

第5回午前の部

【問題1】 解答欄 ～ に適当な語句を記入し、文章を完成せよ。

[2×3=6]

1-1 警笛を鳴らしながら近づいて来る電車が観測者のそばを通りすぎるとき、その警笛の音の が急に変わることは、よく経験することである。

1-2 この場合、近づきつつあるときは音が く聞こえ、遠ざかってゆくときは音が く聞こえる。

【正解】 ④=高さまたは振動数 ⑤=高 ⑥=低

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

今、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、次のような式により表される。

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

以上より、

④=音源の移動に基づくドプラ効果によって、音の振動数（したがって音の高さ）が変化する。

⑤=この問題の場合、観測者は移動せず、音源のみの移動であるが、音源が近づくときは、上述の式において、 $u_o = 0$ 、 $u_s > 0$ とおけばよいから、 $f > f_0$ となり、観測される音の高さは音源の音の高さよりも高く聞こえることになる。

⑥=音源のみが遠ざかる場合は、⑤と同様に、 $u_o = 0$ 、 $u_s < 0$ とおくことにより、 $f < f_0$ 、すなわち観測される音の高さは音源の音の高さよりも低く聞こえることになる。

【問題2】 放射線を検出するための方法・装置を3つ挙げ、解答欄①～⑥に記入せよ。[2×3=6]

【正解】 ①～⑥=ウイルソンの霧箱、ガイガーカウンタ、シヨチレーシヨカカウンタ、ローリツェン検電器、ポケット線量計、オートラジオグラフィなど。

【解説】 放射能を持つ物質（放射性物質）が放射線を出すと、気体（空気）が電離するが、この気体の電離を用いて、放射線を検出することができる。

例えば、 α 線、 β 線、 γ 線を検出することのできるガイガーカウンタ（ガイガーとミュラーにより考案されたので、ガイガー・ミュラーカウンタとも呼ばれる）は、電離作用のある粒子や放射線を検出、もしくはその数を測定する装置であるが、その主要部であるガイガー計数管（またはG-M管）の構造は、図1のようになっている。金属円筒内に空気またはアルゴンを50～100 mmHgの圧力で封入しておき、陽極（円筒）と陰極（針金）の間に、中の気体が放電を起こす電圧よりもわずかに低い電圧を加えておいた場合、薄い金属窓（アルミニウムなどが用いられる）から粒子が進入するとき、その電離作用により放電を生じ、両極間に電流が流れて1個の粒子（ α 線、 β 線の場合）あるいは光子（ γ 線、X線、紫外線）に対して、瞬間的に電流を生じる。この電流で抵抗器の両端に、これと同じ波形の電圧すなわちパルスが生じる。パルスがあれば放射線が来たことを示し、その数（通常は毎分の数）を数えることにより、その強さを知ることができる。パルス数が毎分60ぐらいよりも少なければ、増幅装置を用いてスピーカに音として出すことにより、数を知ることができるが、それ以上の場合は電気回路を用いて数える。

放射線による気体（空気）の電離作用を利用したその他の方法・装置には、正解に示したようなものがあるが、これらの原理については省略する。

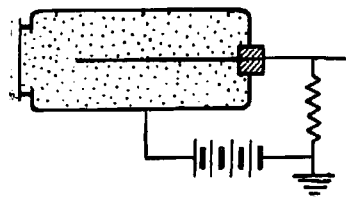


図1 ガイガー計数管

第5回午前の部

【問題3】 ある人の37°Cにおける血漿浸透圧濃度が300 mOsm/ℓであったとする。浸透圧 [mmHg] に換算するといくらか。解答欄 に記入せよ。

ただし、気体定数を $0.082 \ell \cdot \text{atm} \cdot \text{deg}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ として有効数字2桁で表せ。

[3]

【正解】 ㊸ = 5800 mmHg

【解説】

溶液の浸透圧 π は次式で表される。

$$\pi = CRT$$

ここで、 π : 浸透圧 [atm]

C : 浸透圧物質濃度 [mol/ℓ]

R : 気体定数 [$\text{L} \cdot \text{atm} / (\text{K} \cdot \text{mol})$]

T : 絶対温度 [K]

題意より、 $C = 300/1000 = 0.3 \text{ mol}/\ell$

$$T = 273 + 37 = 310 \text{ K}$$

また、 $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$ より

$$\pi = 0.3 \times 0.082 \times 310 \times 760 = 5800 \text{ mmHg}$$

上式を覚えていなかったとしても、気体定数の単位から連想して求めることが可能である。

【問題4】 機械加工の工具とその目的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。[5]

- 1) リーマ — 穴開け仕上げ
- 2) ポンチ — 平面仕上げ
- 3) タップ — 雌ねじ加工
- 4) ダイス — 雄ねじ加工
- 5) ドリル — 穴開け

【正解】 ① = 2)

【解説】 ME では電気回路だけでなく様々な機構を持つ機器の保守や点検を行うことになる。ほとんどの場合、部品を自作することはないと思うが、機械部品がどのように作られているかを知ることは、部品を設計する場合やどの程度複雑なものであるのかを考える上で参考になる。

リーマは電気ドリルの先につけて穴加工をするときに用いるが、手で穴の仕上げ加工をする(適当な寸法に穴を広げる)場合にも使われる。

ポンチは穴加工をするときの中心部に小さなくぼみを付けるときに使用する。正確な位置にドリルの先端を合わせるには、ペンなどで印を付けた後、先のとがったポンチを使って位置を決めておく。ポンチという名称はこれ以外にも、ゴムなどに穴をあける工具など、工具の後ろ側をハンマーなどでたたく物に使われている。

タップとダイスはセットにして覚えておくと良い。ねじ穴を加工する物がタップで、雄ねじを加工する工具をダイスという。ねじは直径とねじ山のピッチ、ねじ山の形状でそれぞれ規格が決められている。日本では JIS によるメートルねじが一般的であり、きちんと合った規格の物を使用しないとねじ穴を痛め正しい結合ができなくなる。

ドリルは穴をあける工具である。簡単な電気ドリルを用意しておく、ちょっとした部品の加工に役立つので、施設に用意しておくとう便利であるが、加工する材料によって形状やドリルの材質が異なるので注意する必要がある。

ここに挙げた他にも、簡単な旋盤、フライス盤など卓上で使用できる工作機械も利用できると便利である。しかし、機械の操作にはケガの危険防止のため十分な注意が必要となるので、経験者などの指導を受ける必要がある。

第5回午前の部

【問題5】 図のようにU字管の一方を閉じて空気を封入し、さらに水銀を満した圧力計がある。圧力計の開口端を大気(圧力 760 mmHg)に開放したとき、空気柱の長さは L_0 で平衡した。開口端に圧力 P の空気タンクをつなぐと、水銀は上昇し、図に示す状態となり、封入空気の圧力は P' となるとする。

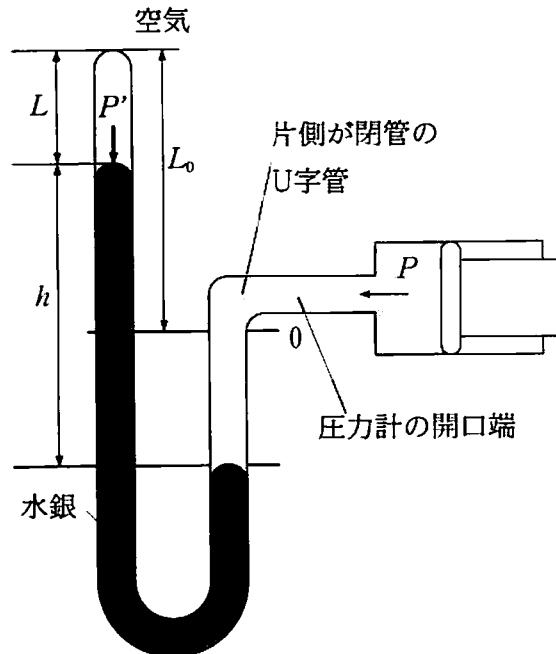
この時、温度が不変であるとするとき次の2つの式が成立する。ただし、圧力の単位を mmHg で考えるとする。

$$P' \times L = 760 \times L_0 \quad \dots (1)$$

$$P = P' + h \quad \dots (2)$$

今、 L_0 が 300 mm の U 字管の開口端に、ある圧力を加えたところ、水銀の一方が初期の位置から 100 mm 上昇し、 h が 200 mm となった。

与えた圧力を絶対圧 [mmHg] で解答欄 に記入せよ。[5]



第5回午前の部

【正解】 ㊸ = 1340 mmHg

【解説】 問題文にすべて説明されているので、設問の条件を(1)、(2)式に代入して解を求めればよい。(1)式は気体の圧と容積の関係を与える式で、始めに1気圧(760 mmHg)の気体が圧縮されて P' になったことを示す。(2)式は圧力の釣り合いであり、 P が P' と水銀の高さ h に相当する圧と平衡することを示している。

$L_0 = 300$ 、 $L = 300 - 100 = 200$ を(1)式に代入し、 $P' = 760 \times 300 / 200 = 1140$ を得る。

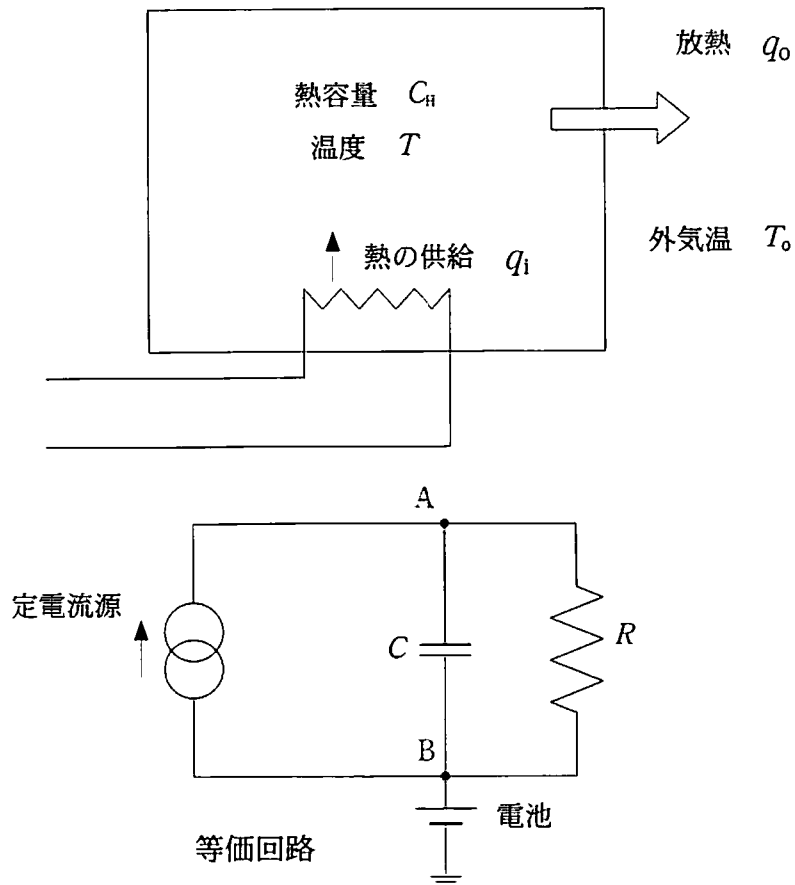
次にこれを(2)式に代入し、 $P = 1140 + h = 1140 + 200 = 1340$ (mmHg) を算出できる。

このような圧力測定装置は今日ではあまり使うことはないが、この問題は単に圧力計についての知識を問うているのではない。多くの装置の原理や構造の理解には、説明として与えられた情報を正確に読みとることが要求される。記述内容から物理的な法則を導き出し、実際に運用できるように、物理的な記述や計算に苦手意識を持たないよう努力してほしい。

第5回午前の部

【問題6】 図のような系に、一定の熱量 q_i を供給し続けている。外気温が T_0 で不変の状態です。系の温度 T との差に比例して熱の放熱 q_0 が生じているとする。系がある温度で平衡している時の状態を電氣的に等価回路で示した。誤っているのはどれか。番号を解答欄②にマークせよ。[5]

- 1) AB間の電圧は温度 T に対応する。
- 2) C の電荷は系内の熱量に対応する。
- 3) R を流れる電流は q_0 に対応する。
- 4) 電池の電圧は外気温を表す。
- 5) 平衡状態では $q_i = q_0$ である。

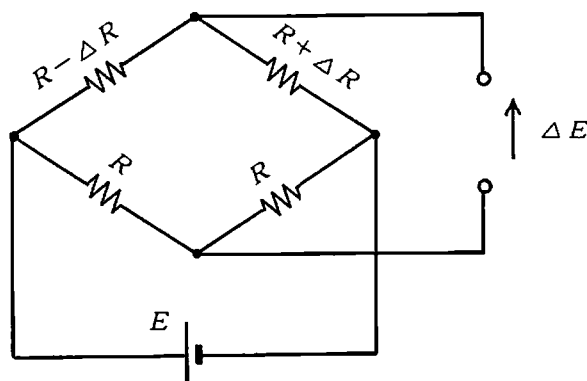


第5回午前の部

【正解】 ②=1)

【解説】 2つの系の対応を考えると、熱流は電流に対応し、温度は電圧に対応する。定電流源からの電流は供給熱流 q_1 に対応する。熱系で温度の平衡状態では q_1 と放熱 q_0 が等しくなる。外気への熱流は物体の温度と外気温の差に比例する。電気回路ではA B間の電圧が温度差に対応し、抵抗 R を流れる電流が放熱 q_0 となる。外気温は一定なので、電気回路では電池の電圧で表現されている。物体の温度は電池の電圧とA B間の温度差との和で与えることができる。

【問題7】 図の抵抗ブリッジの感度(抵抗の変化率 $\Delta R/R$ に対する電圧の変化率 $\Delta E/E$ の割合)を求め、解答欄①に記入せよ。[4]



【正解】 ①=1/2 または 0.5

【解説】 問題中の図のブリッジの結合点について、中央上を a、左を b、中央下を c、右を d とする。便宜的に d 点の電位を基準にとり、0 としてみよう。点 a、c の電位をそれぞれ E_a 、 E_c とするとき、次の関係がある。

$$\Delta E = E_a - E_c \dots\dots\dots(a)$$

$$E_a = \left\{ \frac{R + \Delta R}{R - \Delta R + R + \Delta R} \right\} E = (1 + \Delta R/R) E/2 \dots\dots(c)$$

$$E_c = \left\{ \frac{R}{R + R} \right\} E = E/2 \dots\dots(b)$$

式(b)、(c)を式(a)に代入すると、

$$\Delta E = (\Delta R/R) E/2 \dots\dots(d)$$

式を変形して、

$$\Delta E/E = (1/2) \cdot (\Delta R/R) \dots\dots(e)$$

抵抗の変化率 ($\Delta R/R$) に比べ出力電圧の変化率 ($\Delta E/E$) は 1/2 になることが分かる。

一般に、ストレインゲージのような同一の可変抵抗素子を n ($= 1 \sim 4$) 個用い、信号変化に対する抵抗変化方向 ($\pm \Delta R$) が出力電圧を打ち消さないように考慮してブリッジの4辺の適切な辺(例えば4辺全て置き換えの場合には対辺同志を同一の抵抗変化方向、隣の辺同志は逆向きの抵抗変化方向)に置き換えれば、

$$\Delta E/E \doteq (n/4) \cdot (\Delta R/R) \dots\dots(f)$$

を満たすように、ブリッジの抵抗変化率に対する出力の変化率(感度)を設定することができる。

第5回午前の部

【問題8】 解答欄 、 に当てはまる数式を解答群から選び、番号をマークし、解答欄 、 には数値を記入せよ。[2×2=4 3×2=6]

ME 機器の外装漏れ電流の測定において、金属などの導電部分が露出せず、全体がプラスチックなどの絶縁物で覆われているときには、縦 10 cm×横 20 cm ほどの錫箔などで面積 S の金属導体を表面に貼り付け、この金属導体から接地端子に流れる電流を測定することになっている。このおおよその電流値を見積もるために、外装の絶縁物の厚さ $d=1.0$ mm、比誘電率 $\epsilon_s=3.0$ とし、外装絶縁物のすぐ内側に一様に金属導体が存在して、外装絶縁物を挟む平行平板コンデンサが形成されたとすれば、静電容量 C は で表され、この式に数値を代入して、 [pF] になる。ただし、真空中の誘電率を $\epsilon_0=8.9 \times 10^{-12}$ F/m とする。

次に内部の金属導体に商用交流電圧 E (接地電位からの電位差実効値 100 V、周波数 50 Hz) が印加されているとすると、外装漏れ電流実効値 I は で表され、この式に数値を代入して [μ A] になる。ただし、外装絶縁物は導電性が全くないものとし、商用交流電源の角周波数を ω とする。

解答群

$$1) \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_s} \cdot \frac{d}{S} \quad 2) \sqrt{\epsilon_0 \epsilon_s} \cdot \frac{d}{S} \quad 3) \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\epsilon_s}} \cdot S \cdot d \quad 4) \epsilon_0 \epsilon_s \cdot \frac{S}{d} \quad 5) \frac{\epsilon_0}{\epsilon_s} \cdot \frac{S}{d}$$

解答群

$$1) \sqrt{\omega C} \cdot E \quad 2) \omega C \cdot E \quad 3) (\omega C)^2 \cdot E \quad 4) \frac{E}{\sqrt{\omega C}} \quad 5) \frac{E}{\omega C}$$

第5回午前の部

[正解] ③=4) ④=2) ①=530 pF ⑧=16.5 μA

[解説] 医用機器の外装に金属部がない場合の外装漏れ電流の測定法については、問題文にあるとおりであるが、外装をプラスチックなどの絶縁物で覆った機器が、現実に平行平板コンデンサで表せるような構造になっているとは必ずしも言えない。特に絶縁物の厚さがわずか1 mmであってもその内側には空間もあるであろう。この問題の設定条件は、現実よりも恐らく漏れ電流が多めに見込まれるような、あくまでも1つの試算のためのものである。

まず、平行平板コンデンサの電気容量 C [F] は電極面積 S [m²] に比例し、電極間距離 d [m] に反比例する。その比例計数が誘電率 ϵ [F/m] である。一般に誘電率は電極間が真空の場合に比較した倍率の比誘電率 ϵ_s [無次元数] で示されるので、誘電率 ϵ [F/m] は、真空中での誘電率 ϵ_0 を用い、

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_s$$

と表すことができる。したがって、

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_s \cdot S/d$$

と書くことができる。メートル法に基づくSI単位系で上式の桁が合う。桁取りを誤ることが多いので注意を要する。与えられた数値を代入し、

$$C \text{ [F]} = 8.9 \times 10^{-12} \times 3.0 \times (0.1 \times 0.2) / 10^{-3} \approx 5.3 \times 10^{-10} \text{ F}$$

数値が小さく、問題文にあるように p (=10⁻¹²) の補助単位を用いて答を得る。

次に外装漏れ電流 I (実効値) は加えられている交流実効値電圧 E (角周波数 ω) によってこのコンデンサに流れる電流であるから、電圧 E をこのコンデンサのインピーダンスの大きさ、つまりコンデンサの場合にはリアクタンスの大きさ $1/(\omega C)$ で除せば求められる。したがって、

$$I = E / \{1/(\omega C)\} = \omega C \cdot E$$

数値を入れて、

$$I \text{ [A]} = 6.28 \cdot 50 \cdot 5.3 \times 10^{-10} \cdot 100 \approx 16.5 \times 10^{-6} \text{ A} = 16.5 \mu\text{A}$$

となる。

③④の解答群は、似たような形の式になっており、うろ覚えではどれが正しいか判別しがたいであろう。理論的根拠に基づき推論するか、少なくとも次元を確

第5回午前の部

かめることはしてほしい。

③について

- × 1) 電気容量の逆数になっている。
- × 2) 電極形状の部分が逆数になり、かつ誘電率の平方根は誤り。
- × 3) 電気容量が電極間距離に比例することおよび誘電率の除算と平方根は誤り。
- 4) 次元をチェックしても正しいことが分かる。 $[F/m]$ [無次元] $[m^2]/[m]$
- × 5) 比誘電率の扱いに誤りあり。

④について

- × 1) インピーダンスで除して電流を求めるときに平方根はつかない。
- 2)
- × 3) インピーダンスで除す部分に2乗はつかない。
- × 4) 1)と同様、平方根はつかない。またコンデンサのリアクタンスの大きさは $1/(\omega C)$ である。
- × 5) 4)の後半と同じ。

第5回午前の部

【問題9】 次のMRIに関する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〔5〕～〔11〕にマークせよ。[2×7=14]

9-1 荷電体が回転(スピン)すると磁気モーメントを生ずる、ということは物理学における基本的な現象である。スピン核運動量を持った原子核、例えばプロトンは〔5〕に帯電しているので、〔5〕電荷の回転ということになる。これは環状電流であるから、回転軸に平行に磁場が誘起される。この状態の核が静磁場の中に置かれると小さな磁石のように振舞い、回転軸が静磁場の方向にそろおうようになる。しかし回転軸は静止するのではなく、静磁場方向を中心にした磁場と角度を保つ回転運動をする。これを〔6〕運動と呼び、回転周波数を〔6〕周波数と呼ぶ。ここで、電磁波を静磁場に垂直の方向に加え、電磁波の周波数が〔6〕周波数に一致したとき、回転する核は電磁エネルギーを吸収して異なる核スピン状態へ遷移する。電磁波の供給を止めると核はエネルギーを放出してもとの状態へ戻るが、これを〔7〕と呼ぶ。MRIはこの〔7〕過程で放出されるエネルギーを計測、画像化するものである。

- 1) 正 2) 負 3) 中性 4) 自由 5) 円
6) 楕円 7) 歳差 8) 励起 9) 緩和 10) 共鳴

9-2 磁気は、極端に高磁場で無い限り、ヒトの細胞や組織に対し生理的影響はほとんど無いと考えられている。また、生体は磁気を〔8〕、骨の影響もX線に比較して少ない。そのため、頭蓋骨や脊椎の陰になるような部位の計測に優れていると言われている。MRIでは、生体中の最も構造的に簡単な水分子の〔9〕原子の核磁気共鳴を利用している。磁場として常伝導磁石を用いたもので0.02~0.2〔10〕ぐらい、超伝導磁石を用いたもので1.5〔10〕ぐらいの磁束密度が用いられている。〔10〕は磁束密度の単位である。

- 1) 遮蔽し 2) 増幅し 3) 良く通し 4) H 5) Na
6) O 7) N 8) G 9) S 10) T

9-3 超伝導磁石の作る磁場は強いので、磁場の計測には が用いられる。

- 1) 磁針 2) SQUID 3) 高周波コイル 4) ホール素子
5) GM 計数管

【正解】 ⑤= 1) ⑥= 7) ⑦= 9) ⑧= 3) ⑨= 4) ⑩=10) ⑪= 4)

【解説】 MRI (Magnetic Resonance Imaging) の基礎となる物理現象の NMR (Nuclear Magnetic Resonance) の原理に関する問題である。

9-1

元素は正電荷を持つプロトン（陽子）と電荷を持たない中性子で構成される原子核のまわりを、負電荷を持つ電子が取り囲んでいると見なされている。したがって、原子核が回転（スピン）するということは、正電荷を持つプロトンが円運動をすることであり、環状電流が流れていることと等価になる。環状電流は電磁石と同じ原理で小さな磁石として振舞い、回転軸の方向に磁束が発生する。物質は普通多数の原子核が回転してはいるものの、方向がばらばらなので、磁石としては観察されない。物質を静磁場中に置くと、静磁場の磁束方向に原子核の回転軸がそろってくる。回転軸は完全に静磁場の磁束方向を向くのではなく、止まりかけた独楽のようにある角度を保ちながら回転軸の方向が回転運動を続ける。回転軸の回転運動は歳差運動と呼ばれ、その周波数は歳差周波数と呼ばれる。歳差運動の角度と周波数は静磁場の磁束密度に依存する。歳差運動をしている原子核に歳差周波数と同じ周波数の電磁波を加えると、原子核は電磁波と共鳴し電磁波のエネルギーを吸収しエネルギーの高い状態になる。これが核磁気共鳴の原理である。電磁波の供給を止めると、原子核はそれまで吸収していたエネルギーを吸収したときと同一周波数の電磁波として放出して元の状態へ戻る。これを緩和と呼ぶ。ヒトを静磁場中に置き、磁場を変化させると体の一点にだけ共鳴を起こすことができる。磁場を制御し断面図に必要な点を順番に共鳴させ、緩和過程で放出される電磁波を計測し、電子計算機を用いて画面を合成するのが MRI である。

9-2

生体は磁気を良く通し、特別強力な磁場でない限り悪影響を受けないと言われている。生体は水を大量に含んでいて、その水を構成する元素の 1 つである水素 (H) が最も核磁気共鳴を起こしやすい元素の 1 つである。そのため、核磁気共鳴が生体計測の有効な手段となってきた。静磁場を強くし磁束密度を高くすると共鳴周波数が高くなり、MRI の分解能が上がる。したがって、静磁場を発生させる電磁石は、より強力な磁場を発生することができる超伝導磁石が多く用いられるようになってきた。磁束の単位は T (テスラ) を用いる。

9-3

強力な静磁場の測定にはホール素子を用いる。なお、磁針は地磁気のような弱い磁場に適している。SQUID は極微小磁場、例えば生体磁気などの計測に適している。高周波コイルは交流磁場の検出用である。

【問題10】 図1に示す理想演算増幅器を用いた微分回路に図2に示す電圧波形を入力した。出力電圧波形を図2にならって目盛りと単位をつけて解答欄 に示せ。[5]

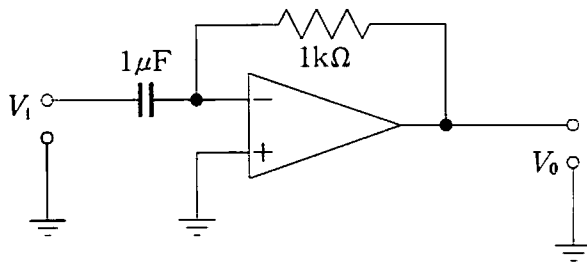


図1

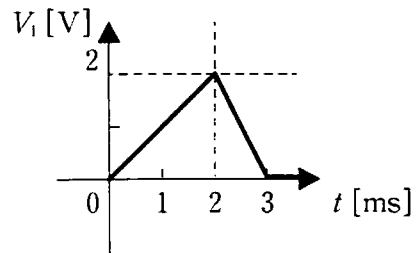
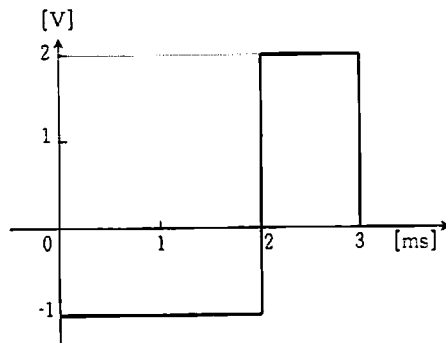


図2

【正解】 =



【解説】 この回路は微分器である。図中の $1\mu\text{F}$ のコンデンサを C とする。 C を流れる電流を i とすると、 $i = C \frac{dV_1}{dt}$ である。この電流は $1\text{k}\Omega$ の抵抗 R を流れる。

したがって、出力電圧は $V_0 = -CR \frac{dV_1}{dt}$ となる。したがって、与えられた3角形を微分すればよい。 $CR = 1\text{ms}$ となるから、波形は正解のようになる。

【問題 11】 次の脳波や心電図などの生体電気信号を計測する際に問題となる外乱雑音混入のメカニズムの解説文を読み、以下の設問に答えよ。

ただし、電源電位 V_0 は $140 \sin 2\pi ft$ [V] で変動しているとし、 $f=50$ Hz とする。

図 1 は、ある生体電気信号を計測している模式図である。電源線の一方が正に帯電し、他方が負に帯電している瞬間を考えると、電線に垂直な断面内では、図 2 に示すように電気力線が電線の周囲に広がり電界分布ができあがる。ここで、負に帯電している電源線側を接地してその電位を 0 V と仮定する。

電線近くに導体（人体など）が存在すると、電気力線は図 3 のように歪む。その電気的等価回路は、図 4 のように電線と導体間のコンデンサ C_1 、導体と電源線間のコンデンサ C_2 によって表されるので導体はある電位 V_e となる。

導体を人体と仮定すると、人体の交流電位は V_e となる。脳波や心電図を計測する際には、 V_e は静電誘導雑音であり、入力信号の同相成分雑音となる。電極間に電極インピーダンス Z_e の違いが存在すると、大きな同相出力雑音電圧が現れる。

生体信号が脳波のように微小信号の場合、電極を用い人体を接地するが、 Z_e を介して接地することになるので、 V_e を完全には 0 にすることができない。このため、人体をシールドルームに入れる必要性が生じる。

11-1 図 4 の C_1 、 C_2 をそれぞれ 50 pF、200 pF とした場合、導体の電位 V_e の振幅は何 V になるか。番号を解答欄 にマークせよ。[2]

- 1) 2.8 2) 18 3) 28 4) 56 5) 112

11-2 生体を電極で接地した。 C_1 が 50 pF、 Z_e が 1 k Ω （容量成分と仮定する）のとき、 V_e の振幅は約何 V になるか。番号を解答欄 にマークせよ。
[2]

- 1) 0.0022 2) 0.0055 3) 0.022 4) 0.055 5) 0.22

第5回午前の部

11-3 大きな V_0 や、大きく異なった値の Z_0 などの環境下で心電図等の生体電気信号を測定するには、どのような測定器を使用すべきか。80字以内で解答欄 に記述せよ。[5]

11-4 次の文章の空欄に当てはまる組み合わせを解答群から選び、番号を解答欄 、 にマークせよ。[2×2=4]

図5のように導体（帯電していないとする）を導体殻で覆うと、導体の電界と電位はそれぞれ となる。導体殻を接地すると、導体の電界と電位はそれぞれ となる。この状態が静電シールドである。

解答群

- | 電 界 | — | 電 位 |
|---------------|---|----------------|
| 1) 導体殻電位により決定 | — | 常に0 |
| 2) 常に0 | — | 導体殻電位 |
| 3) 常に0 | — | 常に0 |
| 4) 外部電界により決定 | — | 導体殻電位 |
| 5) 常に0 | — | 導体殻電位と異なるある一定値 |

解答群

- | 電 界 | — | 電 位 |
|--------------|---|-----------|
| 1) 外部電界により変動 | — | 常に0 |
| 2) 常に0 | — | 正の値 |
| 3) 常に0 | — | 常に0 |
| 4) 外部電界により変動 | — | 負の値 |
| 5) 常に0 | — | 外部電界により変動 |

第5回午前の部

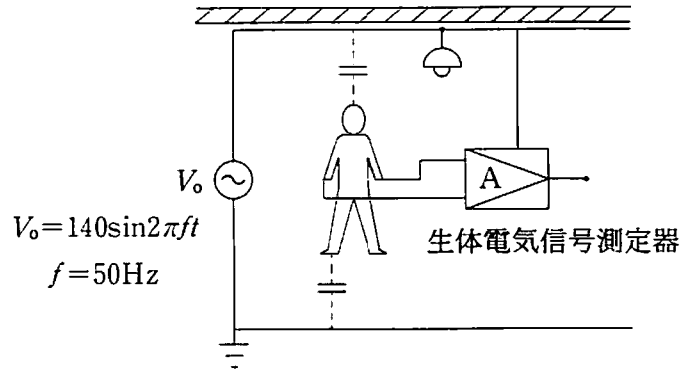


図1

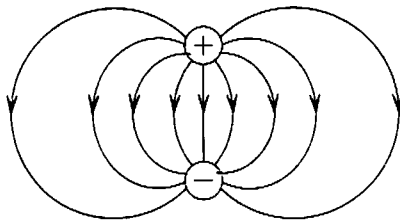


図2

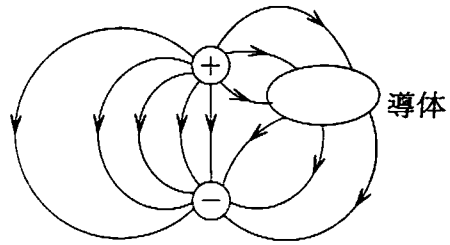


図3

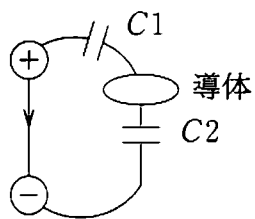


図4

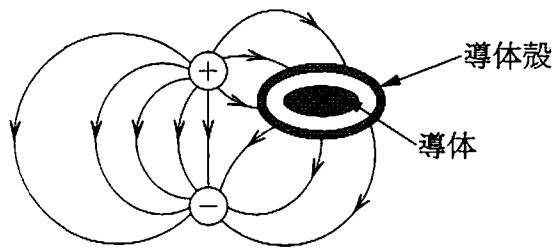


図5

【正解】 ⑫=3) ⑬=1) ⑭=2) ⑮=3) ①=(例) 高入力インピーダンス、高CMRRを持った差動増幅器を用いる。

【解説】 この問題は実際に病院内で常時起こっている現象を解析したものである。問題文を読み、電気回路、電磁気学が実際の現象を解析するのに役立っていることを理解してほしい。

11-1

図4よりコンデンサC1とC2を直列接続した接続点の電位を求めればよいことがわかる。コンデンサの直列接続であるから両コンデンサに蓄積されている電荷量Qは等しいから、それぞれのコンデンサの電位差は $Q/C1$ 、 $Q/C2$ となる。この電位差の和が電源電圧140Vに等しいわけである。コンデンサC2がマイナス電位(接地)側に接続されているから、C2の電位差を求めればよいことになる。140Vを $50:200=1:4$ に分割すればよいから、

$$V=140\frac{1}{5}=28\text{V} \text{ となる。}$$

11-2

生体が1k Ω の抵抗を介して接地されているわけである。生体を導体と考えると、50pFのコンデンサと1k Ω の電極インピーダンスが直列に接続され、140Vの電源につながれていることになる。コンデンサと電極インピーダンスの接続点の電位を求めればよいことになる。周波数50Hzで50pFのインピーダンスは約 $6.4\times 10^7\Omega$ となる。したがって、

$$V_e \text{ は約 } V_e=140\frac{1\times 10^3}{6.4\times 10^7+1\times 10^3}\doteq 140\frac{1\times 10^3}{6.4\times 10^7}=0.002 \text{ となる。}$$

11-3

心電図などの生体電位を測定する際、電圧 V_e は同相成分になるから差動増幅器を用いればよいことになる。問題文で示すように V_e はかなり大きな電位を示すからCMRRは相当大きくとる必要がある。また、生体信号を測定するためには電極を用いるため、電極インピーダンスの影響を除去する必要がある。このためには、入力インピーダンスの高い差動増幅器を用いる必要がある。

11-4

この問題は導体の性質（定義でもある）に関する問題で、次の2つの性質を知っていれば容易にできる問題である。①導体内には電界が存在しない（導体内には電荷が存在できない）。②導体の電位はどこも同じ。中心に存在している導体が帯電していない場合には導体殻内には電界ができない。したがって、導体の電位は導体殻の電位と同じになる。

第5回午前の部

【問題12】 データベース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。[3]

- 1) データベースシステムには、データを蓄積しておくハードウェアとそのデータを処理するソフトウェアが用意されなければならない。
- 2) コンピュータを利用しないで、知人の氏名、住所、郵便番号、職業などを整理して記録した表はデータベースである。
- 3) キャッシュカードで現金が引き出せるオンラインシステムは大規模データベースの一つである。
- 4) リレーショナルデータベース (RDB) とは、大型コンピュータ専用の大規模データベースシステムである。
- 5) データベースのツリー構造モデルは関連する情報を体系的に整理するために有効な手段である。

【正解】 ⑩= 4)

【解説】

- 1) データベース (database) システムとは、多様な利用目的に応じて集められた様々なデータの集合と、そのデータを効率的に効果的に利用するためのコンピュータシステムのことを言う。データベースは利用者の多様な利用目的に応じるため、膨大なデータを蓄積するハードウェアとそのデータを処理するソフトウェアからなる。
- 2) 住所録も、そのデータを利用するのが個人であっても限られた少数の利用者であってもデータの集合であるから一種のデータベースである。ただし、データの収集・整理・保存・削除・更新と効率的な管理や運用するためのソフトウェアがなければ、データベースシステムとは言い難い。
- 3) 複数の銀行間・銀行本店と支店間・各支店間をつなぐオンラインシステムは顧客の預金高状況や預け・引き出し状況の膨大なデータを集積している

第5回午前の部

大規模データベースシステムの例である。現金自動預け機や自動支払機はデータベースシステムの一部である。

- × 4) リレーショナルデータベース (relational data base : RDB) あるいは関係データベースとは、行と列から構成される表構造モデルである。リレーショナルデータベースでは、データベースが表形式で容易に記述できるので、パソコン用データベースに広く用いられる方式で、大規模データベースには向かない。
- 5) 木構造モデルは木の枝のように分岐しながら末端の目的に達する階層的構造で、階層的表現モデルとも言われる。データの関係は本の目次構成のように階層構造になっているため、関連する情報やデータを体系的に整理するのに有効な方法として広く利用されている。

第5回午前の部

【問題 13】 電波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。[3]

- 1) 通常、周波数 30 kHz～3000 GHz 程度の電磁波のことを電波という。
- 2) 空間を伝搬する電波は直線偏波や円偏波などの偏波の状態である。
- 3) 周波数 300 MHz の電波を効率よく受信するには長さ 0.1 m のダイポールアンテナが用いられる。
- 4) 低い周波数の電波ほどビルなどの障害物の影にも伝搬しやすい。
- 5) 医用テレメータに使用される電波の波長は約 0.7 m である。

【解答】 ⑰ = 3)

【解説】

○1) 光・レーザー光・エックス線等と電波とは全く違うもののようには思われがちであるが、放送用電波などと同じ性質をもつ電磁波である。この電磁波のうち、特に周波数が、 10^4 Hz (波長 30 km) から 3×10^{12} Hz (波長 0.1 mm) までを国際電気通信条約では電波と定めている。なお、同じ電磁波で、通信用に利用されるレーザー光などは電波とは言わない。参考のために電波の周波数とその利用状況を表にまとめておく。

(表 電波の周波数・名称・主な使用)

周波数	波長	記号	名称	主な利用
300GHz	1mm		(赤外線)	
30GHz	1cm	EHF	ミリ波	宇宙通信、無線航法
3GHz	10cm	SHF	マイクロ波	航空、電話、気象、
300MHz	1m	UHF	極超短波	テレビ、移動無線、携帯電話
30MHz	10m	VHF	超短波	テレビ、CATV、FM放送、アマ無線
3MHz	100m	HF	短波	短波放送、標準電波、国際通信
300kHz	1km	MF	中波	ラジオ放送、交通情報
30kHz	10km	LF	超波	船舶、標準電波、航空機航行用
		VLF	(超超波)	

○2) 電波とは直交する電界と磁界との相互作用によって生じた電磁界の波動(電磁波)であり、この電波は横波であり、電界成分は特定の方向に振動している。また、電波の特性は振動の振幅・振動周期(または周波数)・振動方向・伝搬方向で表される。横波において振動方向(電波の場合は電界の振動方向)が決まった方向に振動する波動を偏波という。無線電波のアンテナから放射される電波は、すべて振動方向に一定の偏りが生じるので偏波である。アンテナの形状・アンテナの向き、アンテナの組み合わせなどで偏波の形が異なる。偏波には、直線偏波、円偏波、楕円偏波、垂直偏波、水平偏波などの呼び名がある。ちなみに、光では偏光という。

×3) ダイポールアンテナは、図に示すような、水平に開いた形状の2本の電線と給電線から構成され、受信用も送信用も原理・構成は同様である。アンテナが電波を受信する原理は、空間を伝搬する電波の電界成分の振動方向にダイポールアンテナの導体の向きを一致させると、電界の静電誘導によりアンテナ導体に起電力が発生する。このとき、ダイポールアンテナの長さが電波の波長の1/2のときに電波の定在波電流が生じる。この現象をアンテナの共振という。つまり、アンテナによる電波の受信とは、電波周波数とアンテナの共振現象を利用しているのである。問題の電波の周波数 f は 300 MHz だから、空気中での波長 λ は、

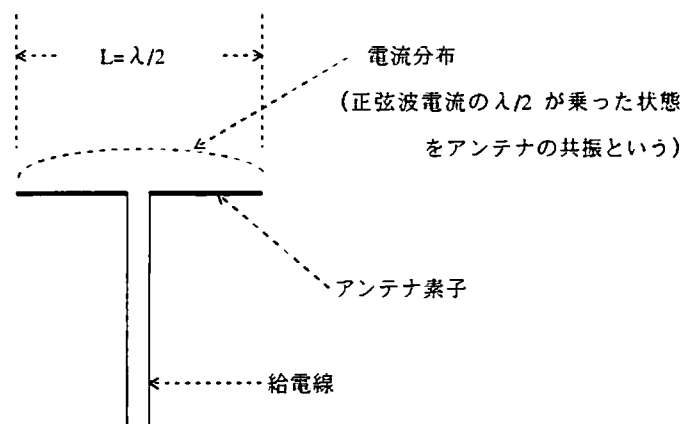
$$\lambda = c(\text{光速}) / 300 \times 10^6 = 1 \text{ m} \quad \text{ただし} \quad c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

であるから、この電波に共振するダイポールアンテナの長さ L は、

$$L = \lambda / 2 = 1 / 2 = 0.5 \text{ m}$$

である。したがって、アンテナ長 0.1 m のダイポールアンテナは共振点から大きく離れているため効率的な受信はできない。

第5回午前の部



- 4) 音波や電波の伝搬特性として、周波数が高くなるほど直進性が大きく、波数が低いほど回折性（回り込んで進む性質）が大きくなる。電波の伝搬特性は、マイクロ波のように周波数の高い電波での無線通信は送受信相互間の見通しがきく障害物のないところで行われる。中波や長波は回折現象の性質が大きく、さらに波長が数百メートルから数キロメートルと非常に長いので、ビルなどは障害物とはなりにくいで、影の部分にも電波が回り込み伝搬することになる。
- 5) 1988年に改正された電波法に基づく医用テレメータの許認可周波数帯は、420 MHz～450 MHz 帯（アマチュア無線 430 MHz～440 MHz 帯を除く）に小電力医用テレメータの6バンドが割り当てられている。医用テレメータの割り当て周波数を波長になおして表すと、0.71～0.67 m となる。ちなみに、医用テレメータ送受信用のアンテナ長は、1/2 波長用では約 35 cm、1/4 波長用無指向性ホイップ（ロッド）アンテナでは約 18 cm である。

【問題 14】 正しいのはどれか。番号を解答欄 ⑩ にマークせよ。[3]

- 1) 排他的論理和： $A \oplus B = A \cdot B + \overline{A} \cdot \overline{B}$
- 2) ド・モルガン (de Morgan) の定理： $\overline{A+B} = \overline{A} + \overline{B}$
- 3) $(E7)_{16 \text{ 進数}} + (3A)_{16 \text{ 進数}} = (231)_{10 \text{ 進数}}$
- 4) $(1472)_{8 \text{ 進数}} = (826)_{10 \text{ 進数}}$
- 5) $(1101)_{2 \text{ 進数}} = (0001 \ 0101)_{BCD}$

[正解] ⑩ = 4)

[解説] 論理演算ないし 10 進数以外の演算や進数など、出題テーマが雑然とした問題なので、それぞれ調べるほかはない。

× 1) 排他的論理和は 2 進法における四則演算の加算から桁上げを無視したものである。また、A、B が一致しない場合を網羅したものである。

$$A \oplus B = \overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B} \text{ でなければならない}$$

× 2) ド・モルガンの定理は、和の否定が否定の積に、積の否定が否定の和に書き換えられることを示している。ここでは、

$$\overline{A+B} = \overline{A} \cdot \overline{B} \text{ でなければならない。}$$

× 3) 16 進数の数字 0 ~ 9 は 10 進数に同じ、10、11、12、13、14、15 はそれぞれ A、B、C、D、E、F で表わされる。したがって、

$$(E7)_{16 \text{ 進数}} = (16 \times 14 + 7)_{10 \text{ 進数}} = (231)_{10 \text{ 進数}}$$

$$(3A)_{16 \text{ 進数}} = (16 \times 3 + 10)_{10 \text{ 進数}} = (58)_{10 \text{ 進数}}$$

$$\therefore (E7)_{16 \text{ 進数}} + (3A)_{16 \text{ 進数}} = (289)_{10 \text{ 進数}} \neq (231)_{10 \text{ 進数}}$$

○ 4) $(1472)_{8 \text{ 進数}} = (1 \times 8^3 + 4 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 2 \times 8^0)_{16 \text{ 進数}}$

$$= (512 + 256 + 56 + 2)_{10 \text{ 進数}} = (826)_{10 \text{ 進数}}$$

× 5) $(1101)_{2 \text{ 進数}} = (1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0)_{10 \text{ 進数}} = (13)_{10 \text{ 進数}}$

$$= (0001 \ 0011)_{BCD}$$

第5回午前の部

【問題 15】 脳波検査で規定の保険点数を請求するためには1人30分の記録とその保存が必要である。今16チャンネルのデジタル脳波計で脳波信号をサンプリング周波数200 Hz、16ビットでA/D変換したとき、1.5ギガバイトの光磁気ディスクに最大何人分の脳波記録が保存できるか。番号を解答欄 にマークせよ。[3]

- 1) 16 2) 35 3) 65 4) 130 5) 260

【正解】 ⑬ = 4)

【解説】 1チャンネルあたり200 Hzのサンプリング周波数で30分の記録では $200 \times 60 \text{ 秒} \times 30 \text{ 分} = 36 \times 10^4$ バイトが必要である。

脳波計は16チャンネルであるから、全チャンネルで1人あたり $36 \times 10^4 \times 16$ チャンネル = 5.76×10^6 バイトのメモリが必要となる。

したがって、1.5ギガバイト(1500 Mバイト)の光磁気ディスクには $1500 \times 10^6 \text{ バイト} / 5.76 \times 10^6 \text{ バイト} = 260.4$ 人分の脳波が格納される計算になる。

しかしA/D変換を16ビットで量子化しているため、1メモリあたり2バイト(8 bit = 1バイト)必要となるので、実際には $260.4 / 2 \text{ バイト} = 130.2$ 人の脳波データが1.5ギガバイトの1枚の光磁気ディスクに保存されることになる。

第5回午前の部

【問題 16】 医療情報システムやネットワーク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。[3]

- 1) インターネットは、機関あるいは地域のコンピュータネットワークが相互に接続された世界的規模のコンピュータ情報通信網である。
- 2) TCP/IP は、インターネットで使われている標準的な通信プロトコールである。
- 3) OSI (Open System Interconnection) は、ISO (国際標準化機構) 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。
- 4) HL7 (Health Level 7) とは、OSI モデルの第7層において、医療施設での電子的データ交換を目的として、交換データや交換タイミングを定義するものである。
- 5) HTML (Hyper Text Markup Language) とは、イントラネット内での医療情報交換のために設計された守秘性の高い特殊な通信プロトコールである。

【正解】 ㉔ = 5)

【解説】 医療情報システムやネットワークについての基本問題である。これからますます医療のあらゆる分野で情報化が進むため、今後この分野の知識の社会的要請の増加とともに問題の比重も高まることと思われる。

- 1) これは、もう常識であろう。
- 2) TCP/IP は、transmission control protocol / internet protocol の略で、インターネットで使われている標準的な通信手順 (プロトコール) で、TCP と IP はそれぞれ OSI (下記参照) の4層 (トランスポート層) と3層 (ネットワーク層) にほぼ対応する。
- 3) この基本参照モデルでは、通信機能を7つの階層にモデル化しており、デ

第5回午前の部

ータフローのほとんどすべてをカバーする。最下層から順に物理層、データリンク層、ネットワーク層、トランスポート層、セッション層、プレゼンテーション層、アプリケーション層の各層が定義される。概略の流れとしては、送信側システムが保持するデータは、アプリケーション層から順に下方に物理層まで送られ、伝送路に乗る。受信側システムではデータは物理層から順に上方にアプリケーション層まで進み、システムのアプリケーションが受け取り、ユーザーの目にも触れる。このモデルはOSI関連規格の土台となる規格として最も早く国際規格化され（ISO 7498-1）、95年以降は、OSIを従来の1対1通信からN対N通信に拡張するアーキテクチャについて検討を重ねている。

- 4) HL7 (Health Level 7) とは、医療情報システムに関連する国際的標準規約をリードする米国のHL7 (Health Level 7) 協会の所轄する規約であり、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。この規約を用いることによりこれまで各社バラバラの独自仕様であった医療情報システムのデータ交換が互換性を持つことになり、統一的に仕様策定可能となるので、病院情報システム構築あるいは更新の際に、各社の良い部分を組み合わせて廉価で高性能のシステムを設計できる。もちろん、遠方の医療機関同士が、この規約に基づいて医療情報を交換すれば、極めてスムーズにシームレスな交換が可能となり、高品質の患者紹介・電子カルテシステムの基盤を構成できる。
- ×5) 誤った記述であるので、これが正解。HTML (Hyper Text Markup Language) とは、WWW (World Wide Web) のハイパーテキストによるページを記述するための広く用いられる一般的な言語である。
またWWWとは、スイスの欧州原子核共同研究機関 (CERN: Conseil Europeen pour la Recherche Nucleaire—現在は European Laboratory for Particle Physics に名称変更) の Tim Berners-Lee 氏らが、1989年に提案した機種やOSによらない広域情報の交換表示システムで、ネットワ

第5回午前の部

ーク（特にインターネット）上にハイパーテキスト（画像、音声、ビデオ動画、イベントに応じた反応、などあらゆる表現を含む）を構築し、あらゆる情報を継ぎ目なしにアクセス可能とすることを目的としている。クライアントとサーバとの通信プロトコルには、HTTP (hyper text transfer protocol) を用いる。

ハイパーテキストの表現に用いるHTMLというタグ言語は、SGML (standard generalized markup language) を基に策定された。HTMLで記述されたファイルはテキスト形式で、“<”と“>”ではさんだ予約語を使ってテキストの整形や画像ファイルなどの存在位置、リンク先などを記述する。WWWサーバが蓄積しているHTML形式のファイルを、クライアントのWWWブラウザが読み出して解釈・表示する。HTMLに代わりうるページ記述言語にXMLがある。

HTMLで普及したリンク（関連づけ）機能などを拡張するとともに、SGMLをインターネット向けに最適化した。HTMLとSGMLの長所を併せ持つように定めたと言える。

第5回午前の部

【問題17】 医用テレメータ受信機の近くにパソコン装置を設置したら、安定した受信距離が短くなった。なぜ受信距離が短縮したか。主な理由を50字以内で解答欄⑦に記述せよ。[5]

【正解】 ⑦=パソコンやインターフェースケーブルなどから放射された電磁波ノイズの増大による。

【解説】 医用テレメータ装置の電波（搬送波）は一般にFM波が用いられている。理由は多少の雑音（外乱）があっても信号によりマスクされ、S/Nのよい伝送ができるためである。しかし、信号レベルが雑音のレベルと同等以下まで下がると、S/Nは極端に悪くなってしまいう性質がある。したがって、医用テレメータの受信距離は、受信アンテナ地点における雑音レベルとテレメータからの電波の強度によって決まるわけである。そこで、到達距離は電気機器が多数使われている都市部よりも郊外の方が長くなることはよく経験することである。

さて、パソコンの内部は非常に高い周波数のパルスで動作しており、原理的に多くの電磁波を放射する。そこでメーカーでは電磁波シールドやフィルタなどを用いて外部への漏れを低いレベルに押さえている。したがって、パソコンの利用が直ちに医用テレメータの受信距離に影響を与えるわけではない。

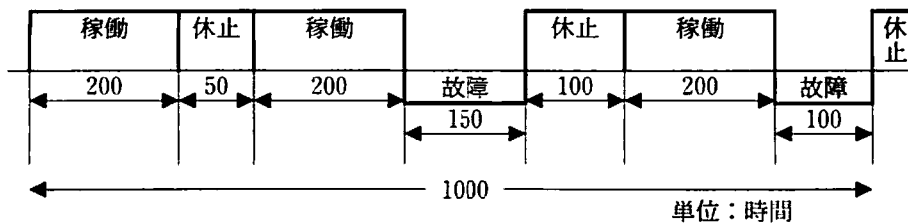
しかし、これらの対策が不十分なパソコンやインターフェースケーブル（以下ケーブル）を接続すると、パソコン本体あるいはケーブルから大きな電磁波ノイズが放射されることがある。特にシールドが不完全なケーブルを用いると、これがアンテナの役目をし強力な電磁波を放射することにより受信距離を極端に短くしてしまうことがある。

この対策としては、受信アンテナの設置場所をパソコン装置から離すことと、EMC対策がなされたケーブルを用いることなどがある。

第5回午前の部

【問題 18】 下図はある機器の稼働状態である。この機器の MTBF は何時間か。

解答欄 ① に記入せよ。[5]



【正解】 ① = 300 時間

【解説】 平均故障間隔 MTBF について JIS Z 8115-1981 信頼性用語では”修理系の相隣る故障間の動作時間の平均値”としている。

図は、1 回目の故障まで 450 時間で稼働時間（動作時間）は 400 時間であり、1 回目の故障後から 2 回目の故障までは 300 時間で稼働時間は 200 時間である。なお休止期間、例えば電源を入れず使用していない期間などは上記の JIS にあるように MEBF の算定には含めない。したがって、MTBF は次のように求められる。

$$MTBF = (400 + 200) / 2 = 300 \text{ 時間}$$

よく間違えられることに、MTBF の算定に稼働時間（動作時間）を用いないで、単に故障するまでの時間の平均値としていることである。例えば、1 日に 8 時間使用する装置が 1 年間ごとに故障する場合、MTBF は 1 年（約 10,000 時間）ではなく、1/3 年（約 300 時間）であることに注意を要する。

なお、非修理系すなわち故障したら修理しないで廃棄するような機器については、使用開始から故障までの時間を MTBF とは言わず、故障寿命といって区別している。

【問題 19】 平成9年4月に不要電波問題対策協議会から出された「医用電気機器への電波の影響を防止するための携帯電話端末等の使用に関する調査報告書」（指針も含む）の内容に合致しているものはどれか。番号を解答欄〔㉑〕にマークせよ。[4]

- a. 携帯電話端末の使用および携行にあたっては、携帯電話端末を植込み型心臓ペースメーカー装着部位から22 cm程度以上離す。
 - b. PHS 端末の医用電気機器への影響は、携帯電話端末と同程度である。
 - c. 病院内のすべての場所において携帯電話の電源を切る必要がある。
 - d. 調査対象となった医用電気機器の90%以上が携帯電話端末による干渉を受けている。
 - e. 調査対象となった医用電気機器の中で、1 m以上の距離で携帯電話端末による干渉を受けたのは10%未満である。
- 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】 ㉑ = 4)

【解説】 「医用電気機器への電波の影響を防止するための携帯電話端末等の使用に関する調査報告書」の要点と、これに含まれている指針文は十分理解しておく必要がある。

- a. 22 cm という値は最大干渉距離 15 cm に安全係数 $\sqrt{2}$ を掛けたものである。
- × b. PHS 端末の最大出力 (80 mW) は、携帯電話端末の最大出力 (アナログ式: 0.6 W、デジタル式: 0.8 W) に比べて非常に低く、したがって、医用電気機器への影響も小さい。
- × c. 医療機関側が携帯電話端末の使用を特に認めた区域では、使用可能である。
- × d. 携帯電話端末を最大出力にした場合の実験でも、干渉を受けた機種数は全体の 66.1%であった。
- e. 干渉を受けた機種でも、最大干渉距離が10cm程度のものが大半であった。

第5回午前の部

【問題 20】 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 ㉒ にマークせよ。[4]

医用電気機器に対する国際的な EMC 規格である IEC 60601-1-2 では、放射無線周波電磁界（周波数 26 MHz～1 GHz）に対するイミュニティ（妨害排除能力）について、 ㉒ [V/m] の電界強度に耐えることが要求されている。輸液ポンプ等を含む生命維持管理装置に関しては、10 V/m の電界強度に耐えることが要求されている。

- 1) 0.5 2) 1 3) 3 4) 5 5) 30

【正解】 ㉒ = 3)

【解説】 医用電気機器に対する EMC 規格は、1993 年に IEC 601-1-2（現在は 60601-1-2）として発行された。これには、電磁妨害波の抑制（Emission）および電磁妨害波の排除（Immunity）に対する要求事項が含まれている。ここで、電磁妨害波の排除（Immunity）については、静電気放電、放射無線周波電磁界、過渡現象（バースト、電源サージ）に関する要求事項がある。

3 V/m の電界強度は出力 0.8 W の携帯電話端末から約 1.5 m 離れたときに得られる値であり、10 V/m の電界強度は約 50 cm 離れたときの値である。

【問題 21】 Fault Tree Analysis (FTA) について誤っているのはどれか。番号を解答欄 ㉓ にマークせよ。[4]

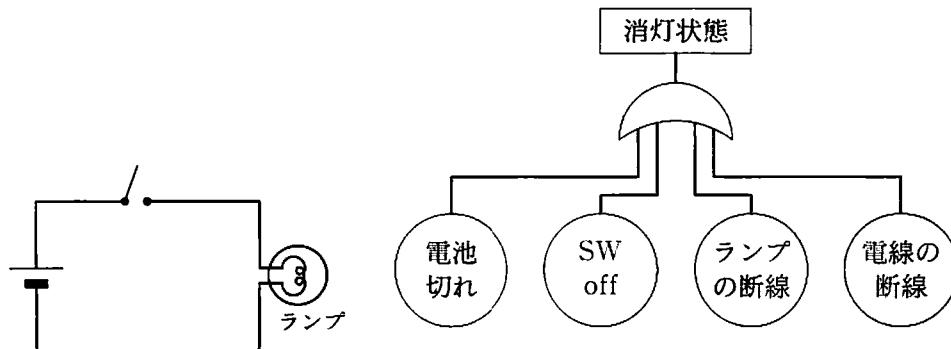
- 1) 事故の発生原因へ系統的に辿ることができる。
- 2) 原因が1つ以上同時に重なった事故を扱うことができる。
- 3) 人的過誤を原因とすることができる。
- 4) 部品の摩耗を原因とすることができる。
- 5) 部品一つの故障が及ぼす全ての影響を定量することができる。
- 6) 事象の発生過程に条件を含めることができる。
- 7) 事故原因の発生確率から事故の発生確率を予測できる。
- 8) 5つ以上の原因を扱うことができる。
- 9) Tree を構築する前にシステムのモデル化が必要である。
- 10) 同一の原因を Tree の何箇所にも使用することができる。

【正解】 ㉓ = 5)

【解説】 FTA は事故解析法（あるいは設計段階などでの予備事故解析法）として事故原因を探すのに用いられる手法である。すなわち、ある事故事象（例えば、爆発）を設定し、その事象が生ずるのに必要な（例えば、酸素とか火とかの）原因事象がどちらか一方でも生ずるか（OR の関係）、あるいは一緒にならないと発生しない（AND の関係）かを表現しながら、その原因事象のさらに原因となる原因事象という繰り返しをしながら、原因を追及し、まさに「木」を逆さにしたような枝分かれが下へ下へと原因事象を見出し続けるものである。通常最終的原因には人的過誤や部品の摩耗などがきて追及は終わる。もちろん、ある原因事象の発生条件や、制限などを設けて展開することができる。

FTA の例として最も単純な例を図に示す。

第5回午前の部



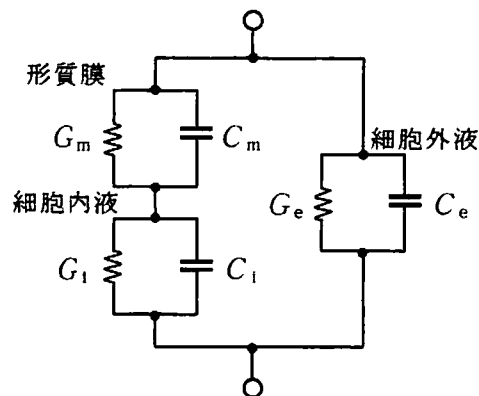
- 1) FTAの主目的は事故の最終原因の追求である。
- 2) 複数の原因のANDで表すことができる。
- 3) 人的過誤 (human error) が原因であることは多い。
- 4) 機械側の事故原因は部品の摩耗に起因することは多い。
- ×5) 原因事象を追及するのとは異なり、ある部品が事故の原因として、例えば損傷などを生じた場合、どのような悪影響が機器システムに生じ、全体としてどの程度の事故あるいは損害になるか試算するために用いられる手法に関する表現に相当する。つまり、1つの部品が様々な事故を起こし、その全体量を問題とする。Failure mode Effect Analysis (FMEA) であり、FTAは1つの事故の多種多様な原因を扱うものであるので、その逆の関係の表現である。
- 6) ガス爆発時の濃度や加温時間がそれである。
- 7) FTAを行う狙いの1つで、上記モデルで「断線」の発生確率や「SW off」の確率が分かれば、消灯状態の確率を推定できる。
- 8) いくつでも扱うことができる。
- 9) 解析したいモデルが異なれば異なる原因になるのは当然である。
- 10) 異なる事象の原因が同一である場合である。

【問題 22】 生体組織の電氣的等価回路を考える際には、細胞が集合して組織が構成される階層構造を考慮する必要がある。細胞の3つの要素、つまり形質膜、細胞内液および細胞外液について、集合的な電氣的特性をそれぞれ等価回路で表す。

形質膜は細胞内液と直列に、そしてそれらが細胞外液と並列になって電流路を構成するとし、それぞれの部分の電氣特性を一般的にアドミタンス、つまりコンダクタンスとキャパシタンス(コンデンサ)の並列回路で表現することになると、図に示す等価回路が得られる。しかし、生体電氣信号計測を考える際、さらに単純化され、近似的に3つの電氣要素のみの等価回路が使われる。

図の回路で残すべき必要な電氣回路要素はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[3]

- 1) G_m, C_i, C_e
- 2) G_m, C_i, G_e
- 3) G_m, G_i, C_e
- 4) C_m, G_i, G_e
- 5) C_m, G_i, C_e



[正解] ④ = 4)

【解説】 生体組織の電氣的特性や等価回路を問う問題は、ほぼ毎回出題されており、この問題に類似な過去問がある。電氣的等価回路を考える場合、生体組織を3つの要素、つまり細胞内液、細胞外液、形質膜だけにとり、それぞれの電氣的性質をアドミタンスを表す GC 並列回路に置き換え、組織中での大局的にみた要素のつながりにしたがって作り上げた等価回路が問題中の図に示されるものである。3個の GC 並列回路 (G はコンダクタンスで抵抗の逆数) に含まれる6個の要素の一部は、加える電圧または電流の周波数によっては、他に比べアドミ

第5回午前の部

タンスに対する寄与が相対的にわずかで、無視しうる場合がある。例えば厳密に直流の場合には C をすべて無視し、コンダクタンスのみ考えればよい。また、非常に高い周波数の場合には、形質膜が短絡状態になり、細胞内外液の GC 回路のみが残り、2組の GC 回路で表せるが、これも1組にまとめることができ、かつ、さらに周波数が高ければコンダクタンス G も省略でき、 C のみとなって単一の誘電体的性質を示すことになる。

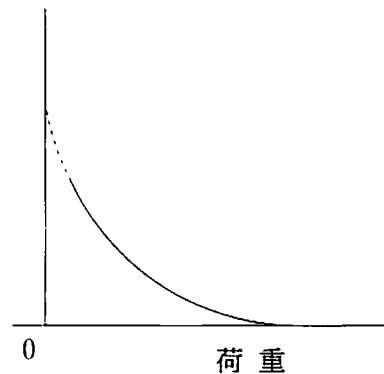
上記のような極端な場合を除き、通常電気的特性を論じうるような中庸な周波数を含む広い周波数 ω の範囲で、形質膜については G_m ($\omega C_m, G_1$) ωC_1 、 G_e) ωC_e となる。したがって、 G_m 、 C_1 、 C_e を無視し、 C_m 、 G_1 、 G_e のみの回路で近似することができる。

- × 1) 各 GC 回路から除いてよい素子名である。
- × 2) 形質膜の容量性をコンダクタンス G_m のみで表すことはできない。また、細胞内外液の取り扱いが異なるのは不合理である。
- × 3) 2) と同様。
- 4) 広い周波数範囲で形質膜が容量性を示し、細胞内外液がコンダクタンスの性質を示す事実と矛盾しない。
- × 5) 細胞内外液の取り扱いが異なるのは不合理。

第5回午前の部

【問題 23】 筋の特性を定量的に表すものに、A.V.Hill の式がある。その概形を図に示す。横軸は筋への荷重である。縦軸はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[3]

- 1) 短縮長さ
- 2) 短縮速度
- 3) 筋の弾性率
- 4) 筋電インパルスの頻度
- 5) 振戦(微小振動)の周波数



【正解】 ② = 2)

【解説】 軽いものはすばやく持ち上げることができるが、重たいものは「どっこいしょ」と力をかけてゆっくりとしか持ち上げられないことがある。筋肉のこのような性質を定式化したものが A. V. Hill の式である。筋の短縮速度が荷重に依存することが双曲線様のカーブで表される。

- × 1) 短縮長さは荷重に関係ありそうだが、Hill の式の主張とは異なる。
- 2) Hill の式の通りである。
- × 3) 筋は荷重とともに硬さを増すので、弾性率は荷重とともに増大しなければならない。
- × 4) 筋の活動とともに筋電インパルスの頻度が増大する。したがって、筋電インパルス頻度は荷重とともに増大しなければならない。
- × 5) 振戦の周波数が荷重の増大とともに 0 に近づくことはない。

第5回午前の部

【問題 24】 解答欄 、 に当てはまる語句を解答群から選び、番号をマークし、解答欄 には適切な語句を記入せよ。[2×2=4 5×1=5]

小動脈では管径を変えることにより血流量の調節を行っている。血液をニュートン流体とみなし、粘性が流速に関係なく一定と仮定すれば、血管内の血流量は Poiseuille の法則によって表される。この法則は、

「血流量は管径の および管内の圧力勾配の に比例し、血液の に反比例する。」

と記述される。

- 1) 1 乗 2) 2 乗 3) 3 乗 4) 4 乗 5) 平方根

【正解】 26 = 4) 27 = 1) M = 粘性係数 (または粘度)

【解説】 流体には一般にいくらかの粘性がある。粘性が全くなければ、壁から流れを止めるようとする力を受けず、どこまでもさらさらと流れる。ベルヌーイの法則が正しく成立するのはこの場合に限られる。他方、粘性流体では壁から剪(せん)断応力を受け、流体中に流速分布が生じる。例えば、流体中に 2 枚の平行平板を置き、平行のまま板間距離を変えずに一方の板を動かせば、板面の流体は板にくっついて (ノースリップ条件) 動き、他方の板面では流体が離脱せず、速度が 0 になる。そして板間では直線状の速度分布となる。管の中を流体が流れる場合も管壁では流体がくっついて速度 0、管の中心部の流速は大きくなるが、管内で速度分布が軸対象になるので、半径方向に座標 r をとり、管の半径を R 、管長 L での圧力勾配 $(P_1 - P_2)/L$ 、流体の粘性係数 μ 、とすれば流速 v は、

$$v(r) = \{(P_1 - P_2)/L\} \cdot (R^2 - r^2)/(4\mu)$$

で表せ、速度分布が回転放物面になることが知られている。

流体が管壁にくっつき速度 $v = 0$ を表す部分を通る断面とこの回転放物面が囲む立体の体積は、単位時間に流体が管を通過する総流量 Q を表す。つまり、

第5回午前の部

$$\begin{aligned} Q &= \int_0^R v \cdot 2\pi r dr = \pi(P_1 - P_2)/(2\mu L) \int_0^R (R^2 r - r^3) dr \\ &= \pi R^4 (P_1 - P_2)/(8\mu L) \end{aligned}$$

この式より流量 Q が管径（内径半径） R の4乗に比例、管内の圧力勾配に比例、そして流体の粘性係数に反比例することが知られる。

第5回午前の部

【問題 25】 表に超音波に対する生体組織などの諸特性を測定した例を示す。空欄に当てはまる臓器などを解答群から選び、番号を解答欄 、 にマークせよ。[2×2=4]

物質・生体組織	伝搬速度 [m・s ⁻¹]	特性インピーダンス [×10 ⁻⁶ kg・m ⁻² ・s ⁻¹]	吸収係数 [dB・cm ⁻¹]
空気(0°C)	331	0.0004	12
㉘	1,570	1.61	0.18
脳	1,541	1.58	0.85
㉙	4,080	7.80	13
水	1,480	1.48	0.0022

- 1) 筋 2) 肝臓 3) 脂肪 4) 血液 5) 頭蓋骨

【正解】 ㉘ = 4) ㉙ = 5)

【解説】 超音波は縦波ではあるが横波の電磁波と同様、波動であって、伝搬速度、特性インピーダンス、吸収係数を定義できる。伝搬速度 c は言うまでもなく、広い媒質中を単位時間内に波が伝搬する距離で定義される。伝搬速度は軟組織の範囲ではあまり変わらない。しかし、空気を含む肺や、硬い骨ではかなり異なり、エコー信号の歩調を狂わせる要因になるが、吸収係数も大きく減衰が激しいので、実質的な悪影響を免れる。伝搬速度に媒質の密度 ρ を乗じたものを特性インピーダンス $z_s (= \rho c)$ という。この量が組織の輪郭などで、急に変化すると反射が生じ、エコー信号が戻ってくる。吸収係数 α は生体組織内を超音波が透過する深度を規定する。

超音波診断装置に用いられる周波数帯、例えば 1 Mz 付近での、生体組織の超音波特性は大きくいくつかのグループに分けられる。まず、最も多くを占める軟組織は、いずれも伝搬速度が水よりやや大きく、1500 m・s⁻¹ 台、特性インピーダンスが 1.5~1.7×10⁻⁶kg・m⁻²・S⁻¹ 程度、吸収係数が 0.8~2 dB・cm⁻¹ 程度で

第5回午前の部

ある。脂肪のみは他と少し異なり、上記3項目とも多少小さい値で、各々、1450、1.4、0.7程度となる。

次に、肺は組織内に空気を含むため、伝搬速度が約半分、特性インピーダンスが約1/6、減衰定数が10倍以上と、いずれも他の軟組織とは大きく異なる。

硬い組織である骨は通常の素材の個体と同様、伝搬速度が $3000\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上に達する。吸収係数は骨も空気と同様、10以上で他に比べて格段に大きい。特性インピーダンスについては、密度と伝搬速度で決まる量であるため、軟組織の5倍程度になり、空気とは反対方向に大きく異なっている。言うまでもなく、肺や骨は超音波が伝搬しにくい。

㉘について

- ×1) 筋であれば、次行の脳組織と大差ないはずだが、吸収係数が5倍近く異なることに注目すべきである。
- ×2) 肝臓組織であっても1)と同様。
- ×3) 脂肪であっても1)と同様。
- 4) 血液であれば吸収係数が脳組織より小さいことが説明できる。
- ×5) 頭蓋骨ではすべての数値が脳組織より大きくなり、不適切である。

㉙について

- ×1) 筋であれば脳と大差ないはずで、適さない。
- ×2) 肝臓組織であっても1)と同様。
- ×3) 脂肪であっても1)と同様。
- ×4) すべての数値が脳組織に比べ極端に大きいことを血液では説明できない。
- 5) 頭蓋骨であればすべての値が脳組織より大きくなり、適切である。

【問題 26】 生物学的効果比 (RBE) の最も大きい線種はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[3]

- 1) 重イオン線 2) 陽子線 3) β 線 4) γ 線 5) X 線

【正解】 ③ = 1)

【解説】 放射線の種類の違いによる生物学的作用を比較するための尺度を生物学的効果比 (RBE: relative biological effectiveness) と呼び、次のように定義する。

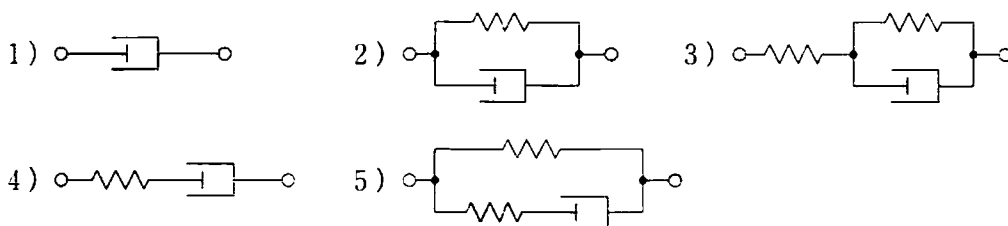
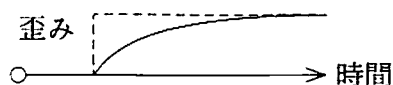
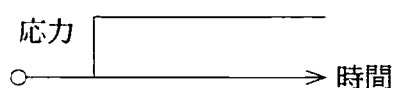
$$RBE = D_x [\text{Gy}] / D_r [\text{Gy}]$$

ここで、 D_x は 250 kV の X 線によってある一定の生物効果を得るに必要な吸収線量 (単位: グレイ [Gy])、 D_r は、テストしようとする放射線によって同じ生物効果を得るに必要な吸収線量である。つまり、RBE は、等しい生物効果を生じる吸収線量を X 線の中では生物効果の大きい 250 kV のものと比べ、線量が少なく同じ効果を得る方が効果が大きいため逆比をとったもので、RBE が 1 より大きいことは、基準とした線種より生物効果が大きいことを意味する。重イオン線では、 $RBE = 1.5 \sim 3.1$ と大きく、陽子線ではほぼ 1、低エネルギー電子線 (β 線) では 1 よりやや大きくなる。 γ 線や高エネルギーの X 線・電子線ではかえって小さい値、 $RBE \approx 0.85$ 程度をとるとされる。一般に放射線のエネルギーが大きすぎても小さすぎても RBE が低下する。生態組織では核など生命に大きく関係する標的部分とあまり関係しない部分が偏在し、線種やエネルギーの違いによって標的が効果的に破壊される確率に違いが生じることが RBE の違いを生むものと思われる。

- 1) 重イオン線のみが大きな生物学的効果を持つ。 $RBE > 1.5$
- × 2) 陽子線は粒子線のうちでも、効果が少ない。 $RBE \approx 1$
- × 3) 低エネルギー電子線で $RBE = 1 \sim 1.3$ 、
高エネルギー電子線では $RBE < 1$
- × 4) $RBE \approx 0.85$ 程度。
- × 5) 基準とされ、 $RBE = 1$ 、高エネルギー X 線では $RBE < 1$ 。

第5回午前の部

【問題 27】 生体組織の機械的特性を知るために、応力と歪みの時間変化を測定し、図のクリープ現象を伴う結果を得た。バネとダッシュポットで表わした考えられる力学的モデルはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[3]



【正解】 ㉑ = 2)

【解説】 バネおよびダッシュポットの力 f と歪み x の関係は $f = kx$ (k : バネ定数) および $f = \mu dx/dt$ で与えられる。したがって、一定の力を加えるとバネでは一定の歪みを与えられ、ダッシュポット [解答肢 1)] では一定の速度で止めどなく歪みが増加する。最終値を規定するのはバネである。バネとダッシュポットを含むモデルに一定の力 f_0 を加えたとき、ダッシュポットのみには力 f がかかるようになっていると、この部分で歪みが止めどもなく続いてしまう。流体を表すマクスウェルモデル [解答肢 4)] では図に示された歪み特性は得られず、個体を表すフォークトモデル [解答肢 2)] でなければならない。3要素モデルでは応力が加わった瞬間に不連続の歪みが生じるか、または止めどもなく歪みが続くことになる。

図示された歪みの時間経過は応力に対するインデシアル応答でフォークトモデ

第5回午前の部

ルの方程式、

$f = kx + \mu dx/dt$ に、

$$f = 0 \quad (t < 0)$$

$$= f_0 \text{ (一定)} \quad (t \geq 0)$$

の条件を入れて解くことにより求められる。結果は、

$$x(t) = (f_0/k)(1 - e^{-(k/\mu)t}) \text{ となる。}$$

- × 1) ダッシュポットのみモデルで、歪みが直線的に止めどもなく増大する。
- 2) フォークトモデルである。
- × 3) 3要素モデルで、応力が加わった瞬間に一定の不連続な歪みが生じる。
- × 4) マックスウェルモデルで、応力が加わった瞬間に一定の不連続な歪みが生じ、以後、歪みが直線的に止めどもなく増大する。
- × 5) 3要素モデルで、3) と類似な特性を示す。

第5回午前の部

【問題 28】 膜型人工肺に利用されている医用材料を2つ挙げ、解答欄 、 に記入せよ。[3×2=6]

【正解】 ㊸、㊹=シリコーンゴム、ポリプロピレンなど

【解説】 人工肺用の膜材料としては O_2 、 CO_2 などのガスのみを透過させ、血漿などの液性成分の透過を阻止するような疎水性材料が用いられる。シリコーンゴムは均相膜で高いガス透過性を有する特長をもつため汎用されているが機械的強度にやや劣る。この膜では、ガスはシリコーンゴム中を溶解して拡散すると考えられている。ポリプロピレンには微細孔があいており、この中をガスは自由に行き来するが、液性成分は表面張力により透過できない。ただし、ECMOのように長時間使用すると膜が親水化して血漿成分がガス側にリークしてしまう。最近では両者の欠点を補うように、両者を張り合わせた複合膜も用いられている。

第5回午前の部

【問題 29】 次の生体反応と関連物質と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。[3]

- a. 補体活性化 — サイトカイン
- b. 血液凝固 — カリクレイン
- c. 血小板凝集 — 第4因子
- d. 炎症反応 — アナフィラトキシン
- e. カプセル化 — コラーゲン

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

【正解】 ③ = 3)

【解説】

- × a. 補体活性化：免疫系タンパクの補体が活性化されると、アナフィラトキシンという低分子ペプチドが産生され免疫系細胞に情報伝達が行われる。この結果、好中球の凝集性、粘着性や走化性などが亢進され、同時に MAC (細胞膜攻撃体) が形成される。したがって、サイトカインは補体活性化そのものには関与しない。
- b. 血液凝固：医用材料に血液が接触すると、カリクレイン、キニノーゲン、第 XII 因子の 3 つのタンパクによる内因性凝固反応が生じ、一連の凝固反応が促進される。
- c. 血小板凝集：血小板が材料表面に粘着すると、内部の ADP や血小板第 4 因子などが放出され、他の血小板が凝集する。
- × d. 炎症反応：医用材料を体内に植え込むと、その創傷部の血管壁や血小板からサイトカインなどが放出され炎症が引き起こされる。最終的に材料はコラーゲン繊維性結合組織によって包み込まれる。したがって、炎症にアナフィラトキシンは直接関与しない。
- e. カプセル化：移植した医用材料はコラーゲン繊維性結合組織によって包み込まれ薄い膜に覆われる。これをカプセル化という。

【問題30】 プラスチック製注射筒の滅菌に用いられないのはどれか。番号を解答欄③③にマークせよ。[3]

- a. 高圧蒸気滅菌
- b. 乾熱滅菌
- c. EOG 滅菌
- d. γ 線滅菌
- e. プラズマ滅菌

- 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] ③③ = 1)

[解説]

- × a. 高圧蒸気滅菌：121°C 20～30分または132°C 7～10分の条件下で滅菌されるため、耐熱性材料でなければならない。プラスチック製注射筒の滅菌には用いられない。
- × b. 乾熱滅菌：160～170°Cで2～4時間、180～200°Cで30～60分の条件下で滅菌されるため、耐熱性材料でなければならない。プラスチック製注射筒の滅菌には用いられない。
- c. EOG 滅菌：EO濃度500～600 mg/ℓ、温度55°C、湿度50～55%で2～3時間の条件で滅菌できるため、加熱滅菌できないプラスチック製注射筒の滅菌に適している。ただし、プラスチックの材料によっては黄色や黄褐色に変色することがある。
- d. γ 線滅菌：コバルト60を線源とする γ 線照射滅菌で、通常約25 kGy照射が行われる。滅菌が確実で、残留物がなく安全である。プラスチック製注射筒の滅菌に適している。
- e. プラズマ滅菌：過酸化水素を気化させ、高周波をかけてプラズマを発生させて滅菌する。低温での滅菌ができ、残留物がなく安全である。プラスチック製注射筒の滅菌も可能である。

第5回午後の部

【問題1】 解答欄 ～ に適当な語句を記入し、医療用具関連法規に関する文章を完成せよ。[3×5=15]

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 に使用される器具器械で、政令で定めるものをいう。」

1-2 既承認医療用具について、科学技術の進歩に伴って見直しを行う制度が導入されたが、これを 制度という。

1-3 医療用具に関連する法律には薬事法のほかに工業標準化法があり、後者に基づいて が制定されている。

1-4 医療用具に関する国際規格としては、 と による規格がある。

【正解】 ㉒=予防 ㉓=再評価 ㉔=日本工業規格または JIS ㉕=国際標準機構または ISO ㉖=国際電気標準化会議または IEC

【解説】 医療用具と薬事法（改正されたものを含む）や医療用具の規格に関する問題である。

1-1

薬事法第2条によると、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。

1-2

平成6年6月29日に公布され、平成7年7月1日から施行に移された改正薬事法では、市販後の医療用具の有効性・安全性確保対策として、再審査・再評価制度が導入された。すなわち、既存品と明らかに異なる高度で複雑な新医療

第5回午後の部

用具については、医薬品と同様、再審査制度が導入され、また、既承認医療用具については、医薬品と同様、科学技術の進歩に伴って見直しを行う再評価制度が導入された。

1-3

医療用具に関するわが国の国家規格として日本工業規格（JIS, Japanese Industrial Standards）があるが、これは、昭和24年6月に制定された工業標準化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技術的仕様である。

1-4

工業製品に関する国際規格として、国際標準化機構（ISO, International Organization for Standardization）および国際電気標準化会議（IEC, International Electrotechnical Commission）による規格があるが、これら規格には、医療用具に関するものも含まれている。

【問題2】 病院管理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) わが国で病院管理者になれる有資格者は、医師、歯科医師、薬剤師である。
- 2) わが国では病院管理者になれる有資格者であれば、病院経営の知識や経験がなくても病院管理者になれる。
- 3) 病院管理の目的に、病院事業の維持・保全がある。
- 4) 第1種 ME 技術実力検定試験の合格者は、病院管理に関する業務を行ってもよい。
- 5) 医療機器の保守・安全管理は、病院管理に関する主要業務の一つである。

【正解】 ①= 1)

【解説】 病院管理と医療機器に関する問題であるが、本問におけるそれぞれの事項について、正しいかどうかを見てみる。

- × 1) わが国では医療法第10条により、病院管理者は医師（歯科医業が主である病院では歯科医師）であることが定められている。
- 2) 医療法では、上記以外に病院管理者になるための条件は記されていない。したがって、医師でない病院管理・経営の専門家が病院管理者に任命されることもできる欧米とは異なり、わが国では医師（または歯科医師）でさえあれば、病院経営の知識や経験がなくとも病院管理者になることができる。
- 3) 病院管理の目的は、患者の診療・看護を適切に行うという病院設立の目的を達成するため、患者にとってよりよい医療を実施するとともに、合理的な病院の運営・経営を行うことである。したがって、良質の医療を施すという医療の内容のみならず、病院事業の維持・保全も不可欠であり、この立場から病院経営にも目を向け、両者の適正なバランスをとることが重要

第5回午後の部

である。

- 4) 病院管理に関する業務の一環として、医療機器・設備の管理に関する業務があるが、この業務は第1種ME技術実力検定試験合格者が行うべき主要業務の1つである。
- 5) 4) に述べたように、医療機器・設備の管理は、病院管理に関する業務の1つであるが、医療機器・設備の場合、他の物品管理とは異なり、単に員数がそろっているというだけではなく、必要時にそれらの有する機能が十分に発揮され、しかも患者および操作者である医療従事者の安全が確実に保たれるように管理されなければならない。したがって、医療機器・設備の保守・安全管理はきわめて重要な業務であるといえる。

第5回午後の部

【問題3】 わが国の最近の医療費支払い方式をめぐる動きについて正しいのはどれか。番号を解答欄 ② にマークせよ。[5]

- 1) 平成9年の健康保険法の改正により、組合管掌健康保険以外の健康保険の保険者はすべて市(区)町村に移行された。
- 2) わが国の医療費の支払いは、これまでのところ、すべて出来高払い制度により行なわれている。
- 3) 診療報酬の支払いについては、保険診療の対象となっているものでも、患者の都合により自費診療にすることができる。
- 4) 医療費の高騰に伴い、わが国で導入が検討されているDRG/PPS支払い方式は、アメリカにおけるそれとすべて同じ方式である。
- 5) 現在の医療保険による薬剤費の支払いに対する一部負担金は、内服薬と外用薬での違いはない。

〔正解〕 ②=3)

〔解説〕 平成9年9月1日に施行された健康保険法の一部負担の改正を含めたわが国における医療支払方式に関する問題である。本問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。

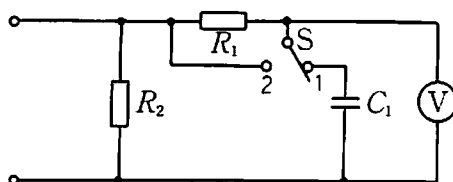
- ×1) 健康保険法の改正では保険者の変更はうたわれていない。したがって、従来同様、船員保険、健康保険、法69条の7の被保険者(健康保険の適用事業所や失業対策事業、公共事業を行う事業所で働く法69条の4労働者)の保険については、政府(社会保険庁)が保険者となる。
- ×2) 老人保健法の一部改正に基づく外来診療費(1回につき500円)や入院費(平成11年度においては1日につき1,200円)のように、定額制も導入されている。
- 3) わが国では国民皆保険制度が実施されてから40年余が経過し、診療報酬のほとんどが保険によりまかなわれているが、診療報酬にはこうした保険

第5回午後の部

診療によるもの以外に、いぜんとして自費診療によるそれが存在する。すなわち、現在でも通常分娩や歯科診療などのある部分における保険診療対象外のものは、医師の取り決めた診療報酬を患者個人が支払う自費診療であるほか、通常は保険診療の対象になるものであっても、保険診療に伴う種々の制約を嫌う医師または患者の都合によって、自費診療の形態がとられる場合がある。

- × 4) 最近の医療費の高騰により、わが国でも従来のような出来高払い方式では立ち行かなくなってきた。そこで、アメリカにおける診断名ごとの定額支払い方式（DRG/PPS）に関する試みが開始されている。すなわち、平成8年2月の中央社会保険医療協議会（中医協）において、「国立病院である急性期病院における入院医療の包括化の試行」が提言されたのを受け、DRG/PPSの日本版の試行を始めるべく、「急性期入院医療の定額支払い方式の試行に係わる調査検討委員会」が平成9年7月に設置された。そして、この委員会において、診断群分類のグルーピング、病歴・医療費情報の収集が行われ、その結果に基づき、中医協において「急性期入院医療の定額払い方式の試行」実施要項（案）が承認され、平成10年11月1日から国立仙台病院など10病院の一般病棟の入院患者を対象に、試行が開始された。このように、わが国におけるDRG/PPS支払方式として、日本の実情に合わせたものが検討されている。
- × 5) 平成9年9月に施行された健康保険法の一部改正により、外来の薬剤に対する一部負担金の新設されたが、それによると、内服薬では、投薬ごとに1日分につき、1種類：なし、2～3種類：30円、4～5種類：60円、6種類以上：100円となっているのに対して、外用薬では、投薬ごとに、1種類：50円、2種類：100円、3種類以上：150円となっており、このように内服薬と外用薬では、薬剤費の支払いに対する一部負担金はまったく異なっている。

【問題4】 図は JIS T 1002 に定められた連続漏れ電流および患者測定電流の測定用器具の回路である。スイッチ S の役割を 100 字以内で解答欄 に記述せよ。[8]



【正解】 ⑦=連続漏れ電流または患者測定電流に 1 kHz を超える成分があるとき、スイッチ S を 2 側に切り換えて 1 kΩ の無誘導抵抗だけで測定した値が 10 mA を超えないことを確認するためのもの。10 mA 以上の電流では熱傷の危険が生じるため。

【解説】 漏れ電流測定用器具の基本問題である。それぞれの要素の役割を連続漏れ電流および患者測定電流の規制値との関係で理解しておく必要がある。

R_2 : 1 kΩ。人体の代表的な抵抗（心臓に電極が入った状態を想定している）。

R_1 : 10 kΩ。 C_1 とで「低域通過フィルタ」を形成している。フィルタの時定数は $0.15 \mu\text{F}$ で、高域遮断周波数はおよそ 1 kHz である。漏れ電流のうち 1 kHz 以上の成分を減衰させる役目を持っている。10 kΩ という値は、1 kΩ の 10 倍に設定して、 R_2 の並列インピーダンスに流れる電流を R_2 に流れる電流の 1/10 以下にして、誤差を最大 10% 以下にするためである。

C_1 : $0.015 \mu\text{F}$ 。 R_1 とで時定数 0.15 ms の「低域通過フィルタ」を形成している。

S : R_1 と C_1 で構成する「低域通過フィルタ」を有効にする（1 側）、無効にする（2 側）の切り換えスイッチ。無効にする（2 側）では、 R_2 に流れた全電流を測定することができる。

第5回午後の部

V：高感度電圧計。直流および1 MHz までの交流の実効値を指示できるもの。この電圧計の読みを R_1 の値 $1\text{ k}\Omega$ で割った値を測定値とすることになっている。よって、S が1側の時は、 1 kHz 以上の高周波は減衰された値を示すわけで、これを $1\text{ k}\Omega$ で割ることによって、 1 kHz 以上の高周波に対する漏れ電流の緩和規定を満足した測定値が得られることになる（人体の電撃感受性が 1 kHz 以上では、周波数に比例して低下するので、高周波に対する緩和規定があるのである）。

JIS T 1001 では、漏れ電流および患者測定電流の実際の値は「 10 mA を超えないこと」と規定されているので、「低域通過フィルタ」を外して測定する必要がある。スイッチ S を2側に切り換えれば、フィルタが無効になって実電流が測定できる。これによって 10 mA を超えないことを確かめるわけである。

【問題5】 JIS T 1031「医用電気機器の警報通則」に定義されている、警報の「自動解除」とはどのような機能か。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 警報を操作者が止めることができる機能
- 2) 機器の電源スイッチを切ったときに自動的に警報を止める機能
- 3) 警報が出た後、警報状態が消滅した場合に自動的に警報を止める機構
- 4) 警報が出た後、一定時間が経った後、自動的に警報を止める機構
- 5) 操作者が警報を止めた後、一定時間後自動的に警報を発する機構

[正解] ③=3) と 4) (2重解答である)

[解説] 警報の停止に関する問題で、いくつかの用語をはっきり区別して理解しておかなければならない。

用語の定義として次の3つの言葉が定義されている。

- (15)停止：警報の対象となる事象が発生中に、操作者が警報を止めること。
- (17)自動解除：警報が発生した後に、警報の対象となる事象が消滅するか、または一定時間経過したときに、機器が自動的に警報を止めること。
- (19)自動復帰：警報を操作者が停止させた後で、一定時間経過後に機器が自動的に警報を再設定すること。

また、警報発生や停止に関しては次のように規定されている。

- 3.5 警報の発生、解除および停止、警報の発生、解除および停止は、次のとおり。
- (2)警報音は、一時的に停止、又は減衰できる手段を備えていることが望ましい。
- (3)緊急警報は、自動解除できないこと。
- (4)発生した警報を停止したときは、自動復帰すること。
- (5)警報発生機能を停止しているときは、その状態が視覚的に分かるように表示すること

4.3 警報音の一時停止

- (1)一時停止させた警報音は、定められた停止時間が経過した後に自動復帰すること。
- (2)停止時間は10分間を超えてはならない。

以上より、「警報の自動解除」とは、選択肢の3)に示す「警報が出た後、警報状態が消滅した場合に自動的に警報を止める機構」および4)に示す「警報が出た後、一定時間が経った後、自動的に警報を止める機構」の両方の機能（定義(17)参照）を指している。（問題は2重解答になり、不適切な問題である。）

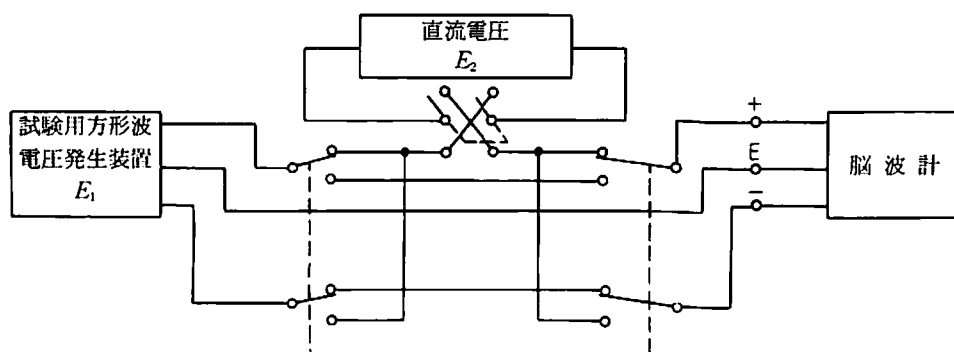
なお、この「自動解除機能」は警報として必須の機能ではなく「あってもよい機能」に過ぎない。また、「緊急警報は、自動解除できないこと。」と定められているように「緊急に処置しなければ患者の生命に悪影響を与えるときに発生する警報＝緊急警報」には適用されない。

- ×1)「警報を操作者が止めることができる機能」は単なる「停止機能」で、操作者が一時的に警報を止めることができる機能である。
- ×2)「機器の電源スイッチを切ったときに自動的に警報を止める機能」については何も規定されていないが、当然の機能であろう。
- 3) 正解肢。上記解説参照。
- 4) 正解肢。上記解説参照。
- ×5)「操作者が警報を止めた後、一定時間後自動的に警報を発する機構」は「自動復帰」の機能である（定義(19)参照）。

【備考】 上記に説明した通り、3)と4)とが共に正解になり、2重解答で不適切問題である。

【問題6】 次の測定回路は脳波計の入力回路に直流電圧が重畳した場合の
 ④の変化の試験用回路である。番号を解答欄④にマークせよ。[6]

- 1) 入力インピーダンス
- 2) 出力インピーダンス
- 3) 記録感度
- 4) 基線の動揺
- 5) 同相弁別比



【正解】 ④ = 3)

【解説】 問題図の回路は脳波計の規格 (JIS T 1023) に定められた「記録感度の変化測定回路」である。電極直流電位 (分極電位ともいう) が信号に重畳した場合、その直流電圧によって増幅器の入力段の動作点 (増幅器の直流バイアス) にズレを生じ、結果として増幅度が変化 (感度変化) することがある。

JIS T 1023 では、この測定回路の説明として、

「脳波計の2つの入力に、図に示すように500 mVの直流電圧をそれぞれに切り換えて重畳させたとき、記録の変化が0.5 mm以下であるかどうかを、全チャンネルについて調べる」

としている。

第5回午後の部

なお、問題図の回路は、脳波計の差動増幅器の+-入力端子に直流電圧が重畳したときの記録感度変化測定回路であるが、E端子（アース端子）にのった場合の記録感度変化測定回路も別に定められている。

心電計の規格（JIS T 1202）にも、同様の「記録感度の変化測定回路」が定められているが、重畳させる電圧が、脳波計は500 mVであるのに対し、心電計は300 mVと小さく定められている。電極材質の違いを考慮して定められたものであろうが、脳波計のほうが増幅度が10～100倍大きいことを考えると、脳波計のこの規定は非常に厳しいといえる。

【問題7】 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
⑤にマークせよ。[8]

- 1) プロープの発光部には2つのLEDが用いられる。
- 2) 受光部には通常1つの受光素子が用いられる。
- 3) 酸素飽和度と2波長による吸光度の比の間にはほぼ直線関係がある。
- 4) 660 nm 付近の吸光度はオキシヘモグロビンよりデオキシヘモグロビンで小さい。
- 5) 血液の光吸収特性は酸素含量によって変化する。

【正解】 ⑤= 4)

【解説】

- 1) プロープの発光部は660 nm 付近の波長を出す赤色光と910 nm 付近の波長を出す赤外光の2つのLEDで構成されている。
- 2) 2つのLEDは毎秒数100 Hz程度で交互に点滅させて、それぞれの光の生体組織からの反射光又は透過光を1つの受光素子で交互に検出している。
- 3) 検出された光はそれぞれ対数変換され、これらの2波長の吸光度の比と酸素飽和度の間にはほぼ直線関係がある。
- ×4) 660 nm 付近の吸光度はオキシヘモグロビンよりデオキシヘモグロビンで大きい(テキスト参照)。
- 5) 血中では物理的に溶解している酸素とヘモグロビンと結合している酸素とがあるが大部分はヘモグロビンと結合した状態で存在している。100 ml中の溶解酸素量とヘモグロビン結合酸素量を合わせて酸素含量と呼ぶ。したがって、血液の光吸収特性(または吸光度)は酸素含量によって変化する。

【問題8】 超音波診断装置の導入の際にアドバイスを求められた。適切な説明内容はどれか。番号を解答欄⑥にマークせよ。[9]

- a. 3次元超音波診断装置による画像は、患者に理解しにくいので患者説明に不向きである。
- b. 心臓検査用に最適な探触子は、肋間からの高速描画に向く扇形走査型である。
- c. 血管内超音波探触子は、血流に直接さらされるのでドブラ検査に不向きである。
- d. ハーモニクイメージングは、超音波で3重和音を形成して計測する。
- e. 画像の出力と保存のために、DICOM規格適合の確認が望ましい。

- 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】 ⑥=7)

【解説】 超音波診断装置は、第二の聴診器と言われるくらいに臨床医療の現場に普及している。また物理学的限界に達したと何度も言われながら、この20年来発展してきたシステムである。今後、さらに臨床現場での重要性は増してくるものと思われる。新技術の勉強も基本だけは、どんな分野の専門家も怠りなく常識として修得しておくべきであろう。

× a. 不適切な記述である。現在市販されている3次元超音波診断装置は、ほぼリアルタイムに3次元画像を描出可能で、医師や検査技師でなくとも大変に分かりやすい画像を表示する。患者への説明にも大変便利で、例えば産婦人科領域では、妊婦や家族にも胎児発育の実際を目で確かめてもらうことができる。

○ b. 正しい記述。患者体表の皮膚と長い接触面が必要なリニア走査の探触子では、肋間の皮膚から浮き上がる振動素子が増えるためきれいに描出できない

- い。
- × c. 不適切な記述である。血管内超音波探触子は、ドプラ検査にも良く用いられる。また、血流に直接さらされることはドプラ検査にとってある意味で有利である。
 - × d. 不適切な記述である。ハーモニックイメージングでは、プローブから送信した周波数（例えば、2.5 MHz）の超音波の代わりに、送信した周波数の2倍の周波数の超音波（高調波、先の例では5 MHz）を受信して画像を構成する。この方法では血液中に微小気泡（マイクロバブル）を注入すると、より多くの高調波を含んだ反射エコーが返ってくる現象を利用した「超音波造影法」を効果的に行え、高精細な画像を得ることができる。また、マイクロバブルを用いない場合でも、生体組織から弱い高調波が返ってくるため、より精細な画像を得られる場合がある。
 - e. 正しい記述である。DICOMとは「Digital Imaging and Communications in Medicine」の略称で、ACR-NEMAによって定められた医療画像機器のためのネットワーク規格である。その目的は、医療画像機器をメーカーや機種垣根を越えて接続し、各種の診断画像とその付随情報を相互にやりとりすること。また、HIS（Hospital Information System）やRIS（Radiology Information System）との連携によるシステム構築への配慮もされている。病院内外で、異なる製造業者（マルチベンダー）の、異なる種類（マルチモダリティ）のデジタル画像機器を、ネットワークで、あるいは、画像保存媒体で、相互に接続して、患者の画像検査情報のやり取りや、画像データの伝送を可能とする。これまでのフィルムを中心とする画像診療システムの問題点（保管場所不足、フィルムの紛失、遅い配送など）の克服と、新しい画像診療の付加価値（デジタル画像処理、コンピュータ支援診断、総合画像診断、など）が得られることが期待されている。

【問題9】 経皮的に計測するために皮膚の加温が必要なのはどれか。番号を解答欄⑦にマークせよ。[8]

- a. 酸素分圧
- b. 酸素飽和度
- c. 炭酸ガス分圧
- d. 酸素含量
- e. 炭酸ガス含量

- 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=2)

【解説】 角質の薄い新生児や乳幼児の皮膚の表面に酸素分圧や炭素ガス分圧が測定できるクラーク電極やセベリングハウス電極を接着し、さらに皮膚組織を42~44°Cに加温することで、採血せずに動脈血中の酸素分圧や炭素ガス分圧に近い値を得る方法を経皮的血液ガス分圧測定法という。

- a. クラーク電極によって測定し、ガス拡散と後述する加温による酸素解離曲線の右方偏位を利用している。
- × b. 酸素飽和度は光の吸光度の差を利用した測定法で皮膚加温とは関係ない。
- c. セベリングハウス電極を皮膚表面に接着し、加温によって皮膚表面に拡散してくる炭酸ガスを検出する。
- × d. 100 mlあたりの血中の酸素の溶解量とヘモグロビン結合量を合わせた酸素含量は皮膚加温による方法では直接測定できない。
- × e. dと同様、皮膚加温によって炭素ガス含量は直接測定できない。

【問題 10】 筋電計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。[9]

- 1) 針電極には銀-塩化銀電極が用いられる。
- 2) 筋電図の出現様式を耳で確認するためにスピーカが用いられる。
- 3) 加算平均装置は神経伝導速度の計測に用いられる。
- 4) 定電流刺激装置は神経刺激に用いられる。
- 5) リング電極は知覚神経刺激に用いられる。

【正解】 ⑧ = 1)

【解説】 筋肉の治動電位は通常針電極と皿電極を使用するが、それぞれで波形の意味している所が異なるため、臨床で最も使用される針電極による筋電図を針筋電図と呼んでいる。また神経を電気刺激する誘発筋電図検査では通常皿電極が用いられる。

- × 1) 針電極の材質は通常ステンレスが用いられ、皿電極では銀-塩化銀電極が好まれる。
- 2) 筋電図検査では筋電位の出現頻度、持続時間、電位の大きさ等をスピーカによって耳で確認しながら実施する。
- 3) 知覚神経の順向性（求心性）の伝導速度の計測には電気刺激による神経の活動電位が検出部で小さいため、加算平均装置が必要である。
- 4) 神経の電気刺激法には刺激装置の出力インピーダンスの高い定電流刺激法や出力インピーダンスの低い定電圧刺激法が用いられる。
- 5) 指の先を電気刺激する場合など指先に電極を巻くリング電極が使用される。

第5回午後の部

【問題11】 眼振図検査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。[9]

- 1) 眼球運動速度記録には0.03秒の時定数を用いる。
- 2) 校正信号として三角波電圧を用いる。
- 3) 緩徐相速度眼振の拡大波形の記録にはクリッパ回路を用いる。
- 4) 眼振波形の記録には0.3秒の時定数を用いる。
- 5) 速度波形の校正単位には[度/秒]を用いる。

【正解】 ⑨=4)

【解説】 平衡機能検査の1つに電気眼振計による眼振図検査がある。眼球の動き(眼振)には通常、緩徐相と急速性に分類され、直流に近い成分から100 Hzの程度の成分まで存在する。検査では眼球の動きそのもの(原波形)と動きの速度(速度波形)が同時記録される。

- 1) 速度波形は原波形を微分することで得られる。このときの微分回路の時定数は0.03秒が用いられる。
- 2) 校正波形として 10° や 20° 等の眼球偏位による短形波が用いられるが、速度波形の校正には主に三角波が用いられる。
- 3) 特に円形ドラムを使用する視運動眼振検査では、緩徐相速度波形のみを記録するために急速相速度波形を除去する目的でクリッパ回路が使用される。
- ×4) 原波形の眼振波形の記録にはDC記録か3.0秒の時定数による記録が用いられる。
- 5) 速度波形の校正には $10^\circ/s$ または $20^\circ/s$ 等が用いられる。

【問題 12】 心電図解析装置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。[8]

- 1) 心電図の入力データを微分し、速度の速いデータを基に QRS 波を抽出する方法がある。
- 2) 心電図波形の区分点認識とは、QRS 波の位置に基づいて、P 波、QRS 波、T 波の始点および終点を求めることである。
- 3) ミネソタコードは循環器病の疫学における心電図所見として使用されている。
- 4) 不整脈解析モードとして、任意の複数誘導を数 10 秒間監視し、これを解析処理する方法がある。
- 5) P 波やデルタ波などのパターン認識は容易である。

【正解】 ⑩= 5)

【解説】

- 1) 心電図の入力データを微分すると心電図の速度が求まる。この速度の速いデータを QRS 波とする方法である。
- 2) 区分点認識とは、P、QRS、T などの棘波を認識し、その振幅値および時間幅を自動計測するために、QRS 波に対して各棘波の区分点（湾曲点）を認識することで、この方法で微分フィルタを用いることがある。
- 3) ミネソタ大学の Blackburn らが、心電図所見をできるだけ客観的に計測し、共通の尺度で分類しようとして作られたコードで、日本でも一部で集団検診心電図の分類などに用いられている。
- 4) 通常の記録長では見つけにくい不整脈の検出と解析は、任意の複数誘導、例えば P 波のよく現れる II、V₁などを 10～50 秒間記録して行われている。
- ×5) 一見、目でみれば判る波形でも、コンピュータによるパターン認識の難しい波形がある。例えば振幅の小さい P 波、振幅は大きくとも丸い形の P 波などは差分の値があまり変わらず認識しにくい。また、WPW 症候群にも見られるように PR 時間が短くて、QRS の初期部分に出現するデルタ波なども認識しにくい。

【問題13】 血圧計測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。[9]

- a. 正常の右心室圧は収縮期には肺動脈圧にほぼ一致し、拡張期には右房圧にほぼ一致する。
- b. カテーテルの開口端が血流に対して直角であれば、側圧のみが得られる。
- c. 光型圧力センサによる血圧測定は、光ファイバにより導かれた光が受圧膜で反射される際に生ずる波長の変化を検出することにより行われる。
- d. ストレインゲージ型血圧トランスデューサ自身の周波数特性は、0~30 Hz 程度が限界である。
- e. 上腕動脈の平均血圧の概略値としては、拡張期血圧 + $\frac{\text{収縮期血圧} - \text{拡張期血圧}}{3}$ が用いられる。

- 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】 ⑩ = 8)

【解説】 血圧計測に関する基礎知識を問う問題である。

- a. 正常の右心室圧は、収縮期にはおよそ 15~30 mmHg、拡張期にはおよそ 0~10 mmHg である。肺動脈圧は、収縮期、および拡張期においてこれにほぼ一致する。心臓の各チャンバーや弁の解剖や機能からも容易に理解できる。
- b. 血管内の圧力（総圧）は、厳密には血液の運動エネルギーにより生ずる「動圧」とポテンシャルエネルギー（≒位置エネルギー）により生ずる「静圧（側圧）」の和である。したがって、カテーテルの開口端が血流に対して直角であれば、血流の運動エネルギーの影響を受けず側圧のみが得られる。ちなみに血管内における動圧は、血流速度を 100 cm/sec とした場合

第5回午後の部

合でも高々4 mmHg 程度であり、実際の計測には無視できる程度の大きさである。

- × a. 光ファイバより導かれた光が受圧膜で反射される際に生ずる位相の変化を検出することにより行われる。
- × b. カテーテルや三方活栓、いわゆる導管系を含めた場合の周波数特性がおよそ0～30 Hz である。ストレインゲージ型血圧トランスデューサ自身はおよそ0～100 Hz 程度の周波数特性を有する。
- c. 四肢などの脈圧が十分に伝達されていない末梢の動脈ではなく、脈圧が十分に伝達されている中枢近傍の比較的大きな動脈において、この式により平均血圧の概略値を得ることができる。

【問題14】 透析装置の安全監視機構について空欄に当てはまる語句を解答群から選び、番号を解答欄⑫、⑬にマークせよ。[5×2=10]

14-1 ⑫ 検出器：超音波方式が主流で、透析型人工腎臓装置承認基準では、標準血液流量 200 ml/min で流れている血液回路内に大気圧換算で 1 ml の単独⑫を検知することが規定されている。

14-2 ⑬ 検出器：光学方式がほとんどで、透析膜の破損による透析液側への⑬を監視する。

- 1) 気泡 2) 除水 3) 漏血 4) 溶血 5) 凝固

【正解】 ⑫=1) ⑬=3)

【解説】 透析装置には各種の安全装置が組込まれているが、血液側監視装置には陰圧検出器、静脈圧監視装置、気泡検出器などがある。気泡検出器は、気泡の混入した血液が体内に戻るのを未然に防止することを目的としているが、本文中に示した透析型人工腎臓装置承認基準を満たしたとしても十分とは言えない。例えば、連続的な微小気泡を検知できない場合があるので、静脈側ドリップチャンバーの監視の徹底などが必要になってくる。

一方、透析液系における安全機構には、漏血検出器、濃度監視機構、温度監視機構、透析液圧監視機構などがある。透析型人工腎臓装置承認基準での漏血検出器に関する規定は、「回路内にヘマトクリット 20% の血液 0.5 ml を 37°C の透析液 1ℓ に入れた液を通過させるとき、動作しなければならない。」である。漏血検出器のほとんどが光学式のため、透析液とセンサとの隔壁板が汚れていると感度が落ち、検出しない場合があるため、日常の保守点検が重要となる。

【問題 15】 人工呼吸器の回路内圧の異常低下を示すアラームが鳴った。考えられる原因はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- a. 換気量の過剰
- b. 高すぎる PEEP レベルの設定
- c. 加温加湿器の亀裂
- d. 気管チューブのカフの破裂
- e. 呼気弁の持続的な閉塞

- 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= 8)

【解説】 人工呼吸器使用中に見られるトラブルの中で、最も多いのは呼吸回路内でのリークで、この際には本設問のように回路内圧の異常低下を示す。このような場合には、迅速に対応しないと患者は低換気になる。日頃から、このようなリークが発生しないように注意すると同時に、発生時に換気を維持できるようにアンビュバッグなどを準備しておく必要がある。

- × a. 換気量が過剰の場合には回路内圧が上昇するため、原因とは考えられない。
- × b. PEEP レベルが高すぎる場合、回路内圧は常に上昇した状態になるため、原因とは考えられない。
- c. 加温加湿器が亀裂等で破損した場合、そこより回路内のガスが漏れるため、リークの原因となる。
- d. 気管チューブのカフにより、吸気時に気管内に送り込まれたガスが気管チューブの周りから口腔内に漏れて低換気になることを、また人工呼吸中に口腔内に溜まった分泌液（嘔吐した胃液も含む）が気管内に入り込むのをそれぞれ防止している。したがって、本設問のようなカフの破裂は回路内圧低下の原因となり得る。
- × e. 呼気弁は吸気時に閉じて、呼気時に開く。呼気弁が持続的に閉塞すると、呼気ガスの呼出が不可能となって回路内圧が上昇するため、原因とは考えられない。なお、呼気弁が持続的に閉塞した場合、回路内圧の異常上昇により肺胞破裂等の気圧外傷が起り得るため迅速な対応が必要となる。

【問題 16】 電気メス（電気手術器）について以下の設問に答えよ。

16-1 直径 2 mm、長さ 3 mm、固有抵抗率 $60 \Omega \cdot \text{cm}$ の円筒導電体に 0.5 A の電流が流れると何 W の電力を消費するか。解答欄 に記入せよ。[5]

16-2 切開出力の測定のために 500Ω の負荷抵抗と高周波電流計を用いて測定したら 200 W と計算された。同じ設定で、負荷抵抗を 200Ω に変えたとき、負荷に供給される電力は何 W になるか。解答欄 に記入せよ。
ただし、電気メス本体側の条件は変わらないものとする。また、内部抵抗は 500Ω とする。[5]

16-3 フローティング形モノポーラ電気メスの特徴として正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- a. 対極板を必要としない。
- b. ベッド金具に触れた部分への分流は接地形より少ない。
- c. 身体の部分同士の接触での分流は接地形より少ない。
- d. 同じ組織の切開時の負荷抵抗は接地形とほぼ同じである。
- e. 高周波漏れ電流は 10 mA 以下と定められている。

- 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】 ㊦=143 W ㊧=163 W ㊨= 6)

【解説】 電気メスに関する総合問題で、ジュール熱発生、供給電力、フローティング方式の特徴などを総合的に聞いている。

16-1

断面積 S 、長さ L 、固有抵抗率 ρ の円筒導電体の抵抗 R は次式で表せる。

$$R = \rho L / S$$

題意の定数を入れると、

$$R = 60(\Omega \cdot \text{cm}) \times 0.3(\text{cm}) / (3.14 \times 0.1(\text{cm}) \times 0.1(\text{cm})) = 573(\Omega) \quad \text{となる。}$$

この抵抗に 0.5 A の電流が流れると、その消費電力 P は、

$$P = 0.5(\text{A}) \times 0.5(\text{A}) \times 573(\Omega) = 143(\text{W}) \quad \text{となる。}$$

16-2

電気メスの発生電圧を E、内部抵抗を R_{in} 、負荷抵抗を R_L とおくと、供給電力 R_L は次式で表せる。

$$R_L = (E / (R_{in} + R_L))^2 \times R_L$$

$R_L = 500(\Omega)$ のときの供給電力は $R_L = 200(\text{W})$ であるので、

$$200(\text{W}) = (E / (500 + 500))^2 \times 500 \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

また、 $R_L = 200(\Omega)$ の時の供給電力 X (W) は

$$X(\text{W}) = (E / (500 + 200))^2 \times 200 \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

となる。②/①より

$$\frac{X}{200} = \frac{(E / (500 + 200))^2 \times 200}{(E / (500 + 500))^2 \times 500}$$

$$= \frac{200}{500} \times \frac{(500 + 500)^2}{(500 + 200)^2}$$

これより、 $X = 163(\text{W})$ と計算される。

16-3

電気メスの「フローティング形」とは、対極板回路が、高周波的に接地されていない出力方式をいう。正式には「高周波非接地形」という。これに対して、対極板回路が高周波的に接地された出力方式は「高周波接地形」という。

× a. 対極板はアクティブ電極（メス先電極）から流入した高周波電流を安全に回収して本体に還流させる役目を持った大きな電極であるが、モノポーラ形（電気メス作用を行うアクティブ電極が1つの方式）の場合、出力方式によらず、対極板は必ず必要である。

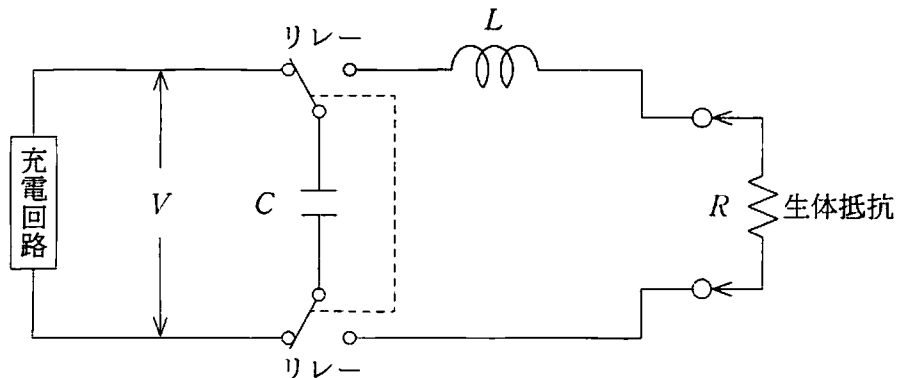
○ b. フローティング形は、高周波分流を低減させて、対極板装着部以外での熱傷事故を防止するために開発された方式である。高周波接地形は、接地さ

第5回午後の部

れた金属が身体に接触していると、そこから高周波電流が分流する。

- × c. 「身体の部分同士の接触」とは、踵どうしや、手の指先と脇腹などの接触を意味しているが、この部分での高周波分流は高周波非接地形でも高周波接地形でも起こりうる。
- d. 電気メスの切開・凝固作用は同じ組織の切開時の負荷抵抗は接地形とほぼ同じである。
- × e. 高周波漏れ電流は 10 mA 以下と定められている。

【問題 17】 図は除細動器の動作原理を示したものである。以下の設問に答えよ。



17-1 除細動器は「心室細動」の治療以外に何の治療に用いられるか。番号を解答欄 にマークせよ。[3]

- 1) 洞不全症候群 (SSS) 2) AV ブロック 3) 心房細動
4) 心室性期外収縮 5) 上室性期外収縮

17-2 コンデンサの容量 $C=32\mu\text{F}$ 、充電電圧 $V=5.0\text{kV}$ としたとき、コンデンサ C に蓄えられるエネルギーは何ジュール [J] か。解答欄 に記入せよ。[4]

17-3 コンデンサに蓄えられたエネルギーはコイル (インダクタ) L を通じて患者に通電されるが、このコイルの役割は何か。番号を解答欄 にマークせよ。[3]

- 1) 共振作用を利用して出力電圧を上げる。
2) 漏れ電流を減少させマイクロショックの危険性を低減させる。
3) 負荷 (生体) 抵抗の変化があっても通電波形を一定にする。
4) 除細動に効果的な通電波形を作る。
5) 不要放射電磁波を低減させる (EMC 対策)。

第5回午後の部

17-4 除細動器を使用する際の注意事項として正しいのはどれか。番号を解答欄

⑱ にマークせよ。[3]

- 1) 通電時、素手で患者を支えてもよい。
- 2) パドル電極は大きいのでペーストの塗布は不要である。
- 3) 出力回路がフローティングの装置は接地しなくてもよい。
- 4) 同時に使用する ME 機器が通電時に壊れることがある。
- 5) 酸素テント使用中の場合でもそのまま使用してよい。

17-5 除細動器を点検したら次の結果が得られた。この中で装置の不具合を表しているのはどれか。番号を解答欄 ⑲ にマークせよ。[3]

- 1) 通電テスト用の負荷抵抗を $50\ \Omega$ から $70\ \Omega$ にしたら、出力エネルギーが増えた。
- 2) 充電が完了してから5分後に通電しようとしたところ、通電ができなかった。
- 3) 直接電極（開胸用電極）を接続して、 $200\ \text{J}$ のエネルギーを通電しようとしたができなかった。
- 4) パドル電極のコードの抵抗値は $0.2\ \Omega$ であった。
- 5) $200\ \text{J}$ に設定したときの充電時間は54秒であった。

第5回午後の部

[正解] ⑩ = 3) ⑪ = 400 J ⑫ = 4) ⑬ = 4) ⑭ = 5)

[解説]

17-1

心臓に大電流を一瞬にして流す治療法は、心室細動と心房細動の治療にのみに有効であり、その他の治療には効果がなく用いられない。

17-2

蓄えられるエネルギーは次式で求められる。

$$1/2 \times CV^2 = 1/2 \times 32 \times 10^{-6} \times 25 \times 10^6 = 400 \text{ J}$$

17-3

コイルを使わないで、コンデンサに蓄えられたエネルギーを直接に生体（生体抵抗： R ）に通電すると、通電電流は通電直後に V/R [A] まで急峻に立ち上がり、以後時定数 CR で指数的に減少する微分波形となる。しかし、このような急峻な立ち上がり部分や閾値以下のグラダラと減少する部分は、生体は応答しずらく、エネルギーが無駄になるばかりか、心筋への負担の面からも避けることが望ましい。

そこでコイルを用い LCR の放電回路を構成し、上記の CR の放電波形に比べ、立ち上がりをなまらせ立下りは急峻になるような波形を作っている。このようにすることにエネルギーの利用効率を高まり、より少ないエネルギーで除細動が可能になるため、心筋への負担も軽減できるとともに、装置の小型・軽量化にも有効となっている。

その他、1)、2)、3)、5) は以下の理由で誤りである。

- × 1) 共振をさせると出力電圧は下がる。
- × 2) 漏れ電流とは無関係である。
- × 3) 通電波形は、 C 、 L 、 R の値によって定まり、生体抵抗 R が変化すると通電電波形も変化する。
- × 5) EMC とは無関係である。

17-4

除細動器は患者の胸部に付けた2つの電極から心臓に向けて、数 kV、数 10 A、

第5回午後の部

パルス幅数 mA という電流を流し込むものである。したがって、この瞬間は患者の体表には高電圧が発生するため、感電事故や併用使用をしている機器の損傷等について注意しなければならない。

- × 1) 感電防止のため、素手で患者に触れてならない。
- × 2) 数 10 A という電流が流れるので、火傷防止のためペーストを用いて皮膚との接触抵抗を下げる必要がある。
- × 3) 接地は、出力回路の形式とは関係がなく、クラス I 機器ならば必要である。
- 4) 除細動保護回路が備わっていない機器を併用すると、入力回路が破損することがある。したがって、保護回路が備わっていない機器を使用している場合は、通電時電極などを取り外してから通電すること。
- × 5) 高電圧を使用しているので火花放電などが発生する危険性があり、使用してはならない。

17-5

除細動器の個別規格として、国際規格として IEC 規格と、これに整合した JIS があり、ほとんどの除細動器はこの規格に準じて作られている。設問で、2)、3)、5) はこの規格に基づいた問題であり、1)、4) は常識問題である。

- 1) コンデンサに蓄えられたエネルギーは、コイル抵抗など回路の内部抵抗と外部の負荷抵抗（生体抵抗）で分割されて出力される。例えば負荷抵抗を 50Ω としたとき、10% がコイルで消費され、90% が出力される。したがって、負荷抵抗値を大きくすると、出力エネルギーは増大する。
- 2) 安全対策上、充電後 2 分以内に通電しないと内部放電するようになっており、5 分後では通電できない。
- 3) 安全対策（心筋の保護）上、直接電極は 60 J 以下でのみ使用できるようになっている。
- 4) 0.2Ω は十分に低い値であり問題ない。
- × 5) 規格では 10 秒以内で充電できることになっており、充電回路などの異常が考えられる。

第5回午後の部

【問題 18】 図 1 に示す構造のシリンジポンプにおいて、出口圧 P に抗して薬液を送り出す場合、必要なモータトルクを以下の手順で計算する。空欄に当てはまる式、数値を解答群から選び、番号を解答欄 ～ にマークせよ。ただし、各部の摩擦は考えないこととする。[4×4=16]

18-1 出口圧 P に抗して内径 D 、長さ L のシリンジのピストンを一定速度で押すための推力 F はシリンジの断面積より $F = \text{$ となる。

- 1) πDLP 2) $\frac{\pi}{4}D^2P$ 3) $\pi D(L + \frac{D}{2})P$
 4) DLP 5) $\frac{D^2}{3}P$

18-2 図 2 に示すように送りネジを外周に沿って展開して考えると、ネジ山の部分はリード角 θ だけ傾いた斜めの線として表される。図 1 に示す機構の場合、送りネジを 1 回転させると、スライダは 1 ピッチ (pi) 分移動することになる。そこで送りネジのトルク T_s によりネジの外周に発生する力 Q のネジ山に沿った分力と、推力 F のネジ山に沿った分力の和が 0 になるので、必要な送りネジのトルクは $T_s = \text{$ となる。

- 1) $F pi \sin \theta$ 2) $\frac{pi F}{2 \pi}$ 3) $\pi d F \cos \theta$ 4) $\frac{d}{\pi} F$ 5) $\frac{\pi d^2 F}{2 pi}$

18-3 図 1 において、モータの回転は歯車 1 (歯数 n_1)、歯車 2 (歯数 n_2) により送りネジに伝達されるので、必要なモータトルク T_M は $T_M = \text{$ となる。

- 1) $\frac{n_1}{n_2} T_s$ 2) $n_2 T_s$ 3) $n_1 T_s$ 4) $\frac{n_2}{n_1} T_s$ 5) $n_1 n_2 T_s$

18-4 ここで実際の数値を

$P: 75 \text{ mmHg}$ $d: 4 \text{ mm}$ $n_2: 28 \text{ 枚}$ $D: 20 \text{ mm}$ $pi: 1 \text{ mm}$
 $n_1: 14 \text{ 枚}$ $L: 90 \text{ mm}$

とすると、モータが1回転するときスライダは0.5 mm 移動することになる。そこで、単位をSI系に統一して式に代入すると、モータトルク T_M は

② [N・m] と得られる。ただし、 $1 \text{ mmHg} = 133 \text{ Pa}$ とする。

- 1) 3.8×10^{-9} 2) 52×10^{-6} 3) 0.25×10^{-3} 4) 2.0×10^{-3} 5) 1.9×10^3

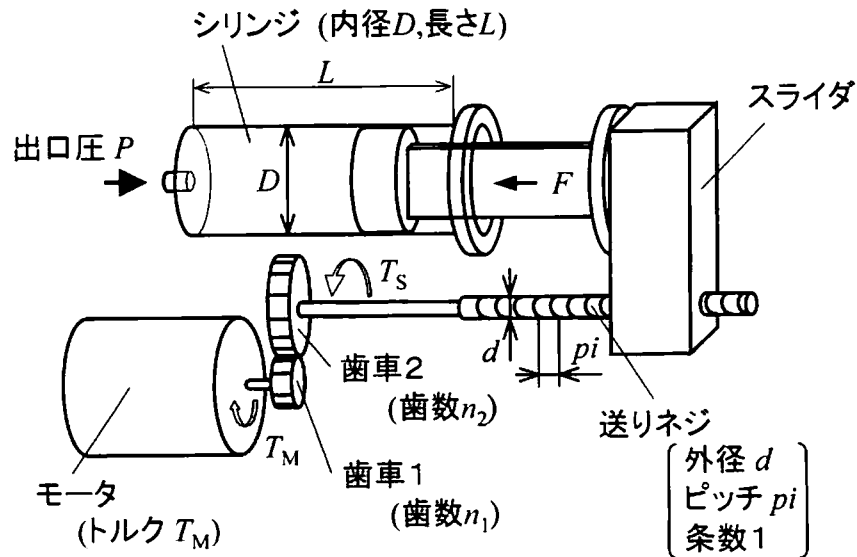
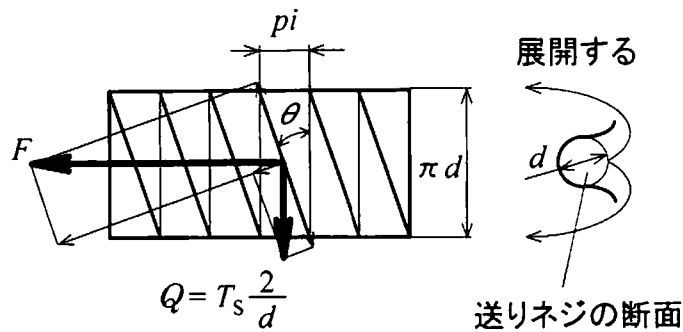


図1 シリンジポンプの構造



$$F \sin \theta - Q \cos \theta = 0$$

図2 送りネジの展開図

[正解] ⑳ = 2) ㉑ = 2) ㉒ = 1) ㉓ = 3)

[解説]

18-1

シリンジ内面には出口圧 P と同じ圧力が作用していると考えられる。ピストンの推力 F はシリンジの断面に垂直方向になるので、シリンジの断面積に出口圧 P をかけると推力 F が求まる。

18-2

ネジ機構を利用して物体を動かす場合、リード角 θ に相当する斜면을、重力に逆らってものを押し上げる場合と同じように考えられる。図2では斜面が横に寝ている向きになっているが、斜面は斜めの太線に相当し、重力に相当するのが推力 F 、押し上げる力に相当するのが Q となる。

ここで、リード角 θ は送りネジの外周の長さ πd とピッチ pi より、 $\tan\theta = pi/\pi d$ と求めることができる。さらに摩擦がない場合、 F と Q をそれぞれ斜面に平行な方向と垂直な方向に分解した場合、力の釣り合いから斜面に平行な分力は等しくなるので、

$F\sin\theta = Q\cos\theta$ となり、 Q を求めることができる。ここで、三角関数の定理より、 $\sin\theta/\cos\theta = \tan\theta$ であるから Q は先ほどのリード角 θ の式を代入して、 $Q = F\tan\theta = piF/(\pi d)$ となり、この Q がネジの外周に作用するので、ネジのトルク T_s は Q にネジの半径をかけ、 $T_s = Qd/2 = piF/(2\pi)$ と求まる。

18-3

歯車でモータの回転を減速すると、その分トルクが増す作用があり、歯数とトルクは比例する。したがって、 $n_1 : n_2 = T_M : T_s$ となるので、

$T_M = (n_1/n_2) T_s$ と求まる。

18-4

以上より、シリンジを押しするために必要なモータトルク T_M は、 $T_M = (n_1/n_2) T_s = (n_1/n_2) \{piF/(2\pi)\} = n_1 pi D^2 P / (8 n_2)$ となる。ここで、長さの単位を [m]、圧力の単位を [Pa] に直して式に代入すると、

$$T_M = \{14 \cdot 1 \times 10^{-3} \cdot (20 \times 10^{-3})^2 \cdot 75 \times 133\} / (8 \cdot 28) = 0.25 \times 10^{-3} \text{ [N}\cdot\text{m]}$$

第5回午後の部

と求まる。

(別解)

シリッジを押すエネルギーは力と移動した距離の積であり、モータの出力はトルクと回転角の積である。ここで、摩擦が無ければ両者はエネルギー保存則により等しくなる。モータが1回転 (2π rad) する場合を考えると、送りネジは n_1/n_2

回転するので、スライダは $(n_1/n_2) \pi d$ だけ移動することになる。したがって、

$$F \cdot (n_1/n_2) \pi d = T_M \cdot 2\pi$$

$$\therefore T_M = n_1 \pi d F / (2\pi n_2) = n_1 \pi d^2 P / (8 n_2)$$

となり、前と同じ式が得られる。

【問題 19】 JIS T 1022「病院電気設備の安全基準」に照らして不適切なのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 非接地配線方式の医用室の電源コンセントは2Pにした。
- b. 等電位化のための接地センタと保護接地のための接地センタは共用した。
- c. ICUの非常用電源として一般非常電源を設備した。
- d. 瞬時特別非常電源に接続された電源コンセントの外郭を茶色にした。
- e. クラスI機器の永久設置形機器の保護接地線を接地センタに直接接続した。

- 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】 ②4 = 3)

【解説】 JIS T 1022の規定とその制定理由を良く理解しておく必要がある。

- × a. 非接地配線方式の部屋でも、クラスI機器は使用するから、当然、医用3Pコンセントを設備しなければならない。2Pコンセントでは差し込めない。また、保護接地および等電位接地のための医用接地端子も必要である。
- b. 等電位接地するべき設備の金属部は、 0.1Ω 以内の接地分岐線によって医用接地センタに接続するのであるが、この医用接地センタは保護接地のための医用接地センタと同じものである。
- c. 一般非常電源と特別非常電源は電圧確立時間が違うが、同程度の非常電源と考えられ、JISの非常電源の適用表にも、「一般/特別」として、どちらか（または両方）を設ければよいことが規定されている。
- × d. 非常電源が供給される医用コンセントの外郭の色は、すべて「赤色」にしなければならない。「特別非常電源」および「瞬時特別非常電源」は、特に、それぞれの種別をはっきり明示（例えば「特別」とか「瞬時」とか）しておかななければならない。
- e. 永久設置形機器とは、大型のX線装置やMRIなどのように、設備にしっかり固定して使う機器である。永久設置形機器の電源線は分電盤に直接接続し、また、クラスI機器であった場合は、その保護接地線を医用接地センタに直接に接続しなければならない。

第5回午後の部

【問題 20】 JIS T 1022 で定められた非接地配線方式について以下の設問に答えよ。

20-1 使用する絶縁変圧器の定格容量は7.5 kVA 以下と定められている。上限が定められている理由を50字以内で解答欄①に記述せよ。[6]

20-2 絶縁変圧器の1次2次巻線間の漏れ電流値は何mA以下か。適切な数値を解答欄②に記入せよ。[4]

20-3 次の文章の空欄の組み合わせで正しいのはどれか。番号を解答欄③にマークせよ。[6]

非接地配線方式の電路には表示灯と音響による警報装置を備え、非接地式電路のいずれか1線が低インピーダンスの導体で大地に地絡した場合、 [mA] で動作しなければならないことになっている。警報装置が働いた状態でも機器は動作し続けることができるが、 が低インピーダンスで大地に地絡した場合には事故が起きる危険性がある。

—

- 1) 1 — 同じ電路の他の1線
- 2) 2 — 同じ電路の他の1線
- 3) 10 — 同じ電路の他の1線
- 4) 1 — 同じ絶縁変圧器の電路のいずれか1線
- 5) 2 — 同じ絶縁変圧器の電路のいずれか1線

第5回午後の部

[正解] ①=絶縁変圧器、配線および使用する医用電気機器の対地静電容量を一定以下に抑えるために最大定格容量を定めた。①=0.1 mA ②=2)

[解説]

非接地配線方式

[片側接地方式]

変圧トランスの2次側の1線を接地する片側接地方式には、トランスの内部で高圧側と低圧側の接触事故が起こったときに低圧側に高電圧が流れて人身事故が起きることを防止するためと、高圧側の電流が大地を通じて変電所に環流するのを検出して変電所内の遮断機を動作させ送電を停止する目的がある。しかし、この方式では絶縁不良を起こした機器によって低インピーダンスで地絡する事故が起きた場合、過電流遮断器が飛んで同一回路内のコンセントが停電し、他の正常な機器が停止する危険性がある。

[非接地配線方式]

低圧側に地絡事故が起こっても電源供給を確保するために低圧側の電路の途中に絶縁トランスを設置して、2次側のいずれも接地しない配線方式を非接地配線方式という。この方式では絶縁不良を起こした機器によって、1線が低インピーダンスで大地に地絡する事故が起きても過電流遮断器が飛ばないため、電源供給は継続される。このために同一回路内の他の機器は影響されることなく動き続けることができる。

[絶縁トランス]

非接地配線方式に使用する絶縁変圧器は1次2次巻線間の漏れ電流を0.1 mA以下に抑え、配線および使用する医用電気機器も含めた対地静電容量を一定以下に抑えるために最大定格容量が7.5 kVA以下と決められている。しかし、マイクロショックによる心室細動は0.1 mAで生じてしまうので絶縁トランスを使用して非接地配線方式にしてもマイクロショック対策にはならない。

[絶縁監視装置]

非接地配線方式の電路の2次側には絶縁不良の機器が繋がれること監視・警報するために電路の片側ずつと大地との間の絶縁抵抗を交互に測定して、規定値

第5回午後の部

を下回ったら警報を発生する絶縁監視装置を設備しなければならない。絶縁不良機器が低インピーダンスで大地に繋がれたとき、1線地絡事故が起こったことを想定して警報を発生するもので、2 mA以上の地絡電流が流れると警報状態になる。しかし、この状態は直ちに危険な状態が起きていることを意味するものではないので、その回路内の外せる機器を1つずつコンセントから抜いてみて警報が停止する機器を確認すればよい。

- × 1) 絶縁監視装置は1 mAでは警報を発しない。
- 2) 2 mA以上で警報を発し、同じ電路の他の1線が低インピーダンスで大地に地絡した場合には事故が起きる危険性がある。
- × 3) 絶縁監視装置は10 mA以下であっても2 mAで以上あれば警報を発する。
- × 4) 絶縁監視装置は1 mAでは警報状態にならない、さらに同じ絶縁変圧器の電路でも不良機器と同じ側の電路が低インピーダンスで対地に地絡した場合には事故にならない。
- × 5) 絶縁監視装置は警報を発するが、同じ絶縁変圧器の電路でも不良機器と同じ側の電路が低インピーダンスで対地に地絡した場合には事故にならない。

第5回午後の部

【問題 21】 医療ガスの誤供給を防止するために用いられているのはどれか。番号を解答欄〔26〕にマークせよ。〔6〕

- a. ピン方式
- b. マニフォールド
- c. CE システム
- d. 遮断弁
- e. シュレーダ方式

- 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〕 ②6 = 4)

〔解説〕 本設問に出ているすべての用語は医療ガス配管設備に用いられている重要なものばかりである。医療機器および関連設備を総合的に管理する第1種 ME 技術実力検定試験合格者はこれらの用語の意味、臨床医療における重要性について理解していなければならない。

- a. 配管端末器のソケットアセンブリにホースアセンブリのアダプタプラグを接続する際に、間違った医療ガスの投与を防止するために設けられたガス別特定方式の1つである。アダプタプラグの方にピンが設けられていて、その数と位置がガス別特定になっている（ソケットアセンブリの方にはこれらのピンに適合するように孔が設けられている）。
- × b. 複数の高圧ガス容器から医療ガスを集めて1本にまとめて供給する装置のことで、酸素、亜酸化窒素、窒素などの供給に用いられる。マニフォールドから医療ガス配管を介して医療ガスが院内各部門に供給される。左右それぞれ複数の高圧ガス容器（バンクという）を連結し、中央に左右バンクの切り換え装置が設けられていて、片方のバンクが空になるともう一方のバンクに自動的にまたは手動で切り換わり、医療ガスが継続して供給するこ

第 5 回午後の部

とができる。マニフォールドは医療ガスの主供給源として用いている施設と、主供給源である CE システムのバックアップ用として用いている施設とがある。

- × c. 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、それを気化させるための蒸発器および制御装置から構成されるもので、酸素や窒素の供給に用いられる。
- × d. 医療ガスの供給源から配管端末器に至る配管の途中に設けられている開閉用の弁で、供給源の近くの主送気管や重要な分岐部に設けられる送気操作用遮断弁と病棟などの各部門に設けられる区域分離用遮断弁とがある。医療ガス配管設備の保守点検、配管設備の増設、送気制御、火災時の医療ガス供給停止時などに使用される。
- e. 配管端末器のソケットアセンブリにホースアセンブリのアダプタプラグを接続する際に、間違った医療ガスの投与を防止するために設けられたガス別特定方式の 1 つである。ピン方式と異なり、接続部の口径がガス別特定になっている。

第5回午後の部

【問題 22】 次の医療ガス配管のガス別表示について誤っている組み合わせはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[7]

	ガス名		識別色		記号
a.	酸素	—	黒	—	O ₂
b.	笑気	—	青	—	N ₂ O
c.	吸引	—	緑	—	VAC
d.	空気	—	黄	—	AIR
e.	窒素	—	灰	—	N ₂

- 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 = 2)

【解説】 JIS T 7101「医療ガス配管設備」には、配管のガス別表示が規定されている。ガスの種類、識別色、ガス名、記号が表で示されている（テキストの表参照）。

酸素は上記 JIS では、識別色が「緑」と規定されている。一方、高圧ガス取締法では、高圧酸素ポンベの色は「黒色」と規定されているので、間違いやすい。

また、吸引（廃気ポンプに接続された陰圧の端末）は識別色と「黒」と規定されている。なお VAC は“vacuum”（真空）を意味している。

第5回午後の部

選択問題 A {計測診断機器} 解答欄 ㉔ ~ ㉓、 ㉑

【問題 A 23】 最近のデジタル心電計では、I, II, $V_1 \sim V_6$ 誘導のみを取り出し、III, aV_R , aV_L および aV_F の誘導は演算処理によって求めている。 aV_L を得る関係式で正しいのはどれか。番号を解答欄 ㉔ にマークせよ。[8]

1) $\frac{I - II}{2}$ 2) $I - \frac{II}{2}$ 3) $\frac{I + II}{2}$ 4) $II - \frac{I}{2}$ 5) $\frac{-(I + II)}{2}$

【正解】 ㉔ = 2)

【解説】 アイントーベンの正三角模型理論

I = L - R, II = F - L, III = F - L から

III = II - I となり

$$\begin{aligned} aV_L &= \frac{1}{2}(I - III) = \frac{1}{2}\{I - (II - I)\} = \frac{1}{2}(2I - II) \\ &= I - \frac{II}{2} \end{aligned}$$

【問題 A 24】 心電計の JIS T 1202 (1998 年改正) 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。[8]

- 1) 心電計の作動モードによる分類は、連続作動 (運転) 機器である。
- 2) 除細動器と併用可能な心電計については、誘導コードに高電圧パルス (除細動放電を模擬した) を加えたのち、5 秒間以内に加えた試験用正弦波電圧が記録紙上に正規振幅の 80 % ~ 110 % で記録されること。
- 3) 心電計の内部雑音の測定は、すべての入力端子に $1\text{M}\Omega$ の抵抗を通し接地して行う。
- 4) 心電計の入力インピーダンスの測定は、各入力端子ごとに $620\text{k}\Omega$ と 4.7nF を並列接続したものを直列に挿入し、直流電圧 300mV を重畳して行う。
- 5) 心電計の使用環境条件は、周囲温度が $10\sim 40^\circ\text{C}$ 、相対湿度が 25 ~ 95 % であること。

[正解] ② = 3)

[解説] 1984 年に制定 (改正) された心電計 JIS は 1998 年に IEC 601-2-25 を取り込み改正された。この概要は本講習会テキストに記述してある。ぜひ、この機会に JIS の本文 (日本規格協会発行 JIS T 1002-1998 年) にも目を通してほしい。

- × 1) 改正前の規格 (1984 年) では、当時の回路 (真空管やトランジスタの使用) 技術などから間欠作動を前提にしていたと思われ、この規定はない。今回の改正で IEC 601-2-25 に整合させ追加規定された。
- × 2) 改正前は上記 80 ~ 110 % の値が 80 % 以上とだけ規定していて、100 % を超えて過大感度になることを考慮していなかった。この規定は増幅器への過大入力による異状動作を考慮したものであると思われるので、過大感度についても上限を定めるべきである。

第5回午後の部

- 3) 改正前は、すべての入力端子に $27\text{ k}\Omega$ の抵抗を接続し、これを接地して雑音を測定し、入力換算 $20\text{ }\mu\text{V}_{\text{P-P}}$ 以下と規定していたが、今回の改正では電極と皮膚間のインピーダンス（不平衡分）を考慮し、この $27\text{ k}\Omega$ の抵抗を $51\text{ k}\Omega$ と 47 nF を並列接続した回路に代え、これによる雑音の大きさを入力換算 $35\text{ }\mu\text{V}_{\text{P-P}}$ 以下と変更された。詳細は JIS を見てほしい。
- ×4) 改正前は各入力端子に $510\text{ k}\Omega$ を直列に挿入してとあったが、今回の改正では、このように電極と皮膚間のインピーダンスを考慮した測定方法に変更された。
- ×5) この中の相対湿度について、改正前は $30\sim 85\%$ となっていたが、今回の改正で結露しないことを条件に $25\sim 95\%$ と拡大された。

【問題 A 25】 聴性脳幹誘発電位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。[8]

- a. 音刺激より 10 ms 以内に出現する電位である。
- b. 検出には 2000 回程度の同期加算が必要である。
- c. A/D 変換の量子化精度は $10 \mu\text{V}/\text{bit}$ が必要である。
- d. 振幅は視覚誘発電位より小さい。
- e. サンプリング周波数は 150 Hz 程度が必要である。

- 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 = 9)

[解説] 聴性脳幹誘発電位または反応 (Auditory Brain-stem Response : ABR) は短い持続時間をもつパルス波に対するクリック音によって誘発される脳幹各部位 (蝸牛神経核、上オリーブ核、下丘、内側膝上体等) の電位である。

- a. クリック音刺激によって聴神経から脳幹各部位に至る反応電位は刺激時点より 10 ms 以内に 6 ~ 7 個の波形が出現する。
- b. 耳垂と頭皮上間より検出される聴性脳幹反応は $0.1 \sim 0.5 \mu\text{V}$ と非常に低電位であるため、クリック音に同期して 2000 回程度の同期加算処理が必要である。
- × c. 電位は前述したように $1 \mu\text{V}$ 以下であるため、 $10 \mu\text{V}/\text{bit}$ の量子化では不十分である。
- d. 視覚誘発電位は $5 \sim 10 \mu\text{V}$ と大きく、したがって聴性能幹誘発電位より 10 倍程度大きい。
- × e. 聴性脳幹誘発電位は 20 Hz ~ 2 kHz の帯域をもつ電位であるため、サンプリング周波数は 4 kHz 以上が必要である。

【問題 A 26】 経皮的血液ガス分圧測定の原理について正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[8]

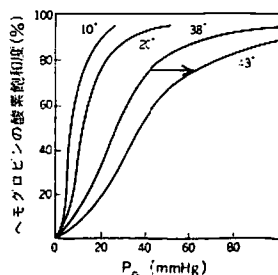
- a. 得られる酸素分圧値は動脈血中の酸素飽和度に比例する。
- b. 末梢循環が不良の患者では正しい値が得られない。
- c. 酸素分圧は加温による酸素解離曲線の左方偏移を利用している。
- d. 炭酸ガス分圧では皮膚内のガス産生による影響を近似式で補正している。
- e. 炭酸ガス分圧値は皮膚代謝の亢進によって低下する。

- 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】 ㊸ = 6)

【解説】

- × a. 経皮的血液ガス分析における酸素分圧は動脈血中の酸素分圧と比例関係にあるが、酸素飽和度は図の解離曲線に示すように比例関係にはない。
- b. 末梢循環の不良は酸素の皮膚へのガス拡散が不十分になるため、経皮的血液ガス分圧は正しい値を示さない。
- × c. 加温によって酸素解離曲線は図のように右方に偏移し、見かけ上の酸素分圧の上昇をまねく。
- d. 炭素ガスの拡散に加えて皮膚代謝によって発生した炭酸ガスにより、皮膚表面では動脈血中のそれより高くなる。そのため近似式によって補正している。
- × e. 前述したように皮膚代謝の亢進で炭酸ガス分圧は高くなる。



第5回午後の部

【問題 A 27】 pH ガラス電極の pH 1 あたりの起電力は 25°C で 59 mV である。
今ガラス膜抵抗 15 MΩ に流れるゲート暗電流が 4.0×10^{-12} A であるとしたとき、
pH の測定誤差はいくらか。解答欄 に記入せよ。[10]

【正解】 ① = 0.001 pH

【解説】 ガラス膜抵抗 15 MΩ にゲート暗電流として 4.0×10^{-12} A 流れるわけ
あるから、抵抗両端の電圧は

$$15 \times 10^6 \Omega \times 4.0 \times 10^{-12} \text{ A} = 60 \times 10^{-6} \text{ V} = 60 \times 10^{-3} \text{ mV}$$

となる。ゲート暗電流によって増幅器入力部に 60×10^{-3} mV の電圧が加わるこ
とになる。

今、pH 1 あたりの起電力が 59 mV であるから、

$$60 \times 10^{-3} \text{ mV} \text{ は } 60 \times 10^{-3} \text{ mV} / 59 \text{ mV} \sim 1.0 \times 10^{-3} = 0.001 \text{ pH} \text{ となる。}$$

したがって、暗電流による測定誤差は 0.001 pH である。

【問題 A 28】 次のうち誤っているのはどれか。番号を解答欄 ⑳ にマークせよ。[8]

- 1) スパイロメータで残気量を測定することができる。
- 2) 呼吸抵抗の測定法の一つにオシレーション法がある。
- 3) 肺活量は BTPS で表す。
- 4) Lilly 型の気流計の出力を積分することで気量が求まる。
- 5) 機能的残気量の測定には He 濃度計が必要である。

[正解] ㉑ = 1)

[解説] スパイロメータにする肺気量分面では目一杯に呼出した状態で、まだ肺に空気が残っている状態のいわゆる残気量を測定することはできない(テキスト参照)。

残気量を含めて安静呼気位における肺気量を機能的残気量と呼ぶ。スパイロメトリでは機能的残気量を求めることはできない。

- × 1) スパイロメータでは最大吸気量や肺活量等を求めることができるが、前述したように残気量を測定することができない。
- 2) 肺気道、胸郭系を R、L、C の電氣的等価回路に置き換えて、3～10 Hz 程度の圧力変動を口から気道に加えることによって、共振による L、C 成分を除去し、R 成分である呼吸抵抗を求める方法をオシレーション法という。
- 3) 呼出し室温にさらされた気量は ATPS であるため、肺活量等の測定では肺内気量状態 (BTPS 状態) に変換する必要がある。
- 4) Fleish 型と Lilly 型があるが、いずれも気流計であるため、気量の測定には電子回路による積分が必要である。
- 5) 機能的残気量の測定には He ガスによる閉鎖回路法と N₂ ガスによる開放回路法がある。前者の方法では He を測定する He 濃度計が必要である。

第5回午後の部

選択問題B {治療機器} 解答欄 ~ 、 ~ 、

【問題B23】人工心肺装置の送血ポンプにはローラポンプや遠心ポンプが用いられる。ローラポンプを用いた場合は、血液回路内に別途流量センサを組み込むことは少ない。しかし遠心ポンプを用いた場合は、血液回路内に流量センサを組み込む必要がある。これはなぜか。図に示すそれぞれのポンプの出口圧 - 血流量特性を参考に両者を比較して解答欄 に説明せよ。[8]

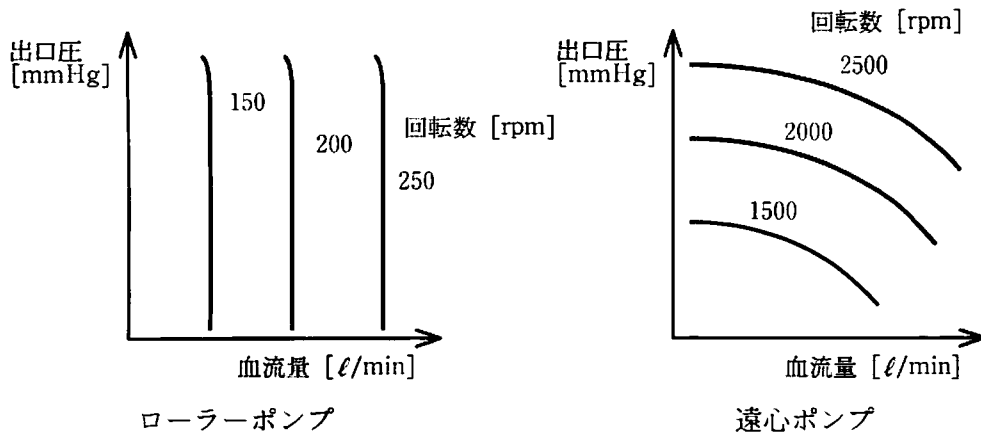


図 ポンプの出口圧 - 血流量特性

【正解】 ㊦=ローラポンプは回転数から流量を知ることができるが、遠心ポンプは回転数が一定でも出口圧の変化により、血流量が変化するので。

【解説】

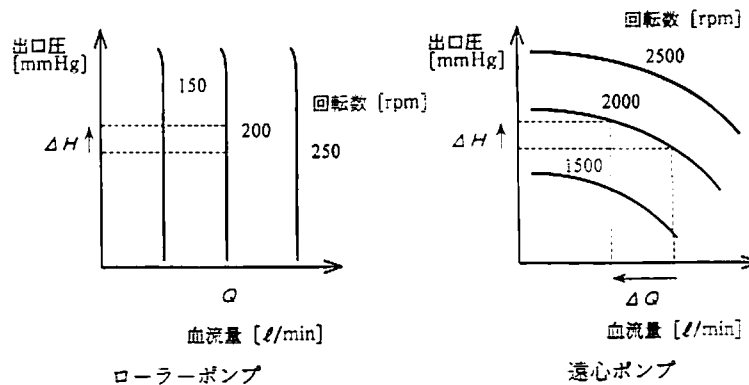


図 ポンプの出口圧 - 血流量特性

ローラポンプはチューブをローラでしごくことにより、チューブ内の体積を変化させて、血液を押し出す構造のポンプである。したがって、チューブの形状が決まれば、回転数により血流量が決定する。使用するチューブの材質にもよるが、人工心肺装置で使用する 400 mmHg 程度までの圧力であれば、回転数と血流量は比例関係にある。この場合、図の左に示すように、出口圧が上昇しても血流量はほとんど変化しない。そのため、ローラポンプでは流量センサを必要としない。

遠心ポンプの場合は、ポンプ内で血液を回転させ、血液に遠心力を与えて血液を押し出す構造のポンプである。そのため、圧力は回転数の2乗に比例して増加するが、ポンプ内部の損失がほぼ流量の2乗に比例して増加するので、圧力と血流量の関係は図の右のような非線形な特性になる。例えば、遠心ポンプを 2000 rpm 一定で回転させている場合、出口圧が ΔH だけ上昇すると、ポンプの圧力-流量特性に沿って、血流量は ΔQ だけ減少する。このため、ポンプの回転数だけでは実際の流量を知ることができない。したがって、遠心ポンプを用いる場合には血流量を知るためのセンサを組み込む必要がある。

問題中や解説で圧力は入口圧を一定として、出口圧のみに注目している。しかし、ポンプ特性に影響しているのは、正確には出口と入口の圧力差である。入口圧が大きく変化する場合にはその影響も考慮する必要がある。

第5回午後の部

【問題B24】 有効膜面積 1.8 m^2 のダイアライザの濾過係数 L_p を求めるため、ECUM法を用いて濾液量を測定した。測定条件は、血液流量 200 mL/min 、ダイアライザの血液側入口圧力 95 mmHg 、血液側出口圧力 65 mmHg 、測定時間5分間で得られた濾液量は 240 mL であった。このダイアライザの濾過係数 L_p [$\text{mL}/(\text{hr}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mmHg})$] を求め、解答欄 に記入せよ。ただし、血液側の圧力は出入口の単純平均値を用いるものとする。[6]

【正解】 = $20 \text{ mL}/(\text{hr}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mmHg})$

【解説】 ダイアライザの濾過係数 L_p は、ECUM法を用いた濾液量測定により、下記の式から求められる。

$$L_p = \frac{\text{濾液量}[\text{mL}]}{\text{測定時間}[\text{hr}] \times \text{有効膜面積}[\text{m}^2] \times \text{膜間差圧}[\text{mmHg}]}$$

ここで濾液量 = 240 mL

$$\text{測定時間} = 5 \text{ min} = 5/60 \text{ hr} = 1/12 \text{ hr}$$

$$\text{有効膜面積} = 1.8 \text{ m}^2$$

$$\text{膜間差圧} = (95 + 65)/2 = 80 \text{ mmHg}$$

これらの値を上式に代入すると下記の通り L_p が求められる。

$$L_p = \frac{240 \times 12}{1.8 \times 80} = 20 \text{ mL}/(\text{hr}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mmHg})$$

第5回午後の部

【問題 B 25】 治療機器の JIS の基準値で正しいのはどれか。番号を解答欄
⑳にマークせよ。[4]

- a. 輸液ポンプの輸液量 — 設定値の $\pm 20\%$ 以内
- b. 医療用電動式吸引器の吸引圧 — 10 kPa 以上の陰圧
- c. 医療用電動式吸引器の吸引流量 — 蒸留水 200 ml を 6 秒以下で吸引
- d. 人工呼吸器回路内圧計の目盛 — $-10 \text{ cmH}_2\text{O} \sim +100 \text{ cmH}_2\text{O}$ を含む
- e. 人工呼吸器の試験条件 — $37 \pm 1^\circ\text{C}$

- 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 = 8)

[解説] 治療機器の機能を示す各種の基準となる値は JIS で規定されているが、それらのうちで重要なものは覚えておくと、日常の機器点検時に便利である。

× a. JIS では設定値の $\pm 10\%$ 以内となっている。

× b. JIS では吸引圧は 40.0 kPa (-30 mmHg) 以上となっている。

○ c. JIS では吸引流量は蒸留水 200 ml を 6 秒以下で吸引しなければならないことになっている。

○ d. JIS では回路内圧計の目盛は -0.98 kPa ($-10 \text{ cmH}_2\text{O}$) $\sim +9.8 \text{ kPa}$ ($+100 \text{ cmH}_2\text{O}$) となっている。

× e. JIS では試験条件は $20 \pm 2^\circ\text{C}$ となっている。

【問題 B 26】 人工呼吸器で起こりうるトラブルとその予防対策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]

- | | |
|--------------------|---------------------|
| 1) 停電による停止 | — 非常用電源コンセントの使用 |
| 2) 圧縮空気中の水分による停止 | — エアーコンプレッサの保守点検の励行 |
| 3) 呼気弁の破損による気圧外傷 | — 呼気弁の作動状態の監視 |
| 4) 呼吸回路リークによる低換気 | — PEEP レベルの設定値を上げる |
| 5) 吸気酸素濃度異常による酸素中毒 | — 酸素濃度計による監視 |

【正解】 ③= 4)

【解説】 生命維持管理装置である人工呼吸器でトラブルが発生すると、患者は致命的な影響を受ける危険性があるため、トラブル時にはどのように対応したらよいか日頃から考えていなければならない。

- a. 現在使用されている人工呼吸器の駆動源はほとんどが電気であるため、停電時のことを考慮して非常用電源のコンセントを使用する。ただし、非常用電源から供給される電気の容量には限度があるため、停電により影響を受けないような医療機器やその他の電気製品は非常用電源のコンセントを使用しないように注意する。
- b. 通常、人工呼吸器に使用される空気は圧縮空気供給装置でつくられるが、その保守点検が不適切な場合、圧縮空気中に水分が混入し、それが人工呼吸器の故障の原因となる。人工呼吸器使用時には、圧縮空気ホースアセンブリの人工呼吸器接続部に設けられているエアードライヤーの部分に注意し、もし水分が認められるようならば、医療ガス担当の部門に連絡する。なお、最近では圧縮空気のかわりに、酸素と窒素を空気と同じような濃度で人工的に混合した合成空気が用いられるようになってきているが、これを用いれば水分の混入は起こらない。
- c. 呼気弁の故障（持続的な閉塞）では気圧外傷が起こり得るため、人工呼吸

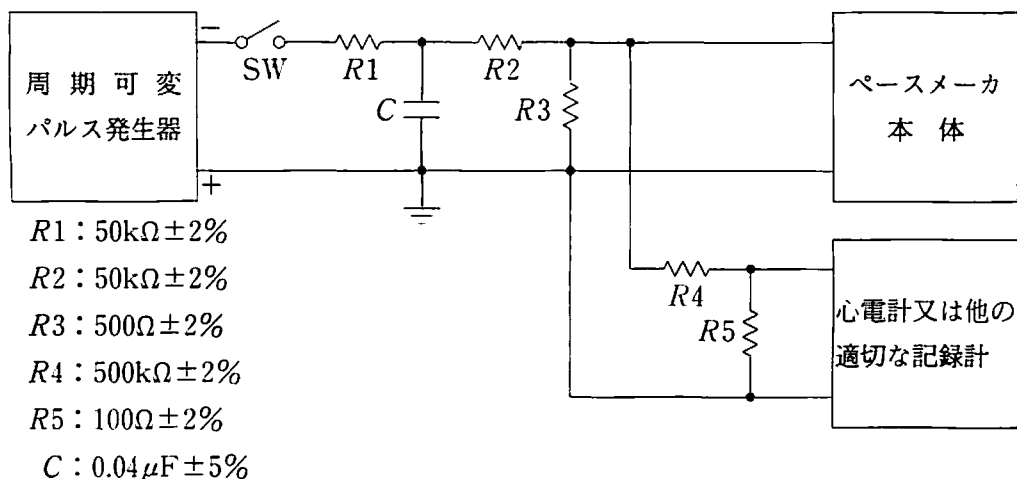
第5回午後の部

器使用中は呼気弁の作動状況を監視する必要がある。

- × d. 呼吸回路からのリークはその原因となる部位を迅速に是正しなければならない。PEEP レベルをあげてもリークによる低換気は是正されない。
- e. 生体にとって酸素は絶対になければならないものであるが、多ければよいというものでもない。多すぎると酸素中毒、未熟児網膜症など起こり得るため、吸気酸素濃度は酸素濃度計で監視しなければならない。

第5回午後の部

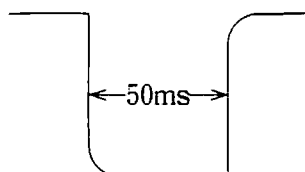
【問題 B 27】 下図は体外式ペースメーカーの同期形の不応期を試験するための、JIS T 1356 で決められた測定回路である。まず、周期可変パルス発生器の出力周期をペースメーカー本体の出力周期の 1/3 に調整する。次に、スイッチ SW を入れ、周期可変パルス発生器からパルス幅 50 ms、出力電圧の波高値 1 V の矩形波を入力して、ペースメーカー本体のパルス出力を心電計または他の適切な記録計によって記録する。



B 27-1 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

㉠ に記入せよ。[5]

B 27-2 コンデンサ C の両端には下図のような波形が表れる。波形の振幅値はいくらか。解答欄 ㉡ に記入せよ。[5]



第5回午後の部

B 27-3 心電計の入力においてパルス発生器の出力に同期した、パルス振幅が 1 mV、パルス幅が 1 ms の波形が観測された。ペースメーカー本体の出力パルスの振幅はいくらか。番号を解答欄 にマークせよ。[3]

- 1) 0.1 V 2) 1 V 3) 2.5 V 4) 5 V 5) 10 V

B 27-4 ペースメーカーから出力される 1 個のパルスの電気エネルギーは 500 Ω の標準抵抗ではいくらか。番号を解答欄 にマークせよ。[3]

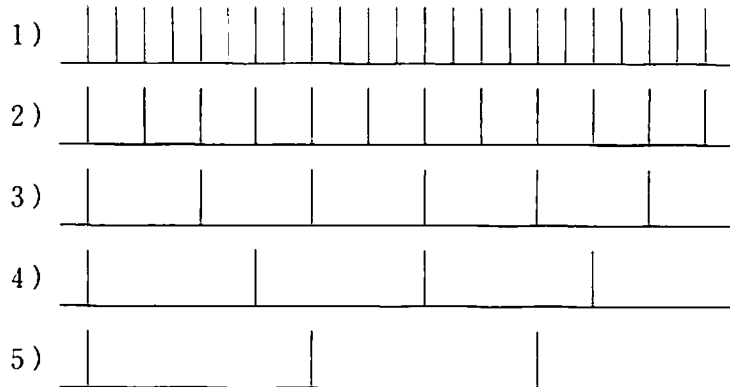
- 1) 25 μJ 2) 50 μJ 3) 100 μJ 4) 25 mJ 5) 100 mJ

B 27-5 この不応期試験において、不応期 300 ms、ペーシングレート 72/分に設定された同期形ペースメーカーを検査した場合、ペースメーカー本体の出力は周期可変パルス発生器の出力信号の周期に対してどのような割合で同期しなければならないか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

周期可変パルス
発生器の出力



ペースメーカー
の出力



第5回午後の部

B 27-6 不応期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) 不応期はペーシングレートが高いほど短くなる。
- 2) 不応期はパルス振幅とは無関係である。
- 3) 不応期が短すぎると T 波を誤って感知する。
- 4) 不応期が長すぎると P 波のアンダーセンシングをきたす。
- 5) 抑制形には不応期の機能は必要ない。

[正解] ㉔=1 ms ㉕=0.5 V ㉖=4) ㉗=2) ㉘=3) ㉙=5)

[解説]

B 27-1

パルス発生器に接続された CR 回路の時定数は、C とこれに直列に入る抵抗、すなわち $R_1 // (R_2 + R_3)$ との積から求まる (// の記号は並列接続を表す)。 $R_2 \gg R_3$ 、 $R_1 = R_2$ であるので、求める時定数は、
 $C \times (R_1 // R_2) = C \times R_1 / 2 = 0.04 \times 10^{-6} \times 25 \times 10^3 = 1 \text{ ms}$ となる。
なお、 R_3 に並列接続された $(R_4 + R_5)$ は R_4 の値が R_3 に比べ十分大きいので無視できる。

B 27-2

積分回路の時定数 (1 ms) がパルス幅 (50 ms) に比べ小さいので入力された下向きパルスは 1 ms 経過時点で振幅値の 63 % に達し、数 ms 経過した後はコンデンサ C の充電は完了し定常状態となる。このときの端子電圧は印加電圧を R_1 と $(R_2 + R_3 \approx R_2)$ で分圧した値となるので、 $1 \text{ V} \times 1/2 = 0.5 \text{ V}$ が得られる。

B 27-3

心電計の入力にはペースメーカー本体の出力パルスを R_4 と R_5 で分圧した電圧が現れる。出力電圧を X とすると、

第5回午後の部

$X \times R_5 / (R_4 + R_5) \approx X \times R_5 / R_4 = 1 \text{ mV}$ の式が導かれるので、抵抗値を代入して解くと $X = 5 \text{ V}$ が得られる。

B 27-4

電気エネルギー W は、出力電圧、負荷抵抗、パルス幅をそれぞれ V 、 R 、 t とすると、 $W = V^2 / R \times t$ となる。この式に前問で得られた出力電圧を代入して解くと、 $W = 5^2 / 500 \times 10^{-3} = 50 \mu\text{J}$ が得られる。

B 27-5

JIS T 1356 では設問のような条件で試験した場合、「ペースメーカ本体の出力は試験用入力信号の周期に対して 2 : 1 (1 回おき) の割合で同期しなければならない」と定められている。したがって、問題に示された同期図の中では 3) が正しい。

B 27-6

ペースメーカが、刺激パルスを出力した後や P 波や R 波を検知した後の一定期間はセンシングを無視したり刺激を抑制する仕組みになっており、この期間を不応期と呼ぶ (このような性質は心筋細胞にも見られ、活動電位の早い時期はいかなる刺激にも再興奮しない)。ペーシングレートを高くするとペーシング間隔が短くなるので不応期も相対的に短くしなければならない。したがって、不応期の時間間隔は可変できる仕様になっている。不応期が短すぎるとペーシングに続いて起こる R 波や T 波を誤って検知してオーバーセンシングの原因となる。逆に不応期が長すぎると P 波や R 波を検知できないでアンダーセンシングを起こす。

- 1) 正しい。
- 2) 不応期はパルスの時間間隔に関する機能でパルス振幅とは無関係である。
- 3) 正しい。
- 4) 正しい。
- × 5) 抑制型にも不応期の機能は必要である。

第5回午後の部

【問題 B 28】 レーザ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. Nd:YAG レーザの光は赤色に見える。
- b. 炭酸ガスレーザーに、Nd:YAG レーザ用の光ファイバを流用することができる。
- c. Nd:YAG レーザに対しては、一般のガラス眼鏡で目を防護することができる。
- d. 内視鏡下で、Nd:YAG レーザを用いる場合は、保護用の眼鏡は必ずしも必要でない。
- e. 炭酸ガスレーザー光は水に良く吸収されるため、保護したい部位を水に濡らしたガーゼなどで覆えば良い。

- 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】 ③9=10)

【解説】

- × a. Nd:YAG レーザの波長は $1.06\ \mu\text{m}$ で近赤外光であるのでヒトの目には見えない。
- × b. Nd:YAG レーザの導光用ファイバは石英ガラス製で使用できる波長は $2\ \mu\text{m}$ までである。一方、炭酸ガスレーザーの波長は $10.6\ \mu\text{m}$ (遠赤外光) であるので石英ファイバを流用できない。
- × c. 一般のガラス眼鏡は Nd:YAG レーザ光を透過させるので専用の眼鏡が必要である。炭酸ガスレーザーであれば一般的なガラス眼鏡で保護できる。
- d. レーザ内視鏡のレーザー光は導光用ファイバを介して直接体腔内に導かれ、体外に漏れることはないので保護眼鏡の必要はない。
- e. 炭酸ガスレーザーは水により強く吸収されるので、保護したい部位を水で濡らしたガーゼで覆うだけで良い。

第5回午後の部

小論文試験問題

医療機器・システムに関するコンピュータの2000年問題として、起こり得る問題点とその対策法について、あなたの考えを600字以上1200字以内にまとめよ。

ただし、600字に満たない論文は不合格となる。