

【問題1】 ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ と表される原子に関する次の記述のうち、正しいのはどれか。その番号を解答欄①にマークせよ。[5]

- 1) この原子の名前はラドンである。
- 2) この原子の質量数は88である。
- 3) 原子核のまわりをまわっている電子の数は138である。
- 4) α 崩壊により、この原子は原子番号86、質量数222の原子に変わる。
- 5) この原子の半減期を1690年とすると、5070年後のこの原子の量はもとの1/6になる。

【正解】 ①= 4)

【解説】 原子核とその自然崩壊および半減期に関する基本的な問題である。まず元素記号に関しては、Raはラジウムで、ラドンの記号はRnである。また、原子核の書き方 ${}^A_Z\text{X}$ において(Xは元素記号)、A = 質量数、Z = 原子番号 = 陽子の数、 $A - Z$ = 中性子の数である。

次に、原子核の自然崩壊については、 α 崩壊により原子番号は2、質量数は4だけ減少し、 β 崩壊では原子番号が1だけ増加し、質量数は変化しない。

半減期は、放射性原子の数がもとの半分になるまでに要する時間で、半減期をT、はじめにあった原子核の数を N_0 、時間tの後に残っている原子核数をNとすると、

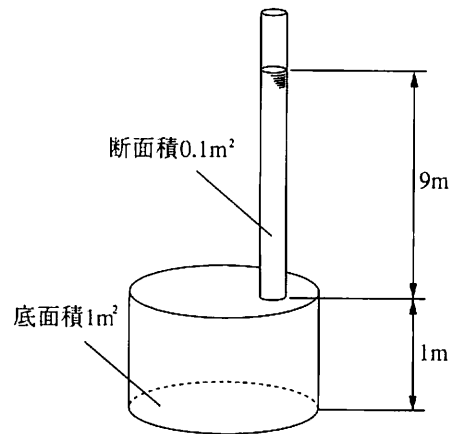
$$N = N_0 (1/2)^{t/T}$$

以上より、1)~5)までのそれぞれの記述について正しいかどうかを見てみると、

- × 1) Raはラジウムで、ラドンの記号はRnである。
- × 2) 元素記号の左上の数字は質量数、左下の数字は原子番号すなわち陽子数を表すから、この原子の質量数は226である。
- × 3) この原子の陽子数は88であり、原子核のまわりをまわっている電子の数と陽子数は等しいから、電子の数は88である。
- 4) α 崩壊により、原子番号が2、質量数が4だけ減少した原子に変わるから、この原子は原子番号86、質量数222の原子に変わる。
- × 5) $N = N_0 (1/2)^{t/T}$ より、この原子の半減期を1690年とすると、5070年後におけるこの原子の量は、 $t = 5070$ 、 $T = 1690$ を代入すれば、 $N = N_0 (1/2)^3 = N_0/8$ で、もとの1/8になる。

【問題2】 図に示すように、底面積 1 m^2 、高さ 1 m の容器に底面積 0.1 m^2 のパイプを垂直にとりつけた。この容器に水を入れ、水面までの高さを 10 m としたとき、底面に作用する圧力は次のどれにもっとも近いか。その番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) $1 \times 10\text{ Pa}$
- 2) $1 \times 10^2\text{ Pa}$
- 3) $1 \times 10^3\text{ Pa}$
- 4) $1 \times 10^4\text{ Pa}$
- 5) $1 \times 10^5\text{ Pa}$



【正解】 ② = 5)

【解説】 この間では、底面積の異なる2つの容器が連結されているので、一見複雑な計算が必要に思えるかもしれない。しかし、底面に作用する圧力は容器の形状には全く無関係であり、単純に 10 m の水位に対応する圧力を考えればよい。

これさえ分かれば、Pa (パスカル) と、水位 10 m との単位変換を行うだけで本問の解が得られる。

$$1\text{ Pa} = 1\text{ N} / \text{m}^2 = (1\text{ kg} \cdot 1\text{ m} / \text{s}^2) / \text{m}^2$$

となるので

断面積 1 m^2 、高さ 10 m の水柱 (質量: $1 \times 10 \times 10^3\text{ kg} = 10^4\text{ kg}$) を考え、重力加速度を約 $10\text{ m} / \text{s}^2$ として上式に代入すると、

$$(10^4\text{ kg} \cdot 10\text{ m} / \text{s}^2) / \text{m}^2 = 10^5\text{ Pa}$$

が得られる。

【問題3】 次の組み合わせで正しいのはどれか。その番号を解答欄③にマークせよ。[5]

- | | | |
|-------------------------------|---|--------------------------------|
| a. シャルル(Charles)の法則 | — | 温度が一定ならば気体の体積は圧力に反比例する。 |
| b. ル・シャトリエ(Le Chatelier)の法則 | — | ある気体の物理的溶解度はその分圧に比例する。 |
| c. ファンデルワールス(van der Waals)の式 | — | 実在気体の状態方程式 |
| d. ドナン(Donnan)の法則 | — | 不揮発性溶液の蒸気圧降下度は溶質濃度に比例する。 |
| e. ファント・ホフ(van't Hoff)の法則 | — | 温度一定下の稀薄溶液の浸透圧は溶質分子の総モル数に比例する。 |

- 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】 ③= 9)

【解説】 化学には人名に由来する法則が数多くある。本問では、医療分野において関連のある法則を取り上げている。

- × a. シャルル(Charles)の法則は「圧力が一定ならば気体の体積は温度に比例する。」を意味する。問題文の右側の説明はボイル(Boyle)の法則
- × b. ル・シャトリエ(Le Chatelier)の法則は「一定の温度、圧力、濃度のもとである化学平衡が成立しているとき、ある条件を変えて変化させるとその変化を打ち消す方向に反応が進んで新しい平衡状態に到達する」を意味する。問題文の右側の説明はヘンリー(Henry)の法則
- c. 気体の状態方程式はあまりにも有名であるが、実在気体に対しては分子間引力と排除体積で補正したファンデルワールス(van der Waals)の式が用いられる。
- × d. ドナン(Donnan)の法則は「膜を透過できない高分子イオンとその膜を透過できる副イオンと対イオンが存在するとき、膜の両側の副イオンと対イオンは濃度が異なった状態で平衡に達する。」ことを意味する。問題文の右側の説明はラウール(Raoult)の法則
- e. 溶質の分子が小さいほど、モル数が多いほど浸透圧効果は大きい。

第1回午前の部

【問題4】 一定流量のポンプの出口に断面積 0.2 cm^2 の短いパイプをとりつけ、その先を垂直に上に向けた。ポンプで水を流したところ、水は上方に 1.8 m の高さまで吹きあがった。このときポンプの流量はおよそいくらかと計算できるか。その番号を解答欄 にマークせよ。ただし、ポンプやパイプおよびパイプ先端での摩擦損失は考慮しないものとする。[4]

- 1) 0.12 l/min 2) 2.4 l/min 3) 5 l/min
4) 7.2 l/min 5) 10.2 l/min

【正解】 ④ = 4)

【解説】 ベルヌーイの定理に基づいて考える。定常な流れでは、流れの速さ v 、その一の圧力 p 、基準面からの高さ h には次のような関係がある。ただし、流体の粘性は無視する。

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + p + \rho gh = \text{一定}$$

これは別の言い方をすれば、圧力には3つの形があり、

上式の第1項は流れによる圧力：動圧

第2項は密閉された流体に存在する圧力：静圧

第3項は位置による圧力：水頭圧

であり、これらの総和は、流体に外部からエネルギーが作用しない限り一定に保たれる。さらに、本問にあるように動圧→水頭圧というように、圧力の形を変えることもあり、この場合には動圧の減少分が水頭圧へと変換される。したがって、本問では

$\frac{1}{2} \rho v^2 = \rho gh$ の変換が成立していると考えられるので、

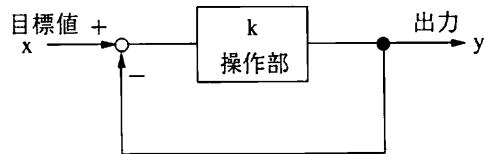
$$v^2 = 9.8 \times 1.8 \times 2, \quad v = 5.94 \text{ m/s} = 594 \text{ cm/s}$$

断面積が 0.2 cm^2 なので、 $0.2 \times 594 \times 60 = 7.13 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{min}$

$$= 7.1 \text{ l/min} \quad \text{となる。}$$

第1回午前の部

【問題5】 図に示すような負のフィードバック系において、安定した状態から目標値を x だけ変化させたとき出力 y はどれだけ変化するか。操作部のゲインを k として結果を式で示し、解答欄 に記入せよ。[5]



【正解】 ㊸ : $y = k / (1+k)x$

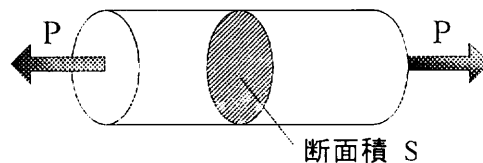
【解説】 入力を x だけ変化させた時の出力を y とすると、操作部への入力は $x - y$ となるので出力 y は $y = k(x - y)$ で表される。この結果 $y = k / (1+k)x$ となる。

第1回午前部

【問題6】 の中に当てはまる適切な語句を解答欄⑧～⑩に記入せよ。[2×3=6]

断面積 S の棒状の材料に静的に引っ張り荷重 P を作用させると、材料には P/S の⑧が生ずる。一方、この荷重によって材料が元の長さ L から ΔL だけ伸びたとき、 $\Delta L/L$ を⑨という。材料が弾性体の時、両者の比 $(P/S)/(\Delta L/L)$ を⑩という。

【正解】 ⑧=応力 ⑨=ひずみ ⑩=ヤング率



【解説】 材料に荷重が作用すると、その部材の内部には応力が発生する。応力とは材料に加わった荷重による変形に対する抵抗力のようなもので、均一な断面をもったものであれば、荷重に対して垂直な、どの断面でも等しい応力となる。

応力は荷重を断面積で割り、図では P/S となる。応力は力/面積であるので、単位は圧力の単位と等しい。

荷重による伸び ΔL を元の長さ L で基準化したものをひずみとよび、応力がひずみと比例するとき、この材料を弾性体という。

弾性体では応力/ひずみ = {本問では $(P/S) / (\Delta L/L)$ } をヤング率または縦弾性率という。

第1回午前の部

【問題7】 下記の文の□の中にあてはまる語句を後ろの語群から選び、その番号を解答欄⑤～⑨にマークせよ。 [1×5=5]

金属のような電気を良く通す物質を導体と呼び、導体内部はいたるところ、力を受けると容易に移動してしまう無数の正負等量の電荷で満たされており、導体全体としては電気的には□⑤を保っている。静電界中に置かれた導体の正負の電荷は外部電界により力を受け導体表面上に集まってしまう。このため、導体中には強い電界ができあがり、外部電界を□⑥ため、導体内部の電界は□⑦、導体内部、表面ともに□⑧になってしまう。したがって、導体で球殻を作り一定電位に保つと(例えばアースする)、球殻内部及び外部での電界の変化はそれぞれ外部、内部に□⑨ことになる。この性質を利用して静電シールドがおこなわれる。

- ⑤の語群 1) 酸性 2) 中性 3) アルカリ性 4) プラス 5) マイナス
- ⑥の語群 1) 強調してしまう 2) 打ち消してしまう 3) 弱めてしまう
4) 反射してしまう 5) 散乱してしまう
- ⑦の語群 1) プラスとなり 2) マイナスとなり 3) 零となり
4) 複雑となり 5) 破壊され
- ⑧の語群 1) 負電位 2) 正電位 3) 負電界 4) 等電位 5) 正電界
- ⑨の語群 1) 強く影響を与える 2) 影響を与える
3) ごくわずかに影響を与える 4) 影響を与えない
5) 漏れてしまう

【正解】 ⑤=2), ⑥=2), ⑦=3), ⑧=4), ⑨=4)

【解説】 この問題は導体の電氣的性質を問題にしている。問題に書かれている内容を充分理解しておく必要がある。特に注意することは、導体内部の電界は零であること。導体のどこでも同電位であることの2点である。

第1回午前の部

【問題8】 解答欄 , 内に解答を記入せよ。[2×2=4]

10 Ωの抵抗と20 mHのインダクタの直列回路に、 $2 \sin(100t)$ [A]の電流を流したとき、抵抗の両端の瞬時電位差は [V]、インダクタの両端の瞬時電位差は [V]と表される。

【正解】 ㉔ = $20 \sin(100t)$, ㉕ = $4 \cos(100t)$

【解説】 抵抗 R の両端の電位差 V は抵抗を流れる電流を i とすると、 Ri で与えられるから、

$$V = 20 \sin(100t)$$

インダクタンス L の両端の電位差 V は、 $L di / dt$ で与えられる。

$$di / dt = 2 \times 100 \cos(100t) \text{ であるから}$$

$$V = 20 \times 10^{-3} \times 2 \times 100 \cos(100t) = 4 \cos(100t)$$

【問題9】 図は入力抵抗 R_i 、出力抵抗 R_o （ともに抵抗成分だけとする）、利得 G の演算増幅器を用いたボルテージホロワである。□に当てはまる数式を後ろの数式群から選び、その番号を⑩～⑫に記入せよ。[2×3=6]

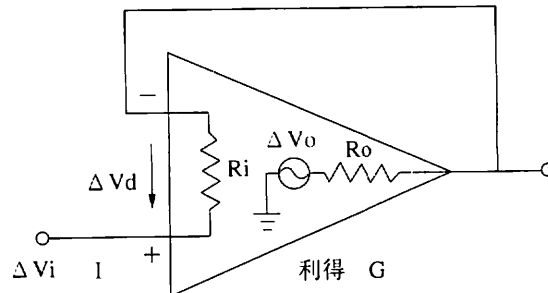
入力信号 V_i が ΔV_i だけ変化したとき入力電流 I 、出力信号 V_o がそれぞれ ΔI 、 ΔV_o だけ変化したとする。

$$\Delta V_o = G \Delta V_d \text{ であるから } \Delta V_o = \text{⑩} \cdot \Delta V_i$$

$$\Delta I = \Delta V_d / R_i \text{ であるから } \Delta I = \text{⑪} \cdot \Delta V_i / R_i$$

したがって、ボルテージホロワの入力インピーダンス R_e は次式で与えられる。

$$R_e = \Delta V_i / \Delta I = \text{⑫} \cdot R_i$$



- 1) G 2) $\frac{1}{G}$ 3) $\frac{1}{1+G}$ 4) $\frac{G}{1+G}$ 5) $(1+G)$ 6) $\frac{1+G}{G}$
 7) $\frac{G-1}{G}$ 8) $\frac{G}{G-1}$ 9) $(G-1)$ 10) $G(G+1)$

【正解】 ⑩=4), ⑪=3), ⑫=5)

【解説】 この問題はボルテージホロワの入力インピーダンスを求める問題で、演算増幅器の基本的な考え方を理解している必要がある。

$$\Delta V_d = \Delta V_i - \Delta V_o \text{ であるから, } \Delta V_o = G(\Delta V_i - \Delta V_o) \text{ となり}$$

$$\Delta V_o = G \cdot \Delta V_i / (1+G) \text{ となる。}$$

上記の式で与えられた関係を代入すれば、後の問は簡単に求められる。

$$\Delta I = \Delta V_d / R_i = \frac{1}{R_i} (\Delta V_i - \Delta V_o) = \frac{1}{R_i} (\Delta V_i - \frac{G}{1+G} \cdot \Delta V_i) = \frac{\Delta V_i}{R_i} (\frac{1}{1+G})$$

$$\therefore \text{入力インピーダンス } \frac{\Delta V_i}{\Delta I} = R_i (1+G)$$

第1回午前の部

【問題10】 図の回路において、角周波数を ω とし a b間のインピーダンスを $Z(\omega)$ で表すものとする。以下の問で□に当てはまる数式を下記から選び、その番号を解答欄⑬～⑮にマークせよ。ただし、虚数単位を j とする。

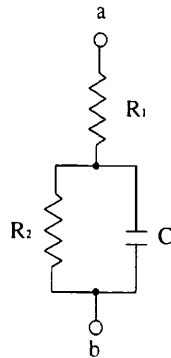
[2×3=6]

10-1 非常に低い周波数では $Z(\omega) = \text{⑬}$ 、また、非常に高い周波数では $Z(\omega) = \text{⑭}$ となる。

- 1) R_1 2) R_2 3) $R_1 + R_2$ 4) $\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ 5) $\frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}$

10-2 $Z(\omega) = R_1 + \frac{R_2 - j \text{⑮}}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2}$

- 1) $\omega^2 C^2 R_2^2$ 2) $\omega C^2 R_2^2$ 3) $\omega C R_2^2$ 4) $\omega C R_2$ 5) $\omega^2 C R_2$



【正解】 ⑬=3), ⑭=1), ⑮=3)

【解説】 ab間のインピーダンスは

$R + 1/(1/R_2 + j\omega C) = R_1 + (R_2 + j\omega C R_2^2)/(1 + \omega^2 C^2 R_2^2)$ である。この式から周波数が非常に低い場合と高い場合を考えてもよいが、コンデンサの両端の電位差と周波数との関係を理解するために以下のように考え、ab間のインピーダンスを求めたほうが良いと思われる。

非常に低い周波数ではコンデンサのインピーダンスはほぼ無限大と考えられるため、ab間のインピーダンスは $R_1 + R_2$ となる。周波数が高くなるとコンデンサのインピーダンスは次第に小さくなり最終的に零となる。すなわち抵抗 R_2 が短絡されたこととなる。したがって、ab間のインピーダンスは R_1 となる。

第1回午前の部

【問題11】 に当てはまる数値を解答欄 ㉔ ~ ㉖ に記入せよ。

[2 × 3 = 6]

電圧利得 40 dB、同相弁別比(CMRR) 80 dBの差動増幅器で、1 Vの同相雑音成分の重畳した1 mVの信号成分を増幅した。出力電圧のうち、信号成分は ㉔ V であり、同相雑音成分は ㉖ Vとなる。したがって、S N比は ㉖ dBとなる。

【正解】 ㉔=0.1, ㉖=0.01, ㉖=20

【解説】 40 dB は 100 倍である。電圧利得 40 dB で同相弁別比 80 dB であると、同相入力成分は

$$80 \text{ dB} - 40 \text{ dB} = 40 \text{ dB}$$

だけ小さくなる。

したがって、信号雑音成分 N は $0.001 \text{ [V]} \times 100 = 0.1 \text{ [V]}$ となり

同相成分 S は $1 \text{ [V]} / 100 = 0.01 \text{ [V]}$ となる。

S N 比は $S/N = 0.1 \text{ [V]} / 0.01 \text{ [V]} = 10$ であるから 20 dB となる。

第1回午前の部

【問題12】 に当てはまる解答を下記から選び、その番号を解答欄⑩にマークせよ。[3]

非正弦波交流電圧 $v=80\sqrt{2}\sin(\omega t)+60\sqrt{2}\sin(2\omega t)$ [V] の実効値は V である。

- 1) 50 2) $50\sqrt{2}$ 3) $70\sqrt{2}$ 4) 100 5) $100\sqrt{2}$

【正解】 ⑩ = 4)

【解説】 色々な成分ででき上がっている信号の実効値は、各成分の実効値の自乗の和の平方根で与えられるから、 $(80^2+60^2)^{1/2} = 100$ [V] となる。

【問題13】 時系列信号のA/D変換処理について、正しいのはどれか。解答欄

⑰にマークせよ。[6]

- a. 信号に含まれる周波数成分が100 Hz以下のとき、サンプリング(標本化)周波数は理論的には50 Hz以下でよい。
- b. サンプリング周波数を低くすると、折返し雑音が生じる可能性がある。
- c. サンプリング周波数を高くすると、量子化雑音が増加する。
- d. 前処理として一般に高域遮断フィルタをかける。
- e. 量子化ステップ数を多くすると、符号長が短くなる。

- 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】 ⑰= 6)

【解説】 A/D変換の原理についての問題である。A/D変換は原理的に、1)前処理として、不要な高域信号を除去するためのフィルタリング、2)一定の周波数(時間間隔)による時系列信号のサンプリング、サンプリングしたアナログ値を一定数のレベルに対応させる量子化とその2進符号化に分けられる。

- × a. サンプリング定理によれば、周波数は信号に含まれる周波数成分の少なくとも2倍でなければならない。また、この周波数をナイキスト周波数、その逆数であるサンプリング間隔をナイキスト間隔と呼ぶ。しかし、これは理論上の値であって実際にはもっと高い周波数でサンプリングする必要がある。
- b. 折返し雑音は、エイリアシングとも呼ばれる。
- × c. 量子化雑音は、サンプリングしたアナログ値を有限個の量子化レベルで表現するとき生じる誤差であり、原理的に避けられない。e.の項も参照のこと。
- d. 不必要な高周波成分はb.の折返し雑音の原因になる。
- × e. サンプリングした値を例えば8ビットでデジタル表現する場合、 $2^8 = 256$ 個の量子化レベルで表現できる。量子化レベルの数を多くしようとすると、符号長(ビット数)が長くなる。

第1回午前の部

【問題14】 信号処理について、次の各文の□内に最も適切に当てはまる語句を後ろの語群から選び、解答欄⑱～㉑にマークせよ。[1×4=4]

- 14-1 フィルタの出力において、通過電力が⑱になる周波数を遮断周波数と呼ぶ。
- 14-2 ランダムな雑音の中に繰り返し信号が含まれている場合、⑲法を使って雑音成分を低減することができる。
- 14-3 周期信号をフーリエ変換すると㉑スペクトルが得られる。
- 14-4 デジタルフィルタは、アナログフィルタに比べ温度や経年による特性の変化が㉒。

語群： 1) $1/4$ 2) $1/2$ 3) $1/\sqrt{2}$ 4) 移動平均 5) 加算平均
6) 判別分析 7) 連続 8) 線 9) 多い 10) 少ない

第1回午前の部

脳波や心電図など生体の時系列信号の処理についての設問である。コンピュータを中心とするデジタル技術の進歩によって、元のアナログ信号を A/D 変換でデジタル信号に変換してデジタル処理することが一般的になってきた。今日では小型機器にもコンピュータが組み込まれ、その高速かつ柔軟な情報処理機能によって、多機能化やインテリジェント化が進んでいる。

14-1

【正解】⑱=2)

【解説】設問では通過電力であることに注意。電圧や電流値では、 $1/\sqrt{2}$ となる周波数を言う。

14-2

【正解】⑲=5)

【解説】加算平均は同期加算とも呼ばれる。自発脳波に埋もれた誘発脳波の検出などに使われる処理である。移動平均は時系列信号の平滑化に使われる手法である。

14-3

【正解】⑳=8)

【解説】非周期信号をフーリエ変換すると、連続スペクトルが得られる。

14-4

【正解】㉑=10)

【解説】デジタルフィルタでは、信号を A/D 変換してからデジタル回路計算によってフィルタリングの処理を行うので、素子の微妙な特性変化に影響を受けない。

【問題15】 変調方式について誤っているのはどれか。解答欄 ㉔ にマークせよ。

[4]

- 1) AMにおいて、搬送波の周波数が f_c で変調信号のスペクトルが f_a 以下の範囲にあるとき、被変調波のスペクトルは $f_c \pm f_a$ の間に分布する。
- 2) FMでは、被変調波のスペクトルは理論的に無限に広がる。
- 3) SSBとは、被変調波の一方の側波帯だけを伝送する方式である。
- 4) 周波数弁別器は、FMの復調回路に使われる。
- 5) 時分割による多重化方式では、受信側でフィルタによりチャンネルを分離する必要がある。

通信に使われる変調と多重化についての問題である。変調方式には、高い周波数の正弦波（搬送波）に信号を乗せる正弦波変調と信号をパルス波形に変換して伝送するパルス変調に大別される。正弦波変調には、振幅変調(AM)、周波数変調(FM)または位相変調(PM)があり、パルス変調にはパルス符号変調(PCM)などがある。それぞれ、必要とする帯域幅、雑音特性、処理（変調と復調）の複雑さなどに、特徴がある。多重化は、複数の情報信号に通路路（チャンネル）を割り当て一括して伝送することによって、伝送路や送受信装置を効率的に利用する技術である。周波数帯域を分割して使用する周波数分割(FDMA)と時間軸を分割して使用する時分割(TDMA)がある。

【正解】 ㉔ = 5)

【解説】

- 1) AM(Amplitude Modulation, 振幅変調)では、被変調波のスペクトル(周波数成分)は、搬送波を中心に、左右対称に信号の周波数成分からなる側波帯が生じる。
- 2) FM(Frequency Modulation, 周波数変調)では、理論上は変調信号の振幅に比例して被変調波のスペクトルが無限に広がる。しかし、実際には近似的に有限の範囲だけを扱っている。
- 3) AMにおいて、被変調波の上側の側波帯は信号と同じスペクトルパターンになっているので、これだけをフィルタの分離して送信すれば、伝送路の帯域幅は半分で済む。この方式がSSB(Single Side Band)方式である。
- 4) FMの復調において、周波数の変化を信号の振幅変化に対応させる回路を周波数弁別回路と呼ぶ。
- × 5) 周波数分割による多重化では、受信側でフィルタによって各チャンネルを分離する。時分割の場合は、同期信号により電子的なスイッチを切り替えて、各チャンネルを分割する。

第1回午前の部

【問題16】 コンピュータについて、次の各文の□に当てはまる語句を後ろの語群から選び、解答欄⑳～㉔にマークせよ。[2×3=6]

- 16-1 2進整数01001と00011を足すと㉔になる。
- 16-2 ㉔に格納されたデータのアクセス時間は、その格納位置(番地)にかかわらず一定である。
- 16-3 高水準言語のソースプログラムをオブジェクトプログラムに変換するために、㉔を使用する。

23の語群：1) 01001 2) 01011 3) 01100 4) 01110 5) 01111

24の語群：1) RAM 2) ハードディスク 3) フロッピーディスク
4) CD-ROM 5) 磁気テープ

25の語群：1) エディタ 2) リンカ 3) デバッガ 4) インタプリタ
5) コンパイラ

第1回午前の部

コンピュータやコンピュータを組み込んだ機器を使用する場合、コンピュータの基本構成（ハードウェア）やその情報処理（ソフトウェア）の原理について理解しておく必要がある。

16-1

【正解】㉓=3)

【解説】2進整数では、各桁を0と1だけを使用し、各桁は2のべき乗を表す。2で桁上がりをすることを除けば、10進数と同じように計算すればよい。

16-2

【正解】㉔=1)

【解説】RAM (Random Access Memory) は、一般にコンピュータの主メモリに使われる半導体メモリを意味する。ハードディスクなど機械的な読み書き機構があるメモリでは、読み書きヘッドとデータの物理的な位置関係により、読み書きに必要な時間が異なる。

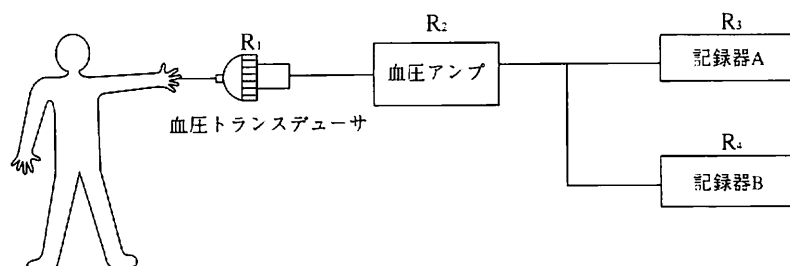
16-3

【正解】㉕=5)

【解説】選択肢はいずれもプログラムの開発や実行に使われるソフトウェア(プログラム)である。CやBASIC, FORTRAN, COBOLなどの高水準言語で記述されたプログラムは、最終的にコンピュータが理解できる機械語のプログラムに変換する必要がある。この目的のために、元の(ソース)プログラムを一括して変換するプログラムがコンパイラである。現在では、エディタによるソースプログラムの作成やデバッガによる誤りの解析なども含めて1つのソフトウェア(統合環境)として提供されることが多い。

第1回午前部

【問題17】 ある重篤な患者の血圧波形を記録した。記録の信頼性を上げるために記録器は2台使用した。血圧トランスデューサ、血圧アンプの信頼度を R_1 , R_2 , 記録器A, Bの信頼度を R_3 , R_4 とすると、血圧波形が少なくとも1つの記録器に記録される信頼度はいくらになるか。解答欄⑦に式で示せ。[4]



第1回午前の部

[正解] ⑦ = $R_1 \times R_2 \times \{(R_3 + R_4) - R_3 \times R_4\}$

[解説] 信頼度 R と故障率 P の関係を理解し、ある系の信頼性を高める冗長系の扱いを問うている最も初歩的な問題である。

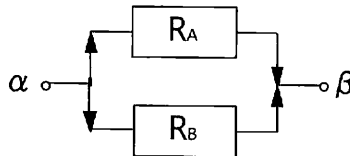
- ・定義： $R = 1 - P$
- ・直列系の信頼度 R



$$R = R_A \times R_B$$

$$P = 1 - (1 - P_A)(1 - P_B)$$

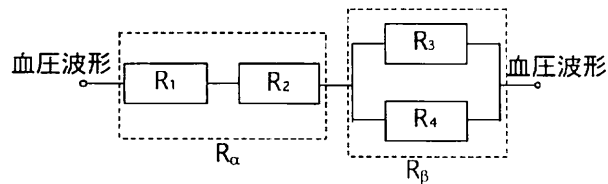
- ・並列系の信頼度 R



$$R = 1 - (1 - R_A)(1 - R_B)$$

$$P = P_A \times P_B$$

この問題は血圧波形の情報伝達系の信頼度を求めることを意味し、次の様に置き換えられる。



2つの点線の枠内の信頼度をそれぞれ R_α , R_β とすれば

$$R_\alpha = R_1 \times R_2, \quad R_\beta = 1 - (1 - R_3)(1 - R_4)$$

$$\begin{aligned} R &= R_\alpha \times R_\beta = R_1 \times R_2 \times \{1 - (1 - R_3)(1 - R_4)\} \\ &= R_1 \times R_2 \times \{(R_3 + R_4) - R_3 \times R_4\} \end{aligned}$$

【問題18】 手術中、無線テレメータ式のモニタで心電図と観血血圧波形を監視していたところ、電気メスを使用すると心電図が大きく乱れたが、観血血圧波形はほとんど影響を受けなかった。電気メスのノイズの主たる混入経路はどれか。解答欄⑳にマークせよ。〔4〕

- 1) 不要電波放射による受信アンテナからの混入
- 2) 電源ラインからのノイズの混入
- 3) 血圧トランスデューサ、コードからの混入
- 4) 心電図電極、コードからの混入
- 5) 保護接地線からの混入

【正解】 ⑳ = 4)

【解説】 電気メスを使用すると、放電により電磁波ノイズが発生し、いろいろな経路からME機器に侵入して影響を与えることがある。そこで、ME機器側でも影響を受けづらくする必要があるが、その為にはまずノイズの侵入経路を特定する必要がある。出題は影響の症状から経路の推定を行うものである。

- × 1) 受信アンテナ（電波の乱れ）によるものであれば、観血血圧波形にもノイズが混入する。
- × 2) 電源ラインからの侵入であれば、観血血圧波形にもノイズが混入する。
- × 3) 血圧トランスデューサ、コードから心電図が乱れる程の混入があれば、観血血圧波形にも影響が出るはずである。
- 4) 心電図電極、コードからの混入した場合は、一般的にはこのような現象が生ずることが多い。
- × 5) 保護接地線からの混入なのであれば、観血血圧波形にも影響が出る。

第1回午前の部

【問題19】 次の図記号と説明の組合せで誤っているのはどれか。解答欄 ⑳ にマークせよ。[4]


- | | | | |
|-------------|--|------------------|--|
| a. 防浸形機器 | | b. 無段階調整 | |
| c. バッテリチェック | | d. 除細動保護のあるBF形機器 | |
| e. 等電位化 | | f. アンテナ | |
| g. 警報 | | h. 初期状態への復帰 | |
| i. 危険電圧 | | j. 電離放射線 | |


- 1) a, b, c, d 2) a, b, c, j 3) a, b, i, j 4) a, h, i, j
5) b, c, d, e 6) c, d, e, f 7) d, e, f, g 8) e, f, g, h
9) f, g, h, i 10) g, h, i, j



第1回午前の部

[正解] ⑰ = 3)


[解説] 図記号はテキストの医用電気機器図記号の表の通り、間違っている所のみ示す。


× a 「防浸形機器」は「IPX7」または「」


「」は「AP類機器」


× b 「無段階調整」は「」または「」

「」は「通常走行」

× i 「危険電圧」は「」

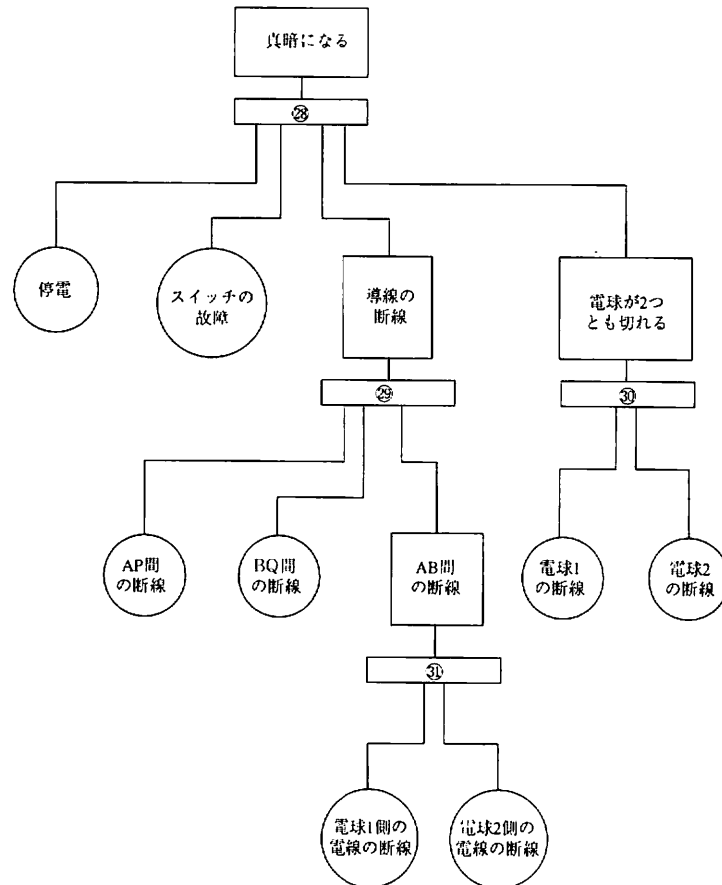
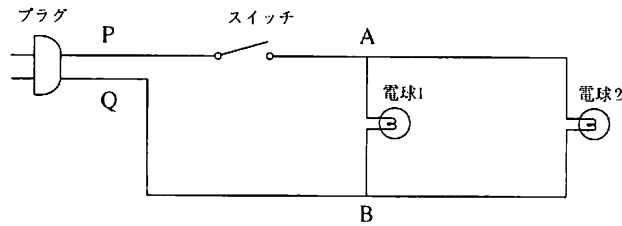
「」は「注意、付属文書参照」

× j 「電離放射線」は「」

「」は「非電離放射線」

第1回午前の部

【問題20】 電灯線で2個の電球を点灯させるスタンドがある(図1)。電球が消えて真暗になるトラブルの発生する原因をFTA(故障の樹分析)で分析したところ図2のようになった。図2の中の□にあてはまる論理記号の名称を、後ろの番号から選び、その番号を解答欄⑳～㉑にマークせよ。[2×4=8]

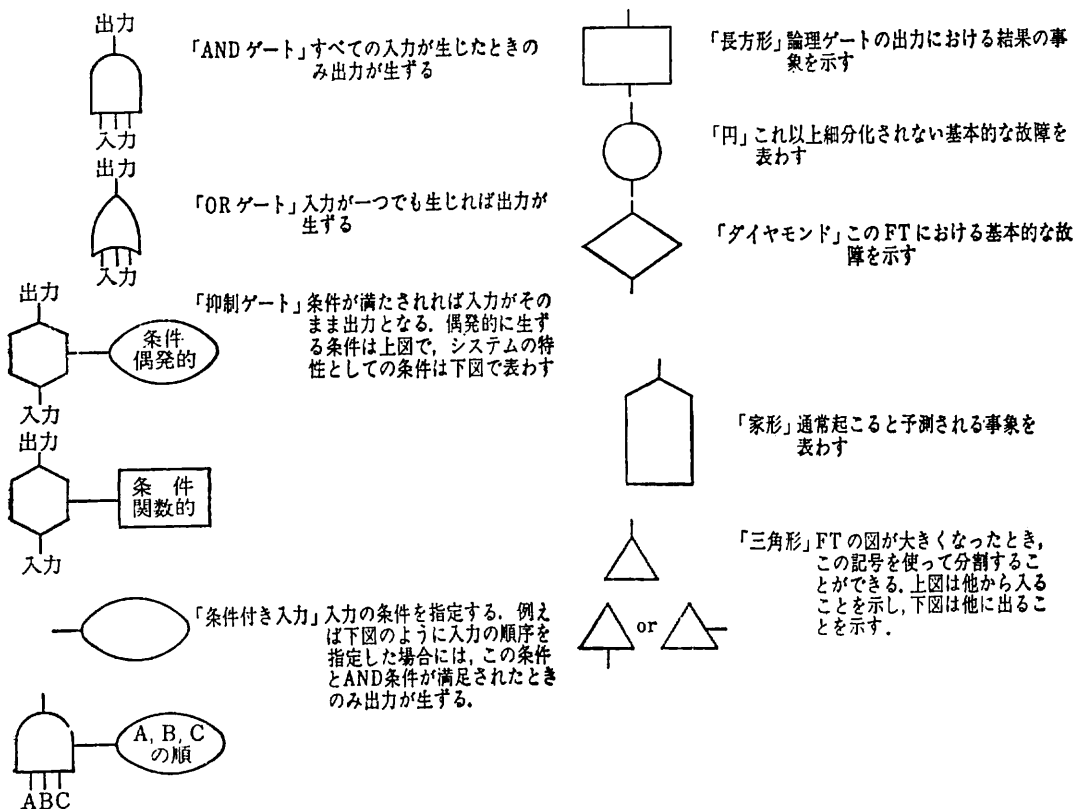


- 1)AND 2)NAND 3)OR 4)NOR 5)NOT

[正解] ⑳ = 3), ㉑ = 3), ㉒ = 1), ㉓ = 1)

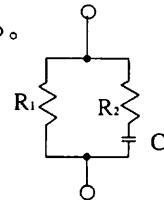
[解説] 故障樹木解析 (FTA: Fault Tree Analysis) の最も単純な例示モデルである。故障の原因を探る手法で、因果関係を論理式の AND や OR 等を用いて構築するのが特徴である。FTA で用いられる記号一覧を下に示す。

順を追って故障を追及すると、まず㉒の場合は「電球が消えて真暗になる」現象は、「停電」、「スイッチ故障」、「導線の断線」、「電球が2つとも切れる」という4つの現象の内どれか一つまたは一つ以上の事象が発生することで起こるので、「OR」の関係である。すなわち、㉒は3となる。こう考えると㉑は3でよく、㉒は同時に起こらなければならないので「AND」を示す1となる。㉓も電球1と2は並列に入った回路導線なので1である。



【問題21】 一定の大きさ(例えば各辺1cmの立方体)の生体組織の電氣的等価回路として図示のものがしばしば用いられる。その説明のうち誤っているものはどれか。解答欄 ㉔ にマークせよ。[5]

- 1) R_1 は細胞外の電流路での抵抗を集合的に表したものである。
- 2) R_2 は細胞膜の漏れ抵抗を集合的に表したものである。
- 3) C は細胞膜の電気容量を集合的に表したものである。
- 4) 表皮のような乾燥した組織では R_1, R_2 ともに大きい。
- 5) この等価回路では生体の能動的電気特性を説明できない。



【正解】 = 2)

【解説】 R_2 は、細胞膜の容量に並列に入る導電性要素(漏れ抵抗)ではなく、これに直列に入る要素であり、細胞内の電流路での抵抗を集合的に表したものである。この等価回路は一定の大きさに切り出した、生体材料としての組織の性質を表しており、活動電位など、「生きている」状態の能動的特性を含めてモデル化したものではない。

- 1) R_1 は細胞外液の部分の抵抗を集合的に表し、皮下組織のように細胞が密に重なるものでは非常に大きい値をとる。他方、血液のようにほとんどの部分が細胞外液と考えられるものでは、低い値になる。
- × 2) R_2 は細胞膜の漏れ抵抗ではなく、細胞内液の部分の抵抗を集合的に表したものである。膜と内液のふたつの要素は集合的に見て本質的に直列に接続されている。細胞膜の漏れ抵抗であれば、集合的に細胞膜を表す電気容量 C に並列に接続されるべきである。
- 3) 細胞膜は親水基が両面に、疎水基(脂質)が両面から細胞膜の内部に向く構造をもち、この脂質のために、電氣的絶縁性が高い。このためコンデンサのように電荷の蓄積が起こり、容易に膜が帯電する。
- 4) R_1, R_2 ともに組織が含む電解液に依存するので皮膚のように細胞内外液の少ない組織では、抵抗が大きい。
- 5) この等価回路は、外から電圧や電流を加えられたときに材料としての組織にどのような電流や電圧(正確には逆起電力)が生ずるかをモデル化しているだけで、生体の能動的電気特性を生む前提条件を説明しているに過ぎない。能動的電気特性を説明するには、膜の興奮性や、細胞内での能動輸送を考慮しなければならない。

第1回午前部

【問題22】 血管中の流れが層流か乱流かを知るのに便利なレイノルズ数 $Re = \rho Dv / \mu$ (ただし ρ : 密度, D : 管径, v : 流速, μ : 粘性係数) について、実際の値と大きく違っているのはどれか。解答欄 にマークせよ。[5]

血管部位	Re
1) 大動脈	4,000
2) 細動脈	10
3) 毛細血管	0.002
4) 肺動脈の第1分岐部	0.1
5) 大静脈	2,000

【正解】 ㉓ = 4)

【解説】 定義式の次元数を調べてみると、密度 $[ML^{-3}]$ 、管径 $[L]$ 、流速 $[LT^{-1}]$ 、粘性係数 $[ML^{-1}T^{-1}]$ なので、レイノルズ数 Re は $[ML^{-3} \cdot L \cdot LT^{-1} / (ML^{-1}T^{-1})]$ 即ち無次元数となることが分かる。密度 ρ や粘性係数 μ は循環系の中で殆ど異ならないので、管径 D と流速 v の積を比較してみればよい。レイノルズ数が約2000を越すと乱流になると言われる。また毛細管では小数点以下の非常に小さい値になる。

- 1) 大動脈では、管径、流速とも特に大きく乱流領域となる。
- 2) 細動脈では、大動脈に比べ管径が数10分の1、流速も10分の1程度で、レイノルズ数は急激に低下するが、毛細管よりは遥かに大きい。
- 3) 毛細血管では管径、流速とも極端に小さくなり、その積に比例してレイノルズ数は大動脈の 10^{-6} 以下となる。
- × 4) 肺動脈の第1分岐部はまだ十分に太い動脈で、レイノルズ数が細動脈より小さいわけではなく、700の程度である。
- 5) 大静脈になると再び管径、流速とも増加し大動脈に近い値になる。

【問題23】 温熱治療による体内深部での温度上昇分布を、超音波を用いて間接的に測定したい。超音波のどの性質を利用すれば無侵襲温度計測の可能性があるか。最も可能性の高いものを2つ選び、解答欄⑳にマークせよ。[5]

- a. 反射係数 b. ドプラ効果 c. 直進性 d. 定在波比
 e. 減衰定数 f. 音速 g. 散乱 h. 速度分散
 i. 波形ひずみ j. 透過係数

- 1) a, b 2) a, j 3) b, c 4) c, d 5) d, e
 6) e, f 7) f, g 8) g, h 9) h, i 10) i, j

【正解】 ㉑ = 6)

【解説】 生体内を超音波が伝搬するとき経路の中の生体から影響を受けるとして、なるべく単純に温度のみの影響を受けることが望ましい。複雑な関係で温度の影響を受けることは上記 a ~ j のどれであっても可能性を完全に否定することはできないだろう。超音波固有の性質のもの(c)、主として音響インピーダンスの違いによるもの(a, j)、相対運動によるもの(b)、伝搬媒体の寸法によるもの(d)、境界面形状によるもの(g)、信号成分の周波数に依存するもの(h, i)などは温度依存性があるとしても複雑に関与するものと考えられよう。伝搬媒体に関係する減衰定数(e)、音速(f)は媒体による違いを相殺することができれば、あとはほぼ温度による単純な変化が残ると云ってよく、利用し得る可能性がある。

- × a. 反射係数：界面での現象で、生体深部の一様な組織内には適用できない。
- × b. ドプラ効果：相対運動がなければ起こらない。
- × c. 直進性：生体内部の構造に依存。
- × d. 定在波比：組織全体の大きさによる。
- e. 減衰定数：生体内部の組織の違いにより大きく変わるが、変化は主に温度による。
- f. 音速：減衰定数と同様、変化は主に温度による。
- × g. 散乱：温度依存性は考えにくい。
- × h. 速度分散：周波数に依存する。
- × i. 波形ひずみ：速度分散により生ずる。
- × j. 透過係数：反射係数と同様、界面での現象である。

【問題24】 生体組織における熱輸送の状況は t を時間、 x を距離にとり、次の微分方程式で示される。

$$\rho_i C_i \cdot dT/dt = k \cdot d^2T/dx^2 + Q - F \rho_b C_b (T - T_b)$$

ただし、 ρ_i ：組織の密度、 C_i ：組織の比熱、 k ：組織の熱伝導率、

Q ：組織の熱発生量、 ρ_b ：血液の密度、 C_b ：血液の比熱、

T ：組織の温度、 T_b ：血液の温度

この式の中の F は何を表すか。解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) 組織の粘性係数
- 2) 血液の粘性係数
- 3) 血液の熱伝導率
- 4) 血液のヘマトクリット値
- 5) 血流量

【正解】 ㉞ = 5)

【解説】 熱輸送の方程式を厳密に記憶していなくとも、この方程式の左辺の温度の時間変化をもたらす右辺の要素のうち、温度上昇側への影響をもたらす発生熱量 $+Q$ に対し、組織と血液の温度差とこの F の少なくとも両方に比例してマイナスの効果をもたらすものを考えれば、 F が血流量であることが容易に推察できよう。

- × 1) 組織の粘性係数：力学的パラメータで、熱を運び去ることには無関係。
- × 2) 血液の粘性係数：力学的パラメータで、熱を運び去ることには無関係。
- × 3) 血液の熱伝導率：血液の比熱との積となるのは理論的に矛盾する。
- × 4) 血液のヘマトクリット値：熱的性質に直接は関与しない。
- 5) 血流量：熱発生とともに熱輸送に大きく関係するのは血流で、組織と血液の温度差によって運ばれる熱量が決まる。

第1回午前の部

【問題25】 生体組織における光およびX線の特性について、下記の文で誤っているものを選び、解答欄 ㉔ にマークせよ。[5]

- a. 生体に照射されたビーム状のX線は、吸収のためビーム状を保つことができず、いろいろな方向に進むようになる。
- b. X線の生体内での減衰は主に吸収により生じ、散乱などによるものは少ない。
- c. 可視光は生体内で吸収されるだけでなく散乱する。
- d. 細胞は可視光の波長に比較して十分に大きいため、可視光は細胞の境界であらゆる方向に反射し、散乱していく。
- e. 血液は不均質で可視光領域で強い吸収特性を示す。
- f. 生体組織による可視光の吸収は、主にメラニンとヘモグロビンによる。
- g. ヘモグロビンによる可視光の吸収は、ヘモグロビンの酸化還元の数値により異なる。
- h. 波長が800 nmの光では酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンによる吸収の差が最も大きい。
- i. 生体に照射されたビーム状の平行可視光は生体内で強く散乱されるため、ビーム状を保ち直進する。
- j. 可視光の独特の散乱吸収特性は、X線と同様、光CTの実現を容易にしている。

- 1) a, b, c, d 2) a, b, c, j 3) a, b, i, j 4) a, h, i, j
5) b, c, d, e 6) c, d, e, f 7) d, e, f, g 8) e, f, g, h
9) f, g, h, i 10) g, h, i, j

【正解】⑳= 4)

【解説】X 線と可視光の生体内での伝搬特性の違い、つまり X 線では生体内での散乱が少なく、吸収・透過のみを考えればよく、細いビーム光は散乱せずに生体を貫通すること、可視光では生体内での吸収・散乱が激しく、とくにメラニンやヘモグロビンで特異な選択的吸収がみられることなどを理解していれば、解答はさほど困難ではない。

- × a. X 線は直進性が良好で、散乱をあまり起こさない。
- b. X 線は生体内での減衰は主に吸収により生ずる。
- c. 可視光は X 線と異なり、生体内で吸収、散乱される。
- d. 細胞は可視光の波長に比較して十分に大きいいため、光は細胞の境界であらゆる方向に反射し、散乱していく。
- e. 血液は不均質で可視光領域で強い吸収特性を示す。
- f. 生体組織による可視光の吸収は、主にメラニンとヘモクロビンによる。
- g. ヘモクロビンによる可視光の吸収は、ヘモクロビンの酸化還元の程度により異なる。とくに赤色光において大きく変化し、オキシメータによる酸素飽和度の測定原理となっている。
- × h. 波長が 800 nm の光では酸化ヘモクロビンと還元ヘモクロビンによる吸収の差が殆どなく、オキシメータでは参照光に用いられる。
- × i. X 線と異なり可視光は生体内で強く散乱されるため、ビーム状を保ち得ない。
- × j. X 線と異なり、可視光の独特の散乱吸収特性は、光 CT の実現を困難にしている。

【問題26】 電磁波によるハイパーサーミアについて誤りはどれか。解答欄 ㉞7 にマークせよ。[5]

- 1) がん細胞は正常細胞よりわずかであるが熱に弱い。
- 2) 正常組織を損傷せずがん細胞だけを死滅させるためには、39～40℃の低い温度で非常に多くの回数繰り返し加温する必要がある。
- 3) 体表面に近い浅部を加温するためには、マイクロ波領域の、高い周波数の高周波を照射すべきである。
- 4) 比較的低い周波数の電磁波での誘電加温は全身を加温するのに適するが、局所的に極端に加温されることがある。
- 5) がん組織の部分はしばしば血行の阻害が起こっているので、全身を一様に加温しても結果的にがん組織の部分が強く加温されることが多い。

【正解】 ㉞7 = 2)

【解説】 ハイパーサーミア治療での温熱生理学と加温技術の初歩を理解する必要がある。がん細胞と正常細胞の温熱特性の違い、とくに繰り返し加温でがん細胞に見られる熱耐性の出現、血液循環からのがん組織の隔離傾向など。また、電磁波周波数と生体内への有効到達距離の関係、電波照射や通電の手法、ホットスポットの発生などについて理解していれば、解答は容易である。

- 1) がん細胞は正常細胞よりわずかであるが熱に弱い。ほぼ43～44℃付近でがん細胞が選択的に死滅する。しかし正常細胞に対しても、この温度は厳しい環境である。
- × 2) 正常組織を損傷せずがん細胞だけを死滅させるためには、39～40℃程度の温度では、がん細胞にも影響が無い。また温熱治療を多くの回数繰り返すと、がん細胞が耐性を獲得し、効果がなくなる。
- 3) マイクロ波領域の、高い周波数の電磁波は、生体内での減衰が激しく、侵入深度が極めて浅くなる。従って体表面に近い浅部のみ加温される。
- 4) 比較的低い周波数の電磁波での誘電加温は、直流や低周波電流に近い電流路となり、深部を含めて全身を加温するのに適する。しかし、数10 MHzから数100 MHzの電磁波では生体内に定在波が生じたり、体内の複雑な構造のために電流密度の高い部分ができたりして、局所的に極端に加温されることがある。
- 5) がん組織の部分はしばしば血行の阻害が起こっているので、全身を一様に加温しても結果的にがん組織の部分が強く加温されることが多い。

【問題27】 医用材料についての慢性異物反応はどれか。その番号を解答欄⑳にマークせよ。[4]

- a. 補体活性化 b. 血小板凝集 c. 悪性腫瘍化 d. 組織吸収
e. 擬内膜形成 f. 石灰化 g. 組織肥厚化 h. 遅延アレルギー
i. 炎症反応 j. 溶血反応

- 1) a, b, c, d 2) a, b, c, j 3) a, b, i, j 4) a, h, i, j
5) b, c, d, e 6) c, d, e, f 7) d, e, f, g 8) e, f, g, h
9) f, g, h, i 10) g, h, i, j

【正解】 ㉓ = 7)

【解説】 医用材料は生体にとって異物である。生体は材料と接触し種々の反応を引き起こす。生体反応をその時期、毒性の有無で分類すると以下のようになる。

- ・急性毒性反応：溶血反応，発熱反応，炎症反応，アナフィラキシーショック，組織損傷など
- ・急性異物反応：補体活性化，血液凝固，血小板凝集，貪食反応など
- ・慢性毒性反応：悪性腫瘍化，遅延アレルギー，変異原性，組織壊死など
- ・慢性異物反応：カプセル化，擬内膜形成，石灰化，組織肥厚化，組織吸収など

第1回午前の部

【問題28】 次の医用材料の使用目的を下の語群から選び、その番号を解答欄

③9 ~ ④4 にマークせよ。 [1 × 6 = 6]

- | | | |
|--------------|---|----|
| a. ステンレス | — | ③9 |
| b. シアノアクリレート | — | ④0 |
| c. ポリ塩化ビニル | — | ④1 |
| d. シリコーンゴム | — | ④2 |
| e. プラスチックス | — | ④3 |
| f. コラーゲン | — | ④4 |

- | | | | |
|----------|-------------|----------|----------|
| 1) 靭帯の再建 | 2) 注射筒 | 3) 接着剤 | 4) 骨セメント |
| 5) カテーテル | 6) 人工皮膚 | 7) 骨折固定材 | 8) 手術用手袋 |
| 9) 血液バッグ | 10) 人工腎臓の外筒 | | |

【正解】 ③9 = 7), ④0 = 3), ④1 = 9), ④2 = 5), ④3 = 2), ④4 = 6)

【解説】 正解肢以外の使用目的に合った医用材料をあげておこう。

- 1) 靭帯の再建：ポリ四フッ化エチレン (PTFE) など
- 4) 骨セメント：メチルメタクリレートなど
- 8) 手術用手袋：天然ゴムなど
- 10) 人工腎臓の外筒：ポリカーボネートなど

第1回午前の部

【問題29】 医用材料の滅菌・消毒について、正しいのはどれか。その番号を解答欄④⑤にマークせよ。[4]

- a. 煮沸滅菌では芽胞の殺菌は不完全なことがある。
- b. EOG滅菌材料使用患者の一部にアレルギー症状が出現する。
- c. プラスチックの滅菌に通常オートクレーブ滅菌が用いられる。
- d. オートクレーブ滅菌は通常40~60℃で行う。
- e. 紫外線殺菌灯には通常波長420nmの紫外線が用いられる。
- f. γ 線の線源としては通常カリウムが用いられる。
- g. γ 線滅菌は通常病院内で行われる。
- h. 次亜塩素酸ソーダは空気の除菌に用いられる。
- i. イソブチルアルコールは消毒薬として用いられる。
- j. EOG滅菌には必ずエアレーションを行う。

- 1) a, b, c 2) a, b, j 3) a, i, j 4) b, c, d 5) c, d, e
6) d, e, f 7) e, f, g 8) f, g, h 9) g, h, i 10) h, i, j

【正解】④⑤=2)

【解説】

- a. 100℃の煮沸滅菌では芽胞やウィルスの殺菌は不完全である。
- b. EOGに対し、アレルギー症状を示す患者がいる。
- × c. プラスチックの滅菌には通常EOG滅菌が用いられる。
- × d. オートクレーブ滅菌は通常121~136℃で行う。
- × e. 紫外線殺菌灯には通常波長253.7nmの紫外線が用いられる。
- × f. γ 線の線源としては通常コバルト60が用いられる。
- × g. γ 線滅菌には大規模な専用施設が必要である。
- × h. 次亜塩素酸ソーダには細菌やウィルスの殺菌作用がある。
- × i. 消毒薬として用いられるアルコールはエタノールとイソプロパノール（イソプロピルアルコール）である。
- j. EOGはそれ自体毒性があるので、滅菌後のエアレーションは不可欠である。

第1回午前の部

【問題30】 医用材料が満足すべき条件として例えば可消毒性があげられる。これ以外の条件を3つ解答欄①に列挙せよ。[6]

【正解】 ① = 可滅菌性, 無毒性・低侵襲性, 医用機能性, 生体適合性, 耐久性など

【解説】

- ・ 無毒性・低侵襲性には低刺激性, 低炎症惹起性, 低溶出性, 非血栓性, 非発癌性, 非発熱性なども含まれる。
- ・ 生体適合性には力学的適合性, 血管適合性, 組織適合性なども含まれる。
- ・ 耐久性には再現性, 耐疲労性, 耐腐食性, 耐摩耗性なども含まれる。

第1回午後部

【問題1】 薬事法に関して正しいものは次のうちのどれか。解答欄 ① にマークせよ。[5]

- 1) 薬事法でいう医療用具とは、人についてのみの疾病の診断、治療、予防に対する使用目的を持った器具・器材である。
- 2) 外国の製造業者は、日本に輸出するための医療用具の製造承認申請を、直接行うことができる。
- 3) 薬事法では、医療用具についての規制は製造・輸入のみで、販売は規制されていない。
- 4) 薬事法には、医療用具の性状・品質・性能に関する基準の設定は含まれていない。
- 5) 新しい機能を有する医療用具についての製造承認を得る場合、医薬品とは異なり、臨床試験の成績に関する資料を添付する必要はない。

【正解】①=2)

【解説】薬事法における医療用具に関する問題である。薬事法では、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。この法律には、医療用具に関する承認許可や品質基準など幾つかの基本的かつ重要な事項が制定されている。本問題は、この内容そのものに関するものであり、テキストに記載されている事項については、知っていることが望まれる。なお、内容に関しては、とくに解説を要するものはない。

本問題におけるそれぞれの事項について、薬事法の内容から正しいかどうかを見てみると、

×1) 医療用具の定義は、上述した薬事法第2条にあるように、動物に関するものも含まれている。

○2)

×3) 薬事法では、「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、製造（営業）所ごとに厚生大臣の許可を受けること」ということが規定されており、販売に関するものも含まれている。

×4) 薬事法では、「厚生大臣は保健衛生上の危害を防止するため必要があるとき、医薬部外品、化粧品または医療用具について、中央薬事審議会の意見を聞いて、その性状、品質および性能等に関し、必要な基準を設けることができる。」とされており、現在、この規定のもとに20品目ほどの医療用具の基準が制定されている。

×5) 薬事法によると、医療用具の製造承認の申請にあたって、その物の有効性、安全性を裏づける資料として、起源または発見の経緯および外国における使用状況等に関する資料、物理化学的性質ならびに規格および試験方法に関する資料、安定性に関する資料、電気的安全性・生物学的安全性・放射性に関する安全性、その他の安全性に関する資料、性能に関する資料および臨床試験成績に関する資料を申請書に添付する必要があることが定められている。

第1回午後部

【問題2】 医療機器の良し悪しを評価する項目として、機器の性能、構造、安全性、信頼性など、いろいろのものがあげられるが、これら以外にどのような項目が考えられるか。項目を3つあげ、解答欄□**㉔**□～□**㉖**□に記入せよ。

[4×3=12]

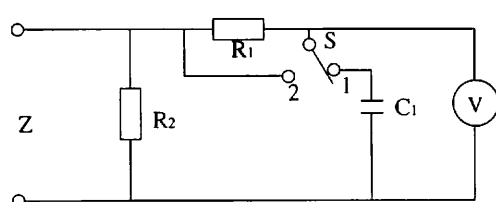
【正解】 ㉔～㉖＝耐久性、処理能力、使いやすさ、保守管理の容易さ、採算性(購入価格およびランニングコスト)、消費電力の大きさ、機器の大きさ(寸法、重さ)、アフターサービスの良否など

【解説】 本問題の例にあげられているように、医療機器の評価に関する事項として、機器の機能・性能に関することから、機器の安全性・信頼性に関することから、機器の取扱いの容易さに関することから、機器の経済性に関することからなどが考えられることから、これらに関連する種々の項目をあげればよい。正解に記したのはその例であり、これら以外にも幾つかのものが考えられよう。

第1回午後の部

【問題3】 図は JIS T 1002 に定められた漏れ電流の測定用器具の回路図である。これを使ってある医用電気機器の接地漏れ電流を測った。スイッチ S を 1 側にして測ったら、電圧計は 0.4 V を示し、スイッチ S を 2 側にして測ったら 9.9 V を示した。以下の説明で誤っているのはどれか。解答欄 ② にマークせよ。[5]

- 1) 漏れ電流には商用交流より高い高周波が含まれている。
- 2) チェックリストには漏れ電流を 9.9 mA と書く。
- 3) スイッチ S は漏れ電流の総量が 10 mA を超えていないか確かめるものである。
- 4) スイッチを 1 側にした回路は人体の電撃の周波数特性を反映している。
- 5) 漏れ電流の総量は規格値を満足している。



$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 0.015 \text{ }\mu\text{F}$$

Ⓧ = 電圧計

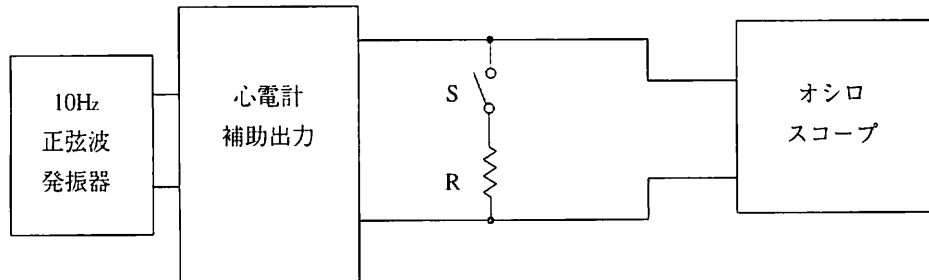
【正解】②=2)

【解説】JIS T 1002に定められた漏れ電流測定回路は、JIS T 1001の漏れ電流規制値が、1 kHz以上の高周波に対して緩和されていることを、測定回路として実現したもので、スイッチSを1側に倒した時、 $C_1 R_1$ で構成される低域通過(高域遮断)フィルタによって高周波に対して感度が落ちるようになっている。このスイッチを2側に倒すと、フィルタが外れ、実際に流れている電流が求まる。

- 1) スイッチSを切り替えて電圧計の読みが違うのは、漏れ電流に1 kHzより高い高周波が含まれていることを示している。
- ×2) チェックリストには漏れ電流を $0.4V/1k\Omega = 0.4mA$ と書くべきである。
- 3) JIS T 1001では、高周波の漏れ電流に対して規制値を緩和しているが、その総量は10 mAを超えてはいけないことになっている(熱的損傷防止のため)。スイッチSはこれを確かめるものである。
- 4) 人体は1 kHz以上の高周波に対して感度が鈍くなり、周波数が10倍上がると10倍感じ難くなる。スイッチを1側にした回路は、この人体の電撃に対する周波数特性を模擬したものである。(人体の等価インピーダンスでは無いことに注意)。
- 5) スイッチ2側では、 $9.9V/1k\Omega = 9.9mA$ で、最大値規制値10 mAを下回っているので規格値を満足していることになる。

第1回午後の部

【問題4】 図の回路で心電計の補助出力の出力抵抗を測りたい。オシロスコープ画面上の振れ幅は、スイッチSがオフの時に D_1 、スイッチSがオンの時に D_2 であった。この心電計の補助出力の出力抵抗はいくらか。式で示し解答欄⑦に記入せよ。ただし、オシロスコープの入力抵抗は、心電計の補助出力の出力抵抗およびテスト抵抗 R (Ω) より十分高いとする。[8]



【正解】 ⑦： 出力抵抗 = $R \times \frac{D_1 - D_2}{D_2}$

【解説】 スイッチSがオフのときのオシロスコープの振れは、補助出力に内部から出力されている（本当の）電圧を示している（オシロスコープの入力抵抗が十分高いから）。一方、スイッチSをオンにすると、出力電圧は内部抵抗（出力抵抗： R_{out} ）と外部抵抗（ R ）とで分圧される。すなわち $R/(R + R_{out})$ になる。よって、

$$D_2 = D_1 \times [R / (R + R_{out})]$$

となる。これより正解の式が導かれる。

【問題5】 術中の心電図モニタに交流雑音が混入する原因を3つあげ解答欄

①に記入せよ。[4×3=12]

【正解】アースの不良、電極の接触不良、患者コードの断線や配置の不良、異種電極の混用、同相弁別比の低下など

【解説】術中の心電図モニタで問題になる雑音は、主に商用交流電源による交流雑音（ハム雑音）と電気メスによる雑音である。ここでは前者について考えればよい。以下、通常実施する交流雑音混入時の対策の手順にそって、主な原因をあげ説明する。

1. アースの不良

次のようなことをよく調べる。

- ①ベットやシールドシートのアースは患者の対地交流電位をさげる効果があるのでアースが完全であることを確かめる。
- ②シールドシートのビニールの被覆は、床面などからの交流電源の漏洩電流を患者に流入させないための絶縁効果がある。その絶縁性（濡れていないか、汚れていないか）を確かめ、同時にシートの内部に敷かれた金網状のシートのアースが完全であることを確かめる。
- ③同時に使用している他の機器のアースも完全であることを確かめる。

など。

2. 電極の接触不良

交流電源は静電的（静電容量）に患者と結合し、皮膚と電極間の接触抵抗によって交流電位を生じ、交流雑音の原因となる。そこで、次のようなことをよく調べる。

- ①電極がペーストを介して、皮膚に密着しているか。
- ②皮膚によごれや脂肪分が多くないか。
- ③デスポ電極の長時間使用でペーストの乾燥、電極の粘着低下などないか。
- ④高齢者や皮膚患者などにみられる皮膚抵抗の高い人。
- ⑤電極と患者コードの接触状態が良好か（サビとか締めつけのゆるみ）。

など。

第1回午後の部

3. 患者コードの断線や配置の不良

次のようなことをよく調べる。

- ①患者コード，特に右足（アース側）コードが断線していないか。
- ②患者コードが床面や交流電源線に接触していないか。
- ③患者コードの被覆が汚れていないか（絶縁不良）。
- ④患者コードでワンターン回路を作っていないか（電磁的誘導）。

など。

4. 異種電極の混用など，電極の選択の誤り。

この他，古い電極，使いはじめの電極ではないか。

など。

5. 機器の整備不良による同相弁別比の低下，入力回路の絶縁不良など

この他，機器側に不具合がないかどうかを調べる。

【問題6】 MRIについての記述のうち正しいものはどれか。解答欄③にマークせよ。[5]

- 1) 大がかりな交流磁場を使って画像情報を得ている。
- 2) 体長方向に平行な断面像を得ることができる。
- 3) 核磁気共鳴により発生する放射線を検出している。
- 4) 中空臓器のある部位には適応できない。
- 5) 装置の中の検出器の数で解像度が決まる。

【正解】 ③ = 2)

【解説】 各種の画像診断機器の動作原理と、それによる取得画像の特徴を問うものである。

- × 1) 強力な磁場は直流磁場である。励起のために電磁波を使っているのが、模式的には交流と思いがちであるが磁場は交流ではない。磁場は直流であるが、場所により強さが変わる傾斜磁場を採用するので、これも摸式図で間違った理解をしやすい。
- 2) 体長方向に平行な断面が採れるのがMRIの特徴である。他の画像診断装置では採画時刻の異なる複数の画像から合成するしか、体長方向に平行な断面は作れない。もちろんMRIでは体長に直角な横断面も得られる。
- × 3) 前段の核磁気共鳴を応用しているのは間違いではないが、発生するのが放射線であるのが誤り。共鳴で放出するのは電磁波である。
- × 4) この記述は超音波診断装置の特性を表したもので、MRIとは異なる。超音波診断装置で使われている高い周波数の音波は空気中での吸収が大きく、したがって境界面での反射が大きく、空気を含んだ臓器の内部情報を得られない。
- × 5) この項はX線CTの特性を表現したもので、MRIのものではない。X線CTでは扇状に広がったX線をいかに多くの検出器で捉えるかで解像度が決まる。

【問題7】 解析機能付心電計の有用性と取扱い上の注意について、正しいのはどれか。解答欄④にマークせよ。[6]

- a. 同一条件のもとで解析されるので客観的な結果が期待できる。
- b. 医師の判読の見落としや誤読の不安を軽減する。
- c. 心電図の判定基準はJISにより標準化されている。
- d. コンピュータによるパターン認識の精度は専門医よりも高い。
- e. 雑音混入（ハム・基線動揺）による誤解析はほとんどない。
- f. 同一患者の経時的な心電図を繰り返し解析しても必ず同一所見が得られるため、その信頼性は高い。
- g. 比較的一致率の良い所見にWPW症候群、第2・第3度の房室ブロックなどがある。
- h. 比較的一致率の悪い所見に左室肥大、右室肥大、右(左)軸偏位などがある。
- i. 不整脈解析には十分長いデータ記録時間が必要である。
- j. 解析結果と所見については医師の確認が必要である。

- 1) a, b, c, d 2) a, b, c, j 3) a, b, i, j 4) a, h, i, j
- 5) b, c, d, e 6) c, d, e, f 7) d, e, f, g 8) e, f, g, h
- 9) f, g, h, i 10) g, h, i, j

【正解】④＝3)

【解説】解析機能付心電計は臨床現場で広く使われるようになって来たが、その長所、短所を理解して使うことが大切である。特に、心電図検査の結果についての責任は使用者である医師にある。

- a. 医師の結果を主観として、第3者的(客観的)な判定として解析結果を利用してもらう。また、いつも恒常的な判定ができることも長所である。
- b. aにも共通するが、集団検診等では見落としやすい所見を見つけることも可能である。
- × c. 判定基準は、医師の判定ロジックをコンピュータ上で実現したもので、先生方にも判定基準に差があるように、各々のプログラムに特徴があり、現状では標準化は難しいと考えている。
- × d. パターン認識は、コンピュータは苦手な、eにも関係するが波形計測の精度はまだ人間の方が上のようなものである。
- × e. ハムや基線動揺により、波形計測(区分点認識)を間違えて、誤解析してしまう場合がある。
- × f. 同一患者の心電図でも、呼吸等による変動があり、いつも同じ結果にならない場合もある。
- × g. これらの心電図は、波形が小さく計測が難しいとされるP波が要になっているために、他の解析に比べて精度が落ちてしまう。
- × h. これらは、比較的計測精度の良いQRS波の振幅を基にしているために、比較的精度が良いと思われる。
- i. 異常が時々現れる不整脈解析には、最低でも10秒以上の記録が必要である。
- j. 解説のところでも述べたが、解析機能付心電計を使うにあたり、これが一番大事な点である。

第1回午後の部

【問題8】 正常者の誘発電位を記録していたが、同期加算しても S/Nのよい反応が検出できなかった。考えられる原因はなにか。解答欄 ⑤ にマークせよ。

[5]

- a. ランダム雑音の混入がわずかに見られた。
- b. 信号の増幅度が小さかった。
- c. 高入力インピーダンス増幅器を使用した。
- d. 量子化幅が大きかった。
- e. サンプリング周波数が低かった。

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

【正解】⑤=9)

【解説】光、音、電気刺激等による大脳誘発電位は脳波等の背景波 (noise) に埋もれた微弱な信号 (signal) である。通常このような noise の中から signal を検出する手段としてコンピュータを用いた同期加算法によって S/N を向上させる手法が使われる。

- × a. 同期加算法では与えられた刺激と必ずしも同期していないで出現する背景脳波をランダム雑音と考え、刺激によって一定潜時で出現する信号を大きくし、ランダム雑音を抑制する方法である。加算した結果信号より大きなランダム雑音は加算回数を増加させることによって信号よりも小さくすることができる。
- b. 同期加算を繰り返しても増幅した結果信号レベルが小さ過ぎると量子化されにくいため同期加算による信号が加算されない状況があることが推定される。この為 bit 数の少ないいわゆる量子化幅が大きな加算装置を使用する時は増幅度を大きくする必要がある。
- × c. 生体電気信号を電圧信号として電圧増幅するためには基本的に高入力インピーダンスの増幅器を使用することが必要であるが、この場合同期加算による S/N の改善とは直接は関係ない。
- d. b の項で述べたように量子化幅より信号レベルが小さい場合には検出されないことが考えられる。
- e. 誘発電位のもっている最高周波数の2倍以上のサンプリング周波数で A/D 変換しないと信号は検出できない (サンプリング定理)。従ってサンプリング周波数が低かったことも考えられる。
すなわちデジタル演算処理による同期加算は十分大きなサンプリング周波数と bit 数の高いコンピュータによる量子化が必要である。

【問題9】 1フレーム当たり80本のビームで構成されている超音波診断装置で毎秒60フレームの画像を得る場合、理論的には約何cmまでの深さの断層像を得ることができるか。解答欄⑩に記入せよ。ただし音速 $c=1500\text{ m/s}$ とする。

[8]

【正解】 ⑩=15 cm~16 cm

【解説】 1フレームが80本の超音波ビームで構成される超音波断層像を毎秒60枚得るために必要な一秒間での総ビーム数は、

$$80(\text{ビーム/枚}) \times 60(\text{枚/秒}) = 4800(\text{ビーム/秒})$$

である。超音波の生体内での速度は、問題の文中に $1500(\text{m/秒})$ と規定されているから、一超音波ビーム当たりの進行距離は、 $1/4800(\text{秒})$ に進む距離限られ

$$1500(\text{m/秒}) \times 1/4800(\text{秒}) = 0.3125(\text{m})$$

となる。これは、超音波断層像を撮像する際には、超音波の送受信すなわち往復の距離であるから、設問にある「深さ」とは、さらに2分の1となる。

$$0.3125(\text{m}) \div 2 = 0.15625(\text{m})$$

が、答えである。15.6 cm という解答が正解となろうが、有効数字の処理で2桁にするならば、四捨五入で16 cm という解答や、16 cm は理論的に到達できないので15 cm という解答も正解となろう。

ビーム間隔を調節して断層面を広くとろうが狭くしようがこれは変わらない。広くすれば、ビーム間隔が広すぎて荒い画像になるだけである。この相反を同時に解決する高密度のビームで広い範囲を高速度撮影をするためには、開口合成法の技術を応用した同時並列受信法などの新たな技術が必要で、既にいくつかのメーカーからこの技術を応用した超音波診断装置が市販されている。今後、本間に似た問題が出題されるときには、送受信ビームがシングルであること、すなわち同時に複数本の超音波ビームが送受されていないことなどに注意してから解く必要がある。

【問題10】 パルスオキシメータによる酸素飽和度測定中、表示値が不安定になった。故障原因を探る手段として正しいのはどれか。解答欄 ⑥ にマークせよ。

[5]

- a. 脈拍と同期した脈波が表示されているか。
 - b. 深呼吸や息こらえによって値が変化しているか。
 - c. 目視検査で2つの発光部が交互に点滅しているか。
 - d. センサがペーストで装着部にしっかり装着されているか。
 - e. 正常者にセンサを装着し96~98 %を示すか。
- 1) a, b, c 2) a, b, d 3) a, b, e 4) a, c, d 5) a, c, e
6) a, d, e 7) b, c, d 8) b, c, e 9) b, d, e 10) c, d, e

【正解】 ⑥= 3)

【解説】 パルスオキシメータは血液中のオキシヘモグロビンの赤色光（波長660 nm 付近）と赤外光（波長910 nm 付近）に対する吸光度の違いにより血中の酸素飽和度を非観血的（無侵襲的）に測定する装置である。

- a. パルスオキシメータはパルスすなわち脈拍に同期した成分を検出することによって動脈血と静脈血とを区別し、脈波波形も同時に記録しながら動脈血の酸素飽和度を検出することが出来る。
- b. パルスオキシメータが動作しているかどうかの簡便なテストとして息こらえを持続することによって動脈血中の酸素飽和度の低下を確認する方法がある。通常息こらえで80~90%程度に低下する。
- × c. 赤色光と赤外光を交互に高速に点滅させて吸光度値を交互に測定しているが、赤色光は可視光であるが赤外光は見えないため発光部の交互の目視検査には役立たない。
- × d. 発光部、受光部の前面のペーストの挿入は光路の遮断とセンサ感度の著しい低下の原因となる。
- e. 正常者の酸素飽和度は96~98%程度であるため、この値を標示していれば一応正常動作をしている確認の手助けとなる。

第1回午後の部

【問題11】 血液ガス分析で用いられる電極の原理について正しいものを下欄から選び、それぞれの解答欄⑦～⑭にマークせよ。[3×8=24]

11-1 Po_2 電極では⑦陰極とAg/AgClの陽極間に⑧の電圧をかけることによって⑨膜を透過する酸素を検出するいわゆる⑩が用いられている。

- 1) 銀 2) 1.5 V 3) ポリプロピレン 4) 0.3 V
5) オシロメトリック法 6) 0.6 V 7) 白金 8) シリコーン
9) アンペロメトリック法 10) ポテンシオメトリック法

11-2 ⑪電極はガラス電極中のAg/AgCl電極とカロメル電極との間に生ずる電位差が⑬と⑭関係にあることを利用したものである。⑪電極にスペーサを介して⑬で覆ったものが⑭電極である。

- 1) テフロン 2) 2次関数的 3) pH 4) Cl
5) P_{CO_2} 6) 直線的 7) 指数関数的 8) ナイロンメッシュ
9) ポリプロピレン 10) Hb

11-1

【正解】⑦=7), ⑧=6), ⑨=3), ⑩=9)

【解説】血液中の酸素分圧を測定する電極に clark 電極 (O₂ 電極) がある。電解液中に白金電極を陰極として、陽極に銀-塩化銀電極を配置し、その間に 0, 6 V (白金電極に対して -0, 6 V) の電圧をかけた状態で、ポリエチレンまたはポリプロピレン膜等の半透過膜を透過して O₂ 電極面に拡散した O₂ によって両電極間に還元電流がながれる。O₂ 電極による分圧測定はこの還元電流を測定するもので、アンペロメトリック法とも呼ばれている。

11-2

【正解】⑪=3), ⑫=6), ⑬=1), ⑭=5)

【解説】pH 一定の溶液で満たした薄いガラス電極中にある銀-塩化銀電極とガラスの外側にある pH の異なる電解質溶液中の基準電極(カロメル電極等)との間には電位差が生じることが知られている。その電位差は両電極間の pH の差に比例する(直線的な関係にある)。一方外側の電解質溶液をスペーサを介してガラス面に密着させておくとスペーサ前面に張ったテフロン半透過膜を介して CO₂ が透過し電解質溶液中に拡散して、水素イオン濃度を変化させる。この時の pH の変化を測定することで炭酸ガス分圧を測定することができる。このように pH ガラス電極を応用した炭酸ガス分圧測定用電極をセベリングハウス電極という。

第1回午後の部

【問題12】 医療用テレメータについて正しいのはどれか。解答欄 ⑮ にマークせよ。[5]

- a. 医療施設では周波数管理者をおくべきである。
- b. 割り当てられた周波数帯は 144 MHz帯である。
- c. 送信機が故障した際、院内ME部門で内部の修理ができる。
- d. 中継ブースタの使用は禁じられている。
- e. 割り当てられた周波数帯の近くにはアマチュア無線用の周波数帯がある。

- 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] ⑮ = 4)

[解説]

- a. 最近の医療用テレメータは電波法施行規則第6条に規定された特定小電力無線局の中の医療用テレメータ用無線設備の範疇に入るものが主流である。これによるテレメータ装置が通信(送信)に使う周波数はメーカーの枠を超えて共通となっているために、複数のメーカーの多くの送信機を運用している病院の場合、異なるメーカー間での混信などの問題を起こす可能性がある。これを回避するために周波数管理者を置き、一括管理する必要がある。周波数管理者の必要性については平成元年6月に社団法人日本電子機械工業会が発行した「小電力医用テレメータ運用の手引き」に詳しく記載されている。
- × b. 医療用テレメータには大きく分けて、電波法施行規則第6条に規定された「電波が著しく微弱な無線局」(いわゆる微弱無線局)と特定小電力無線局がある。この中で、微弱無線局には周波数の割り当てはない。また、特定小電力無線局の割り当ては400 MHz帯のUHFとなっている。従って、144 MHz帯の記述は誤りである。
- × c. 送信機、特に特定小電力無線局はその装置の電波に関する性能に関して、1台ごとに技術基準適合証明を行っている。この証明はその製品が製造された時に法律などが定める基準に適合したことを証明するものである。特定小電力無線局の場合、その性能が内部の再調整などにより変化してしまうのを抑制するために無線設備規則第49条の14で「筐体は容易に開けることが出来ないこと」を要求している。そのために無線に関する部分の修理は行わないことが原則である。
- × d. 受信機に中継プースタを使用する事は何ら問題ない。
- e. 日本の場合、435 MHz帯はアマチュア無線に開放されている。

【問題13】 呼吸測定に関して正しいものを下欄から選び、その番号を解答欄

⑬～⑳にマークせよ。[2×5=10]

13-1 ニューモタコグラフの出力を積分することによって⑬が測定できるため⑭の測定が可能である。

13-2 オシレーション法は⑮に加圧振動を与えて、その⑯から⑳を求める方法である。

1) 流速 2) 気量 3) 気道抵抗 4) 肺活量 5) 胸壁 6) 気道

7) 共振点 8) 最大点 9) 肺コンプライアンス 10) 呼吸抵抗

【正解】⑬=2), ⑭=4), ⑮=6), ⑯=7), ⑳=10)

【解説】

13-1

ニューモタコグラフとは呼吸流量計(気流計)のことであり、気流路に抵抗体を設け、この抵抗体の両端に発生する気流量(気流速度)に比例した圧力差を、差圧計で電気信号に変換し測定する装置である。従ってニューモタコグラフの出力信号は気流量に相当する。この信号を積分すれば気量(換気量)が得られることになる。ニューモタコグラフで測定可能な気量(換気量)には1回換気量、吸気予備量、呼気予備量が有り、これらの総和を肺活量と呼んでいる。尚通常ではニューモタコグラフでは肺の残気量は測定できないが、肺活量にこの残気量を加えたものを全肺気量と呼んでいる。

13-2

オキシレーション法とは呼吸インピーダンス計において、呼吸の機械的インピーダンスを測定する時に用いられる手法である。安静呼吸している被験者の口元から気道へ向けて、ふいごにより一定の圧力と周波数で空気を強制的に加え、このときの圧力と気流量を測定して、圧力/気流量を計算し、呼吸インピーダンスを求める方法である。呼吸インピーダンスはL、C、Rの直列接続で構成されるので、共振点で最も低い値を示す。この共振点においては呼吸インピーダンスはR成分だけになり、呼吸抵抗が求まることになる。

共振点は通常6～8 Hz程度であるが、オキシレーション法の応用として3 Hzに周波数を固定して、正弦波状の圧力を安静換気に強制的に加え測定する。3 Hzインピーダンス測定と呼ばれる肺・胸郭系の呼吸インピーダンス測定法が普及している。

【問題14】 次のうち正しいものはどれか。解答欄⑳にマークせよ。[5]

- a. 熱線式流量計では気流量と電気出力が直線関係でないため、必ず指数関数変換回路が必要である。
- b. 眼振計では速度波形が必要なため、微分回路が必要である。
- c. デジタル脳波計ではEMI対策として時にラインフィルタが必要である。
- d. 経皮的血液ガス分圧装置の温熱機構の上限は41℃である。
- e. 最近の心電計には基線動揺の対策として無位相フィルタが使用されているものがある。

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

【正解】 ⑳ = 8)

【解説】

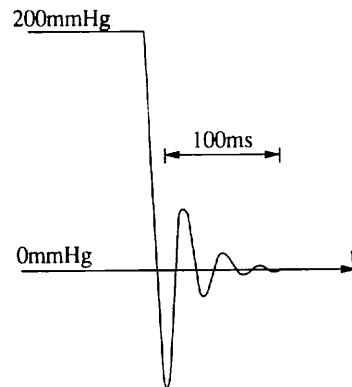
- × a. 熱線式流量計は電流を通して加熱した白金線に気流が当たると、熱が奪われて白金線の温度が下がり、電気抵抗が減少することを利用した流量計である。気流量の変化と電気抵抗の変化すなわち電気出力の間には直線関係がないため、電気出力は直線変換回路による変換が必要である。
- b. 眼振の記録には眼球運動そのものの変化を記録する原波形記録（時定数3秒で記録）と眼球運動の速度を記録する速度波形記録がある。速度波形の記録には時定数0.03秒の微分回路が用いられる。
- c. デジタル脳波計等のデジタル技術を応用した測定器では電磁障害(EMI)による誤動作や暴走を防ぐため、電源ラインより混入する電磁障害雑音を軽減する目的で3端子コンデンサやコイル等を用いたラインフィルタが使われる。
- × d. 経皮的血液ガス分圧装置は皮膚組織を42～44℃に加熱して皮膚血流を増加させ、動脈より皮膚を介して拡散して来る酸素及び炭酸ガスをクラーク(clark)電極及びセベリングハウス電極によって、採血せずに測定するもので新生児の無浸襲型血液ガス分圧測定として有用である。
- e. 心電計の基線動揺を防ぐ対策として従来のフィルタを使用するとST、T波等の位相がずれるため自動判読等に影響を及ぼす。この対策として低域部での振幅を減衰させながら位相歪みのない無位相フィルタが考案され心電図記録時等の基線安定化に役立てられている（講習会テキスト、心電図モニタの項参照）。

第1回午後部

【問題15】 観血式血圧計のトランスデューサに測定用チューブを付けて、先端より 200 mmHgの静圧を掛け、これを一気にゼロに開放したら図のような波形が得られた。この測定系についての説明で正しいのはどれか。解答欄 ㉔ にマークせよ。[5]

- a. この測定系のダンピング定数は1以上である。
- b. この状態をクリティカルダンピングと呼ぶ。
- c. 共振周波数はおよそ 30 Hzである。
- d. この系で左心室圧波形をとると振動的な波形になる。
- e. この系は電気回路のLCR共振回路で模擬できる。

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



【正解】⑳=10)

【解説】ステップ応答による測定系の周波数特性の試験である。図を見ると、測定系はダンピングが悪く(振動しているから)、共振周波数はおよそ 30 Hz(100 ms に振動の山がほぼ3つ見えるから)であることが分かる。

- × a. ダンピング定数は1はクリティカルダンピングで、これより小さいと振動的、これより大きいと非振動的(指数関数減衰的)である。よって図はダンピング定数が1より小さいことを示している。
- × b. 上記の様に、クリティカルダンピングは振動的と非振動的の境の状態、振動しなくなったときを示す。図の状態はアンダーダンピング状態である。
- c. 100 ms に山が3つ見えるので、共振周波数はおよそ 30 Hz である。
- d. アンダーダンピングでは、立ち上がりの速い波形(左心室圧波形など)が入って来ると振動的な波形になる。
- e. 電圧を圧力、電流を水流に対応させると、チューブ内の水の質量は L に、チューブとトランスデューサの受圧膜の弾性は C に、水の粘性は R に対応し、電気回路の LCR 共振回路で模擬できる。

第1回午後の部

【問題16】 人工呼吸に関する記述で正しいのはどれか。解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 最近では自発呼吸を残しこれを補助する呼吸管理が多くなった。
- b. 気圧外傷の予防にはPCV（圧制御換気）が有効である。
- c. 気圧外傷の予防のために少々の低換気・高炭酸血症は許されることがある。
- d. 高頻度換気は一般の呼吸管理に使用される。
- e. 低圧アラームは最高気道内圧の70%に設定する。

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

【正解】㉓=1)

【解説】最近の呼吸管理の傾向として、(1)自発呼吸を残しこれを補助する人工呼吸モードが多用され、(2)圧損傷(気圧外傷)を予防するために出来る限り気道内圧の上昇を低く抑える換気モードを使用するようになった。

- a. 自発呼吸は自然でより生理的な呼吸であるので可能な限り自発呼吸を残し、換気量が不足する分を補助し、自発呼吸が強くなるに従って補助を少なくしてスムーズにウィーニングにもってゆくモード(SIMV, PSV, CPAPなど)が多用されるようになった。SIMVは自発換気量の少ない分を間欠的な強制換気で補うモード、PSVは換気量は可成りあるが患者の吸気仕事を軽減し楽に吸気ができるように低い圧をかけて補助するモード、CPAPは換気量はほぼ充分にあるが PaO_2 がまだ低いので吸気中酸素濃度を上げ、PEEPをかけるモードである。
- b. PCVは最高気道内圧が設定値以上に上がらないように低く抑えるモードであり、重症呼吸不全患者の圧損傷の予防に多用される。自発呼吸は吸い込む形の呼吸であり気道内圧の上昇が少ないので、前問のように自発呼吸を残す呼吸管理は圧損傷予防の上からも望ましい。
- c. 圧損傷の予防に重点を置き、気道内圧を低く抑える形の換気によって少々低換気になり炭酸ガスが蓄積しても、或る程度(最高80 mmHg程度)までの PaCO_2 は許容しようというpermissible hypercapneaという試みがなされるようになった。
- × d. 高頻度換気は一般には用いられなくなった。
- × e. 低圧あるいは低換気量アラームレベルは、現在の値の70~80%程度に設定することが肝要である。50%のレベルではアラームが鳴ったときには既に換気量が現在の値10 ml/kgの半分の5 ml/kgまで減少しており、それから解剖学的死腔(2 ml/kg)を差し引くと肺胞換気量は3 ml/kg(正常値 $10 - 2 = 8$ ml/kgの40%以下)にまで低下していることになり危険な状態を招く。アラームを仮に70%に設定しておくとならば肺胞換気量が $7 - 2 = 5$ ml/kg(正常値の約60%)にまで低下した時点で警報してくれることになる。〔設問の70%→50%に訂正する〕

第1回午後の部

【問題17】 人工呼吸器の JIS T 7204 について、下記の文章中の () に当てはまる数値の正しい組合せを選び、解答欄 にマークせよ。[4]

人工呼吸器のすべての試験は (a) ± (b) °C で行うこと。呼吸チューブの患者側端でのガス温度は、周囲温度よりも (c) °C 以上低くならず、また (d) °C を越えないように保たれること。

解答群	a	b	c	d
1)	37	2	5	41
2)	20	5	2	37
3)	37	2	2	41
4)	20	2	5	41
5)	37	5	5	50

【正解】 = 4)

【解説】 人工呼吸器のすべての試験は 20 ± 2 °C の試験条件で行うこと。呼吸チューブの患者側端でのガス温度は、周囲温度よりも 5 °C 以上低くならず、また 41 °C を超えないように保たれること。

第1回午後の部

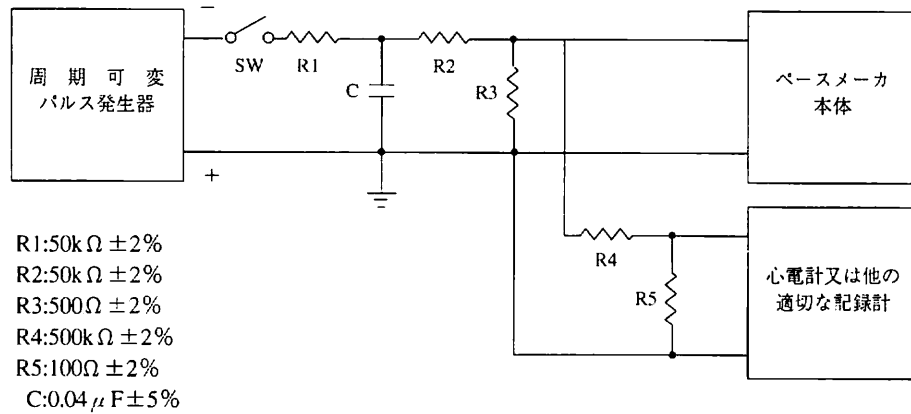
【問題18】 人工呼吸器の形態面からの点検事項3項目を解答欄⑦に、機能面からの点検事項3項目を解答欄⑧に記入せよ。[2×6=12]

【正解】

- ⑦=人工呼吸器の形態面からの点検項目(例)：破損，汚れ，接続ゆるみ，部品の紛失，コードの断線，など。
- ⑧=人工呼吸器の機能面からの点検項目(例)：換気能力，吸気酸素濃度，加湿器の動作，トリガ機構の働き，各種モードの呼吸パターン，アラームの作動，各種安全装置の動作，など。

第1回午後の部

【問題19】 体外式ペースメーカーの同期感度をJISで指定された下図の回路を用いて点検した。パルス発生器の周期はペースメーカー本体の周期の1/2に調整し、パルス幅50ms、波高値1Vの矩形波をパルス発生器から出力した。以下の設問に答えよ。



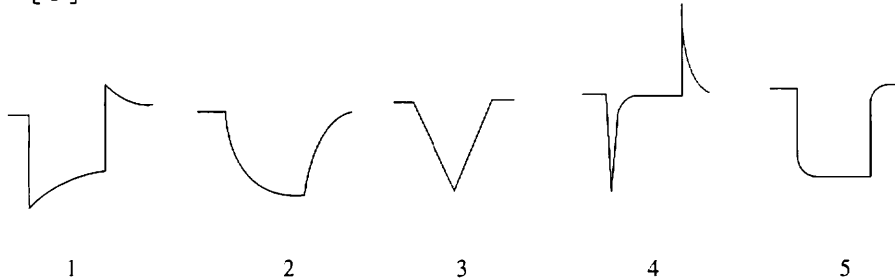
19-1 パルス発生器に接続されたCR回路の時定数はおよそいくらか。解答欄

㉕ にマークせよ。[5]

- 1) 1 ms 2) 2 ms 3) 1 s 4) 2 s 5) 4 s

19-2 コンデンサCの両端に現れる波形はどれか。解答欄 ㉖ にマークせよ。

[5]



19-3 ペースメーカー本体に入力される波形の振幅値はおよそいくらか。解答欄

㉗ にマークせよ。[5]

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

第1回午後部

19-4 ペースメーカー本体の出力パルスの振幅が 5 V のとき、心電計の入力に現れるパルスの振幅値はおよそいくらか。解答欄 ㉔ にマークせよ。[5]

- 1) 0.1 mV 2) 1 mV 3) 2 mV 4) 5 mV 5) 10 mV

19-5 検査したペースメーカーが同期形で良品の場合、試験用入力信号（パルス発生器信号）を入力すると、ペースメーカー本体の出力パルスはどうか。

解答欄 ㉕ にマークせよ。[5]

- 1) 出力されない。
- 2) 入力信号の1個置きに出力される。
- 3) 入力信号の直前に一致して出力される。
- 4) 入力信号の直後に一致して出力される。
- 5) 入力信号とは無関係に、設定レートで出力される。

[訂正] 試験問題には抵抗値に誤植があったが当日訂正されているので、ここでは正しく直した。

19-1

[正解] ㉔ = 1)

[解説] 入力部分の時定数は C と直列に入る抵抗すなわち、 $R_1 \parallel (R_2 + R_3)$ との積から求まる (\parallel の記号は並列接続を表す)。 $R_2 \gg R_3$, $R_1 = R_2$ から求める時定数は、 $C \times (R_1 \parallel R_2) = C \times R_1 / 2 = 0.04 \times 10^{-6} \times 25 \times 10^3 = 1 \text{ ms}$ となる。 R_3 に並列接続の $(R_4 + R_5)$ は R_4 の値が R_3 に比べ十分大きいので無視できる。

19-2

[正解] ㉕ = 5)

[解説] いわゆる積分回路なので、2, 5 の波形になるはずであるがパルス幅 (50 ms) に比べ時定数 (1 ms) が小さく、1 ms 経過後には波高値の 63% に達していなければならないので 5 の波形が観察されことになる。なお、C の端子電圧はパルスの立ち上がりや立ち下がり以外の定常状態では印加電圧が R_1 と R_2 で分圧されて

第1回午後の部

1/2になることに注意する。パルス幅の50 msは心電図波形のQRS幅を模擬している。

19-3

【正解】㉗=3)

【解説】ペースメーカーに入力される信号は R_3 の端子電圧であるからコンデンサの両端に現れる電圧 $1/2 V$ を R_2 と R_3 で分圧すれば求まる。 R_3 に並列接続の $(R_4 + R_5)$ は R_4 の値が R_3 に比べ十分大きいので無視できる。よって、 $(1/2) \times 500 / (50 \times 10^3 + 500) = 5 \text{ mV}$ が得られる。

19-4

【正解】㉘=2)

【解説】ペースメーカーの出力パルスは R_3 を負荷抵抗として、 R_4 と R_5 で分圧されて心電計に入力する。よって、 $5 \times 100 / (500 \times 10^3 + 100) = 1 \text{ mV}$ 。なお、 R_3 の値はペースメーカーの標準抵抗に設定してある。

19-5

【正解】㉙=4)

【解説】

- ×1) 試験器がもし抑制形であればパルスは出力されない。
- ×2) 正しくない。
- ×3) 正しくない。
- 4) 試験器が同期形なので自発心電図を模擬する試験用入力信号を検出するとその直後に同期してパルスが出力される。
- ×5) 試験器が固定レート形の場合は正しい。

【問題20】 除細動器を操作して患者に通電する際、介助者は素手で患者の身体に触れてはならない。この理由を説明するのに最も関係のあるJIS T 1355の規定事項はどれか。解答欄 ㉔ にマークせよ。[5]

- 1) 交流電源を使用する除細動器の電源入力は、750 W以下とする。
- 2) 電撃に対する保護の程度は、BF形機器又はCF形機器とする。
- 3) 100 Ωの負荷抵抗器に対する最大出力電圧は、5 kV以下でなければならない。
- 4) 体外電極部と除細動器本体などとの間の浮遊容量は、2 nF以下とする。
- 5) 体外電極部および直接電極部の両方から同時にエネルギーを放電するものであってはならない。

【正解】 ㉔ = 4)

【解説】 いずれの選択枝も JIS T 1355 で規定されている事項で正しい記述である。除細動器の出力はフローティング回路によって接地されていない。患者に通電する際に介助者が素手で患者の身体に触れていると、体外電極部→患者→介助者→床（接地）→接地（アース）線→除細動器本体→（体外電極部）を経由する閉鎖回路が形成される。このとき体外電極部と本体間の浮遊容量（静電容量）が大きければ除細動パルスの漏れ電流によって電撃を被る恐れがある。これを防ぐために体外電極部（出力回路）と本体（外装部）間の浮遊容量は2 nF以下と定められている。

【問題21】 次の文章は JIS で規定される用語の意味を表す。説明文に該当する用語を解答欄 から に記入せよ。[3×5=15]

- 21-1 除細動器のエネルギー放電が心周期の特定の時相で行われる様式を という。
- 21-2 ペースメーカーが入力信号に反応しない時間を という。
- 21-3 心臓の自発収縮とは無関係に基本レートでパルスを発するペースメーカーの動作方式を という。
- 21-4 電気メスの高周波出力回路が主要搬送周波数に対して接地から絶縁されているものを という。
- 21-5 電気メスの同一支持部に絶縁された二つの電極が保持された構造で、高周波電流が電極間の組織を通して流れるようにした電極を という。

21-1

【正解】 ㉔=同期モード/同期式

【解説】 除細動器は心房細動と心室細動（および一部の心室性頻拍）の治療に適用されるが、心房細動患者において絶対不応期以外の心時相に刺激電流（パルス）を加えると心室細動を誘発する恐れがあるので心房細動に対しては R 波に同期して絶対不応期に通電するようになければならない。この様式を同期モードあるいは同期式という。JIS では R 波から 30 ms 以内に通電するように定められている。心室細動に対しては心時相に関係なく（非同期で）速やかに通電する必要がある。この様式は非同期モードと呼ばれる。

21-2

【正解】 ㉕=不応期

【解説】 ディマンド形ペースメーカーは自発心電図を常時検出し一定期間に自発がなければペーシングを行う。ペーシングすれば正常では心筋が興奮して R 波が誘起されるがこの R 波を自発心電図として検出してしまうと自発収縮があると誤認して次に出るべき刺激が抑制されて誤作動の原因となる。これを防ぐために、

第1回午後の部

ペーシング（刺激）パルスが発生した後の任意の一定期間（数100 ms）自発心電図などの入力信号に反応しないような構造になっている。この一定の期間を不応期という。

21-3

【正解】㉔＝レート固定形/固定レート形

【解説】刺激パルスが発生させる方式にはレート固定形とダイヤモンド形がある。前者は1分間の刺激頻度（レート）が自発心電図（収縮）とは無関係にあらかじめ設定された基本の頻度でパルスを発する動作方式である。後者は、通常は固定レート形として機能し自発収縮があるときはペーシングを休止する方式で、自発収縮がない時のみ患者の要求（ダイヤモンド）にあわせて機能するペースメーカーである。

21-4

【正解】㉒＝非接地形（フローティング形）

【解説】電気メスには対極板回路が接地された接地形（ノンフローティング形）と、接地されていない（接地から絶縁された）非接地形（フローティング形）がある。非接地形は高周波漏れ電流（分流）による熱傷が起りにくい。切開や凝固のエネルギーとしては300 kHz～5 MHzの高周波を連続正弦波やバースト（変調）波として利用しているが元の高周波を主要搬送波という。

21-5

【正解】㉑＝バイポーラ電極

【解説】生体に高周波電流を集中的に流し電流密度を大きくして切開/凝固作用を起こさせるのがメス先電極であるが、モノポーラ形とバイポーラ形がある。作用電極が一本で対極板との間に電流を流すモノポーラ形が一般的であるが、ピンセット型の形状をして挟んだ組織に限局的に電流が流して凝固作用を行うバイポーラ形も微細な手術に使用される。「同一支持部に絶縁された二つの電極が保持された構造」とはピンセットの形状をしその根元が絶縁されたものという意味である。

【問題22】 医用レーザーについて正しいものはどれか。解答欄⑳にマークせよ。

[5]

- a. 炭酸ガスレーザーに、Nd:YAGレーザー用の光ファイバを流用することができる。
 - b. 炭酸ガスレーザーの発振管は、冷却装置で冷却されている。
 - c. 眼科用のアルゴンレーザーは小出力のため消費電力が小さい。
 - d. Nd:YAGレーザーの光は赤色に見える。
 - e. Nd:YAGレーザーに対しては、一般のガラス眼鏡で目を保護することができない。
- 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】 ⑳ = 7)

【解説】

- × a. Nd:YAGレーザー用の光ファイバに一般的に用いられている石英ガラスは、炭酸ガスレーザーの遠赤外光を透過させにくい。
- b. 炭酸ガスレーザーの発振管に注入されるエネルギーのうち、レーザー光として取り出されるエネルギーは数10%にすぎず、レーザー光に変換されずに熱となったエネルギーを除去するための冷却が必要である。
- × c. アルゴンレーザーはエネルギー変換効率が悪いいため、小出力のレーザーでも大がかりな電源装置が必要である。
- × d. Nd:YAGレーザーから発せられるレーザー光は、波長1064 nmの近赤外光であり、人間の目には見えない。
- e. 一般の眼鏡用のガラスは、Nd:YAGレーザーから発せられる波長1064 nmのレーザー光を透過させてしまう。

【問題23】 超音波吸引手術装置(超音波メス)に関する記述で正しい組合せを選び、解答欄⑳にマークせよ。[5]

- a. メス先端から超音波を発生し、非接触で組織を切開する。
- b. 使用周波数は通常 30~50 MHz である。
- c. メスの先端を長くする場合は、使用周波数の1/4波長分ずつ長くしなければならない。
- d. メスの伸縮振動には電歪素子や磁歪素子が用いられる。
- e. 粉碎された組織はハンドピース先端から吸引する構造になっている。

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

【正解】 ミスプリのため、正解なし

【解説】 超音波吸引手術装置は毎秒2万~6万回の機械的振動を組織に直接加えて細かく破碎し、生理食塩水と混ぜて吸引する装置である。

- × a. 組織に直接接触させて破碎する。
- × b. 通常、20 kHz 以上、60 kHz 以下の周波数が用いられる。
- × c. 1/4 波長ではなく、1/2 波長分ずつ長くする。
- d. 磁歪素子であるニッケルや、電歪素子である PZT (チタン酸ジルコン酸鉛) などが用いられる。
- e. 破碎された組織は生理食塩水と混ぜられてハンドピース先端から吸引されてホーン内を流れる構造になっているが、これはホーン内で発生する摩擦熱の冷却のためでもある。

【問題24】 下記の文章中の（ ）に当てはまる語句の正しい組合せを選び、解答欄③③にマークせよ。

血液透析などに使用されている膜の中で、不均一膜と呼ばれる膜は（ a ）層と（ b ）層とで構成されている。（ a ）層は、膜の性能を左右する部分で（ b ）層は支持体として膜の強度を保つ働きを担っている。一般に不均一膜の膜厚は、（ b ）層を含むため均一膜と比べて（ c ）なる傾向がある。[5]

a	b	c
1) 親水	疎水	大きく
2) 疎水	親水	小さく
3) 多孔質	緻密	小さく
4) 緻密	多孔質	小さく
5) 緻密	多孔質	大きく

【正解】 ③③ = 5)

【解説】 血液透析に利用されている膜には、親水性の材料を利用したものと疎水性の材料を利用したものがある。一般に疎水性の膜では、改質により親水性を持たして利用しているものが多い。また、このような改質を行う際、膜表面に改質を行う場合がある。しかしながら、ここでいう不均一膜のように膜の性能と強度を司る性質と親水性及び疎水性との因果関係はない。

第1回午後の部

【問題25】 大動脈内バルーンポンプ(IABP)の取扱法について適切でないものはどれか。解答欄[39]にマークせよ。[5]

- a. バルーン駆動ガスとしては通常、窒素ガスを用いる。
- b. バルーン内圧異常高値警報がでた場合は、バルーンカテーテルの折れ曲がりもチェックする。
- c. 心電図トリガ不良の場合には、患者の平均動脈圧でバルーン膨張のタイミングをとるとよい。
- d. カテーテルを開封したものの患者に使用しなかったため、オートクレーブにより再滅菌して使用することにした。
- e. 緊急用にバッテリー駆動できるようになっていることが多いが、通常は商用交流電源に接続する。

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

【正解】③(=4)

【解説】大動脈内バルーンポンプの基本的な取り扱いを問うた。設問は適切でないものを選択させているので注意。

- × a. 以前は炭酸ガスも用いられていたが、最近はおっぱらへリウムガスを用いる。駆動ガスの送脱気は細く長いカテーテル内を高頻度で行わなければならないので、摩擦抵抗の少ないガス、すなわち分子量の少ないガスが有利となる。この点、水素ガスが最適であるが、爆発の危険があるため不適。したがって、次に分子量が小さく、不活性なへリウムガスが選択されている。また、炭酸ガスはこの点で不利ではあるが、バルーンが破れた場合(小さい穴が開くことは以前は比較的多かった)でも血液に容易に溶け込むので、駆動ガスによる動脈塞栓の危険を減らす目的で用いられていた。しかし、現在はバルーン材質の向上に伴い、この危険性を考慮する必要はほとんどなくなった。取扱法としては不適切。
- b. これをチェックするのは正しい取扱法である。
- × c. トリガとしては、心電図のR波(あるいはQ波)や動脈圧を利用する。動脈圧は脈圧の大きさや立ち上がりの急峻さを利用しているので、平均圧ではトリガにはならない。取扱法としては適切でない。
- × d. 未使用のディスポーザブル製品を再滅菌して使用し、何か問題が生じた場合、管理者の責任問題となるため再使用しないほうが適切であろう。ちなみに生体材料学的には複数回の滅菌操作を行っても、臨床使用上問題となるような材質の劣化は起こらないと思われる。取扱法としては適切でない。
- e. これは適切な取り扱いである。

第1回午後の部

【問題26】 人工心肺の操作について正しいのはどれか。解答欄 ㉓ にマークせよ。〔5〕

- 1) 適正還流量を体表面積 1 m^2 あたり $4 \sim 5 \text{ l/min}$ に設定した。
- 2) 停電により血液ポンプが停止したので、術者に心臓マッサージを行ってもらって停電が回復するのを待った。
- 3) 人工心肺を運転中、人工肺に問題が生じて交換しなければならなくなったので、直ちに患者を加温し常温に戻した後、人工心肺を停止し人工肺を交換した。
- 4) ローラポンプのチューブの圧迫度を約 1 m の落差で調整した。
- 5) 復温開始時の血液温が 25°C であったので、加温装置の温度設定を 40°C にして速やかに復温し、人工心肺時間を短縮させた。

【正解】 ㉓ = 4)

【解説】 人工心肺に関する基本的な問題を問うた。文字の訂正：還流量→灌流量。

- × 1) 適正灌流量は、常温、成人で体表面積 1 m^2 あたり $2.0 \sim 2.2 \text{ l/min}$ 。
- × 2) 人工心肺中、停電によって血液ポンプが停止した場合、即座に手動に切り替え、停電が復旧するまで血液ポンプをクランクハンドルで手回ししなければならない。ちなみに、心臓外科手術中は、心臓あるいは大動脈などの血管が切開されていることが多く、その際は心臓をマッサージしても切開口から血液が吹き出すだけで全身に血液を灌流させることはできない。
- × 3) 人工肺を交換しなければならないので、その間人工心肺は使用できない。したがって常温に戻すことは次の2点で不適切。まず、低温のほうが常温より主要臓器が循環停止に耐えうる時間が長い。次に、常温に戻すまでの間、人工肺の不具合による酸素加不良が問題となる。
- 4) 圧迫度は通常平均動脈圧程度の負荷で行われるので正しい。
- × 5) 気泡発生予防と血液傷害防止のため、血液温と加温装置の温度差は一般的には 10°C 以内が望ましいとされる。しかし、 15°C でもよいとする施設もあるので、この問題は不適切であった。ちなみに熱交換器の湯の温度は 42°C 以内にしなければ血液成分の傷害（溶血など）をきたす。

以上、問題に不適切な部分があったが、この問題では人工心肺操作で正しいのは4とする。

第1回午後の部

【問題27】 ICUより、人工呼吸器の回路内圧低下のアラームが突然鳴るようになったため点検の依頼が電話であった。

27-1 ICUへ点検に出かける前の電話での対応方法について適切でないものはどれか。解答欄 $\boxed{36}$ にマークせよ。[5]

- a. 適正換気が得られないようならばとりあえずアンビュバッグで換気するよう依頼した。
- b. 回路内圧低下アラームの設定値を上げるように依頼した。
- c. 人工呼吸器の設定条件を変えるように依頼した。
- d. メーカーに連絡するよう依頼した。
- e. 気管チューブの異常がないか確認を依頼した。

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

27-2 考えられる原因として適切なものはどれか。解答欄 $\boxed{37}$ にマークせよ。
[5]

- a. 気管チューブの折れ曲がり b. 加温加湿器のパッキングの欠如
- c. ガス供給源の異常 d. ファイティング
- e. 呼吸弁の異常

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

27-3 ICUへ出かける際に、持参するものとして適切なものはどれか。解答欄 $\boxed{38}$ にマークせよ。[5]

- a. 換気量計 b. 温度・湿度計 c. 気道内圧計
- d. 酸素濃度計 e. 医療ガスの供給圧を点検する機器

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

27-1

【正解】㉔=7)

【解説】

- a. 記述の通り適切である。人工呼吸器使用中に何か異常が起これば適正換気が得られないような事態が発生した場合、アンビュバッグなどでとりあえず換気を維持することは人工呼吸療法の基本である。
- × b. 低圧アラームが鳴ることは異常があることを意味するため、アラームの設定値を変更することは適切でない。
- × c. 低圧アラームが鳴ることは回路内に漏れなどの異常の発生を告げているので、人工呼吸器の設定条件を変えることは適切でない。
- × d. 低圧アラームが鳴っている場合には診療スタッフが直ちに対応すべきことでメーカーに連絡するのは適切でない。
- e. 低圧アラームは人工呼吸器呼吸回路の Y ピース部の接続の外れ、気管チューブのカフの破裂、抜管などで起こるため、気管チューブに異常がないか点検することは適切である。

27-2

【正解】㉕=8)

【解説】

- × a. 気管チューブの折れ曲がりの場合には回路内圧上昇のアラームが鳴るため原因として考えられない。
- b. 加温加湿器のパッキングが欠如するとそこよりガスの漏れが起これば、回路内圧低下のアラームが鳴るため原因として適切である。
- c. ガス供給源の異常があると回路内圧低下のアラームが鳴るため原因として適切である。なお、このような場合にはガス供給圧異常などの他のアラームも鳴る。
- × d. ファイティングは患者の呼吸と人工呼吸器による換気が合わなくなって換気が不十分になったり、できなくなることをいうが、この場合には回路内圧上昇のアラームが鳴るため原因としては不適切である。

第1回午後の部

- e. 呼気弁が開放したままの状態では、回路内圧の上昇が見られずアラームが鳴るため原因として適切である。なお、呼気弁が閉鎖したままの状態では回路内圧の持続的な上昇が見られる。

27-3

[正解] ㉔=5)

[解説]

- a. 回路内圧低下のアラームが鳴る場合には、回路からの漏れがあり換気量が十分ない可能性があるため、換気量計を持っていくことは適切である。
- × b. 回路内圧低下のアラームと回路内の温度・湿度とは直接関係ないため温度・湿度計を持っていくことは適切でない。
- c. 回路内圧低下のアラームは回路内圧の異常で起こるため気道内圧計を持っていくことは適切である。
- × d. 回路内圧低下のアラームと回路内ガスの酸素濃度とは直接関係ないため酸素濃度計を持っていくことは適切でない。
- e. 回路内圧の低下は医療ガスの供給圧の低下でも起こり得るため医療ガスの供給圧を点検する機器を持参することは適切である。

第1回午後部

【問題28】 医療ガスボンベの塗色について、それぞれの色を〔①〕～〔⑤〕の解答欄に記入せよ。[3×5=15]

ガスの種類	ガスボンベの塗色
酸素	①
亜酸化窒素	②
治療用空気	③
炭酸ガス	④
窒素	⑤

【正解】 ①=黒色，②=ねずみ色，③=ねずみ色，④=緑色，⑤=ねずみ色

【解説】 臨床の現場で使用される医療ガスボンベの塗色については、高圧ガス保安法で規定され、酸素ボンベは黒色、炭酸ガスボンベは緑色、それ以外のガスのボンベはすべてねずみ色とそれぞれ決められている。ただし、亜酸化窒素(笑気)ボンベについては容器の表面積の2分の1以上についてねずみ色が用いられているが、上の部分には他のガスと間違えないように青色が塗られている。この青色についての正式の基準規格などはなく、医療ガス業者間の暗黙の了解で決められているようである。

【備考】

医療ガスボンベの色は医療ガス配管設備や麻酔器の日本工業規格に規定されている医療ガスの色(下記の表参照)と一致していないため、その取り扱いに注意する必要がある。

表 ガス別表示 (JIS T 7201, JIS T 7101 より)

ガスの種類	識別色	ガス名	記号
酸素	緑	酸素	O ₂
亜酸化窒素	青	笑気	N ₂ O
治療用空気	黄	空気	AIR
吸引	黒	吸引	VAC
窒素	灰	窒素	N ₂
駆動用空気	褐	駆動空気	STA

【問題29】 病院の医用接地センタの工事について、JIS C 2808 に適合していないのはどれか。解答欄 にマークせよ。[5]

- a. パネルカバーには マークを付けた。
- b. 一般病室の1室がICUの隣にあったので医用接地センタは共用した。
- c. リード線間の抵抗を測ったら 0.05Ω であった。
- d. リード線の被覆の色は緑であった。
- e. リード線に設備からの接地分岐線を2本接続した。

- 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】 = 5)

【解説】 JIS C 2808 「医用接地センタボディー及び医用接地端子」

- a. パネルカバーには「医用接地センタ」という文字と マークをつけることになっている。
- × b. 医用室には医用室ごとに、かならず、「医用接地センタ、医用コンセント、医用接地端子」の3点セットを備えることになっているので、隣室でも共用してはいけない。
(これは1982年版JISの規定で、1996年版では改正されて、「合計面積が 50 m^2 以下ならば共用してもよい」ことになっている。)
- × c. 医用接地センタボディーのリード線と試験端子間の抵抗は $3 \text{ m}\Omega$ 以下と定められている。よって、リード線間では最大で $6 \text{ m}\Omega = 0.006 \Omega$ 以下でなければならない。
- d. リード線の被覆の色は緑/黄、または緑ということになっている。
- e. 各リード線につなげる設備からの接地分岐線の数に制限はない。

第1回午後の部

【問題30】 病院の建物が一辺100 mの正方形をしている。その地下部分は50mの深さがあるとする。地下周囲の土壌の抵抗率 ρ を200 Ωm とすると、この地下面積Aを接地極として使った場合、その接地抵抗はいくらと見積もるべきか。ただし、表面積A [m^2]の地下部分の接地抵抗は、 $R = 3 \times 0.4\rho / \sqrt{A}$ [Ω]とする。有効数字2桁までで解答欄 に示せ。[5]

【正解】 ◎=1.4 [Ω]

【解説】 地下部分の表面積は $A = 100 \times 50 \times 4 + 100 \times 100$ [m^2] となる。

$$\begin{aligned} \text{よって、} \quad R &= 3 \times 0.4 \times 200 / (100\sqrt{3}) \\ &= 3 \times 0.8 \times \sqrt{3} / 3 \\ &= 0.8 \times \sqrt{3} \\ &= 1.386 \end{aligned}$$

有効数字は2桁であるから、小数点2桁目を四捨五入して1.4 Ω とする。

なお、問題の式は JIS T 1022 に指定されているものであるが、 $(0.4\rho / \sqrt{A})$ は、Aの表面積を持った半球の接地抵抗の式である ($0.4 = 1 / \sqrt{2\pi}$) として計算した結果)。3は計算によって算出した際の、様々な誤差要因に対する安全係数である。

第1回午後の部

小論文試験問題

第1種ME実力検定試験合格者は『ME機器・システムおよび関連設備を、保守・安全管理を中心に総合的に管理する専門的知識・技術を有し、かつ他の医療従事者に対し、ME機器および関連設備に関する教育・指導ができる』ことになるが、あなたが合格した場合、あなた自身の職場で今後どのように活動したいか、その抱負を400字以上600字以内にまとめよ。

ただし、400字に満たない論文は不合格となる。

訂正

第1種ME実力検定試験 → 第1種ME技術実力検定試験に訂正