毒素は患者血液中に侵入しない。
- c. Ca, Ca^{2+} や HCO_3^- は、積極的に透析液側へ移行させ除去する。
- d. Na^+ や Cl^- は患者血清濃度を是正できる方向で適度に交通させる。
- e. 蛋白質代謝産物は、積極的に透析液側へ移行させ除去する。

- 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 = 5)

【解説】 血液透析の主な役割として以下の2つがある。

- ・蛋白質代謝産物などの除去 (BUN, Cr, UA, β_2 -MG など)
- ・水・電解質バランスの是正

現在、分子量 3000 程度の低分子蛋白質領域の高い除去能を有するハイパフォーマンスダイアライザが主流となっている。

しかし、このハイパフォーマンス化にともない、いくつかの問題点を生じるようになっている。その1つが逆濾過現象による透析液側に存在するエンドトキシンなどの血液側への流入である。

エンドトキシンの生体内への流入は発熱や炎症、重度の場合にはショックを起こすことがある。エンドトキシンで汚染された透析液は生菌のように殺菌して不活性化することができないので、エンドトキシンをカットする目的のフィルタなどで除去し清浄化をはかる必要がある。

また、ダイアライザの膜孔径の増加にともない、アルブミンなどの蛋白質漏出を極力抑えなければならない。アルブミンの漏出が多量になるとアシドーシスな

第7回午後の部

どにより腎不全患者は低アルブミン血症を引き起こす可能性があるからである。

透析液の濃度は幾度か変更はされたが、透析膜の透過性、透水性の向上やCa製剤の出現などにより、現在ではNa=140 mEq/ℓ, Ca=2.5-3.0 mEq/ℓ, HCO₃=25-30 mEq/ℓの透析液が一般的に使用されている。

【問題B31】 電気メス使用時の高周波分流障害を考えたとき、500 kHz前後の周波数を使用する電気メスにおいて、静電結合形対極板を使用する場合、電気メス本体の出力形式と対極板の組み合わせは高周波非接地形が望ましいとされている。その理由を80字以内で解答欄④に記述せよ。〔8〕

【正解】 ④ = (例) 静電結合形対極板は導電形に比して生体との接触インピーダンスが高いため、高周波接地形の電気メスを使用すると高周波分流が大きくなるから。

【解説】 対極板には、生体との接触の仕方として、主に抵抗結合する導電形対極板と静電的に結合する静電結合形対極板に分けられる。後者は生体と対極板がコンデンサを形成するので低い周波数成分（筋、神経を刺激する）は通過させにくく、高い周波数は（電気メスで使用する周波数）は通過させやすい特長があり、このような周波数特性を示したのが図である。

両者の周波数特性より、一般に電気メスで使用される周波数（450 kHz～800 kHz）では、静電結合形対極板は、導電形対極板に比してインピーダンスが高い。したがって、この対極板を高周波接地形（高周波的に出力を接地している）の電気メスと併用した場合には、電気メス使用時に、アクティブ電極より出た高周波電流が対極板以外の部分から電気メス本体へ戻る電流（高周波分流）が多くなり、分流が発生した部分での熱傷の危険性があるため、高周波非接地形（高周波的に出力をフローティングしてある）の電気メスとの併用が望ましい。

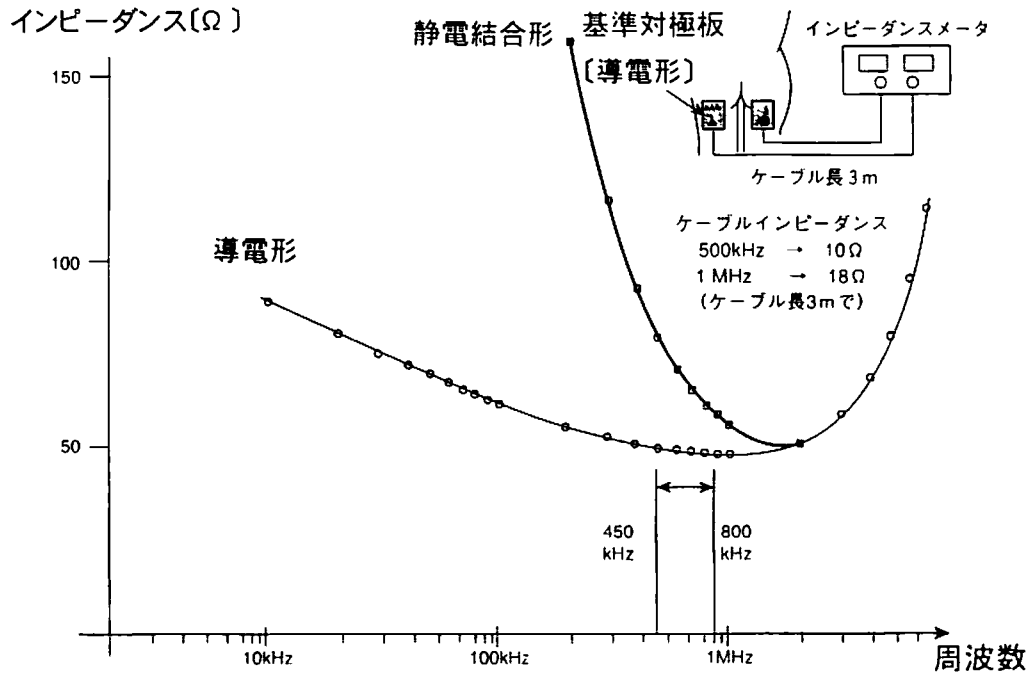


図1. 導電形対極板と静電結合形対極板の電気的特性

(戸畑裕志, 無敵剛介, 電気メスハンドブック (小野哲章編), クリニカルエンジニアリング, P 35, 秀潤社, 1993)

第7回午後の部

【問題 B 32】 次の文章の空欄に当てはまる数値を解答群から選び、番号を解答欄 ， にマークせよ。[5×2=10]

人工心肺用冷温水供給装置を準備している。この装置は、循環水量 8 ℓ の加温水槽内の水を 2 kW のヒータで加温する構造である。

この装置で、電源投入後 25.0°C の循環水を 36.5°C に加温するまでに必要な時間を知りたい。

まず、8 ℓ の水を 25.0°C から 36.5°C に加温するために必要なエネルギーは kJ である。つぎに、ヒータに加えた電力の 80% が水を加温するために使用されたとすると、このエネルギー供給に必要な時間は約 分と計算できる。

したがって、この装置は使用前にこれ以上のウォーミングアップ時間が必要である。

の解答群

- 1) 92 2) 147 3) 192 4) 386 5) 902

の解答群

- 1) 2 2) 4 3) 6 4) 8 5) 10

[正解] ①= 4) ②= 2)

[解説] 現在の人工肺にはほとんど熱交換器が組み込まれており、冷温水供給装置と接続して、体外循環中の患者の体温コントロールを行う。

冷温水供給装置の構造は、装置内の水槽に温水および冷水が蓄えられ、送水ポンプにより人工肺の熱交換器に設定温度の水を循環させる。循環水の加温にはヒータを用いる。冷却には水を入れて行うものと、冷凍機を用いるものがある。

一般的に大電力を使用する機器であるため、人工心肺装置と電源の供給ルートを分離して使用した方がよい。

①について

$$\begin{aligned}
 Q &= cm(t_1 - t_2) & c: & \text{水の比熱 } 4.2 \text{ J/g}\cdot\text{K} \\
 &= 4.2 \times 8 \times 10^3 \times (36.5 - 25.0) & m: & \text{水の質量 } 8 \text{ kg (8 } \ell \text{ 相当)} \\
 &= 386.4 \times 10^3 \text{ [J]} & t_1: & \text{はじめの温度 } [^\circ\text{C}] \\
 & & t_2: & \text{終わりの温度 } [^\circ\text{C}]
 \end{aligned}$$

または、水 $1 \text{ m}\ell$ の温度を 1°C 上昇させるために必要な熱量は 1 cal なので、この場合は

$$8 \times 10^3 [\ell] \times (36.5 - 25.0) [^\circ\text{C}] = 92 \times 10^3 [\text{cal}]$$

熱の仕事当量は 4.2 J/cal なので、

$$92 \times 10^3 [\text{cal}] \times 4.2 [\text{J/cal}] = 386.4 \times 10^3 [\text{J}]$$

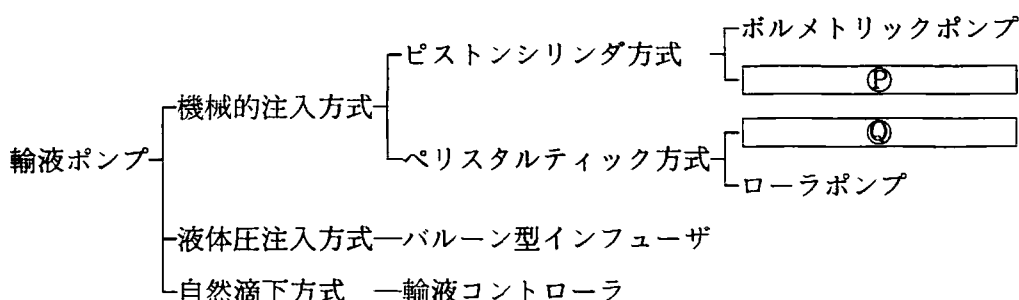
②について

$$\begin{aligned}
 T &= Q / (w \times \eta) & w: & \text{ヒータの出力 } 2 \text{ kW} & \eta: & \text{効率 } 0.8 \\
 &= 386.4 \times 10^3 [\text{J}] / (2 \times 10^3 \times 0.8) = 241.5 [\text{s}]
 \end{aligned}$$

となり、時間の換算をすると 4.025 [min]

[備考] 問題文の最後の2行は直接設問とは関係がない。一般的に電気機器などは電源を投入すると、直ちに使用できると思われがちであるが、使用可能になるまでにウォーミングアップ時間が必要なものがある。使用者はその分の時間を考えて作業を指示または遂行しなくてはならない。

【問題B33】 図は一般に使用されている輸液ポンプの、送液機構による分類を示している。図中の空欄に当てはまる名称を解答欄 ， に記入せよ。ただし、商品名は不可とする。[6×2=12]



【正解】 ㊶=シリンジポンプなど ㊷=フィンガポンプなど

【解説】 輸液療法は臨床の場において、最も一般的に行われているものの1つである。輸液療法では薬液を、主として静脈から患者の体内に注入する。このとき、薬液の注入速度は輸液セットの点滴筒内を滴下する滴数を数え、ローラクレンメを用い、チューブの圧閉度を変化させることにより調節する。輸液ポンプは輸液流量の精度を向上させ、さらに、安定した輸液量を維持するために用いられる装置である。

輸液ポンプには、求められる流量や流量精度により、様々な構造のものがある。問題中の図は輸液ポンプを構造により分類したものである。輸液ポンプは送液方式により、機械注入方式、自然滴下方式、予圧（液体圧）注入方式に大きく分類され、機械注入方式はピストンシリンダ（piston cylinder）方式とペリスタルティック（peristaltic）方式に細分される。ピストンシリンダ方式は薬液容器の体積を機械的に縮小させることにより、薬液を送り出す方式である。ペリスタルティック方式は輸液セットのチューブを蠕動運動させることにより、薬液を送り出す方式である。ピストンシリンダ方式の代表的なものがボルメトリックポンプ（volumetric pump）とシリンジポンプ（syringe pump）であり、ペリスタルティック方式の代表的なものがフィンガポンプ（finger pump）とローラポンプ（roller pump）である。

第7回午後の部

このほか、制御方式により滴数制御型と流量制御型という分類や、使用方法による分類法もある。

【備考】輸液ポンプに関する参考書は以下のものなどがある。

加納隆編：輸液ポンプとうまくつき合おう クリニカルエンジニアリング，
11(5)：371-412，2000

(社)日本電子機器工業会編：ME 機器ハンドブック 1，コロナ社，281-284，
1988

【問題 B 34】 次の組み合わせで正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- a. CPAP (continuous positive airway pressure) ——人工呼吸器からのウィーニング
- b. IRV (inversed ratio ventilation) ——呼気時間>吸気時間
- c. HFV (high frequency ventilation) ——1回換気量の減少
- d. PEEP (positive end-expiratory pressure) ——機能的残気量の低下
- e. PSV (pressure support ventilation) ——呼気仕事量の軽減

- 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

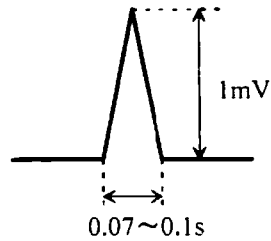
【正解】 ④ = 2)

【解説】

- a. CPAP は持続的気道陽圧と呼ばれ、自然呼吸に PEEP を付加したもので患者の気道内圧が常に陽圧に保たれる。人工呼吸器からのウィーニング時に用いられる。
- × b. 通常の人工呼吸では呼気時間は吸気時間よりも長くなるように設定されるが、IRV ではその比を逆転させるので呼気時間<吸気時間となる。吸気・呼気逆転換気と呼ばれ機能的残気量を増加させる。
- c. 高頻度換気といい、換気回数を増して換気する方法なので一回換気量は減少する。気道内圧を低く維持できるので気圧性外傷や循環抑制が少ない。振動による喀出効果もある。
- × d. 呼気終末陽圧といい、呼気相の終わりに気道内圧を大気に開放しないで一定の陽圧を加える方法である。機能的残気量が増加し肺における酸素化が改善される。
- × e. プレッシャーサポート（圧支持）換気といい、自発呼吸の吸気時に気道内圧が低下するのを防ぎ内圧を維持する方法で、吸気時の仕事量を軽減する作用がある。

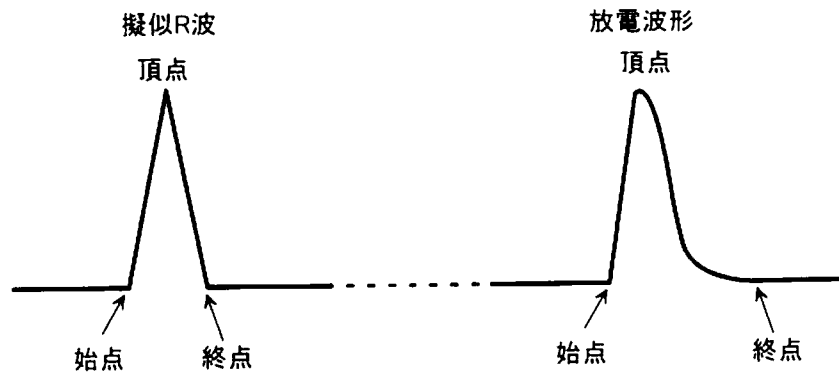
【問題 B 35】 除細動器について、以下の設問に答えよ。

B 35-1 同期モードの検査を行うため、JIS T 1355 に定められた下図の試験用信号（疑似R波）をモニタ電極部に入力して測定を行った。



R波から放電までの時間間隔の計測点で正しい組み合わせはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

	疑似R波	放電波形
1)	始点	始点
2)	始点	頂点
3)	頂点	終点
4)	頂点	頂点
5)	終点	始点



第7回千後の部

B 35-2 上で計測したR波から放電までの時間は何秒以内でなければならないか。
番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) 0.03 秒 2) 0.06 秒 3) 0.12 秒 4) 0.24 秒 5) 0.48 秒

B 35-3 同期に関する記述で誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) 除細動器は電源投入時，同期モードになってはならない。
- 2) 放電は心室筋の絶対不応期を避けて行う。
- 3) 同期用心電図波形は陰性波でもよい。
- 4) 同期点はモニタ上に心電図と重畳させて表示しなければならない。
- 5) 同期モードに設定された状態を表示灯で示さなければならない。

[正解] ④ = 4) ⑤ = 2) ⑥ = 2)

[解説]

B 35-1

JIS T 1355 (除細動器) では同期モードの検査は問題図に示された試験用信号 (疑似 R 波) をモニタ電極部に入力して行う。信号の極性は正負どちらでもよく，繰り返し周波数は 1 Hz とする。

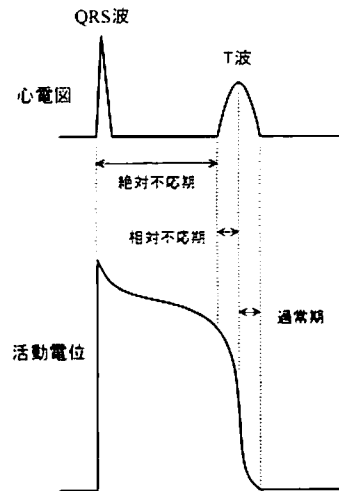
時間間隔は疑似 R 波の頂点から，放電波形の頂点までの時間を測定することに決められている。

B 35-2

同期モードに設定したとき，R 波の頂点から 0.06 秒以内に放電しなければならないと規定されている。このように R 波の直後に放電する理由は，心筋細胞が興奮している時期にはいかなる強さの刺激を加えても刺激は無効となり，心室筋に不整脈が誘発されないためである。この時期を絶対不応期といい，R 波からほぼ T 波の直前まで続く (図参照)。膜が再分極してくると興奮性は回

第7回午後の部

復し強い刺激には興奮するようになる。この時期を相対不応期と呼ぶ。この後、過常期を経て静止電位に戻る。



B 35-3

- 1) 心室細動の波形には R 波のような急峻な波形が含まれないために同期モード設定をしても通常同期はとれず、放電することができない。したがって、緊急性を必要とする心室細動に迅速に対応するためには電源投入時は同期モードになってはならない。
- × 2) 放電は絶対不応期に行う。B 35-2 の解説参照。
- 3) どのような QRS 波形が入力されても同期はとれなければならない。したがって、陰性波でも同期がとれるように規定されている。
- 4) 同期が確実に行われているかどうかを確認できるように、モニタ上に同期点を心電図と重畳させて表示することになっている。
- 5) 除細動器は次の状態を明瞭に示す表示灯（あるいは計器）を備えなければならない。
 - ① エネルギー充電が完了している状態
 - ② 同期モードに設定されている状態
 - ③ 一次電池の交換または二次電池の充電が必要になった状態
 - ④ 二次電池が充電されている状態

【問題 B 36】 ペースメーカーの入力インピーダンスの測定を図1の測定回路で行った。試験信号は図2に示す三角波を用いた。以下の設問に答えよ。

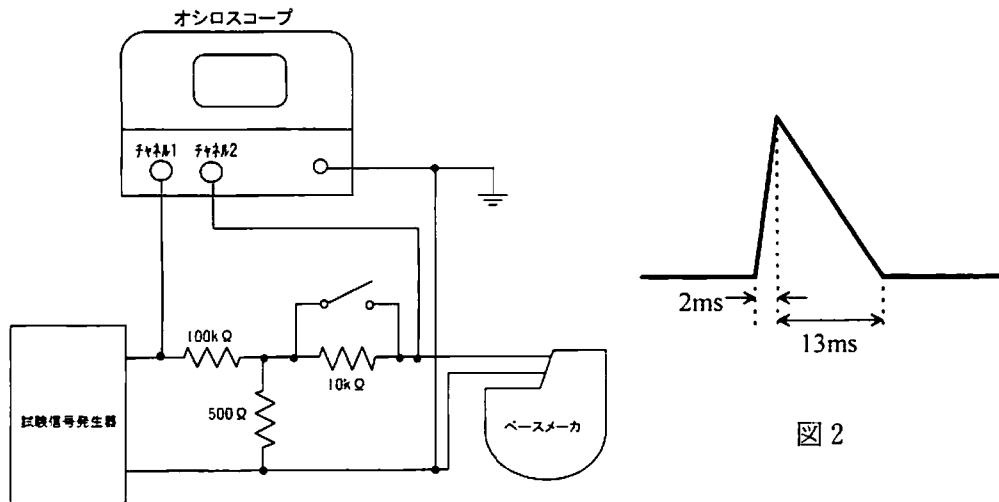


図1

B 36-1 試験方法は、まず図1の回路のスイッチを閉じ、試験信号振幅（いずれかの極性にしておく）をゼロから徐々に大きくしていき、オシロスコープ画面でペースメーカーのパルスが完全に抑制またはトリガされるとききの電圧値を読みとり、それを E_1 [V] とする。つぎに、スイッチを開放し、同じように試験信号振幅をゼロから増加させてパルスが完全に抑制またはトリガされたときの電圧を E_2 [V] とする。入力インピーダンス Z [kΩ] は以下の式から求まる。

$$Z = 10 E_1 / \text{㊦}$$

空欄に当てはまる式を解答欄 ㊦ に記入せよ。[6]

第7回午後の部

B 36-2 ペースメーカー挿入後、電極インピーダンスが心筋の線維化や血栓付着などで増加することがある。この際に入力インピーダンスが低下していると、どのような現象が生じるか。番号を解答欄 にマークせよ。
[5]

- 1) 不応期の延長
- 2) センシング波形の振幅減少
- 3) パルス・レートの低下
- 4) パルス出力の低下
- 5) ヒステリシスの増加

[正解] ㊸ = $E_2 - E_1$ ㊹ = 2)

[解説]

B 36-1

ペースメーカーは心電図アンプを内蔵し、刺激（ペーシング）電極で心内心電図を検出してパルス発生回路を制御（抑制または同期）している。設問はこの心電図アンプの入力インピーダンス測定法に関する内容である。図1の回路において、スイッチを閉じた状態の検出感度が E_1 、スイッチを開放して $10\text{ k}\Omega$ を挿入したときの検出感度が E_2 であるから、入力インピーダンスを $Z[\text{k}\Omega]$ とすると次式が成り立つ（ただし、 Z は $500\ \Omega$ に比べ十分大きいとする）。

$$E_1 = E_2 (Z / (10 + Z))$$

上式から Z が求まる。

$$Z = 10 E_1 / (E_2 - E_1)$$

B 36-2

- × 1) 刺激パルス出力後や、P波/R波検出後の一定期間は新たに検出したパルスを受けつけないように設定できる。この期間を不応期といい、オーバーセンシングを防ぐのに役立つ。入力インピーダンスとは関係ない。
- 2) 電極インピーダンスを R 、入力インピーダンスを Z とすると心電図アン

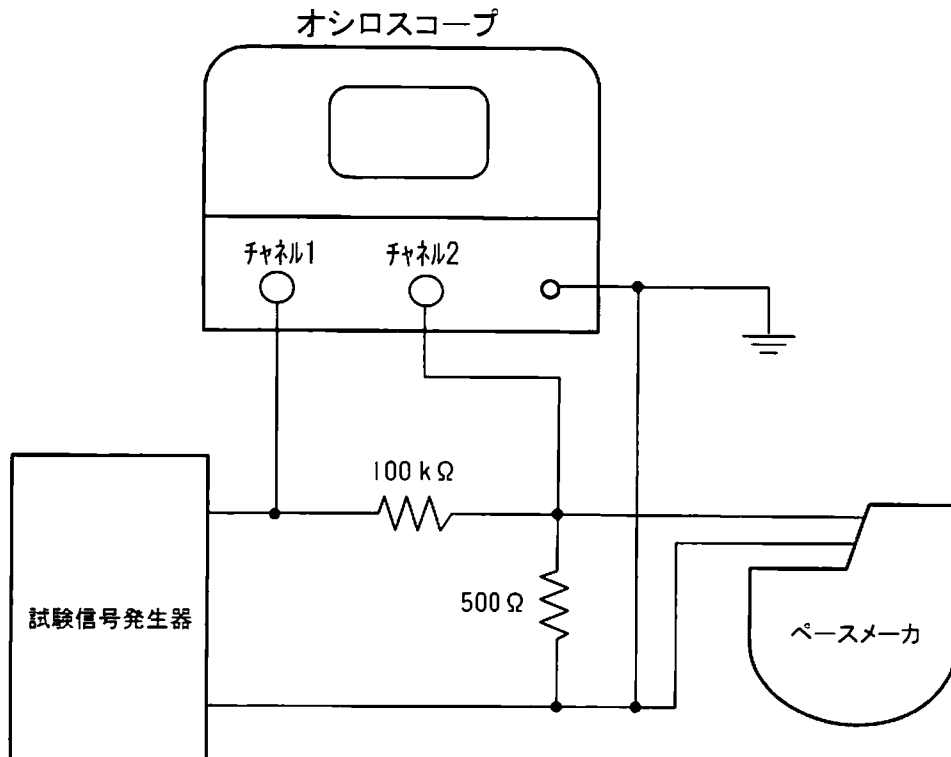
第7回午後の部

プには、 $Z/(R+Z)$ に分圧された信号が入力される。よって、 R 上昇、 Z 低下ではセンシング波形の振幅は減少する。

- × 3) パルス・レートは 60～80/分に設定され、入力インピーダンスとは関係ない。
- × 4) パルス出力は、心筋に興奮を発生させるのに必要な電圧（電流）の最低値（これを閾値という）の 2～3 倍に設定され、入力インピーダンスとは無関係である。
- × 5) ヒステリシスは自発心電図を検出した直後に限りペーシングを基本レートより延長する機能で、入力インピーダンスとは無関係である。

第7回午後の部

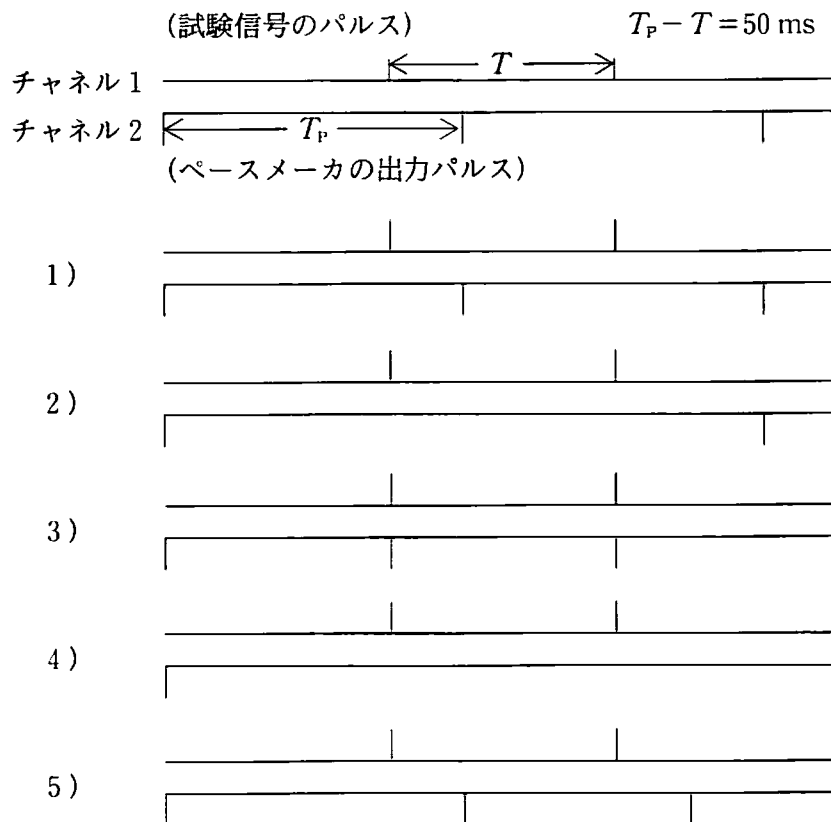
【問題 B 37】 下図はペースメーカーのデマンド感度（センシング閾値）の精度を測定する回路である。測定の手順は、感度を任意に設定し、試験信号のパルス間隔（ T ）をペースメーカーのパルス間隔（ T_p ）より 50 ms 短く設定する。つぎに、試験信号の振幅をゼロから徐々に増加させていき、ペースメーカーの出力パルスが抑制され、または同期（トリガ）するときの最低電圧（閾値）を計測し、感度とする。以下の設問に答えよ。



B 37-1 ペースメーカーの出力パルスが抑制され、または同期する信号発生器の電圧が 0.2 V であった。センシング閾値は何 mV か。その値を解答欄 に記入せよ。[6]

第7回午後の部

B 37-2 下図の最上段は、抑制や同期がとれていない状態の試験信号パルス（チャンネル1）とペースメーカーの出力パルス（チャンネル2）の相互関係を示す。測定したペースメーカーが同期型の場合、同期がとれた状態において、試験信号パルスとペースメーカーの出力パルスの相互関係で正しいのはどれか。番号を解答欄 (49) にマークせよ。ただし、オシロスコープの掃引速度と垂直感度は一定とする。[5]



第7回午後の部

B 37-3 ペースメーカー植え込み時のデマンド感度設定に関する記述で不適切なのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

注) 感度が高いとは、設定数値 [mV] が小さいことを示す。

- 1) 感度の設定レベルはセンシング閾値より低くしなければならない。
- 2) 感度を最低にすると、通常、固定レートになる。
- 3) 感度が高いと運動時にオーバーセンシングを起こす。
- 4) 感度が低いと T 波を誤検知して、オーバーセンシングの原因となる。
- 5) 感度が低いと R 波を見落として、アンダーセンシングの原因となる。

[正解] ㉓=1 mV ㉔=3) ㉕=4)

[解説]

B 37-1

試験信号は 100 k Ω と 500 Ω で分圧されてペースメーカーに入力されるのでセンシング閾値は $0.2 \times 0.5 / (100 + 0.5) = 1 \text{ mV}$ となる。

B 37-2

同期型は自発心電図を検知した時点で即刻刺激パルスが発生するので、試験信号パルス (チャンネル 1) と出力パルス (チャンネル 2) は同期した状態になる。図中でこの状態を呈するのは 3) のみである。なお、刺激パルスは絶対不応期に加えられるので心室を興奮させることはできず、心電図に QRS 波形と連結したスパイク状の信号として現れる。

B 37-3

- 1) センシング閾値は B 37-1 で測定したように自発心電図を検知するのに必要な最低の電圧であるから、感度はこの閾値より低く設定しておかなければ検知できない。実際は、電極から得られる心内心電図の P 波や R 波の波高値の 1/2 以下に設定することが多い。
- 2) 感度を最低、すなわち数値を最大 (通常、20 mV 以上) の位置 (ASYN-CH/ASYNCHRONY と表示されている) にすると固定レートになる。

第7回午後の部

- 3) 感度が高い（設定数値が低い）と運動時の筋電図を心電図波形と誤検知する場合があります、オーバーセンシングの原因となる。
- ×4) 感度が低い（設定数値が高い）とT波は検知レベルに達しないので誤検知しにくくなる。
- 5) 感度が低いとR波が検知レベルに達せず、アンダーセンシングの原因となる。

小論文試験問題

次の2つのテーマから1つを選び、800字以上1200字以内でまとめよ。ただし、800字に満たない論文は不合格となる。

テーマ1：MEの有用性

MEについての知識、あるいは経験、技術をもつ者として、あなたが専門外の他人にME（学問としての医用工学、またはME機器、設備など）の有用性を端的に説明する場合を想定して、その要旨をまとめよ。

テーマ2：リスクマネジメントのあり方

最近、各種の医療事故が報告されるとともに、事故防止対策としてのリスクマネジメントの必要性が叫ばれている。ME技術者として、技術的な立場と倫理的な立場からリスクマネジメントのあり方について、あなたの考えをまとめよ。