

【問題 1】 ある濃度の希硫酸 20 mL と濃度が 0.12 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 5.0 mL が過不足なく中和した。希硫酸の濃度は何 mol/L か。数値を解答欄 に記入せよ。[5]

【正解】 ④ 0.015 mol/L

【解説】 酸と塩基が、その性質をたがいに打ち消し合う反応を中和という。酸が塩基に与えることができる H^+ の物質量と、塩基に含まれる OH^- の物質量とが等しいとき、酸と塩基は過不足なく反応することとなる。

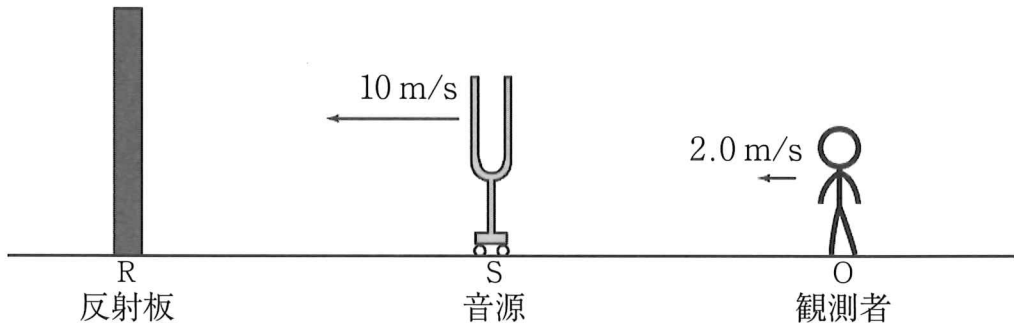
硫酸 H_2SO_4 は二価の酸、また、水酸化ナトリウム NaOH は一価の塩基である。したがって、1 mol の硫酸は、2 mol の H^+ を塩基に与えることができる。一方、1 mol の水酸化ナトリウムは、1 mol の H^+ を酸から受け取ることができる。以上から、1 mol の H_2SO_4 と 2 mol の NaOH とが過不足なく中和することになる。

希硫酸の濃度を x mol/L とおくと、中和点においては次式が成り立つ。

$$2 \times x \text{ mol/L} \times \left(\frac{20}{1000} \right) \text{ L} = 1 \times 0.12 \text{ mol/L} \times \left(\frac{5.0}{1000} \right) \text{ L}$$

よって、 $x = 0.015 \text{ mol/L}$

【問題 2】 図のように静止した反射板 R に向かって観測者 O は速さ 2.0 m/s で、音源 S は振動数 500 Hz の音を出しながら、速さ 10 m/s で移動している。音速を 340 m/s とし、下記の条件において、O が観測する音について空欄にあてはまる数値を解答欄 、 に記入せよ。ただし、S は、O と R を結ぶ直線上を観測者と同じ方向に動くものとする。



(1) S から O に直接届く音の周波数は Hz である。[3]

(2) (1) の音と反射してくる音により発生するうなりの周波数は Hz である。[2]

【正解】 489 29.6

【解説】 ドップラ効果

(1) 動いている観測者から音源が遠ざかる場合のドップラ効果に関する問題である。音は音速 340 m/s で観測者に近づく一方で音源は速さ 10 m/s で遠ざかるので、音の波長 λ_1 は、

$$\lambda_1 = \frac{340 + 10}{500} \text{ m}$$

となる。また、観測者が音源方向に 2.0 m/s で動いているので、求める周波数 f_1 は次のようになる。

$$f_1 = \frac{340+2}{\lambda_1} = \frac{340+2}{340+10} \times 500 = 489 \text{ Hz}$$

(2) 反射板に音源が速さ 10 m/s で近づくとともに音も音速 340 m/s で近づくと、反射板に届く音の波長 λ_2 は、

$$\lambda_2 = \frac{340-10}{500} \text{ m}$$

となる。よって、反射板に届く音の周波数 f_2 は、

$$f_2 = \frac{340}{\lambda_2} = \frac{340}{340-10} \times 500 \text{ Hz}$$

となる。反射板では、音の周波数に変化は起きないので、周波数 f_2 の音が観測者に向かってくることになる。反射板が f_2 の音源になったと考えると、観測者に向かう音の波長 λ_3 は、

$$\lambda_3 = \frac{340}{f_2} = \frac{340(340-10)}{340 \times 500} = \frac{340-10}{500} \text{ m}$$

観測者が音源によって 2 m/s で近づいているので、求める周波数 f_3 は、

$$f_3 = \frac{340+2}{\lambda_3} = \frac{340+2}{340-10} \times 500 \text{ Hz}$$

となり、観測者は f_1 と f_3 の差の周波数のうなりを聞くことになる。よって、求めるうなりの周波数 f は、

$$f = |f_3 - f_1| = \left| \frac{342}{330} - \frac{342}{350} \right| \times 500 = 29.6 \text{ Hz}$$

となる。

【問題3】 標準状態(0℃, 1 atm)で5.6 Lの二酸化炭素の質量は何gか。数値を解答欄 に記入せよ。ただし、気体定数を0.082 L·atm/(K·mol)とする。

[5]

【正解】 Ⓓ 11 g

【解説】 同じ数の分子を含む気体は、気体の温度と圧力が同じであれば、気体の種類に関係なく、同じ体積を占める。たとえば、標準状態において、酸素分子1 molの体積も、二酸化炭素分子1 molの体積もほとんど同じであり、22.4 Lとなる。このことから、問題における二酸化炭素の物質量は、0.25 molである。

上記は、理想気体の状態方程式から考えることもできる。

すなわち、 $pV = nRT$ より、二酸化炭素の物質量(mol)は

$$n = \frac{pV}{RT} = 1 \text{ atm} \times 5.6 \text{ L} / \{0.082 \text{ L} \cdot \text{atm} / (\text{K} \cdot \text{mol}) \times 273 \text{ K}\} = 0.25 \text{ mol}$$

と求まる。二酸化炭素 CO_2 の分子量44より、求める二酸化炭素の質量は

$$0.25 \text{ mol} \times 44 = 11 \text{ g}$$

となる。

【備考】

以下の元素の原子量は記憶すること。

水素 H 1 炭素 C 12

窒素 N 14 酸素 O 16

また、原子番号20のCaまでは周期表配列を覚えておくこと。

【問題 4】 放射線について誤っているのはどれか。番号を解答欄 ① にマークせよ。[5]

- a. アルファ線はヘリウムの原子核の流れである。
- b. 陽電子と電子が衝突すると光子が放出される。
- c. 原子核からガンマ線が放射されると原子番号が変わる。
- d. ウランの核分裂により中性子線が発生する。
- e. エックス線は密度の高い物質ほど透過しやすい。

- 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】 ① 9)

【解説】 各種放射線に関する問題である。

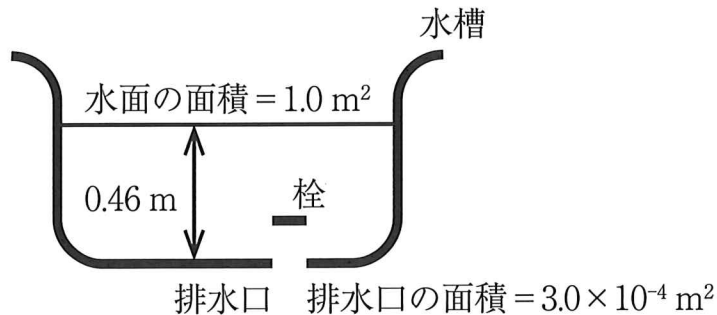
- a. アルファ線は陽子 2 個と中性子 2 個からなる粒子放射線で、その実体はヘリウムの原子核である。
- b. 陽電子(positron)は電子(electron)の反物質であり、両者が衝突するとエネルギーとしての光子に変わる。陽電子を放出する放射性同位体(RI)を体内に注入し、対消滅によって放出された光子(ガンマ線)を検出することによって、体の断層画像を得るのが PET(Positron Emission Tomography: 陽電子放射断層撮像法)である。
- × c. ガンマ線は電磁放射線の一種であり、放出されても原子核の構成に変化はない。ガンマ線は、ガンマカメラ、PET、SPECTなどの核医学診断装置の検出対象として利用されている。
- d. ウランが核分裂する際には中性子線が放出される。原子力発電に用いられている核分裂反応では、 ^{235}U に中性子を 1 つ吸収させることによって不安定な状態にし、核分裂を生じさせている。核分裂したウランからは複数の高速中性子が放出され、放出された高速中性子が他の ^{235}U に衝突することによって核分裂連鎖反応が起きるため、その際に発生するエネルギーを発

電に利用している。

- × e. エックス線は密度の高い物質での吸収が大きい。エックス線 CT では、臓器によるエックス線吸収の差を画像化している。

【問題 5】 図の様に水を 0.46 m 入れた水槽がある。水を捨てるために排水口の栓を抜いた直後に排水口から流れ出す水の平均流速はおよそどれほどか。番号を解答欄 ② にマークせよ。ただし水の粘性は無視するものとする。[5]

- 1) 0.15 2) 0.95 3) 2.1 4) 3.0 5) 9.0



【正解】 ② 4)

【解説】 湯の水面を 1, 排水口部を 2 としてベルヌーイの式に当てはめると,

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1^2 + P_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2^2 + P_2$$

ここで水面の面積は広いので水面の速度 $v_1 = 0$ 。また $P_1 = P_2 =$ 大気圧となるので、上の式は

$$\rho g h_1^2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2^2$$

となる。従って求める流速 v_2 は

$$v_2 = \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$

となり, $h_1 - h_2 = 0.46[\text{m}]$ なので

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot 9.8 \cdot 0.46} = 3.0[\text{m/s}]$$

となる。

[備考]

この問題は試験実施中に以下のように修正がなされた。

【誤】

【正】

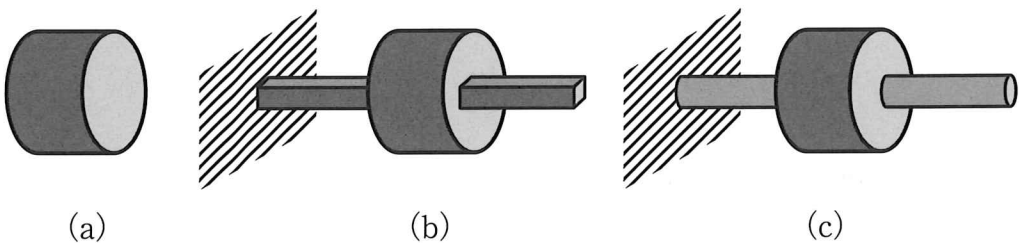
2 行目：平均流速はおよそどれほどか。→ 平均流速[m/s]はおよそどれほどか。

【問題 6】 文中の空欄に当てはまる数値はどれか。番号を解答欄 , にマークせよ。[3×2=6]

下図(a)のような拘束のない円柱部品の自由度は6である。(b)のように円柱に角穴をあけて固定した角棒に通した場合を考える。このとき、角棒の自由度は0、円柱の自由度は となる。また、(c)のように円柱に丸穴をあけて固定した丸棒に通した場合は、円柱の自由度は となる。

ただし、物体は全て剛体とみなし、棒と穴には運動に影響するような大きな摩擦は無く、がたつきもないものとする。

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

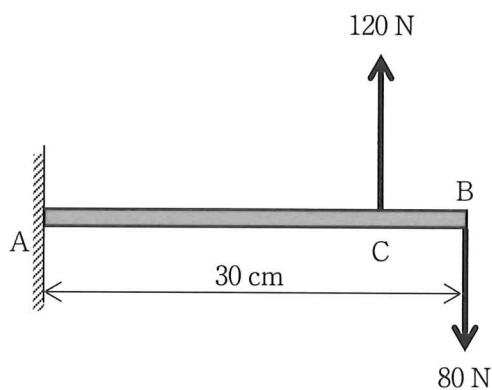


【正解】 ③ 1) ④ 2)

【解説】 自由度とは「ある物体を動かすことができる方向の数」である。3次元空間では、単一の機械要素(エレメント、機素)(図(a))の運動は、並進3自由度と回転3自由度の合計6自由度で表すことができる。図(b)の円筒が動くことができるのは軸に沿った方向のすべりのみで1自由度、(c)では軸周りに回転できるので1自由度が加わり、合せて2自由度である。

なお、機構学では自由度を考える場合、主に連結した二つのエレメント(ペア、対偶)の間の相対運動を考える。図(b)の場合は、1自由度の滑り対偶と呼ばれる。(c)では1自由度の滑りに加えて軸周りの回転の1自由度の回り対偶、合計で2自由度の対偶(2自由度の平面对偶に分類される)となる。

【問題7】 図に示すような左端Aが固定された長さ30 cmの片持ち梁(はり)がある。はりの右端Bにおいて下方向に80 N、はり上の点Cにおいて上方向に120 Nの力で引くと、左端Aにおける曲げモーメントが0となる。このときBC間の距離は何 cmか。数値を解答欄 に記入せよ。ただし、はりの重さは無視するものとする。[4]



【正解】 ㊦ 10

【解説】 モーメントのつり合いに関する問題である。

A点周りのモーメントについて、時計回りを正とすれば、つり合いの式は以下のようなになる。

$$80 \times 0.3 - 120 \times AC = 0 [\text{Nm}]$$

この式より AC が 0.2 m (20 cm) であると求まるので、BC は 10 cm となる。

【問題 8】 最も低い圧力を示しているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) 1 kgf/cm²
- 2) 1 mmHg
- 3) 1 cmH₂O
- 4) 1 atm
- 5) 1 kPa

【正解】 ⑤ 3)

【解説】 圧力についての単位換算が出来るかどうかを問う問題である。

全ての値を Pa で表記すると以下の様になる。

- 1) $9.8 \times 10^4 \text{ Pa}$
- 2) 133 Pa
- 3) 98 Pa
- 4) $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$
- 5) $1 \times 10^3 \text{ Pa}$

【備考】

mmHg の単位換算には水銀の密度 ($13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) を覚えておく必要があるが、是非とも「1 mmHg = 133 Pa」と覚えてほしい。

【問題 9】 電子素子の説明で、すべて正しい組み合わせはどれか。番号を解答欄

⑥ にマークせよ。[6]

	電子素子名	半導体の構造	動作	動作特徴
a.	ツェナーダイオード	PN 接合	逆バイアスで使用 する	定電圧特性
b.	発光ダイオード	化合物の PN 接合	インコヒーレン ト光の放出	電氣的に対称 (性)
c.	半導体レーザ	Si の PN 接合	順方向バイアス で動作	コヒーレント 光の放出
d.	フォトダイオード	PN 接合	逆バイアスで動 作	光で電圧を制 御
e.	バリスタ	非晶質	電圧上昇で抵抗 値が低下	電氣的に対称 (性)

- 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 4)

【解説】 電子素子としての半導体ダイオードは、主な使用目的により、電源回路で使用される「整流用ダイオード」、小信号のスイッチング用の「スイッチングダイオード」、定電圧電源回路などで使用される「ツェナーダイオード(定電圧ダイオード)」、光の放出(発光)を利用する「発光ダイオード(LED)」、半導体レーザ装置に使用する「レーザダイオード(LD)」などがある。これらは半導体材料を PN 接合させた構造となっている。また、光半導体素子の PN 接合部に光を照射して電流や電圧を発生する受光素子として使用する「フォトダイオード」がある。また、電圧によって PN 接合部(空乏層)の厚みが増減し、コンデンサ容量可変する「可変容量ダイオード(バリキャップ)」などがある。他に、ダイオードでないが 2 つの電極を持つ半導体素子で、両端子間の電圧を高くすると急激に電気抵抗が低く

なる性質を持つ「バリスタ(variable resistor)」などがある。これらの半導体素子の材料には、シリコン(Si)、ゲルマニウム(Ge)やガリウム・ヒ素(GaAs)などの複合半導体(化合物半導体)のほか非直線性抵抗特性を持つ半導体セラミックスなどがある。また、半導体素子は、使用目的とするダイオードなどの種類名称によって、その動作(動作原理)と電気的特性や発光・受光特性が異なる。

電子素子は ME 機器等様々な場面で使用されているから、素子の特性を理解し適正に使用されることが望まれるところである。

本問題については、問題の「表」に不適切(問題の意図が曖昧)な点があるので下表のとおり訂正した。以下、下表に基づき解答解説することとする。

【問題 9】の表を一部訂正した(網掛け部分を訂正)

	電子素子名	半導体の構造	動作	特性
a.	ツェナーダイオード	PN 接合	逆バイアスで使用する	定電圧特性
b.	発光ダイオード	化合物の PN 接合	逆バイアス電流で動作	インコヒーレント光の放出
c.	半導体レーザ	Si の PN 接合	順方向バイアスで動作	コヒーレント光の放出
d.	フォトダイオード	PN 接合	逆バイアスで動作	光で電圧を制御
e.	バリスタ	非晶質	電圧上昇で抵抗値が低下	電気的に対称特性(非直線性特性)

- a. ツェナーダイオード(Zener diode)は、PN 接合に逆バイアスを加えると、ある一定の電圧を超えると急激に電流が流れる(降伏現象 breakdown：ツェナー降伏)動作を利用した定電圧ダイオードで、一定の電圧(リファレンス)を得る目的で作られた半導体素子である。
- × b. 発光ダイオード(LED)は、化合物半導体(複合半導体：GaP, GaAsP など)の PN 接合構造の半導体素子で、順方向電流で発光する。このとき放出する光は、半導体の種類構造により発光波長は多様であるが、自然光と同様

のインコヒーレント光である。また、発光ダイオードは PN 接合構造であるため逆方向電流は流れず、光の放出は起こらない。したがって、逆バイアス電流では動作しない。また、発光ダイオードは、GaAlAs 化合物半導体の PN 接合半導体素子で、電流は一方方向(P から N の方向)のみの電流が流れる非線形素子であるため、電氣的に対称(性)はない。

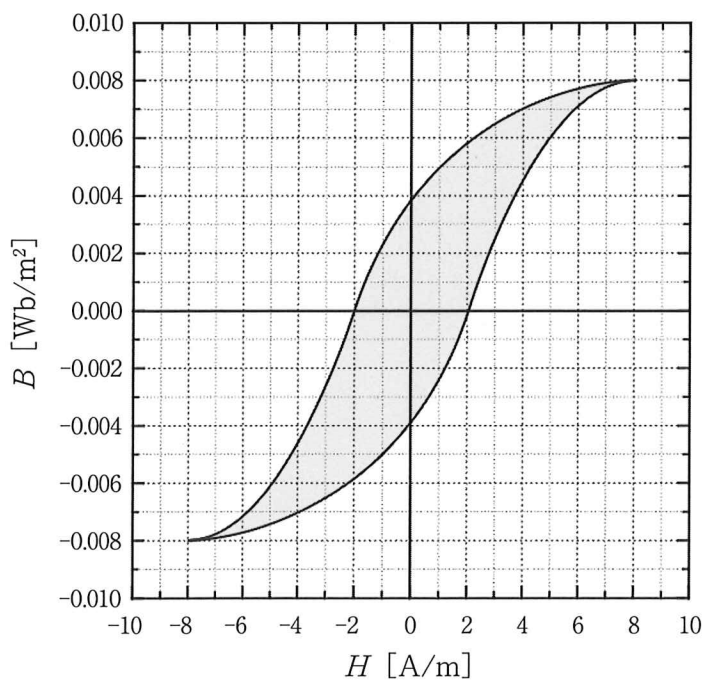
- × c. 半導体レーザ(LD)は、発光ダイオードと同様 GaAlAs 化合物半導体材料を用いた PN 接合部に順方向電流(キャリア注入)により誘導放出による増幅した光を放出し、さらに半導体結晶の劈開面(両面)で光共振器を構成し、光共振によって単一波長となった出力光が放出される。このとき放出される光は極めて干渉性の高いコヒーレント光である。半導体レーザ素子は、一般的な半導体材料であるシリコン Si やゲルマニウム Ge など間接遷移型半導体では、電子と正孔が再結合するときに光は放出されにくいために使用できない。半導体構造欄の「Si の PN 接合」は間違いである。
- × d. フォトダイオード(PD)は、シリコン(Si)などの PN 接合部に逆バイアスをかけて使用する。このとき、PN 接合部に光を照射すると光子エネルギーによって電子とホールのが発生することで電流や電圧の発生利用する受光素子で、光の強弱の変化を精密に検出する光センサとして使用される。フォトダイオードは光起電力特性を利用するもので、特性欄の「光で電圧を制御する」は誤りである。
- e. バリスタ(varistor)は、金属酸化物非晶質半導体で構成し、ある一定の高電圧を加えると電流が急激に増加(急激に抵抗が低下)する特性を持っており、名称から variable resistor の意味で、非直線性抵抗素子の意味である。バリスタは非結晶で PN 接合構造を持たないため電氣的には極性はない。過電流防止用素子として使用される。

[備考]

*この問題は、問題の表に不適切(問題の意図が曖昧)な点があり、解答が困難と思われる点があり、不適切問題として配点に加わっておりません。受験者の合否には影響しませんが、今後の教育的観点で一部下表のとおり訂正し、総合的に解説を加えたものです。(出題者)

【問題 10】 鉄心に巻いたコイルに 60 Hz の正弦波交流を加えて、1 周期分の磁界 H と磁束密度 B の関係を調べたところ、図のようなヒステリシス曲線が得られた。この曲線内の面積が 0.05 J/m^3 を表わすとき、鉄心で失われる単位時間、単位体積あたりのエネルギー $[\text{W/m}^3]$ はいくらか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 0.05
- 2) 0.3
- 3) 0.5
- 4) 3
- 5) 5



【正解】 ⑦ 4)

【解説】 鉄心に巻いたコイルに交流電流を加えると鉄心を磁化させる際にエネルギー損失が起こる。そのエネルギー損失は、磁性体(鉄心)のヒステリシス曲線で囲まれた面積に相当する。

一回のヒステリシス曲線で失われるエネルギーは図の場合、 0.050 J/m^3 である。60 Hz の正弦波交流を加えた場合、1 秒間あたりに 60 回のヒステリシス曲線が描かれることになるので、単位時間、単位体積あたりのおよそのエネルギー損失は、

$$E = 0.05 \times 60 = 3 \text{ W/m}^3$$

となる。実際の変圧器などでは、このようなエネルギー損失が起こり、一部が熱エネルギーに変わって失われる。

【問題 11】 図 1 に示す回路で、図 2 の入出力特性をもたせたい。図 1 中の抵抗 R の値はいくらにするべきか。解答欄 に単位とともに記入せよ。ただし、オペアンプの入力抵抗および固有の増幅度は十分に大きく、また、出力電圧の上限、下限を $\pm V_s$ とする。[6]

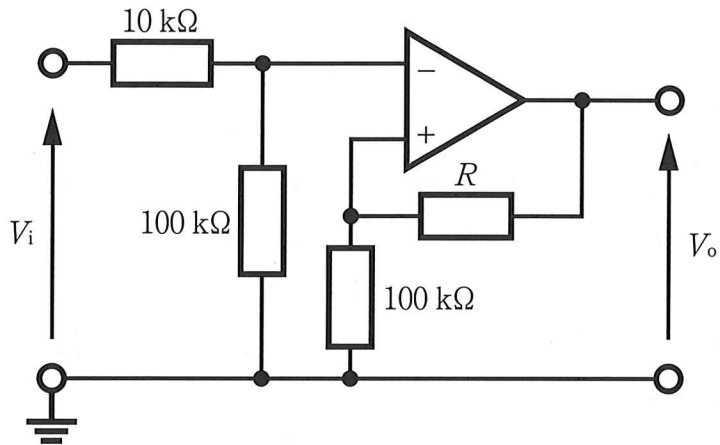


図 1

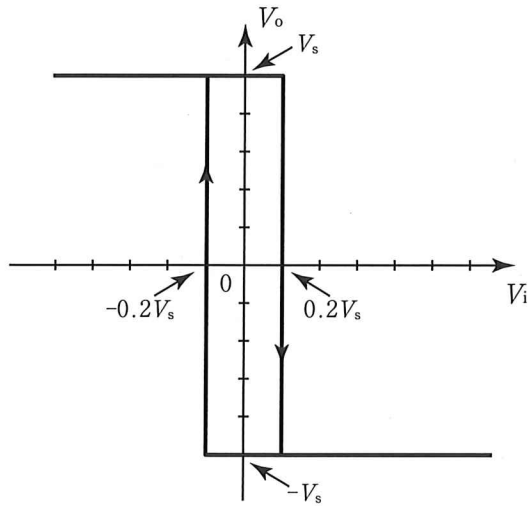


図 2

【正解】 ㊦ 450 kΩ

【解説】 シュミットトリガの基本的な問題である。シュミットトリガは、零交差信号など、アナログ信号の電圧値と特定の信号電圧基準値との差異が正か負かを 2 値化してパルス信号を作成する回路で、安定状態として出力は $\pm V_s$ の 2 値しかとり得ない。多くの場合に、信号には増幅素子や伝送系で生ずる低レベルの雑音が含まれるので、その影響を防ぐために問題中の図 2 のように特定の基準値の周囲に不感帯を置く。厳密には不感帯は 2 値化に悪影響を及ぼすが、これが無いと信号に含まれる雑音の影響でシュミットトリガの動作が不安定になるので、アナログ回路では妥協できる範囲で不感帯を設定する。ただし、不感帯の導入は、瞬間的に混入する高振幅のパルス性雑音には全く無力である。他方、デジタル信号に於いても伝送系での低レベル雑音の混入を除くために不感帯を比較的広くとったシュミットトリガがよく用いられる。ちなみにアナログ時代の医用工学に於いて、心電図や脳波のアナログ信号処理のためにシュミットトリガがしばしば活用された。名前の由来となったシュミット氏は医用電子工学のパイオニアの一人である。

問題中の図 1 に示されるオペアンプの入力側、(-)入力を基準とした(+)入力の電圧 ΔV_i が負から正に、または正から負に零をよぎるたびにオペアンプの出力 V_o は $-V_s$ から $+V_s$ に、または $+V_s$ から $-V_s$ に反転する。図 1 のシュミットトリガの場合、基準値は 0 であって、出力 V_o が入力信号 V_i の正負のみを示すので、信号の符号検出回路と言ってもよく、出力 V_o を零交差信号と言うことがある。図 1 の回路の初期状態を $V_o = +V_s$ とした場合($V_o = -V_s$ から始めても全く同様である)、抵抗素子の単位を kΩ とすると、オペアンプの(+)入力にかかる電圧は、図 1 より

$$\left\{ \frac{100}{(100+R)} \right\} \cdot V_s \dots\dots\dots (1)$$

(-)入力にかかる電圧は、図 1 より

$$\left(\frac{100}{110} \right) \cdot V_i \quad (\text{ただし図 2 より } V_i < +0.2 V_s) \dots\dots\dots (2)$$

従って、

$$\Delta V_i = \left\{ \frac{100}{(100+R)} \right\} \cdot V_s - \left(\frac{100}{110} \right) \cdot V \dots\dots\dots(3)$$

$V_i > +0.2 V_s$ になると $\Delta V_i < 0$ となり、オペアンプの出力は $+V_s$ から $-V_s$ へと反転する。

$$V_i = +0.2 V_s \dots\dots\dots(4)$$

が反転の境界で、このとき

$$\Delta V_i = 0 \dots\dots\dots(5)$$

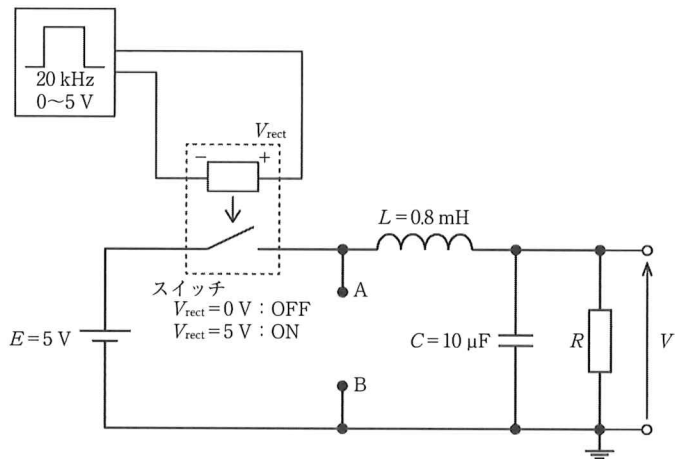
となり、図 2 の入出力特性の右肩に相当する。(3), (4), (5) より V_i , V_s を消去すれば、

$$R = 450(\text{k}\Omega) \dots\dots\dots(6)$$

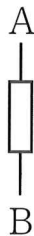
と求まる。

なおシュミットトリガの基本要件では、オペアンプの(-)入力側の抵抗 $10 \text{ k}\Omega$ と $100 \text{ k}\Omega$ は不要だが、実用回路ではオペアンプの入力に過大電圧がかかったときの保護のために抵抗を入れることが多い。

【問題 12】 下図の回路は、直流電圧 E を方形波形 V_{rect} に基づいて低下させた直流電圧 V に効率よく変換する回路である。A-B 間に適当な素子を追加してコイル L に一定方向の電流を流し続けることで、よりリップルの少ない出力電圧 V が得られる。その素子として最も適切なものはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。各素子は理想的な特性とし、回路は定常状態にあるとする。[6]



1) 抵抗



2) ダイオード



3) ダイオード



4) 定電圧ダイオード
(ツェナー電圧は 5 V 未満とする)



5) 定電圧ダイオード
(ツェナー電圧は 5 V 未満とする)



【正解】 ⑧ 3)

【解説】 直流電圧の電圧値を変える DC-DC コンバータでは高周波発振回路とスイッチング回路で入力直流電圧を ON-OFF して矩形波を作り、コイル L とコンデンサ C による低域通過フィルタで平滑化して直流に戻す。矩形波のデューティ比 $\frac{(\text{ON 時間})}{(\text{ON 時間} + \text{OFF 時間})}$ で出力の直流電圧値を選択できる。

スイッチが ON すると、コイル L には左から右に電流が流れる。しかし、スイッチが OFF では、回路が開いてコイル L に電流は流れない。この状態の変化に伴って V にはリップルが発生する。

ただし、スイッチ OFF においても、スイッチ ON と同じ向きに電流が流れれば、スイッチ ON 期間でコイルに蓄積された電流(磁気的エネルギー)を負荷 R に供給できるので、リップルは低減する。

この問題では、所望の状態(コイル L の左から右に電流が流れ続ける)を作るために、端子 A-B 間に接続すべき素子を答える必要がある。

- × 1) 電気抵抗：電気抵抗を接続することで、所望の状態を作ることにはできるが、効率が低下する。選択肢の中では、適切とは言えない。
- × 2) ダイオード(上から下に電流が流れる)：所望の動作をしない。スイッチが ON ではダイオードに大きな電流が流れるため、効率が低下し、コイルには小さな電流が流れる。スイッチが OFF ではコイル-コンデンサダイオードの回路ができ、ダイオードでは上から下に電流が流れ、コイルでは右から左に電流が流れる。
- 3) ダイオード(下から上に電流が流れる)：スイッチが ON ではダイオードに電流が流れず、コイルに左から右に向かって電流が流れる。スイッチが OFF ではコイル-コンデンサダイオードの回路ができ、ダイオードでは下から上に電流が流れ、コイルでは左から右に電流が流れる。コイルに流れる電流の向きはスイッチ ON の時と同じである。
- × 4) 定電圧ダイオード(上から下に電流が流れる)：2) のダイオードと同様である。
- × 5) 定電圧ダイオード(下から上に電流が流れる)：ツェナー電圧が $5V$ 未満であるため、スイッチが ON では大きな電流がダイオードに流れ、効率が低

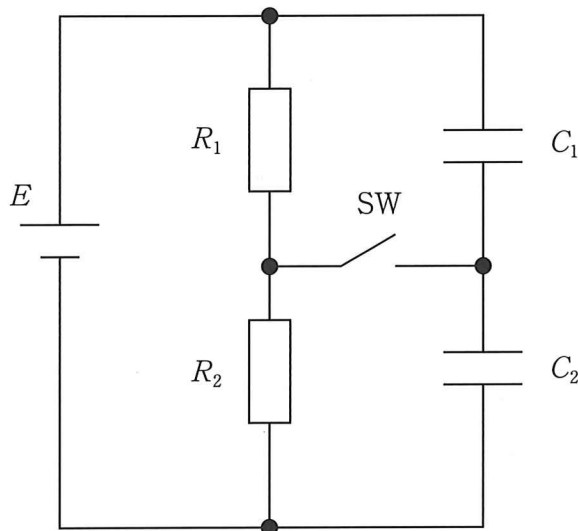
下する。1)の電気抵抗と類似した動作をする。選択肢の中では、適切とは言えない。

[備考]

通常、選択肢 2 や 4, 5 のように入力電圧とダイオードを接続することはない。これらのように接続するとダイオードや入力電圧側の回路を壊す可能性が高いためである。このような接続が必要な場合にはダイオードと直列に電気抵抗を挿入し、流れる電流を制限する。

【問題 13】 図の回路のスイッチ SW を OFF にした状態で，静電容量の同じ大きさのコンデンサ C_1 ， C_2 を充電した結果，それぞれ $500 \mu\text{C}$ の電荷が蓄えられた。その後 SW を ON にしたとき， C_2 に蓄えられている電荷の大きさはいくらになるか。番号を解答欄 にマークせよ。ただし， $E=5 \text{ V}$ ， $R_1=2 \text{ k}\Omega$ ， $R_2=3 \text{ k}\Omega$ とし，SW を ON にして十分な時間が経過したものとする。[6]

- 1) $200 \mu\text{C}$ 2) $300 \mu\text{C}$ 3) $400 \mu\text{C}$ 4) $500 \mu\text{C}$ 5) $600 \mu\text{C}$



【正解】 ⑨ 5)

【解説】 C_1 と C_2 を直列接続したときの合成容量を C_{all} とすると， C_1 ， C_2 に蓄えられる電荷 Q_1 ， Q_2 ，および C_{all} に蓄えられる Q_{all} は等しい。

したがって，

$$Q_{\text{all}} = Q_1 = Q_2 = 500 [\mu\text{C}]$$

である。 $Q_{\text{all}} = C_{\text{all}} \times E$ であるから，

$$C_{\text{all}} = \frac{Q_{\text{all}}}{E} = \frac{500 [\mu\text{C}]}{5 [\text{V}]} = 100 [\mu\text{F}]$$

である。

また, $C_{\text{all}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)}$ で, $C_1 = C_2$ であるから, $C_{\text{all}} = \frac{C_1}{2}$ である。

したがって,

$$C_1 = C_2 = 2 \times C_{\text{all}} = 2 \times 100[\mu\text{F}] = 200[\mu\text{F}]$$

となる。

スイッチ SW を入れる前に R_2 にかかる電圧 V_2 は,

$$E \times \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) = 5[\text{V}] \times \left(\frac{3 \text{ k}}{(2 \text{ k} + 3 \text{ k})}\right) = 3[\text{V}]$$

である。

スイッチ SW を入れると, この電圧 V_2 が C_2 にかかる。

このとき,

$$C_2 \text{ に蓄えられる電荷 } Q_2 = C_2 \times V_2 = 200[\mu\text{F}] \times 3[\text{V}] = 600[\mu\text{C}]$$

となる。

[出題の意図]

電気容量の大きな電気二重層コンデンサが普及している。コンデンサの基本的な計算ができることを求める問題である。

【問題 14】 図(a)の交流回路を図(b)のような等価回路に書き換えて，鳳-テブナンの定理によって回路を解析せよ。ただし，図(a)の交流電源の実効値 $E = 100 \text{ V}$ ，抵抗 $R_1 = 20 \Omega$ ，抵抗 $R_2 = 80 \Omega$ ，抵抗 $R_3 = 20 \Omega$ とする。

(1) 等価回路の交流電源の実効値 $E_0[\text{V}]$ はいくらか。番号を解答欄 にマークせよ。[2]

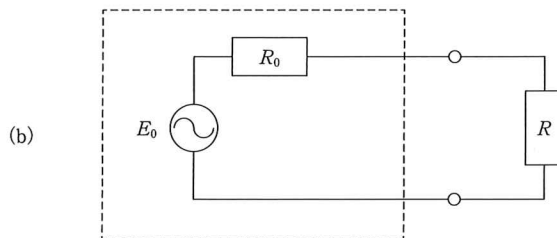
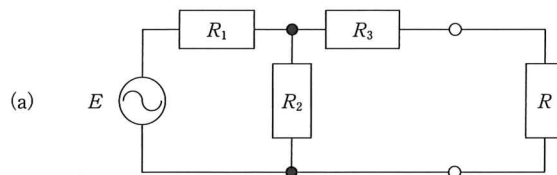
- 1) 20 2) 40 3) 60 4) 80 5) 100

(2) 等価回路の抵抗 $R_0[\Omega]$ はいくらか。番号を解答欄 にマークせよ。[2]

- 1) 11 2) 20 3) 36 4) 80 5) 100

(3) 負荷 R に流れる電流が 1.6 A であった。負荷 $R[\Omega]$ はいくらか。番号を解答欄 にマークせよ。[2]

- 1) 5 2) 14 3) 48 4) 50 5) 63



[正解] ⑩ 4) ⑪ 3) ⑫ 2)

[解説] 鳳-テブナンの定理は、電源や抵抗が複数存在する複雑な回路網を、内部抵抗のある電源として簡単な等価回路に変換するための定理である。問題図(a)および(b)の端子から左側の回路は、負荷 R から見て等価(供給される電圧、電流が等しい)である。

(1) 等価回路の電源電圧 E_0 は、変換前の回路の端子解放電圧(負荷を切り離れた時の端子間電圧)と等しい。

図(a)より、 $E = 100 \text{ V}$ は R_1 と R_2 で分圧され、このうち端子解放電圧は R_2 の両端電圧 $= 80 \text{ V}$ となる。

(2) 等価回路の内部抵抗 R_0 は、変換前の回路の端子間抵抗(負荷を切り離し、回路網に含まれる電圧源を短絡、電流源を開放したときの合成抵抗)と等しい。

図(a)において、交流電圧源 E を短絡させると、回路網の端子間抵抗は R_1 と R_2 の並列合成抵抗(16Ω)と R_3 との直列合成抵抗(36Ω)となる。

(3) 図(b)よりわかるように、等価回路を流れる電流 I は

$$I = \frac{E_0}{R_0 + R}$$

で求められる。 R について解くと 14Ω となる。

【問題 15】 論理変数 A と B に対する排他的論理和 $A \oplus B$ の真理値表を示す。排他的論理和を表す論理式はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

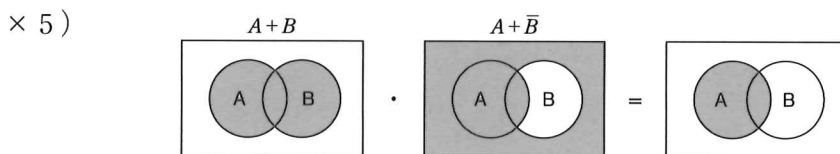
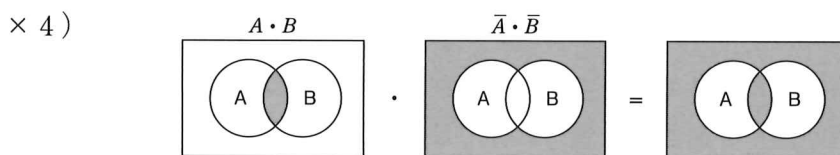
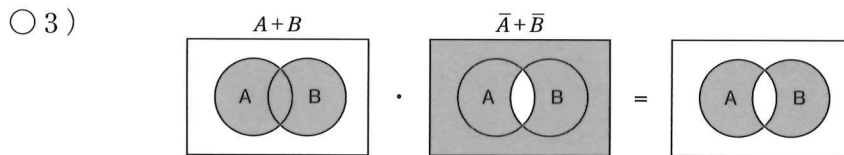
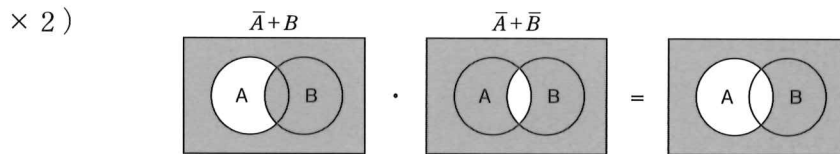
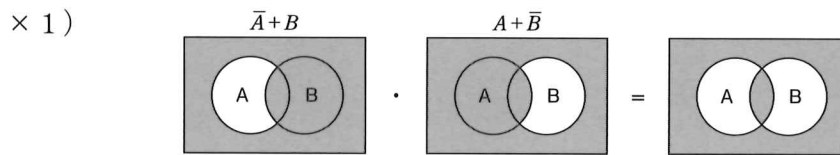
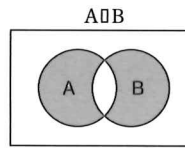
A	B	排他的 論理和
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

- 1) $(\bar{A} + B) \cdot (A + \bar{B})$
- 2) $(\bar{A} + B) \cdot (\bar{A} + \bar{B})$
- 3) $(A + B) \cdot (\bar{A} + \bar{B})$
- 4) $(A \cdot B) + (\bar{A} \cdot \bar{B})$
- 5) $(A + B) \cdot (A + \bar{B})$

【正解】 ⑬ 3)

【解説】 排他的論理和(exclusive or, 又は XOR)とは, 論理演算の一つで, 二つの命題のいずれか一方のみが真のときに真, 両方が真, または両方が偽のときは偽となる。論理回路や 2 進数の数値においては, 二つの入力のうち片方のみが 1 であるときのみ出力が 1 となり, 両方 1 や両方 0 の場合は 0 となる。論理回路では記号「 \oplus 」を用いて「 $A \oplus B$ 」のように表す。ベン図では次頁図のようになる。

第 21 回午前の部



【問題 16】 パリティビットについて誤っているのはどれか。番号を解答欄

にマークせよ。[6]

- 1) XOR(排他的論理和)で作成される。
- 2) 誤り訂正機能がある。
- 3) 奇数と偶数の 2 種類がある。
- 4) RAID システムに応用されている。
- 5) 1 ビットのエラーを想定している。

【正解】 ⑭ 2)

【解説】 パリティビットとは、通信時の雑音混入やデータ損失により、送信時と受信時でビット列に差異がないかを調べるために付加されるビットのことである。機能としては、誤り検出符号である。

パリティビットは、そのデータ列に含まれる 1 の個数が奇数か偶数かによって、付加するビットが 0 か 1 かを決定する。具体的には、付加した後に偶数個になるのが偶数パリティ、奇数個になるのが奇数パリティである。

- 1) 複数入力の XOR は 1 の個数が奇数個の時に出力が 1 になる特徴があるので、データの各ビットの XOR を取ることで、パリティ(偶数パリティ)の値を調べることができる。
- × 2) 誤りを検出することはできるが、訂正する機能はない。
- 3) 前述のとおり、付加後の 1 の個数によって偶数パリティと奇数パリティの 2 種類がある。
- 4) RAID 3 以降では、分散して書き込まれるデータについて、データ同士の XOR をとった結果をパリティとして同時に保存することで、データに冗長性をもたせている。これによりドライブの破損時に、対応するデータとパリティの XOR を取ることでデータの復元を可能としている。
- 5) 偶数個のビットでデータの反転が起こった場合、1 の個数の奇偶が変化しないため、パリティビットでは誤りを検出することができない。1 つのパリティビットで誤りを検出できるのは奇数個のデータの反転に対してのみ

であり、データ損失が頻繁に起こる通信路では意味をなさない。パリティビットが有効なのは、データ損失がほとんど起こらず、発生してもデータ列に対して 1 ビットのみという通信路である。

【問題 17】 Unicode について正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 7 ビットの文字コード体系である。
- b. 絵文字が定義されている。
- c. 符号化方式 UTF-16 は ASCII と下位互換である。
- d. 符号化方式 UTF-8 はインターネットで多く利用されている。
- e. ANSI(米国国家規格協会)で標準化されている。

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

【正解】 ⑮ 6)

【解説】 Unicode は、米国の Unicode コンソーシアムにより策定され、後に国際標準化機構(ISO)によりその一部が ISO/IEC 10646 として標準化された。Unicode で用いられる文字符号化方式には UTF-7, UTF-8, UTF-16, UTF-32 などがある。

- × a. 当初、すべての文字を 16 ビット(2 バイト)で策定(UCS-2)されたが、現在では 31 ビット(4 バイト)の UCS-4 で定義されている。
- b. Unicode 6.0.0(2010 年)で絵文字、Unicode 6.0.0(2015 年)で顔文字が追加定義された。
- × c. UTF-8 は ASCII に対して上位互換となっている。
- d. 文字符号化方式のうちインターネットでは UTF-8 が広く利用されている。
- × e. Unicode コンソーシアムにより策定され、現在はその一部が ISO/IEC 10646 として標準化され、日本では JIS X 0221 として JIS 規格に採用されている。

【問題 18】 暗号化／復号化で正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 暗号文を平文に戻すことを英語で encryption という。
- 2) 共通鍵暗号方式では暗号文と共通鍵を同時に送信する。
- 3) 公開鍵暗号方式では暗号化のための鍵と平文に戻すための鍵が異なる。
- 4) 電子署名には共通鍵暗号方式が用いられる。
- 5) 公開鍵暗号に DES(Data Encryption Standard)がある。

【正解】 ⑩ 3)

【解説】

- × 1) encryption は暗号化することを意味している。暗号文を平文に戻すことは decryption という。
- × 2) 共通鍵暗号方式ではあらかじめ共通鍵を送信し、その後、暗号文を送信するのが一般的である。暗号文と共通鍵を同時に送信することはセキュリティ上、適切な送信方法とは言えない。
- 3) 公開鍵暗号方式では秘密鍵と対となる公開鍵のプログラムをインターネットに公開し、文書を暗号化・復号化して送受信する方式である。作成者のみ秘密鍵を持ち、暗号化・復号化とも可能となる。第 3 者には復号化・暗号化は対となる公開鍵でのみ可能となる。
- × 4) 電子署名とは、誰が作成したものか、また、改ざんが行われていないかどうかを確認するためのものである。共通鍵暗号方式であれば、1 対 1 での通信となるため、電子署名は不要であるが、公開鍵暗号式のような複数の相手を対象にした通信では、その際に個人認証がわかる電子署名が同時に使われる。その具体例として、公開鍵暗号方式を利用した公開鍵基盤 (PKI)がある。
- × 5) DES は共通鍵暗号方式である。公開鍵暗号の代表例には RSA がある。

【問題 19】 ネットワーク機器で誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) レイヤ 3 スイッチはルータとレイヤ 2 スイッチの機能を併せ持つ。
- 2) ルータは受信パケットの宛先情報とルーティングテーブルの情報から経路制御を行う。
- 3) VLAN (Virtual LAN) はスイッチの内部で複数のネットワークに分割する機能を持つ。
- 4) ブロードキャストは同一サブネット内のネットワーク全体に送られる。
- 5) レイヤ 2 スイッチは入力信号を物理的に増幅する。

[正解] ⑰ 5)

[解説]

- 1) レイヤ 3 (L3) スイッチはルータとレイヤ 2 (L2) スイッチの機能を併せ持つ。L3 スイッチは、L2 スイッチとルータの機能をあわせ持ったネットワーク装置である。たとえば、L2 スイッチで VLAN (仮想 LAN) を用いてサブネット化した場合、異なる VLAN 間では直接通信を行うことができない。このためルータを用いて異なる VLAN 間でルーティング (VLAN 間ルーティング) することによって通信が可能となる。このように L2 スイッチとルータによる異なる VLAN 間の通信を 1 台の装置で実現したのが L3 スイッチである。
- ルータと L3 スイッチはルーティング (経路制御) の機能をもっているという点でそれほど違いはないが、ルータに比べてイーサネットのポートの数が多い、ルーティングをハードウェアで処理しているため高速に処理できるといったメリットがある。
- 2) ルータは異なるネットワークを接続する機能を持っている。ルータは受信パケットの宛先情報とルーティングテーブルの情報を参照してルーティングを行う。OSI 基本参照モデルでの第 1 層 (物理層) から第 3 層 (ネットワーク層) までの接続を担当する。ルーティングをソフトウェアで処理し

ている。大型のものをコアルータ、中規模のものをエッジルータ、家庭用はブロードバンドルータとよばれている。

- 3) VLAN (Virtual LAN : 仮想 LAN) は、複数のスイッチを用いた物理的な接続形態とは独立して、スイッチの内部で複数のネットワークに論理的に分割する機能を指す仮想的な LAN セグメントを作る技術である。VLAN は、ルータ、L3 スイッチと同じように L2 スイッチでも使用することができる。
- 4) ブロードキャストはネットワーク全体に送られるため、サブネットに分割することによって高速化できる。ホスト A と B が通信するためには、ホスト A は ARP リクエストをブロードキャストする必要がある。ARP (Address Resolution Protocol) は、IP アドレスから Ethernet の MAC アドレスの情報を得られるプロトコルである。ARP には、ARP リクエストと ARP リプライという 2 種類のパケットがある。ARP は、これら 2 種類のパケットを利用し、宛先となる IP アドレスを持つノードの MAC アドレスの情報を得る。ARP はホスト B だけでなくネットワーク全体に送られるため、無駄な受信パケットが飛び交うことになり、トラフィック (通信量) が増加する。そこで VLAN によりブロードキャストドメイン (イーサネットのブロードキャストパケットが届く範囲) を分割することによって、ホスト A からのブロードキャストは B だけが受信するようになり、各ホストの無駄な CPU 処理などを軽減できる。
- × 5) 入力信号を物理的に増幅するのはリピータである。リピータはネットワークにおいて、ケーブル上を流れる信号の再生および中継を行う機器で、OSI 参照モデルでいう物理層 (第 1 層) の中継機器である。

L2 スイッチは MAC アドレスを見てデータ行き先を制御する。L2 スイッチはスイッチのなかに MAC アドレスとポートの対応表 (MAC アドレステーブル) を持っていて、受信したイーサネットフレームの送信元 MAC アドレスを MAC アドレステーブルによって学習し蓄積していく。これによって各ポートに接続された端末情報は MAC アドレステーブルに蓄積される。そして宛先 MAC アドレスと MAC アドレステーブルに基づいて、

イーサネットフレームを転送する。MAC アドレスに基づいて適切なポートにのみイーサネットフレームを転送するため、対応するポートにだけ転送すればよいので、他のポートに接続された端末に影響を与えず、トラフィック(通信量)を減らすことができる。フレームは L2 通信で使われるデータの固まりの呼び名である。一方、パケットという呼び方は、L3 の通信で使われる。

【問題 20】 サーバ仮想化の説明として正しいのはどれか。番号を解答欄 ⑱ にマークせよ。[6]

- a. ハードディスクを仮想的にメモリとして利用する。
- b. コンピュータグラフィックスで仮想的な現実感を作り上げる。
- c. 1台のコンピュータ上で複数のサーバを仮想的に動作させる。
- d. 公衆回線を仮想的に専用回線として利用する。
- e. 1つの仮想化ソフトウェアの上で複数のサーバ OS を動かせる。

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

【正解】 ⑱ 9)

【解説】 サーバ仮想化とは、1台のコンピュータ上で複数のサーバを仮想的に動作させる技術である。この技術によって、物理サーバが保持する CPU・メモリ・ストレージ・ネットワークなどのリソースを複数のサーバで共有することができ、より効率的に物理リソースを使用することができる。さらにサーバを統合することにより、不要な物理サーバの削減によりコストを削減できる。

また、ネットワーク配線、CPU、メモリなどの従来の物理的資源の管理はソフトウェアによる管理に代わり、資源配分を需要に応じて柔軟に配分でき、管理負荷を軽減できる。

解答以外にも、複数のサーバを仮想的に単体として取り扱う技術もサーバ仮想化に含まれる。

- × a. ハードディスクを仮想的にメモリとして利用するのは、スワップというディスク上のメモリ代替機能である。
- × b. サーバ仮想化はコンピュータグラフィックス(CG)を駆使した視覚的な仮想現実を表しているのではない。
- c. 1台のコンピュータ上で複数のサーバを仮想的に動作させる技術が該当する。

- × d. これは VPN という仮想プライベートネットワークの説明である。
- e. サーバ機の上でまず仮想化ソフトウェアを動作させ、その上でサーバ OS を動かす。1 つの仮想化ソフトウェアの上で複数のサーバ OS を動かすことができる。これがサーバ仮想化の第 1 の特徴であり、メリットである。物理的なサーバ機は 1 台しかなくても、あたかも複数台のサーバ機があるかのような環境を仮想的に作り出すことができる。この仮想的に作り出されたコンピューティング環境の 1 つ 1 つを仮想サーバあるいは仮想マシンと呼ぶ。仮想サーバは OS とその上で動く 1 つあるいは複数のアプリケーションである。

【問題 21】 手術中に非接地配線方式の絶縁監視装置のアラームが鳴った。考えられるのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 接地極の接地抵抗が高くなっていた。
- b. 多くの医療機器が使用されていた。
- c. 接地分岐線が断線していた。
- d. 絶縁不良の機器が使用されていた。
- e. 許容消費電流値を超えていた。

- 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

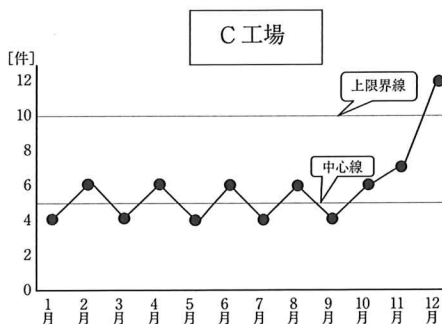
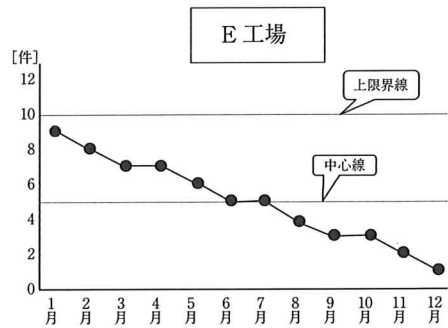
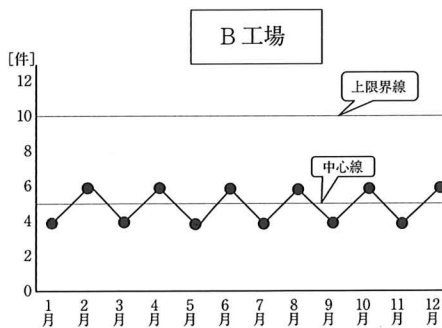
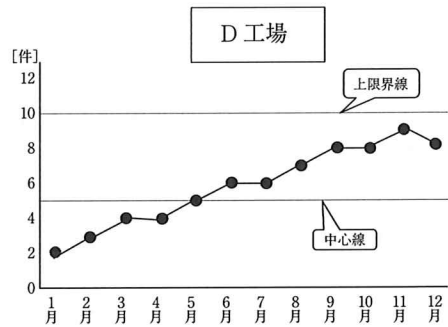
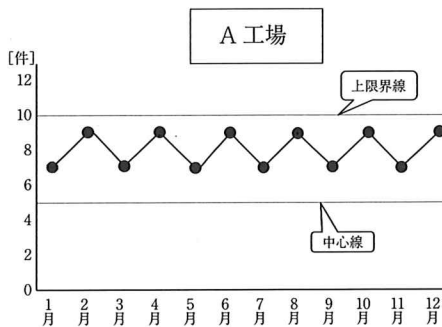
【正解】 ① 6)

【解説】 非接地配線方式の絶縁監視装置は対地絶縁抵抗が 50 kΩ 以下(潜在的な漏れ電流が 2 mA 以上)になったときにアラームが発生する。

- × a. 接地極の接地抵抗と絶縁抵抗は無関係である。
- b. 多くの医療機器が使用されていると、潜在的な合計接地漏れ電流が増えて 2 mA を超えることがあり、その場合は異常がなくてもアラームが発生する。
- × c. 接地分岐線が断線していても絶縁抵抗とは関係ない。
- d. 絶縁不良の機器等が使用されて絶縁抵抗が 50 kΩ 以下になると、アラームが発生する。
- × e. 許容消費電流値を超えたときは、絶縁監視装置ではなく、電流監視装置のアラームが発生する。

【問題 22】 ある同一の工業製品を 5 つの工場(A~E)でそれぞれ毎月 100 台生産している。毎月の不良品発生数(以下不良数とする)に関する管理図を以下に示す。中心線は前年の 5 つの工場での平均不良数(\bar{x})とし、上限界線は前年の 5 工場での不良数の標準偏差(σ)から求められる $\bar{x} + 3\sigma$ とする。改善の必要がないものは何件か。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 1件 2) 2件 3) 3件 4) 4件 5) 5件



〔正解〕 ㊟ 4)

〔解説〕 QC の手法の一つに折れ線グラフがあり中心線と限界線をグラフ中に引くことで改善活動を行うかどうかの判断を行うことが一般的に行われている。不良率の場合、数値が高くならないように品質をコントロールすることが重要であるので、上限界線を超えないように監視しなければならない。5つのグラフの中ではC工場のみが上限界線を超える不良率になったことを示しており改善の実施が必須である。A工場及びD工場については一見改善が必要にも見えるが、改善には一般的にコストもかかることもあり、必ずしも改善しないといけなはいは言い切れない。このことから必ずしも改善が必要ない工場は4工場となるので回答は4)4件になる。

参考までではあるがC工場の品質が改善された場合、翌年の中心線及び上限界線が下がるかもしれない。その場合、ほかの工場の不良率が上限界線を超えるかもしれない。このようにそれぞれの工場が切磋琢磨して品質向上を図ることは一般的に行われている。

【問題 23】 信頼性に関する用語とその意味についての組み合わせで誤っているのはどれか。番号を解答欄 ㉑ にマークせよ。[6]

- a. dependability……………アベイラビリティ性能及びこれに影響を与える要因、すなわち信頼性性能、保全性性能及び保全支援能力を記述するために用いる包括的用語
- b. capability……………与えられた定量的特性のサービス要求を満たすことができるアイテムの能力
- c. initial failure ……………使用時期や使用時間にかかわらずに、設計・製造上の欠点、使用環境の不適合によって起こる故障
- d. active redundancy………要求機能を遂行するために、すべての手段を順次動作するように意図された冗長
- e. gradual failure ……………アイテムの、与えられた特性が時間とともに徐々に変化することによって生ずる故障

- 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 8)

【解説】 JIS Z 8115:2000 デイペンダビリティ(信頼性)用語は、IEC 60050(191)を基に作成された日本工業規格である。内容は a)～o)の 15 区分、421 語で構成されている。この中から ME 技術者にとって必要と思われる用語(第 1 種 ME 技術実力検定試験テキストに掲載)がある。出題の問題は、a)～o)の 15 区分の中の、b)信頼性、c)故障、e)保全性、f)アベイラビリティ、h)設計の中から 5 つを抜粋して出題されている。

下記の出題用語(a～e)の「定義」、「対応英語」を参考に、問題選択肢の正・誤について解説する。

【出題の用語】 (第 1 種 ME 技術実力検定試験テキストより抜粋改変)

- a. 「用語」—デイペンダビリティ、「定義」—アベイラビリティ性能及びこれに影

響を与える要因，すなわち信頼性性能，保全性性能及び保全支援能力を記述するために用いる包括的な用語，「対応英語」—dependability

- b. 「用語」—ケーパビリティ，「定義」—与えられた内部条件の下で，与えられた定量的特性のサービス要求を満たすことが出来るアイテムの能力，「対応英語」—capability
- c. 「用語」—初期故障，「定義」—使用開始後の比較的早い時期に，設計・製造上の欠点，使用環境の不適合によって起こる故障，「対応英語」—initial failure, early failure
- d. 「用語」—常用冗長，「定義」—要求機能を遂行するために，すべての手段を同時に動作するように意図された冗長，「対応英語」—active redundancy
- e. 「用語」—経時変化故障(ドリフト故障)，「定義」—アイテムの，与えられた特性が時間とともに徐々に変化することによって生ずる故障(備考：この故障は，監視結果の調査によって予見されることもあるし，予防保全によって，ときには避けられる。)「対応英語」—gradual failure, (drift failure)

以上のことから，問題の選択肢の正，誤は以下のとおりとなる。

- a. dependability ……………解説とおり正しい。
- b. capability ……………解説とおり正しい。
- × c. initial failure, (early failure) ……初期故障を意味するので，「使用時期や使用時間にかかわらず」の部分が誤りである。
- × d. active redundancy ……………常用冗長を意味するもので，「すべての手段を順次動作」が誤りで，正しくは「すべての手段を同時に動作」するである。
- e. gradual failure, drift failure ……経時変化故障，ドリフト故障を意味するもので正しい。

【問題 24】 医療機器におけるイミュニティ試験と説明の組み合わせで誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

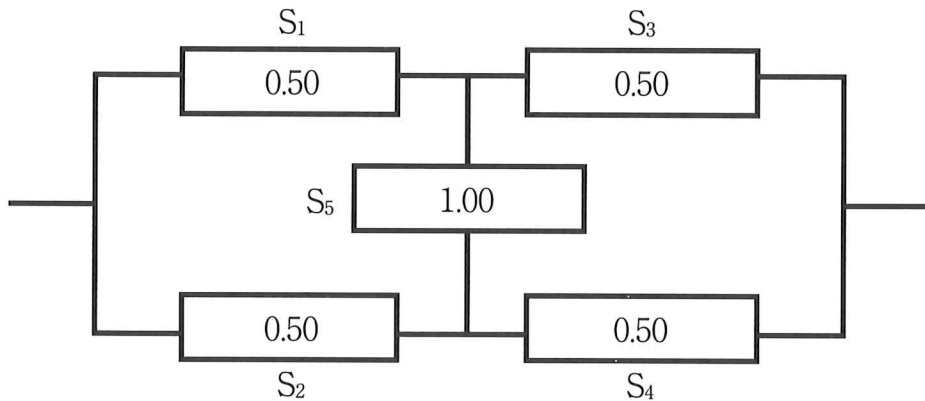
- 1) 静電気放電イミュニティ試験：
帯電した人体・物体からの静電気放電に対する耐性試験
- 2) サージイミュニティ試験：
雷や電力スイッチングに伴う妨害の影響を確認する試験
- 3) 電圧ディップ・瞬断及び電圧変動試験：
電源電圧の一時的な低下や停電の影響を確認する試験
- 4) 放射無線周波電磁界イミュニティ試験：
近傍の大型変圧器や電力ケーブルからの磁界の影響を確認する試験
- 5) 電氣的ファストトランジェント/バースト試験：
誘導性負荷のスイッチングなどによるパルス性の高周波妨害の影響を確認する試験

【正解】 ㉔ 4)

【解説】

- 1) 人体または物体が機器に接触または接近したときに発生する静電気放電(の許容値)で、誤動作または故障しないことを確認する試験である。
- 2) 電力システムのスイッチングや雷が原因で発生する、電力線または長距離信号線上の一方向のサージに対し機器が誤動作または故障しないことを確認する試験である。
- 3) 電源システムの故障または負荷の急変化によって起こる電圧ディップ、短時間停電及び負荷の連続的な変化によって起こる電圧変動に対して機器が復旧できることを確認する試験である。
- × 4) 放射イミュニティ試験ともよばれ、他の機器(無線送信機等)から放射される電磁波(の許容値)により機器が誤動作または故障しないことを確認する試験である。近傍の大型変圧器や電力ケーブルからの 50/60 Hz の磁界の影響を確認する試験は、電源周波数磁界イミュニティ試験である。
- 5) 誘導性負荷の開閉、リレー接点のチャタリングによる妨害を受けた場合の妨害耐性を確認する。

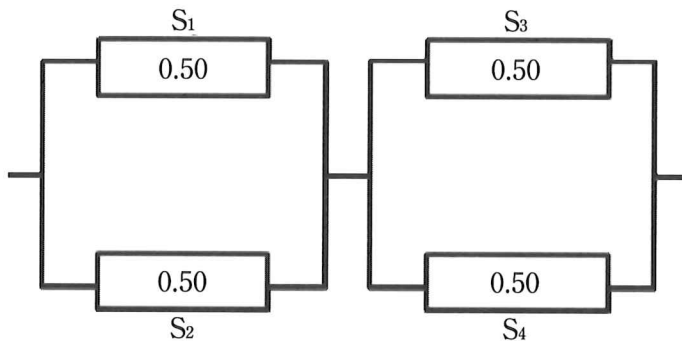
【問題 25】 図に示すように系 $S_1 \sim S_5$ を接続したシステムがある。図中の数字はそれぞれの系の信頼度を表しているものとする。この条件下では、システム全体の信頼度はいくらか。最も近いものを選び、番号を解答欄 ㉓ にマークせよ。
[6]



- 1) 0.41 2) 0.56 3) 0.71 4) 0.83 5) 0.92

【正解】 ㉓ 2)

【解説】 S_5 の信頼度が 1.0 ということは故障しないということである。よって、下図のような冗長系として考えることができる。



従って、 S_1/S_2 及び S_3/S_4 並列系の信頼度がそれぞれで $1 - (1 - 0.5)^2 = 0.75$ であるから、これらの直列接続である系全体では、 $0.75^2 = 0.5625$ となり 0.56 が最も近い値になる。

【問題 26】 医療ガス供給設備の貯蔵量または容量の記載で誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 可搬式超低温液化ガス供給装置は、第一供給装置、第二供給装置とも推定使用量の 7 日分以上である。
- b. 定置式超低温液化ガス供給装置は、貯槽の $\frac{2}{3}$ が推定使用量の 3 日分以上である。
- c. 空気圧縮機を使用する供給設備は、2 基で推定使用量の全容量をまかなえる。
- d. 混合ガス供給装置は、貯槽の $\frac{2}{3}$ が推定使用量の 10 日分以上である。
- e. 麻酔ガス排除装置(ブロー式)は、推定使用量の全容量をまかなえる。

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

【正解】 ② 5)

【解説】 医療ガスの供給設備については、JIS T 7101:2014 医療ガス配管設備に記載がある。各医療ガス供給設備は、少なくとも二つの独立した供給装置をもたなければならない。そしてその能力及び貯蔵量について、本 JIS には下記の記載がある。

供給設備の容量、能力及び貯蔵量は推定使用量及び配送の頻度に基づかなければならない第一供給源、第二供給源及び予備供給源の備蓄能力、並びに設置場所及び貯蔵する充填容器の数は、医療施設の責任者が設計者、施工業者及び/又はガス納入業者と協議して定め、施工業者はそれらを反映しなければならない。容器が安全に防護された状態で清潔に保たれるように屋根付きの適切な貯蔵施設を設ける。

通常、供給設備の第一供給源及び第二供給源は、それぞれが 7 日分、CE では満量の $\frac{2}{3}$ が 10 日分、予備供給量は 1 日分以上になるように算出する。

圧縮機を使用する治療用供給設備では、少なくとも二つの供給装置をもたなけ

ればならない。三つとすることが望ましい。一つの供給装置で設計流量を供給できなければならない。

混合ガス供給設備については、前述の供給設備の規程に合致するものとしている。

供給源装置と貯蔵量

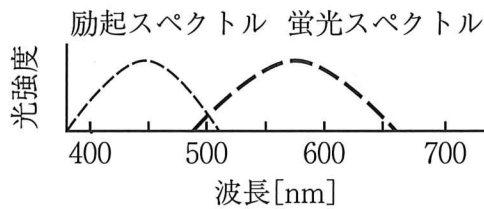
供給源装置	貯蔵量または容量
可搬式超低温液化ガス供給装置	第一供給装置, 第二供給装置とも推定使用量の 7 日分以上
定置式超低温液化ガス供給装置	貯槽満量の $\frac{2}{3}$ が推定使用量の 10 日分以上
空気圧縮機を使用する供給設備	1 基で推定使用量の全容量をまかなえること
混合ガス供給装置	貯槽の $\frac{2}{3}$ が推定使用量の 10 日分以上
麻酔ガス排除装置(ブロー式)	推定使用量の全容量をまかなえること

臨床工学講座 医用機器安全管理学(医歯薬出版)p. 92 表 5-3 一部抜粋

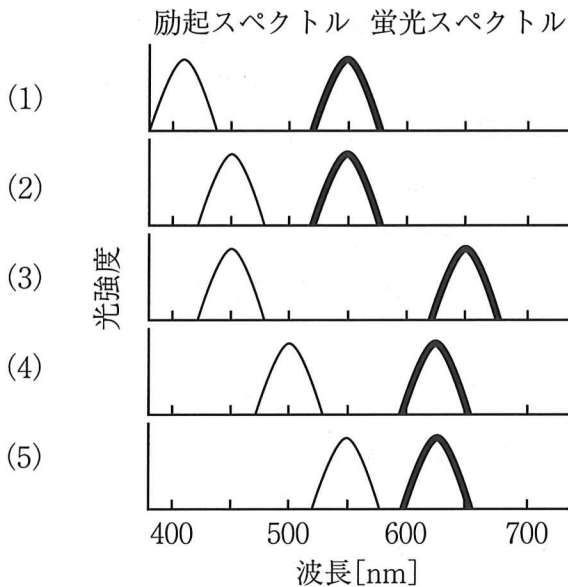
- a. 記載の通り正しい。
- × b. 推定使用量の 3 日分以上は誤りで、10 日分以上が正しい。
- × c. 2 基で推定使用量の全容量をまかなえるというのは誤りで、1 基でまかなえることが必要である。
- d. 混合ガス供給であっても、超低温液化ガス供給同様に貯槽の $\frac{2}{3}$ が推定使用量の 10 日分以上が必要である。
- e. 記載の通り正しい。

【問題 27】 病巣を標識するために、蛍光物質を生体に投与して蛍光イメージングを行う手法がある。一方、生体内には内因性の蛍光物質がいくつか存在しており、これが蛍光イメージングに際して背景ノイズとなる。

ある内因性の蛍光物質が上図のような励起・蛍光スペクトル特性を持つとき、病巣を標識するために投与する蛍光物質を選びたい。内因性蛍光による背景ノイズの混入をもっとも少なくできる投与候補はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]



ある内因性蛍光物質の蛍光・励起スペクトル



投与候補である 5 つの蛍光物質の各蛍光・励起スペクトル

[正解] ㉔ 5)

[解説] 蛍光標識物質の特性を問う問題である。実際に経験した人でないと難しかったかもしれないが、臨床の現場でもインドシアニンググリーンなどがセンチネルリンパ節の検知に使われているので知っておくべき内容である。

蛍光イメージングに際しては、背景蛍光(ノイズ)の発生をできるだけ抑えることが大切なので、候補である蛍光物質の励起スペクトル(波長域)が生体由来の背景蛍光を励起してしまう波長域と被らないところを選ぶのが重要である。候補蛍光物質の濃度が低い、あるいは蛍光強度が弱い、ということが生体イメージングではよくあることなので、これらの場合、背景蛍光(ノイズ)が生じてしまうと候補蛍光物質の蛍光イメージングはかなり難しい。加えて、候補蛍光物質の蛍光スペクトル(波長域)が背景蛍光(ノイズ)の蛍光スペクトル(波長域)と被らないとなおよい。

- × 1) 回避すべき候補である。候補蛍光物質の励起スペクトルと蛍光スペクトルが背景ノイズの励起スペクトルと蛍光スペクトルと完全に被っているからだ。さらにこの候補蛍光物質では、励起スペクトルの波長が短いため、光子エネルギーが強く、背景ノイズをより強く励起してしまう。
- × 2) 選択肢 1)と同様の理由で避ける必要がある。
- × 3) この選択枝の選択率ももっとも高かった(26%)。しかしながら、候補物質の励起スペクトルは背景ノイズの励起スペクトルと被っているため、選択を避けたい候補である。さらに、候補物質の蛍光スペクトル(波長域)が背景ノイズの蛍光スペクトル(波長域)と被っているため、背景ノイズの混入は避けられない。ただし、もし、候補物質の蛍光スペクトル(波長域)が背景ノイズの蛍光スペクトル(波長域)に被っていない場合は選択しても良い候補とはなる。
- × 4) 選択肢 3)と同様の理由で避ける必要がある。
- 5) 正しい。この候補物質の励起スペクトルが選択肢のなかで唯一背景ノイズの励起スペクトルと被っていない。よって、理論的には背景ノイズを生じさせることはない。背景ノイズが発生しないので、候補物質の蛍光スペクトルが背景ノイズの蛍光スペクトルと被っていても問題ない。ただし、実

際には背景ノイズの励起スペクトルの裾野(テール)のところが候補物質の励起スペクトルに被っている可能性もあるので、候補物質の励起スペクトル(波長域)は背景ノイズの励起スペクトル(波長域)とできるだけ離開している候補を選択したほうがよい。

【問題 28】 安静時の代謝による人体の発熱を 100 W と仮定したとき、1 日あたり 1000 mL の不感蒸泄で失われる熱量は 1 日に代謝で発生する熱量のおよそ何%になるか。数値を解答欄 に記入せよ。ただし、有効数字 2 桁で計算し、水(分子量 18)の気化熱は 40 kJ/mol とする。[6]

【正解】 ㉔ 26%

【解説】 不感蒸泄により失われる熱量を計算し、発熱量に対する割合を求める。

不感蒸泄は皮膚表面や呼吸に伴う水蒸気による水分の排出である。従って、これにより失われる熱量は不感蒸泄量に相当する水の気化熱になる。

問題に与えられている気化熱の単位から明らかなように、気化熱は水 1 mol あたりの熱量である。1 日に不感蒸泄で失われる水の総量を mol に換算して気化熱との積を求めれば、失われる熱量が計算できる。

不感蒸泄で失われる水の量は $1000 \text{ mL} = 1000 \text{ g} = \frac{1000}{18} \text{ mol}$ である。

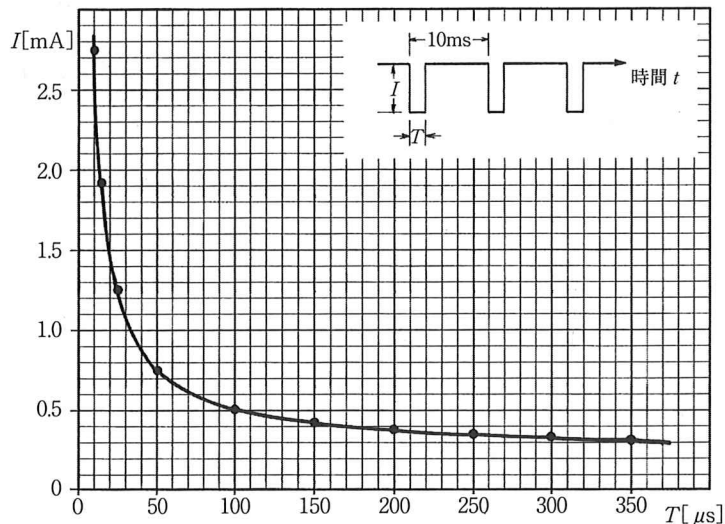
気化によって失われる熱量は $40 \text{ kJ/mol} \times \frac{1000}{18} \text{ mol} = 2222 \text{ kJ}$

一方、発熱量は 100 W であり、1 秒あたり 100 J (100 J/s) であるので、1 日 ($60 \text{ s} \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ h}$) の総発熱量は $100 \text{ W} \times (60 \times 60 \times 24) \text{ s} = 8640 \text{ kJ}$ となる。不感蒸

泄による $\frac{\text{熱損失}}{\text{発熱量}}$ は $\frac{2222}{8640} = 0.257 \div 0.26$ であるから、正解は 26% となる。

【問題 29】 図の右上に示すような連続方形パルス波の電流を出力する刺激装置を用い、神経束の近辺に刺激電極を設置して感覚閾値を調べる実験を行った。刺激パルス幅 T を変えるたびに刺激電流値 I を 0 mA から徐々に上げて電気刺激を繰り返し、感覚閾値電流を測定したところ、図のグラフのように双曲線を縦軸正方向に移動した感覚閾値曲線が得られた。なお刺激電流値 0.25 mA 以下では刺激パルス幅を大きくしても刺激感覚は得られなかった。

図より、この実験条件において最低の電気エネルギーで刺激感覚が得られるパルス幅 $T[\mu\text{s}]$ と電流値 $I[\text{mA}]$ を求め、解答欄 にパルス幅 T を、解答欄 に電流値 I を記入せよ。[$3 \times 2 = 6$]



【正解】 $100 \mu\text{s}$ 0.5 mA

【解説】 電気刺激を積極的に生体に加えることは、誘発電位の検査、心臓ペースメーカーによる房室ブロックの治療、障害や麻痺により失われた機能の回復、電気マッサージ器による筋のコリの除去、電気麻酔器による除痛など多方面で行われている。これら機能的電気刺激では、長期通電による刺激部位の劣化や安全性の面から、効率的な刺激方法が検討されている。なるべく少ない電気エネルギーで効率よく刺激を行うことは、生体の安全面からだけでなく、携帯機器や体内植込

機器の使用期間を延長する上からも重要である。

この問題中の記述にある縦軸方向に移動した双曲線は一般に次式で表すことができる。

$$I(\text{mA}) = \frac{a}{T}(\mu\text{s}) + b \quad (1)$$

a , b は定数で、問題中に示されている実測値のグラフから代表的な 2 点の値をとって決めることができる。例えば $\{T, I\}$ として $\{50, 0.75\}$ と $\{100, 0.5\}$ を採用し、(1) 式に代入して a , b に就いての連立方程式を建てて容易に決めることができる。或いはもっと簡単に、刺激電流値 0.25 mA 以下では、刺激パルス幅をいくら増加してみても刺激感覚が得られなかったことから定数 $b = 0.25(\text{mA})$ のことが直ちに知れるであろう。定数 b を基電流という。あとは代表的な T , I の実測値の組をひとつだけ読み取れば、直ちに定数 $a = 25$ が決められよう。図の右上の刺激電流波形より、この実験の条件では単位時間当りの刺激回数は常に毎秒 100 回と決められているので刺激エネルギー最低を調べるには 1 回の刺激に要するエネルギーを最低にすればよい。

1 回の刺激エネルギー E は、 $k \cdot I^2 \cdot T$ (k : 定数) で評価できるので、

$$E = k \cdot I^2 \cdot T \quad (2)$$

(1) 式を (2) 式に代入して、

$$E = k \cdot \left(\frac{a}{T} + b\right)^2 \cdot T = k \cdot \left\{\frac{a^2}{T} + 2ab + b^2 T\right\}$$

E の最小値を求めるために T で微分して 0 と置く。

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dT} &= k \cdot \left(-\frac{a^2}{T^2} + b^2\right) \\ &= k \cdot \left(b + \frac{a}{T}\right) \cdot \left(b - \frac{a}{T}\right) = 0 \quad (k, a, b, T > 0) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \therefore T &= \frac{a}{b}(\mu\text{s}) \text{ この } T \text{ で } E \text{ が最小になることを確認した後、} a, b \text{ を代入して、} \\ &= \frac{25}{0.25} = 100(\mu\text{s}) \end{aligned} \quad (4)$$

この最も効率の良い刺激パルス幅 T をクロナキシーという。 a , b , T を (1) 式に代入して、

$$I = \frac{a}{T} + b = \frac{25}{100} + 0.25 = 0.5(\text{mA}) \quad (5)$$

となる。或いは問題中のグラフから I を読み取ってもよい。(5) 式に (4) 式を代入すれば、

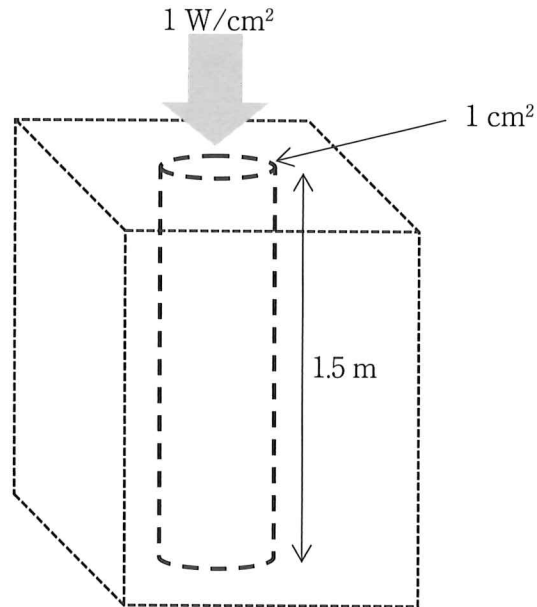
$$I = \frac{a}{\left(\frac{a}{b}\right)} + b = 2b \quad (6)$$

となり、この最も効率の良い刺激電流値 I は基電流の 2 倍のことが分かる。

なお、刺激パルス時間幅をクロナキシーに選んだときに最小の電気エネルギーで刺激できること、そしてクロナキシーでの刺激電流値は、基電流の 2 倍のことを知っていれば、問題中のグラフより直ちに解答が得られる。

【問題 30】 長さ 1.5 m, 断面積 1.0 cm^2 の水柱に超音波強度 1.0 W/cm^2 で 1 秒間照射した超音波のエネルギー [J] はいくらか。番号を解答欄 ㉔ にマークせよ。ただし, 超音波のエネルギーは拡散しないものと仮定する。[6]

- 1) 0.10
- 2) 0.42
- 3) 1.0
- 4) 4.2
- 5) 10



【正解】 ㉔ 3)

【解説】 生体軟組織(水中)の音速を約 1500 m/s とし,

超音波強度 : 1 W/cm^2

照射時間 : 1 s

断面積 : 1 cm^2

あたりで計算すると,

$$1.0 \frac{\text{W}[\text{J/s}]}{\text{cm}^2} \times 1.0 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ s} = 1.0 \text{ J}$$

となる。

【問題 31】 生体組織の引張試験を行うと、応力ひずみ曲線には一般的にヒステリシスが存在する。ヒステリシスの原因となる材料特性は次のうちのどれか。番号を解答欄 にマークせよ。〔6〕

- 1) 弾性
- 2) 粘弾性
- 3) 脆性
- 4) 非圧縮性
- 5) 異方性

【正解】 ② 2)

【解説】 応力ひずみ曲線のヒステリシスとは、負荷を増加したときと負荷を減少したときの曲線が一致しないことをいい、一致しない度合いが大きいほどヒステリシスが大きいという。

- × 1) 弾性とは、応力を加えるとひずみが生じるが、除荷すれば元の寸法に戻る性質をいう。弾性を表す指標として弾性係数(ヤング率)があり、応力ひずみ曲線の傾きが弾性係数である。
- 2) 粘弾性とは、粘性と弾性の両方を合わせた性質のことである。粘性が高いほど応力を加えたときのひずみの変化が遅れるため、応力ひずみ曲線にヒステリシスが発生する。
- × 3) 脆性とは物体が外力を受けたときに、あまり変形しないうちに破壊する性質であり、ヒステリシスとは関係ない。
- × 4) 水を多く含む生体組織は非圧縮性であるが、そのこととはヒステリシスと関係ない。
- × 5) ほとんどの生体組織は方向によって弾性係数等の力学的特性が異なる異方性を有するが、ヒステリシスとは関係ない。

【問題 32】 体脂肪計が測定に利用している特性はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. α 分散特性
- b. 細胞膜の直流抵抗
- c. 組織固有のインピーダンスの周波数依存性
- d. 脂肪組織の抵抗率
- e. 細胞膜の静電容量

- 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】 ㊸ 8)

【解説】 体脂肪計は脂肪組織の抵抗率が他の組織の抵抗率より高いため、測定部位の体脂肪量が増加すると測定しようとする部位の抵抗値が増加することを利用して、原理的には組織インピーダンスの周波数特性は関係がない。

脂肪組織の抵抗率の周波数特性はあまりないが、低周波帯においても他の組織の抵抗率より高いため、上記の説明が成立している。また、高周波帯(β 分散周波数より高い周波帯では脂肪以外の多くの組織の抵抗率(厳密にはインピーダンス)は低下するので、脂肪組織の抵抗率は他の組織の抵抗値に比較して顕著になる。

以上のことから、体脂肪計は原理的には組織インピーダンスの周波数特性に関係なく成立するが、電極のインピーダンス、電気安全の問題、分解能(脂肪量の増加により測定部位の抵抗値=インピーダンス値の変化が顕著になる)、信号の増幅(測定のしやすさ)等のため、50 kHz 前後の周波数が使用されている。

測定に関することも含めると解は 8 番となる。脂肪計の原理の面だけからは c が正解で、解答がないということになる。

今回の問題は、体脂肪計についての問題なので、計測面も考慮しなければならず、したがって、解答は 8)となる。

【問題 33】 滅菌の定義として正しい無菌性保証水準(SAL)はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 10^{-12}
- 2) 10^{-9}
- 3) 10^{-6}
- 4) 10^{-3}
- 5) 1

【正解】 ㉑ 3)

【解説】 滅菌後の器材に 1 個の微生物が存在する確率が 100 万分の 1 であることが滅菌の無菌性保証水準(sterility assurance level: SAL)である。これを $SAL = 10^{-6}$ と記す。言い換えると、滅菌前に 100 万個の微生物が付着していた器材を滅菌したとすると、その微生物数を 1 個あるいは 0 個になるまで減らすことができる行為を滅菌と定義している。

【問題 34】 移植した医用材料への異物反応が原因で血圧が低下し、臓器・組織の機能に障害が生じ、じん麻疹や呼吸困難、意識障害等が起こる現象はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) カプセル化
- 2) 組織壊死
- 3) 補体の活性化
- 4) アナフィラキシーショック
- 5) 慢性炎症

【正解】 ③ 4)

【解説】 末梢組織への血流量が減少することにより酸素を必要とするエネルギー産生が十分に行えず、その結果、臓器・組織の機能に障害が生じている状態をショックと言う。医用材料が原因となるショックとして、アナフィラキシーショック(急性アレルギーショック)が知られている。アナフィラキシーショックが発生すると、血管が拡張し血漿成分がもれ出ることにより血圧低下や臓器・組織の機能障害を引き起こす。それに加えて、他のショックと異なり、気道の平滑筋が収縮したり気道のむくみを起こしたり、分泌物が増加することによる閉塞、血管運動性のむくみなどの I 型アレルギーの症状が現れる。激しいアナフィラキシーショックの場合にはじん麻疹、呼吸困難、下痢、低血圧等が起こり、生命の危険を伴う。虫刺されや食べ物、薬物投与によっても起こる場合がある。

【問題 35】 人工肺のガス交換膜に使用されていない材質はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. ポリスルホン
- b. ポリプロピレン
- c. ポリカーボネート
- d. ポリウレタン
- e. シリコーン

- 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 2)

【解説】 人工肺のガス交換膜に利用されている医用材料に関する問題である。

- a. ポリスルホン：人工肺膜には利用されていない。人工腎臓膜に利用されている。
- × b. ポリプロピレン：酸素および二酸化炭素の透過性に優れていることから、人工肺用膜材料に利用されている。多孔質構造膜やシリコーン薄膜との複合膜がある。
- c. ポリカーボネート：人工肺膜には利用されていない。人工肺ハウジングには利用されている。
- × d. ポリウレタン：ポリウレタン薄層とポリエチレンとの複合膜が使用されている。
- × e. シリコーン：均質膜が使用されている。

【問題 36】 再生医療に用いられる医用材料と細胞について誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 生体吸収性材料は細胞の足場として用いられる。
- 2) iPS 細胞は体細胞にタンパク質を導入して作製される。
- 3) ES 細胞は受精卵を用いて作製される。
- 4) リン酸カルシウムは骨誘導再生法に用いられる。
- 5) 骨髄細胞は血管再生療法に用いられる。

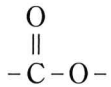
【正解】 ③ 2)

【解説】 再生医療に用いられる医用材料と細胞に関する問題である。

- 1) ポリ乳酸やポリグリコール酸などの生体吸収性材料は細胞の足場材料として用いられる。細胞と足場材料を組み合わせて体内に埋植する，もしくは細胞を足場材料中で培養して組織を作り体内に埋め込む。これをティッシュエンジニアリングという。
- × 2) 人工多能性幹細胞(iPS 細胞)は，皮膚細胞などの体細胞にいくつかの遺伝子を導入して培養することによって作製される。
- 3) 胚性幹細胞(ES 細胞)は，受精卵あるいは胚盤胞までの段階の初期胚から作製される。ヒトになり得る受精卵を破壊することから倫理的問題がある
- 4) 骨織誘導再生法(GBR 法)は，広義には組織誘導再生法(GTR)とも呼ばれ，当初，歯周組織の再生法として開発された。骨組織の欠損部にポリテトラフルオロエチレンやポリ乳酸などのシートを被覆して軟組織の侵入を防ぎ，骨組織に再生の場を与える方法である。骨再生を促進させるために，欠損部に移植骨，もしくはリン酸カルシウム(ハイドロキシアパタイト， β -リン酸三カルシウムなど)と多血小板血漿を混ぜて充填する場合もある。
- 5) 糖尿病等による下肢の末梢循環障害に対して，自家骨髄細胞移植による血管新生療法が先進医療として行われている。

【問題 37】 図に示すエステル結合をもつ医用材料はどれか。番号を解答欄 33

にマークせよ。[6]



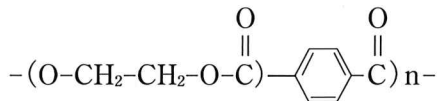
- a. ポリエチレンテレフタレート
- b. ポリ乳酸
- c. ポリ塩化ビニル
- d. ポリテトラフルオロエチレン
- e. シリコーン

- 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】 33 1)

【解説】 エステル結合を有する医用材料を選択する問題である。

○ a. ポリエチレンテレフタレートはエステル結合をもつ。



○ b. ポリ乳酸はエステル結合をもつ。 $-(\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}})_n-$

× c. ポリ塩化ビニルはエステル結合をもたない。 $-(\text{CH}_2-\overset{\text{Cl}}{\text{CH}})_n-$

× d. ポリテトラフルオロエチレンはエステル結合をもたない。 $-(\text{CF}_2-\text{CF}_2)_n-$

× e. シリコーンはエステル結合をもたない。 $-(\overset{\text{CH}_3}{\text{Si}}-\text{O})_n-\overset{\text{CH}_3}{\text{Si}}$

【問題 38】 血液回路などに使用されている従来の軟質塩化ビニルは、ヨーロッパでは使用禁止の傾向にある。該当する理由はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 材質にバラツキがあるから
- 2) 原料の価格が大きく変動するから
- 3) 国によって入手しやすさが異なるから
- 4) 毒性物質の遊離が懸念されるから
- 5) 廃棄が困難だから

【正解】 4)

【解説】 軟質塩化ビニルは世界中で広く使用されており、価格が安く入手しやすい。その反面、滅菌温度に制限がある、廃棄方法を間違えると塩素ガスが出る、毒性物質が遊離するといった問題点を抱えている。

- × 1) 材料は大量に生産されており、安定している。
- × 2) 安価な材料の一つである。
- × 3) 主な先進国で使われており、入手は容易である。
- 4) 精巢毒性であるフタル酸ジ-2-エチルヘキシル(DEHP)が遊離する。
- × 5) 廃棄は困難だがこれが原因で禁止の傾向に動いているわけではない。

【問題 1】 「医薬品，医療機器等の品質，有効性及び安全性の確保等に関する法律」(医薬品医療機器等法)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) 管理医療機器はクラスⅢの医療機器である。
- 2) 医療機器とは，疾病の診断，治療，又は身体の機能若しくは構造に影響を及ぼすことが目的とされている機械器具等である。
- 3) 製造販売とは，製造等をし，又は輸入した医療機器を販売，賃貸，又は授与することをいう。
- 4) 医療機器を製造販売する場合に厚生労働大臣の承認が必要である。
- 5) 治験とは，厚生労働大臣の承認を得る場合に提出する臨床試験の資料の収集を目的とするものである。

【正解】 ① 1)

【解説】

- × 1) 平成 16 年 7 月 20 日付薬食発第 0720022 号厚生労働省医薬食品局長通知「薬事法第二条第五項から第七項までの規定により厚生労働大臣が指定する高度管理医療機器，管理医療機器及び一般医療機器(告示)及び薬事法第二条第八項の規定により厚生労働大臣が指定する特定保守管理医療機器(告示)の施行について」の中に，次のように記載されている。『高度管理医療機器に関しては，医療機器規制国際整合化会議(GHTF)において議論されているクラス分類ルールを基本にクラス分類ルールを定め，その分類ルールに基づき各一般的名称ごとにクラス分類を行った結果「クラスⅣ」及び「クラスⅢ」とされた医療機器を指定したものであること。また，管理医療機器については「クラスⅡ」と，一般医療機器については「クラスⅠ」と分類された医療機器を指定したものであること。』。
- 2) 医薬品医療機器等法第二条第四項では『この法律で「医療機器」とは，人若しくは動物の疾病の診断，治療若しくは予防に使用されること，又は人若しくは動物の身体の構造若しくは機能に影響を及ぼすことが目的とされ

ている機械器具等(再生医療等製品を除く。)であつて、政令で定めるものをいう。』(抄)とされている。

- 3) 医薬品医療機器等法第二条第十三項では『この法律で「製造販売」とは、その製造(他に委託して製造をする場合を含み、他から委託を受けて製造をする場合を除く。)をし、医療機器を販売し、貸与し、若しくは授与し、又は医療機器プログラムを電気通信回線を通じて提供することをいう。』(抄)とされている。
- 4) 医薬品医療機器等法第二十三条の二の五第一項では「医療機器(一般医療機器並びに第二十三条の二の二十三第一項の規定により指定する高度管理医療機器及び管理医療機器を除く。)の製造販売をしようとする者は、品目ごとにその製造販売についての厚生労働大臣の承認を受けなければならない。」(抄)とされている。
- 5) 医薬品医療機器等法第二条第十七項では『この法律で「治験」とは、第十四条第三項、第二十三条の二の五第三項又は第二十三条の二十五第三項の規定により提出すべき資料のうち臨床試験の試験成績に関する資料の収集を目的とする試験の実施をいう。』(抄)とされている。

【問題 2】 医用接地について誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 手術室の導電床の下敷きの金属網を医用接地センタに接続する。
- 2) 医用接地センタボディーのリード線 2 本を一括して接地幹線へ接続する。
- 3) 合計床面積が 100 m^2 の隣接する 2 つの医用室に共用の医用接地センタを設ける。
- 4) 医用コンセントの接地極は接地分岐線で医用接地センタに接続する。
- 5) 等電位接地は患者が占める場所から一定の範囲内の導電性部分を同一の医用接地センタに接続する。

【正解】 ② 3)

【解説】 医用接地センタで一点接地することで、機器などすべての接地極が等電位となる。等電位化することで雷などによるサージ電流が生じず、電気設備が保護される。

- 1) 歩行などによって発生する静電気で手術室の床が帯電することで起きる事故を防止する。
- 2) 医用接地センタボディーの 10 本のリード線のうち 2 本を一括して接地幹線に接続する必要がある。
- × 3) 隣接する医用室の合計床面積が 50 m^2 以下の場合は医用接地センタを共用してもよい。
- 4) 医用コンセント、医用接地端子の接地用リード線は、医用接地センタのリード線に接地分岐線で接続する。
- 5) このようにすることで、導電性部分の等電位化が達成され、マイクロショックの予防ができる。

【問題 3】 2007 年の医療法改正において、院内で使用される医療機器について医療機器安全管理責任者が行わなければならない業務を解答欄 ～ に記入せよ。[2×3=6]

安全使用のための の開催

保守点検の と実施

安全使用のための および改善のための方策の実施

【正解】 ① 研修会 ② 計画の策定 ③ 情報収集

【解説】 病院等の管理者は、医療機器の安全使用のために医療機器安全管理責任者を配置しなければならない。医療機器安全管理責任者は、医療機器の適切な使用方法、保守点検の方法等、医療機器に関する十分な経験および知識を有する常勤職員であり、医師、歯科医師、薬剤師、助産師(助産所の場合)、看護師、歯科衛生士(主として歯科医業を行う診療所)、診療放射線技師、臨床検査技師または臨床工学技士のいずれかの資格を有している必要がある。

安全管理のための体制を確保しなければならない医療機器とは、薬事法で規定されているすべての医療機器で、在宅医療で使用される医療機器も含まれる。

医療機器安全管理責任者の業務は、

- ① 従業者に対する医療機器の安全使用のための研修の実施。
- ② 医療機器の保守点検に関する計画の策定及び保守点検の適切な実施。
- ③ 医療機器の安全使用のために必要となる情報の収集その他の医療機器の安全使用を目的とした改善のための方策の実施を安全管理委員会と連携により行うことである。

【問題 4】 「医薬品，医療機器等の品質，有効性及び安全性の確保等に関する法律」(医薬品医療機器等法)における医療機器の不具合等の情報について正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 業務上医療機器を取り扱う者は報告する義務がある。
- b. 厚生労働省から製造販売業者へ通知される情報には患者プライバシーに関する内容が含まれる。
- c. 医療機器安全性情報報告書の提出先は各都道府県厚生局である。
- d. 医療機器安全性情報報告書は機密保持のため持参提出のみ許可されている。
- e. 報告された内容は医薬品医療機器総合機構のデータベースに集積される。

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

【正解】 ③ 4)

【解説】 平成 14 年 7 月 31 日に公布された改正薬事法により，医療機関等から厚生労働省へ医療機器の不具合等についての報告が義務づけられた。これにより，報告された内容を分析・評価し，必要な安全対策を講じると共に，広く情報を提供し，医療機器の市販後安全対策確保のために有効利用することが目的である。

- a. 報告対象者・施設はすべての医療機関における医療機器を取り扱う者とされている。
- × b. 厚労省から PMDA や製造販売業者へ報告される情報は，施設名，及び患者プライバシー等に関する部分は公表しない。
- × c. 報告書の提出先は，PMDA，もしくは厚生労働省となる。
- × d. 報告書の提出方法は，郵送，FAX，電子メールなどで行える。
- e. 不具合が疑われる症例報告については，医薬品医療機器総合機構の Web にデータベース化され掲載されている
(<https://www.pmda.go.jp/safety/info-services/ctp/0008.html>)。

[参考]

中島章夫他編，臨床工学講座関係法規，医歯薬出版，p. 105-107，2012
医薬品・医療機器等安全性報告制度の周知について，
https://www.hospital.or.jp/pdf/18_20141110_01.pdf (2015/02/12)

【問題 5】 非接地配線方式について誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) 手術室のコンセント用分岐回路に適用する。
- 2) 配電盤は当該医用室の室内に設ける。
- 3) 絶縁変圧器の一次側に漏電遮断器を設置する。
- 4) 絶縁変圧器の二次側を接地しない。
- 5) 対地インピーダンスを計測・監視する絶縁監視装置を設ける。

【正解】 ④ 3)

【解説】 通常の配線方式では、たった一つの機器の絶縁不良事故によって医用室全体が停電する。多くの生命維持装置を同時に使用する手術室、ICUなどがこのような事態に陥らないようにするため、非接地配線方式が用いられる。詳細は JIS T 1022 を参照のこと。

- 1) 手術室のコンセント用分岐回路に非接地配線方式が必須である。
- 2) 問題が起きたときの対応のため、配電盤は医用室の室内ないし近接した場所に設ける。
- × 3) 漏電(地絡)が起きた場合でも電力の供給を継続することが非接地配線方式の目的であるので、漏電遮断器を設置することは目的に矛盾する。
- 4) 絶縁変圧器の二次側を接地しないことで非接地配線方式が実現される。
- 5) 2次側に不良機器が接続されることを監視・警報するために絶縁監視装置が必要である。

【問題 6】 日本医療機能評価機構が行っている病院評価事業について正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 病院を対象に第三者評価を行う。
- b. 機能評価の種別は 4 つに分けられている。
- c. 病院から提出された書類のみにて審査を行う。
- d. 病院は認定結果を Web 等で広告してもよい。
- e. 医療経営向上のために認定を行う。

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

【正解】 ⑤ 3)

【解説】

- a. 病院機能評価は、病院が組織的に医療を提供するための基本的な活動(機能)が、適切に実施されているかどうかを評価する仕組みであり、第三者の目として医療を評価している。
- × b. 一般病院 1, 一般病院 2, リハビリテーション病院, 慢性期病院, 精神科病院の 5 つに分けられている。
- × c. 評価は自己評価表(病院からの提出書類)と、評価調査者が病院規模に応じて、3~6 名のチームで訪問して評価を行う。
- d. 報告書の提出方法は、郵送, FAX, 電子メールなどで行える。
- × e. 病院の現状の問題点を明らかにし、機能改善が認められた病院に対して認定証を発行することで、医療の質の向上と効果的なサービスの改善につながることを目的として行う。

【参考】

公益財団法人 日本医療機能評価機構 病院機能評価事業,
<http://jcqhc.or.jp/works/evaluation/> (2015/03/31)

【問題 7】 非常電源について正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 瞬時特別非常電源のコンセントは 10 分経過すると電源が遮断される。
- b. UPS は瞬時特別非常電源の一種である。
- c. 一般非常電源は発電用燃料の備蓄があれば 1 日程度の使用は可能である。
- d. 透析室では一般非常電源と特別非常電源の両方を設備する必要がある。
- e. コージェネレーションシステムは非常電源にはならない。

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

【正解】 ⑥ 5)

【解説】

- × a. 10 分経過する前に自家発電機(一般もしくは特別非常電源)によって、継続的に電力が供給される。
- b. UPS(交流無停電電源)は無停電の瞬時特別非常電源である。
- c. JIS T 1022:2006 では 10 時間以上となっているが、発電機能力があれば燃料の備蓄がある限り使用できる。
- × d. どちらか一つでよく、両方設備する必要はない。
- × e. コージェネレーションシステムは常用発電機であるが、商用電力の供給が途絶えたときは非常用発電機として使用される。

【問題 8】 非接地配線方式の説明で正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 漏れ電流は発生しない。
- b. 保護接地が不要である。
- c. 地絡が起こると停電が発生する。
- d. 設備側に絶縁トランスを必要とする。
- e. 絶縁警報が出ても停電は起こらない。

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

【正解】 ⑦ 10)

- × a. 設備側絶縁変圧器の一次二次間には 0.1 mA 以下の漏れ電流が存在し、配線の浮遊容量などによっても漏れ電流は発生している。
- × b. 非接地配線方式は、電源導線の地絡による停電事故を防止するのが目的である。
漏れ電流による感電を防止するためには保護接地が必要である。
- × c. 地絡によって、状態が非接地配線方式から片側接地配線方式に変わるのみで、停電は起こらない。
- d. 片側接地配線方式を非接地配線方式に変更するためには、設備側に絶縁変圧器を入れて、二次側のいずれの導線も接地しない必要がある。
- e. 絶縁監視装置は、2 mA 以上の漏れ電流が発生する状況になった事を警報するのみで、電力供給を遮断することはない。

【備考】

非接地配線方式は JIS T 1022 : 2006 で規定されている。

非接地配線方式は、機器が絶縁破壊を起こして電源導線が低インピーダンスで接地に繋がる、地絡という現象が発生してもブレーカが作動することなく、電力

供給するための方式である。

設備側には絶縁変圧器を設け、変圧器二次側のいずれの電源導線も接地しないことで、絶縁破壊を起こしても、地絡電流が発生せずブレーカによって電力遮断されることはない。しかし、非接地配線方式では絶縁破壊が起きている機器が接続された時、その状態を検出できないと、別の1線が絶縁破壊を起こせばブレーカが切れて停電事故に繋がる。非接地配線方式ではこの危険性を検出するため、絶縁変圧器と絶縁監視装置がセットで設置する機器となっている。

絶縁変圧器：一次二次巻線間の漏れ電流を 0.1 mA 以下、漏れ電流を抑えるため定格容量も 7.5 kVA 以下と規定されている。

絶縁監視装置：インピーダンス法によって、電源導線 2 線について、接地線間のインピーダンスを交互に監視している。インピーダンスが 50 k Ω (2 mA) 以下になると、音と表示で警報をだす。

【問題 9】 JIS T 7101 : 2014 「医療ガス設備」の規定で誤っているのはどれか。
番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) 超低温液化ガス供給装置は高圧ガス保安法の適用を受ける。
- 2) 治療用空気圧縮機装置は 1 基のオイルフリー圧縮機で構成される。
- 3) 商用交流電源の停電時には一般非常電源から供給される。
- 4) 麻酔ガス排除用配管の識別色はマゼンタである。
- 5) ピン方式二酸化炭素配管端末器のピン穴配置角度は 45° である。

【正解】 ⑧ 2)

【解説】 医療ガス設備の安全基準については JIS T 7101 で規定されている。

- 1) 常用の温度において圧力が 0.2 MPa 以上となる液化ガスについては、高圧ガス保安法にて貯蔵、消費、容器の構造や製造や取扱が規制されている。
- × 2) 治療用空気圧縮機装置は 1 基以上のオイルフリー圧縮機、オートドレイン付きアフタークーラ、遮断弁、フィルタなどで構成される。つまり、安全な供給を考えて少なくとも 2 基以上の装置を設けなければならない。その他、吸引供給設備や麻酔ガス排除 (AGSS) 設備も 2 基以上の供給装置で構成されなければならない。
- 3) 医療機関では停電時にでも医療ガスを供給するために、商用交流と JIS T 1022 「病院電気設備の安全基準」に規定する一般非常電源が常に使用できるような設備設計でなければならない。
- 4) 医療ガス配管の識別色は表の通りである。
- 5) 2014 年度版から二酸化炭素配管端末器が追加され、ピン方式のピン穴配置角度は 45° である。また、二酸化炭素配管および端末器配管の識別色は「だいたい」である。

表 医療ガス配管設備のガス別識別色

ガスの種類	識別色
酸素	緑
亜酸化窒素(笑気)	青
治療用空気	黄
吸引	黒
二酸化炭素	だいたい
窒素	灰
駆動用空気	褐
非治療用空気	うす黄色
麻酔ガス排除	マゼンタ

【問題 10】 JIS T 7101 : 2014 「医療ガス配管設備」で規定する配管端末器のアダプタプラグを差し込む方向から見た配列順で正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

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

【正解】 ⑨ 1)

【解説】 JIS T 7101 「医療ガス配管設備」における規格で 9.3 「設計の要件」として 9.3.22 b) には「ソケットの配列構成及び附属品に関する要求事項」に水平配列の場合は向かって左から、上下の場合は、上から酸素、亜酸化窒素、治療用空気、吸引、二酸化炭素の順序とする。また、複合する場合は、水平方向を優先する。と記載されている。

【問題 11】 パルスオキシメータは〔D〕の法則を利用し、オキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンの光の波長に対する吸光度の違いと、動脈の拍動分を測定する〔E〕法によって動脈血酸素飽和度を求めている。解答欄〔D〕, 〔E〕に当てはまる語句を記入せよ。[3×2=6]

【正解】 ① ランバート・ベールの法則 ② 容積脈派

【解説】 ヘモグロビンは、内部に存在するヘムタンパク配位する鉄の酸素分子の有無により光の吸収スペクトルが異なる。特に赤色光(660 nm 付近)と赤外光(940 nm 付近)の吸収係数は、酸素ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンで逆転することを利用して、酸素化ヘモグロビンの総ヘモグロビンに対する割合が測定できる。指先部に上記赤色光と赤外光を当てると、入射した光は動脈、静脈血管やそれらに富む組織と血流のない組織を通過する。それぞれの組織は異なった吸光度をもつが、動脈血管は動脈圧による脈動をもつ(容積脈派)。このため、時間的に一定(直流)の部分と振動する部分(交流パルス)をもち、後者は動脈血管とそれらに満たされた組織による吸光度を示す。吸光度は、物質中の厚み(光路長)と濃度に比例し、

$$\text{吸光度} = \log \frac{\text{入射光}}{\text{透過光}} = \text{吸収係数}(\epsilon) \times \text{濃度}(C) \times \text{吸光層厚み}(D)$$

として表され、この関係をランバート・ベールの法則と呼ぶ。

【参考】

生体機能代行装置 呼吸療法装置, 医歯薬出版, p. 176-179

ME 1 種技術実力検定試験講習会テキスト(改訂第 2 版第 2 刷), p. 129-131

【問題 12】 在宅酸素療法関連機器で誤っているのはどれか。番号を解答欄

⑩ にマークせよ。[6]

- 1) 設置型液体酸素容器は停電時にも使用できる。
- 2) 呼吸同調式デマンドバルブで酸素濃度が調整できる。
- 3) 酸素濃縮器はクラスⅡの ME 機器である。
- 4) 酸素濃縮器から火気を 2 m 以上離す必要がある。
- 5) 吸着型酸素濃縮器の窒素吸着剤にゼオライトが用いられる。

[正解] ⑩ 2)

[解説]

- 1) 設置型液体酸素容器は電気を使用しないため停電時にも使用できる。
- × 2) 呼吸同期式デマンドバルブは患者の吸気時に同期して所望の期間だけ酸素を供給する装置で、酸素の節約を目的としたものである。
- 3) 一般家庭では病院設備のような接地設備を設けることが難しい状況にある。そのため ME 機器側でクラスⅡの ME 機器(基礎絶縁と補強絶縁からなる二重絶縁または両者を一体化した強化絶縁)を実現することで電撃を防止している。
- 4) 平成 22 年 1 月 15 日に厚生労働省(医政総発 0115 第 1 号・医政指発 0115 第 1 号・薬食安発 0115 第 1 号)から「在宅酸素療法における火気の取扱いについて」で 2 m 以上離すことが注意喚起として通知されている。なお、液化酸素を設置型液体酸素容器(親容器)から携帯型装置(子容器)に移充填するときは 5 m 以上離さなければならない。
- 5) ゼオライトはアルミノケイ酸塩のなかで結晶構造中に比較的大きな空隙を持つものの総称であり、分子ふるい、イオン交換材料、触媒、吸着材料として利用される。吸着型酸素濃縮器では酸素ではなく窒素を吸着することで、90% までの高濃度酸素を得ることができる。なお、酸素の濃縮をする生産工程と吸着剤(ゼオライト)の機能を再生する工程を交互に繰り返す仕組みになっている。

【問題 13】 成人用人工呼吸器の点検に用いる標準的なテスト肺の抵抗とコンプライアンスは JIS T 7204 : 1989 で規定されている。気道抵抗が $5 \text{ cmH}_2\text{O}/(\text{L}/\text{s})$ で、時定数が 0.25 s であるとき、コンプライアンスの値は $\text{mL}/\text{cmH}_2\text{O}$ である。
解答欄 に値を記入せよ。[6]

【正解】 ㉔ 50

【解説】 医療用人工呼吸器 JIS T 7204-1989 により、人工呼吸器の試験方法が記載されている。その中でテスト肺について、コンプライアンスと気道抵抗の組み合わせが規定されている。本問題は、気道抵抗が R 5 でコンプライアンスが C 50 の場合である。コンプライアンスと気道抵抗は時定数 T_c で表される。

したがって、時定数 $T_c = \text{コンプライアンス} \times \text{気道抵抗}$ より

$$\begin{aligned}\text{コンプライアンス} &= \text{時定数} \div \text{気道抵抗} \\ &= 0.25 \text{ s} \div 5 \text{ cmH}_2\text{O}/(\text{L}/\text{s})\end{aligned}$$

よって、 $C = 50 \text{ mL}/\text{cmH}_2\text{O}$ となる。

【問題 14】 超音波式ネブライザについて正しいのはどれか。番号を解答欄

⑪ にマークせよ。[6]

- a. 超音波振動子は数十 kHz で振動する。
- b. キャビテーション効果により薬液を霧化する。
- c. 薬液粒子の径は 10 μm 以上となる。
- d. 霧化された薬液は体温程度に熱を帯びる。
- e. 薬液粒子は末梢気道まで到達する。

- 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】 ⑪ 7)

【解説】

- × a. 超音波振動子は数 MHz で振動する。
- b. 正しい。
- × c. 薬液粒子の径は 0.5~5 μm である。
- × d. 薬液の霧化は気化熱を持たない。
- e. 正しい。

【備考】

超音波式ネブライザは薬剤と冷却水を分離する二槽の構造を持つ。超音波振動子で発生する超音波振動エネルギーが、冷却水を通して薬液表面に集中しキャビテーション効果で薬液を瞬時に霧化させる。

霧化した微粒子(エアロゾル)の径はジェット式ネブライザの 5~15 μm に比較して細かく、薬液が末梢気道まで有効に到達する。しかし、気道過敏性をもつ患者に対しては、超音波式ネブライザの微粒子による気管支攣縮誘発の危険性が指摘されている。

内部構造は複雑となるため、貯水槽や薬液槽の細菌汚染が原因で気道感染を生じた症例が報告されている。

【問題 15】 観血式血圧測定で見られるアンダーダンピングによる波形ひずみが大きくなる要素はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. カテーテルが短い。
- b. カテーテルが細い。
- c. カテーテルが硬い。
- d. ダンピング定数が小さい。
- e. 共振周波数が高い。

- 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】 ⑫ 6)

【解説】 観血式血圧測定では測定系を構成するカテーテル、チューブ、三方活栓ならびにトランスデューサの物理的特性により、血圧波形が本来とは異なった波形に変化する。通常は L, C, R の共振系によるアンダーダンピング(振動的)の波形ひずみとなるが、その程度は構成要素によって変わる。

- × a. カテーテルが短いと共振ひずみはより小さくなる。
- b. カテーテルが細いと共振ひずみはより大きくなる。
- × c. カテーテルが硬いと共振ひずみはより小さくなる。
- d. ダンピング定数が小さいと共振ひずみはより大きくなる。適正ダンピング定数が 0.6~0.7 程度で、この値より大きいとオーバードンピング(鈍る)、小さいとアンダーダンピングの波形となる。
- × e. 血圧波形の主な周波数成分は低い周波数帯域にあるので、共振周波数が高いと、この帯域から外れるので共振ひずみは小さくなる。

【問題 16】 DDDR モード，基本レート 60 ppm で設定した植込み型ペースメーカーが，設定値を超えたレートで心室ペーシングを行った。原因として考えられないのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. ジョギングをした。
- b. 心房頻拍が発生した。
- c. 心室頻拍が発生した。
- d. 本体植込み部に永久磁石を当てた。
- e. 無線 LAN を使用した。

- 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】 ⑬ 9)

【解説】 植込み型ペースメーカーは徐脈性不整脈に対する治療デバイスであり，心拍数の改善のために基本レート(下限レート)を設定する。ただし，心房イベントへのトラッキング機能や心拍応答機能により，基本レートを上回るペーシングレートとなることはあり，これにより頻脈になることを回避するため，上限レート(トラッキングレート)を設定する。

- a. DDDR は心拍応答機能が働くため，本体内のセンサにより運動を検出し，ペーシングレートを増加させた。あるいは，運動により自発の心房レートが増加し，それに同期した心室ペーシングが行われた。
- b. DDDR は，心房イベントに同期して心室ペーシングを行う(トラッキング機能)。設定値よりも高いレートの心房頻拍になり，それに同期した心室ペーシングが行われた。
- × c. 心室頻拍で心室レートが基本レートの設定値を超えていれば，デマンド機能により心室ペーシングは抑制される。植込み型除細動器 ICD であれば，心室頻拍を検出すると，頻拍を超えるレートでの抗頻拍ペーシング治療が行われる。

- d. 植込み型ペースメーカーの本体上部に磁石を当てるとマグネットモードへと自動的に移行し、比較的レートの高い固定レートでのペーシングとなる。マグネットモードへの移行磁界強度は、1~4 mT であり、固定レートは機種や電池残量に依存するが、正常電池残量で 100 ppm や 85 ppm などの機種がある。
- × e. 例えば電子商品監視装置 EAS からの電磁波のオーバーセンシングにより、基本レートではない固定レートペーシング(ノイズリバージョン)が行われることがある。無線 LAN の使用では、ペースメーカーへの電磁干渉は考えられない。

【問題 17】 手動式体外除細動器に関して誤っているのはどれか。番号を解答欄

⑭ にマークせよ。[6]

- a. 出力回路はフローティングされている。
- b. 内部電源 ME 機器である。
- c. 通電電極に導電性ゼリーを塗布しないと除細動効率が低下する。
- d. 経皮ペースング機能を有する機種もある。
- e. バイフェージック(2相性)型では波形成形にインダクタを用いる。

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

【正解】 ⑭ 7)

【解説】 手動式体外除細動器は病院内で通称「DC」と呼ばれているもので、すべての操作が手動で行われる。

- a. 出力回路はアースされている部分への分流を防ぐために、フローティングされている。
- × b. 交流電源式のクラス I の ME 機器の機種が多いが、バッテリーを内蔵しているものが大半である。その場合は、クラス I の ME 機器であると同時に内部電源 ME 機器でもあり、二重分類されることになる。尚、内部電源 ME 機器のみの機種もあるが、車載用やドクターヘリ用として用いられることが多い。
- c. 通電電極に導電性ゼリーを塗布しないと電極部分での接触抵抗の増大によるエネルギー消費が多くなり、熱傷を起こすと同時に、除細動効率が低下する。
- d. 経皮ペースングは体外からパルス通電を行うので、大きな電気エネルギーが必要となる。したがって、除細動器にその機能を持たせることが多い。
- × e. バイフェージック(2相性)型では波形成形にインダクタを用いない。モノフェージック(1相性)型は波形成形のためにインダクタを用いるが、このタイプは少なくなってきた。

【問題 18】 PCPS の構成で誤っているのはどれか。番号を解答欄 ⑮ にマークせよ。[6]

- a. 血液ポンプと送血回路の間に人工肺がある。
- b. 脱血回路と血液ポンプの間に貯血槽がある。
- c. 経皮的に挿入できる送血・脱血カニューレが用いられる。
- d. 血液接触面は抗血栓処理されている。
- e. 血液ポンプにはローラポンプが用いられる。

- 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】 ⑮ 7)

【解説】 体外循環システムの構成はその目的によって異なる。心臓血管外科手術に用いる人工心肺は、出血を回収する貯血槽があり、その使用は数時間である。一方、蘇生や長期間の補助が目的である PCPS は、貯血槽の無い閉鎖回路であり、開胸が不要で早期に導入でき、数日間の循環あるいは呼吸の補助を行えるように構成されている。

- a. 膜型人工肺は圧力損失が大きいのでポンプで血液を送り込む必要があり、血液ポンプの流出側に置く。
- × b. PCPS には血液を回収する機能はないので、貯血槽を持たない。貯血槽を組み込むと血液が凝固しやすくなるので、長期の循環補助が困難となる。
- c. PCPS の最大の特徴は経皮的に送血・脱血カニューレを挿入するため、循環補助の確立が早いことにある。
- d. PCPS は数日から数週間循環補助をすることがあるので、回路や人工肺などの血液接触部は抗血栓処理されている。
- × e. ローラポンプは圧閉部でチューブの損傷がおこるため長期間の補助には向かない。そのような理由から PCPS では遠心ポンプが用いられる。

【問題 19】 個人用透析装置を用いた透析治療中に確認できない項目はどれか。
番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 給水圧
- b. ローラポンプの圧閉度
- c. ダイアライザの膜間圧力差
- d. 積算除水量
- e. 気泡検知感度

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

【正解】 ⑩ 7)

【解説】 個人用透析装置は始業点検、使用 midpoint 検、終業点検や定期点検で確認する項目が多数ある。また、治療中においても安全性の確認や、治療状態を把握するために確認しなければならない項目がある。これらの項目のうち、治療中など患者に接続されている状態では確認できず、点検時にしか確認できない項目がある。

- × a. 透析装置は治療時や洗浄時に大量の RO 水を使用するため、常に安定した給水が必要である。給水圧により RO 水の供給状態をモニタリングしている。治療中に限らず、常に確認できるものである。
- b. ローラポンプの圧閉度はローラとステータの隙間間隔に依存し、隙間ゲージ等を用いて、定期点検時に確認するものである。ローラポンプ全体にチューブが装着された状態では確認できず、よって透析治療中では確認できない。
- × c. 膜間圧力差(TMP)は治療中のダイアライザの状態をモニタしているものであり、治療中経過を追っていく必要がある。簡易的には、 $TMP = [静脈圧] - [透析液圧]$ として求めることが出来る。
- × d. 透析装置では積算除水量を測定しており、除水速度設定値と積算量を経時

的に照合する必要がある。

- e. 治療中は気泡検知器のスイッチが ON になっていることの確認は必要であるが、感度は定期点検時に確認するもので、血液回路を装着し、生理食塩水を 200 ml/分で循環させ、実際に気泡を混入させ基準で定められている気泡の量以下で警報が発生するよう調整するものである。よって透析治療中では確認できない。

【問題 20】 血液透析中に、体液量 V [mL]、クリアランス K [mL/min] が一定とすると、透析開始後の時間 t [min] における小分子量物質の血中濃度 $C_B(t)$ [mg/mL] は

$$C_B(t) = C_B(0) \exp\left(-\frac{K t}{V}\right)$$

と表される。体液量が 36 L の患者の血液透析において、尿素の濃度が透析開始時の半分になるまでに 165 分かかった。この透析器のクリアランス K にもっとも近いのはどれか。番号を解答欄 ⑰ にマークせよ。

ただし 2 の自然対数 ($\ln 2$) は 0.69 とする。[6]

- 1) 130
- 2) 140
- 3) 150
- 4) 160
- 5) 170

【正解】 ⑰ 3)

【解説】 透析中の溶質濃度を与える式を変形すると、

$$t = \frac{V}{K} \ln\left(\frac{C_B(t)}{C_B(0)}\right)$$

となる。したがって、濃度が透析開始時の半分になるために必要な時間は、

$$t_{1/2} = -\frac{V}{K} \ln\left(\frac{1}{2}\right)$$

となるので、

$$165 = -\frac{36000}{K} (-0.69)$$

$$K = 150 \text{ mL/min}$$

式からクリアランスを求めることができる。

【問題 21】 血液透析中の圧力が,

動脈側回路内圧 : 80 mmHg

静脈側回路内圧 : 60 mmHg

透析液入口側圧力 : 60 mmHg

透析液出口側圧力 : -20 mmHg

であった。

透析膜にかかる膜間圧力差を解答欄 に記入せよ。ただし, 血液と透析液の膠質浸透圧差は 20 mmHg とする。[6]

【正解】 ㉔ 30 mmHg

【解説】 膜間圧力差 (TMP : Trans Membrane Pressure) は以下の式で求められる。

$$TMP = \frac{P_{BI} + P_{BO}}{2} - \frac{P_{DI} + P_{DO}}{2} - \pi_P$$

血液側
透析液側
血漿膠質
平均圧力
平均圧力
浸透圧

題文より,

$$\begin{aligned}
 TMP &= \frac{P_{BI} + P_{BO}}{2} - \frac{P_{DI} + P_{DO}}{2} - \Delta\pi \\
 &= \frac{80 + 60}{2} - \frac{60 - 20}{2} - 20 = 70 - 20 - 20 = 30 \text{ mmHg}
 \end{aligned}$$

となる。

【問題 22】 中空糸型透析器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。[6]

- a. 中空糸内径は約 400 μm である。
- b. 中空糸内側を血液が灌流する。
- c. 膜面積と血流量が同じとき中空糸内径が大きいほど圧力損失は小さい。
- d. 膜面積は 3.5 m^2 のものが使用されている。
- e. 透析器の両端の中空糸とハウジングの間隙にはポリウレタンが充填されている。

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

【正解】 ⑩ 3)

【解説】 中空糸型透析器に関する問題である。

- × a. 中空糸内径は約 200 μm である。
- b. 中空糸内側を血液が灌流する。外側を透析液が灌流する。
- c. 中空糸内径が大きいほど圧力損失は小さい。
- × d. 膜面積は 3.5 m^2 のものは使用されていない。2.5 m^2 が最大である。
- e. すべての中空糸膜とハウジングを接着し血液流路と透析液流路を隔室するために、ポリウレタン(液体)を中空糸膜間隙とハウジングとの間隙に充填し固化させる。

【問題 23】 血液浄化におけるトラブルやその防止に関し適切な記述はどれか。
番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 血液透析濾過に比べて、持続的血液透析濾過の事故報告件数は少ない。
- 2) 装置の不具合による事故は設定及び操作の誤りによる事故より多い。
- 3) 動脈側バスキュラーカテーテルと静脈側バスキュラーカテーテルを逆に接続すると過除水になる。
- 4) メシル酸ナファモスタットのアナフィラキシー既往を調べる際、後発医薬品についても情報収集する。
- 5) 内シヤント動脈側を末梢向きに穿刺後、近傍に腫脹を呈し止血処置する場合、穿刺部よりも中枢側を圧迫する。

【正解】 ① 4)

【解説】 公益財団法人日本医療機能評価機構で公開されている、事例報告ならびに「第 36 回報告書(血液浄化療法(血液透析, 血液透析濾過, 血漿交換等)の医療機器に関連した医療事故)」を参照すると詳細が閲覧できる。

<http://www.yakkyoku-hiyari.jcqhc.or.jp/phsearch/SearchReport.action>

http://www.med-safe.jp/pdf/report_2013_4_T001.pdf

- × 1) 上記報告書(医療事故情報収集等事業第 36 回報告書〈平成 25 年 10 月～12 月〉)によると、多い順に HD: 75 件, CHDF: 18 件, PE 等: 6 件, HDF: 1 件と続く。血液透析濾過より持続的血液透析濾過が多い。
- × 2) 「装置の不具合」は、「設定及び操作の誤り」の 4 分の 1 であり、同程度ではない。
- × 3) 逆接続が原因で再循環すれば溶質除去率が低下するが、過除水になることは考えにくい。
- 4) メシル酸ナファモスタットには後発医薬品が多数あり、施設ごとに採用する商品が異なることから、既往歴で禁忌とされていても気づかずに使用してしまい、ショックを呈するケースが報告されている。
- × 5) 皮膚から血管までの距離によるが、血管が深いほど“血管の貫通位置”は

“皮膚の挿入位置”（皮膚の針孔）より穿刺方向となる。止血は“血管の貫通位置”を圧迫すべきなであり，設問のケースでは動脈側穿刺針挿入部（皮膚の針孔）よりも穿刺方向（抹消側）に血管の貫通位置があるため，圧迫ポイントは少なくとも穿刺針挿入部より抹消側となる。中枢側（血流の下流側）を圧迫すると血管の貫通位置において圧が上がり，皮下出血を起こす恐れがある。

【備考】

治療技術進歩等により治療件数が変われば，事例報告などの内容は変わる可能性がある。

【問題 24】 ピークフローメータについて誤っているのはどれか。番号を解答欄

㉔ にマークせよ。[6]

- a. 最大吸気状態から呼気を開始する。
- b. 呼気の最大流速[m/s]を計測する。
- c. 喘息発作の予知に役立つ。
- d. ピークフロー標準予測値は年齢と身長から計算する。
- e. ピークフロー値は肺胸郭コンプライアンスに比例する。

- 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】 ㉔ 7)

【解説】

- a. ピークフロー値は十分な吸気状態から計測を開始する。呼気の最大の流量 [L/min] を計測する。
- × b. ピークフロー値は気流速ではなく、呼気の最大の流量 [L/min] を計測するものである。
- c. 毎日記録することにより喘息発作の予知に役立つ。
- d. ピークフロー標準予測値は年齢と身長に関連する。
- × e. 肺胸郭コンプライアンス [L/mmHg] をピークフローメータで計測することはできない。

【問題 25】 電気メス使用中の発火防止について適切なのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 対極板装着部位を術野から遠ざける。
- b. 凝固モードでは発火は起こらない。
- c. 酸素チューブにはメス先を接触させない。
- d. 術野のアルコール含有消毒液は電気メス使用前に乾燥させる。
- e. 気管チューブ付近で使用する場合はカフを収縮させる。

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

【正解】 ② 8)

【解説】

- × a. メス先での火花が発火の原因だが、対極板装着位置は火花発生には影響せず、発火防止対策としては不適切。
- × b. モードによらずメス先の火花は発生する。
- c. 通電直後のメス先電極は高温となるので、樹脂性の酸素チューブに接触するとそれを溶かして穴をあけ、さらに酸素による発火を誘発する。
- d. アルコール含有消毒剤は塗布直後の乾燥していない状態では術野周囲に気化したアルコールが充満し、電気メスの火花が容易に引火する。乾燥後でもドレープ(覆布)の下に気化したアルコールが充満していると引火することがある。
- × e. カフを収縮させると呼気中の麻酔ガスが漏れ出し、電気メスの火花による引火の恐れがある。

【問題 26】 容積制御方式の輸液ポンプにおいて流量誤差発生要因となるのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. メーカー指定以外の輸液セットを使用した。
- b. 滴下センサを使用しなかった。
- c. 輸液チューブの同じ部分を長時間使用した。
- d. 表面張力が低い薬液の輸液を行った。
- e. 密度が高い薬液の輸液を行った。

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

【正解】 ② 2)

【解説】

- a. 設定流量に従いチューブ変形を与えるので、内径が適切でない輸液セットを使用すると流量誤差発生要因となる。
- × b. 流量の制御に滴下センサを使用しないので流量誤差の発生とは無関係。
- c. 長時間使用するとチューブの弾性力が低下し、元の円形に戻らなくなり断面積が減少するので、流量誤差発生要因となる。
- × d. 薬液の表面張力は流量誤差と無関係。
- × e. 薬液の密度は流量誤差と無関係。

【問題 27】 聴性誘発反応検査に用いる装置について正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 脳波計のようなモニタージュは不可能である。
- b. 増幅器の周波数帯域は脳波計よりも広い。
- c. 脳波計と同様にシステムリファレンスがある。
- d. 刺激に同期した加算平均機能がある。
- e. 脳波計よりゲインの小さい増幅器を持つ。

- 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 6)

【解説】 生理検査室で使われる誘発反応検査装置・筋電計の機能について脳波計との違いに着目した問題である。

- × a. 誘発反応検査装置・筋電計でも 4 チャンネルを超えるものはモニタージュ機能を持つものがある。
- b. 脳波計が 0.5 Hz～100 Hz の帯域に対して、誘発反応検査装置・筋電計は 0.1 Hz～10 kHz と広い。
- × c. 誘発反応検査装置・筋電計にはシステムリファレンスの機能はない。
- d. 誘発電位や神経電位を導出するために刺激に同期して行われる加算平均機能が必要。
- × e. 誘発電位(特に聴性脳幹反応：ABR で)は $1 \mu\text{V}$ 未満の電位を計測するため増幅器のゲインは脳波計よりも高い。

【問題 28】 高圧蒸気滅菌について誤っているのはどれか。番号を解答欄 ⑳ にマークせよ。[6]

- a. 密封容器に入った物は容器から取り出して滅菌する。
- b. 滅菌条件のひとつとして、121℃ で 20 分がある。
- c. 微生物の残留生菌数は滅菌時間に反比例する。
- d. 高温の飽和水蒸気から発生した水は滅菌には寄与しない。
- e. 滅菌工程の前に真空脱気を行うと滅菌効率が上昇する。

- 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】 ⑳ 8)

【解説】

- a. 滅菌装置缶内の蒸気流は被滅菌物と接触する必要がある。密封容器に入っ
 たままの被滅菌物には高圧蒸気が接触することができず、温度だけの滅菌
 工程となるため、密封容器から取り出して滅菌作業を行う。
- b. 基本的な滅菌条件のひとつとして、121℃ で 20 分がある。
 JIS K 3605 : 1992 によれば、他の基本的な滅菌条件として、115℃ で 30
 分、126℃ で 15 分があげられている。
- × c. 死滅速度 k ，残留生菌数 N とすると、微生物の死滅数は $-\frac{dN}{dt} = kN$ で表
 される。たとえば 1 分間で微生物が 1000 個から 900 個に減少した場合、
 左辺は -100 個/分となり、 $k = 0.1$ となる。本式は横軸を時間、縦軸を生
 存菌数を対数で表すと直線となり、指数関数・対数関数の形をとり、残留
 生菌数は滅菌時間に反比例する式とはならない。
- × d. 滅菌の機序は、高温の飽和水蒸気が被滅菌物と接触して大量の潜熱を放出
 して急激に過熱し、発生した水分が蛋白凝固を促進して微生物を死滅させる。
- e. 空気が缶内に存在すると被滅菌物と蒸気との接触が減少し、滅菌効率が減
 少する。真空脱気を行うと被滅菌物と蒸気との接触が増加し、滅菌効率が
 改善する。

【選択問題 1】 麻酔器を点検して得られた結果で異常なのはどれか。番号を解答欄〔選1〕にマークせよ。〔6〕

- a. 酸素フラッシュ作動時の酸素流量が 100 L/min であった。
- b. 酸素ポンベの残圧が 10 MPa であった。
- c. 亜酸化窒素ポンベの残圧が 5 MPa であった。
- d. 酸素供給圧警報装置のアラームの持続時間が 5 秒間であった。
- e. 呼吸回路の加圧テストをしたところ 30 秒間で 3 cmH₂O の圧力低下があった。

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

【正解】 〔選1〕 3)

【解説】 麻酔器の始業点検(日本麻酔学会編)および JIS T 7201-1:1999 吸入麻酔システム(麻酔器本体)によれば下記のごとくである。

- × a. 酸素フラッシュ作動時の酸素流量：35～75 L/分。
- b. 未使用の酸素ポンベの最高充填圧力は 14.7 MPa(150 kgf/cm²)であり、0.1 MPa(10 kgf/cm²)になれば交換する。
- c. 未使用の亜酸化窒素の最高充填圧力は 5 MPa(50 kgf/cm²)である。
- × d. 酸素供給圧警報装置のアラームの持続時間は 7 秒間以上鳴り続けなければならない。
- e. 閉鎖された呼吸回路に酸素を流し回路内圧を 30 cmH₂O にした後、酸素を止めて 30 秒間維持して回路内圧低下が 5 cmH₂O 以内であれば良い。

【選択問題 2】 人工呼吸器の換気力学について正しいのはどれか。番号を解答欄

〔選 2〕にマークせよ。〔6〕

$$1) \text{ 動的コンプライアンス} = \frac{\text{一回換気量}}{\text{吸気終末ポーズ圧} - \text{PEEP}}$$

$$2) \text{ 静的コンプライアンス} = \frac{\text{一回換気量}}{\text{最高気道内圧} - \text{PEEP}}$$

$$3) \text{ 気道抵抗} = \frac{\text{気道内圧}}{\text{呼気流量}}$$

$$4) \text{ 一回換気量} = \text{吸気流量} \times \text{最高気道内圧}$$

$$5) \text{ 肺胸郭コンプライアンス} = \frac{\text{一回換気量}}{\text{気道内圧}}$$

【正解】 (選 2) 5)

【解説】 気道内圧は、人工呼吸器よりガス(空気や酸素)を送り込む場合、生体及び呼吸回路を含むコンプライアンスと気道抵抗に対する反抗圧の変化を示す。つまり、人工呼吸器より送られてくるガスの流量に対する反抗圧(肺胸郭コンプライアンスと気道抵抗による)を表している。

$$\times 1) \text{ 正しくは、動的コンプライアンス} = \frac{\text{一回換気量}}{\text{最高気道内圧} - \text{PEEP}}$$

$$\times 2) \text{ 正しくは、静的コンプライアンス} = \frac{\text{一回換気量}}{\text{吸気終末ポーズ圧} - \text{PEEP}}$$

$$\times 3) \text{ 正しくは、気道抵抗} = \frac{\text{気道内圧}}{\text{吸気流量}}$$

$$\times 4) \text{ 正しくは、一回換気量} = \text{吸気流量} \times \text{吸気時間}$$

○ 5) 正しい。

【選択問題 3】 高気圧酸素治療装置の安全基準について誤っているのはどれか。
番号を解答欄〔選3〕にマークせよ。〔6〕

- a. 排気系は直接屋外に自然放出する仕組みになっている。
- b. 空気圧縮機で送気する場合はオイルレスの空気圧縮機を使用する。
- c. 装置を構成する部分は完全にフローティングされた構造にする。
- d. 装置内のスイッチは防爆型のものを使用する。
- e. 第 2 種装置の内装床は絶縁性材料を使用する。

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

【正解】 (選3) 4)

【解説】 高気圧下では酸素の支燃性が大気圧下より高くなる。そのため装置の構造、性能、材質などの安全性について JIS T 7321「高気圧酸素治療装置」や日本高気圧環境医学会の「高気圧酸素治療の安全基準」で規定している。

- × a. 排気の場所に火気のないことを確認し、排気の場所に「火気厳禁」とする標示を行い、排気系からの排気は直接屋外に誘導放出できる仕組みになっていなければならない(高気圧酸素治療の安全基準第 27 条, 第 46 条)。
- b. 空気圧縮機を使用して装置へ送気を行う場合は、無油式(オイルレス)空気圧縮機で、かつ送気される空気を清浄にするための空気清浄装置を設けなければならない。
- c. 装置内部に設けられる電気機器等に交流電源を供給するための回路は、絶縁変圧器を設けるとともに非接地(フローティング)にする。また、この回路の漏電あるいは一線地絡を検出する絶縁監視装置を設けている。この選択肢は、「装置を構成する回路部分は完全にフローティングされた構造にする。」が正しい選択肢と考える。
- d. 治療中に純酸素を投与することや、高気圧下では空気中の酸素濃度では不変であるが酸素分圧は圧力によって上昇することから、酸素の支燃性が大

- 気圧下より高くなる。このためスイッチを入れた瞬間に起こる火花による発火(火災)事故を防止するために、装置内に取り付けるスイッチは、無接点式、無火花式または火花に着火能力がない防爆型のスイッチを使用する。
- × e. 収容される患者もしくは医療従事者が帯電した場合に、高濃度酸素環境下では静電気のスパークによる発火の危険性がある。これを防止するために装置内部の床材は難燃性材料で、かつ静電気を逃がすような導電性の材料でなければならない(高気圧酸素治療の安全基準付属書 5)。

【選択問題 4】 人工呼吸器の規格 JIS T 7204 : 1989, および人工呼吸器の警報音 : 「人工呼吸器警報基準(厚生労働省告示第 264 号)」について正しいのはどれか。番号を解答欄〔選 4〕にマークせよ。[6]

- a. 換気量の誤差は設定値の $\pm 10\%$ 以内である。
- b. 酸素濃度の安定度は $\pm 3\%$ 以内である。
- c. 患者に送られるガスの温度は 43°C 以下である。
- d. 警報の自動復帰時間は消音から 3 分以内である。
- e. 電源異常警報の確立時間は異常発生から 30 秒以内である。

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

【正解】 (選 4) 1)

【解説】 人工呼吸器の規格 JIS T 7204-1989(1995 確認), および人工呼吸器の警報音 : 「人工呼吸器警報基準(厚生労働省告示第 264 号)」により下記のごとくである。

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

【選択問題 5】 経皮的血液ガス分圧測定の原因について正しいのはどれか。番号を解答欄〔選 5〕にマークせよ。〔6〕

- 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. 41～44℃ の範囲で皮膚を加温させることによる血流量の増加を利用している。
- 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. セバリングハウス型電極により二酸化炭素分圧に応じた電圧が発生する。
- e. 二酸化炭素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

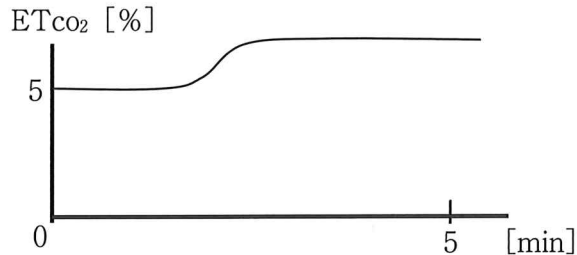
【正解】 〔選 5〕 6)

【解説】 経皮的血液分圧測定装置は、皮膚のガス透過性を利用したもので、電極には酸素分圧測定としてクラーク型酸素電極、二酸化炭素分圧測定としてセバリングハウス型二酸化炭素電極が用いられ、温熱機構と温度検出用サーミスタが組み込まれている。

角質でのガス拡散係数を上げるため、センサ近辺の温度を上昇させなければならない。そのため、ヒータ内蔵の外殻センサをセンサ周辺にかぶせることが多い。ヒータにより測定部位の皮膚表面近傍は 41～44℃ に保たれる。

- × a. 酸素分圧値と酸素飽和度は、ヘモグロビンの酸素解離曲線で示される。
- b. 上記説明の通り。
- × c. 酸素分圧は加温により酸素を放出しやすくなるため、酸素解離曲線は右方偏移する。
- d. 上記説明の通り。
- × e. ヒータにより皮膚温度が加熱されると、皮膚の代謝が亢進され酸素分圧値が上昇する(例えば約 100 mmHg から 145 mmHg へ)。これにより、二酸化炭素分圧値も上昇する。

【選択問題 6】 量規定での人工呼吸管理中に、呼気終末期二酸化炭素濃度のトレンドが図のように上昇した。考えられる原因はどれか。番号を解答欄(選6)にマークせよ。ただし、患者の血行動態は変化がないものとする。[6]



- a. 呼吸回路の接続部の緩み
- b. 呼気弁の閉鎖不良
- c. 吸入気酸素濃度の上昇
- d. オートサイクリング
- e. 分時換気量の増加

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

【正解】 (選6) 1)

【解説】 呼気終末期二酸化炭素(ETCO₂)濃度はカプノメータで測定ができ、換気と肺血流などの指標として、人工呼吸管理には不可欠なモニタである。呼気終末期二酸化炭素濃度は、動脈血二酸化炭素濃度に近似しており、二酸化炭素分圧は以下の式(肺胞換気式)で求まる。0.863は係数である。

$$\text{肺胞気二酸化炭素分圧} = 0.863 \times \frac{\text{二酸化炭素産生量}}{\text{肺胞換気量}}$$

つまり、肺胞気二酸化炭素分圧は肺胞換気量に反比例することが分かる。また、肺胞換気量は(1回換気量－死腔)×呼吸数で表されることから、人工呼吸管理中に呼気終末期二酸化炭素濃度が低下する原因は、1回換気量の増加および換気回

数の増加, もしくは心停止などが考えられる。

- a. 呼吸回路の接続部の緩みは低換気の原因になり, 呼気終末期二酸化炭素濃度は上昇する。
- b. 呼気弁の閉鎖不良は吸気時に呼気弁からのリークが発生するために低換気になり, 呼気終末期二酸化炭素濃度は上昇する。
- × c. 吸入気酸素濃度の上昇により低換気になることはない。低換気とは関係がない。
- × d. オートサイクリングとはトリガの感度が鋭敏になると, 回路の少しの揺れなどの影響を受けるだけで自発呼吸と認識し, 吸気ガスを送る状況のことで, オートトリガとも呼ばれる。つまり, 吸気努力が無いにも係わらず過換気の状態になるため, 分時肺胞換気量が増加するため呼気終末期二酸化炭素濃度が低下する。
- × e. 過換気の状態であるため呼気終末期二酸化炭素濃度は低下する。

【選択問題 7】 大動脈バルーンポンピング(IABP)における各部圧波形の時相について正しいのはどれか。番号を解答欄〔選7〕にマークせよ。[6]

- a. 理想的な動脈圧波形は大動脈弁の直近で得られる。
- b. 不整脈発生時には動脈圧トリガは適さない。
- c. 光ファイバ型カテーテルで測定した動脈圧の立ち上がりは R 波と一致する。
- d. カテーテル先端圧と橈骨動脈圧ではオーギュメンテーションの時相は異なる。
- e. 光ファイバ型カテーテル圧と従来型カテーテル圧の時相は同じである。

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

【正解】 (選7) 1)

【解説】

- a. 実際の臨床でそこまでカテーテルを進めることはできないが、理想的な動脈圧波形は大動脈弁の直近で得られる。
- b. 不整脈発生時には心電図 R 波より遅れたタイミングとなる動脈圧トリガ(動脈圧の立ち上がりを検出)は、次の心収縮期に重なってしまうため、心臓に負荷を与える不適切なポンピングとなる。
- × c. 光ファイバ型カテーテルで測定した動脈圧は IABP カテーテルの先端部(鎖骨下動脈との分岐部付近)の波形なので、その立ち上がりは R 波より圧脈波の伝搬時間だけ遅れる。
- × d. カテーテル先端圧と橈骨動脈圧は波形全体としての伝搬時間は異なるが、相対的な心収縮圧とバルーン圧との関係は変わらないので、オーギュメンテーションの時相は同じである。
- × e. 光ファイバ型カテーテル圧は IABP カテーテルの先端部(鎖骨下動脈との分岐部付近)の波形であり、従来型カテーテル圧はカテーテル等を伝搬した後の波形なので、動脈圧全体の時相は異なる。

【選択問題 8】 心臓疾患の超音波診断法に関する組み合わせとして誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選 8〕にマークせよ。〔6〕

- | | | |
|--------------------------|----|--------------|
| 1) 大動脈弁の圧較差 | —— | ベルヌーイの式 |
| 2) カラードップラ法 | —— | 自己相関法 |
| 3) パルスドップラ速度計測 | —— | 一回拍出量の計算 |
| 4) EF(Ejection Fraction) | —— | 左心室機能の評価 |
| 5) B モード画像 | —— | 心筋梗塞による壁運動異常 |

【正解】 (選 8) 3)

【解説】

- 1) 最大流速を計測できる連続波超音波ドップラ法で、圧較差 PG (Pressure Gradient) の測定原理はベルヌーイの式から $\Delta P [\text{mmHg}] \approx 4 v^2 [\text{m/s}]$ で概算される。この方法で大動脈弁を通過する最大流量が分かるので弁を挟んだ圧力差が計測できる。

$$\text{ベルヌーイの式} : \frac{1}{2} \rho v_1^2 + P_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + P_2 \quad \text{一定より,}$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2)$$

ここで左心室内の速度は大動脈に比べて遅いことで近似すると、 v_1 は無視できる。さらに圧力 P は [P: Pascal] なので水銀柱の単位に変換すると、速度の 2 乗に 4 を掛けた値に近似される。

- 2) カラードップラ法はフーリエ変換ではなく自己相関係数から計算される。
- × 3) パルスドップラ法で大動脈の速度を計測することはできる。そこで心拍出量 SV (Stroke Volume) は、計測は間接的方法であるが可能である。流管を流れる血流速は、中心速度が最大で流管壁では境界条件により、理想的には速度は 0 の放物線を描く流速分布を持つことが知られている。よって 0 から最大速度の平均流速で大動脈を一定速度で血液が流れているとすると、血管の断面積が分かれば流量が計算できる。その断面積は B モード断層画像で大動脈の流出路の直径 (D_{LVOT}) を計測し、円柱と近似して左室流出路

断面積 (CSA_{LVOT} : cross-sectional area left ventricular outflow tract) を計算できる。パルスドップラ法による血流速を時間積分ではなく駆出時間と平均速度を掛け算すると一回拍出量が近似できる。(実際はパルスドップラ流速波形の崩落線をトレースした平均速度積分値 (TVI_{LVOT}) を計測する。)
(SV: Stroke Volume, CO: Cardiac Output)

$$\text{一回拍出量: } SV = CSA_{LVOT} \times TVI_{LVOT},$$

$$\text{心拍出量: } CO = SV \times HR(\text{心拍数})$$

しかし、左心室のボリメトリは B モードで行うことは超音波計測では基本で、問題選択肢の中では、3) だけが 2 つの方法 (B モード法とドップラ法) を要し、パルスドップラ法だけでは、血流速 Velocity: v [m/s] は求めることができるが、血流量 Volume: V [L/s] の計測は断面積 $A: A[m^2]$ を用いないと計算できないので、3) が最も相応しい解答肢になる。

- 4) EF は M-mode における左室拡張末期径 (LVEDD: Left Ventricular End Diastolic Diameter) と左室収縮末期径 (LVESD: LVE systolic D) から、回転楕円体近似で左室拡張末期容積 (LVEDV: LVED Volume) と左室収縮末期容積 (LVESV) の差から SV を計算。
- 5) B mode 画像による壁運動異常 (Asynergy) 計測は、半判定的であるが心筋梗塞の発症からすぐに壁運動異常は発生するので有益な診断情報で臨床現場で良く用いられる。(心電図 ST 部や血中 CPK 上昇では顕性化するのに 3 時間程度かかるので、超急性期の診断のためには時間がかかりすぎる。)

壁運動は左心室の運動を目で見て行うが最近では機械で解析ができるが、単純に左心室を前壁、中隔、側壁、下壁、後壁に分けて行っていることを前提にしないと何のデータか評価できない。(まず左心室断面を観察する超音波 B モード画像では、複数の方向から観察しなければ 5 つの壁の運動は観察できない。)

【選択問題 9】 同一病棟で同一チャンネルの心電図テレメータ送信機 2 台を患者 A と患者 B に同時に使用した場合に起こり得るのはどれか。番号を解答欄〔選 9〕にマークせよ。〔6〕

- a. 受信される電波は弱くなる。
- b. 患者 A と患者 B の心電図が重なった波形が表示される。
- c. 受信不良のアラームが発生する。
- d. 受信電波が強い方の送信機を装着した患者の心電図が表示される。
- e. 電池交換の表示が出る。

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

【正解】 〔選 9〕 8)

【解説】 同一病棟(病院)で同一チャンネルの心電図テレメータ送信機 2 台が存在すること自体が無線チャンネル管理上問題であるが、ここではそのような事態が起こった時にどのような現象となるかを問うている。

- × a. 受信される電波はむしろ強くなる。
- × b. 患者 A と患者 B の心電図が重なった波形が表示されるわけではない。
- c. 受信不良であることを示す表示(メッセージや人為的な波形)による視覚的なアラームが発生する(通常の機種では聴覚的なアラーム音は発生しない)が、この同一チャンネル送信機 2 台使用が原因の受信不良アラーム発生は、2 台の送信機からの受信電波強度がほぼ同程度の時だけである。
- d. 一般的に受信電波が強い方の送信機を装着した患者の心電図だけが表示されるので、受信電波が弱い方の患者のモニタリングはされず、重篤な不整脈等を見逃すことがあるので注意が必要である。
- × e. 電池消耗とは無関係なので、電池交換の表示は出ない。

【選択問題 10】 ICD について誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選10〕にマークせよ。〔6〕

- a. 心拍数の速い心室頻拍に対して、抗頻拍ペーシングは有効なことが多い。
- b. 意識消失を伴わない心室頻拍に対して、バーストペーシング治療は侵襲が少ない。
- c. ショック治療後に一定期間中ペーシング出力を低下させる機能がある。
- d. ランプペーシングは刺激間隔を一心拍ごとに短縮させてペーシングを行う。
- e. 抗頻拍ペーシングのペーシング周期は、検出された PQ 間隔によって決定される。

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

【正解】 (選10) 9)

【解説】 ICD の基本的機能は除脈に対するペーシング機能と、頻脈に対する治療がある。ペーシング機能は基本的にペースメーカーと同様である。頻脈に対する治療は、①センシング ②不整脈の検出 ③治療 ④記録の過程がある。VT/Vf に対する固定感度のセンシングは同時に T 波や P 波をセンシングしやすいため、ICD はペースメーカーとは異なり可変となっている。頻脈の検出はレートによって行っている。設定レートを超えた心室レートが検出された場合、頻脈として認識する。治療には抗頻拍ペーシング(ATP)と、ショック治療(CV)がある。抗頻拍ペーシングはショック治療に比べ、心機能への影響も少なく、電池消費も少ない。ATP にはバーストペーシングとランプペーシングがあり、バーストペーシングは、VT の頻拍周期より短い間隔でペーシングを行い、ランプペーシングは一拍ごとにペーシング間隔を短くする方法である。

○ a. 早い心拍数の VT に対しても、ATP が有効なことが報告されている。

○ b. 上記説明通り。

× c. ショック治療後は心筋障害による閾値が上昇するので、一定期間ペーシ

グ出力を上げる機能を持った機種がある。

○ d. 上記説明通り。

× e. ペーシング周期は，検出された R-R 間隔によって決定される。

【選択問題 11】 ステントグラフト内挿術について誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選 11〕にマークせよ。〔6〕

- a. 上行大動脈瘤に適応される。
- b. 動脈瘤内への血流を遮断する。
- c. Y型ステントグラフトがある。
- d. 人工心肺が必須である。
- e. 合併症としてエンドリークが生じることがある。

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

【正解】 (選 11) 3)

【解説】 ステントグラフト内挿術は、カテーテルインターベンションとして施行が可能な大動脈瘤に対する低侵襲治療である。金属ステントをポリエステルやポリテトラフルオロエチレン (PTFE) 製の人工血管で被覆したステントグラフトを、細く折りたたんで末梢動脈から挿入し、X線透視下に胸腹部大動脈の病変部で展開する。動脈瘤の中樞側と末梢側の健常部位にステントにより固定され、動脈瘤内への血流が遮断される。

- × a. 胸部大動脈、腹部大動脈の下行大動脈瘤に適応される。
- b. 瘤内の血流が遮断され、血栓形成後、器質化される。
- c. 腹部大動脈から両側の総腸骨動脈に及ぶ病変に用いる。
- × d. 胸部大動脈瘤に対し人工心肺下で施行される場合もあるが必須ではない。
- e. ステントグラフトと血管との接合部からの瘤内への血流再発生 (エンドリーク) が合併症としてある。

【選択問題 12】 ヘモグロビン濃度 6 g/dL で人工心肺による完全体外循環中、静脈リザーバ入口部と膜型人工肺出口部の血液酸素飽和度がそれぞれ 60% と 100% であった。灌流量、人工肺出口部の血液酸素飽和度はそのまま、輸血によって人工心肺からの酸素供給量を維持し、静脈リザーバ入口部の血液酸素飽和度を 80% に改善した。このときの循環血液のヘモグロビン濃度 [g/dL] はどれか。番号を解答欄〔選12〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 8
- 2) 10
- 3) 12
- 4) 14
- 5) 16

【正解】 (選12) 3)

【解説】 人工心肺における酸素供給量を算出する問題である。酸素供給量は下式にて概算できる。

$$\begin{aligned} \text{酸素供給量 [mL/min]} &= 1.34 [\text{mL/g}] \times \text{ヘモグロビン濃度 [g/dL]} \\ &\quad \times \text{灌流量 [L/min]} \times \text{動静脈酸素飽和度較差 [\%]} \times \left(\frac{1}{10}\right) \end{aligned}$$

上式中の 1.34 [mL/g] はヘモグロビン 1 g が結びつく酸素量 [mL] である。灌流量と人工肺出口部の血液酸素飽和度、すなわち灌流血の動脈血酸素飽和度はそのまま、酸素供給量を維持しつつ、静脈リザーバ入口部の酸素飽和度、すなわち混合静脈血酸素飽和度の改善前後で上式に必要な値を代入すると、

$$1.34 \times 6 \times \text{灌流量} \times (100 - 60) \times \left(\frac{1}{10}\right) = 1.34 \times \text{Hb} \times \text{灌流量} \times (100 - 80) \times \left(\frac{1}{10}\right)$$

となる。Hb は求めるヘモグロビン濃度である。灌流量は両辺で同値であるため、未知でも解答は得られる。

$$\text{よって、求めるヘモグロビン濃度} = 6 \times \frac{(100 - 60)}{(100 - 80)} = 12 [\text{g/dL}] \text{となる。}$$

【選択問題 13】 以下の条件でオンライン HDF を行う。患者のヘマトクリット値を 30% とすると、ヘモダイアフィルタ直後のヘマトクリット値はおよそ何%か。番号を解答欄(選 13)にマークせよ。[6]

治療モード 後希釈法
濾過流量 一定
血液流量 250 mL/min
透析液流量 500 mL/min
実施時間 4 時間
補液量 9 L
除水目標量 3 L

- 1) 28 2) 30 3) 32 4) 38 5) 40

【正解】 (選 13) 4)

【解説】 補液量と除水量の和が総濾液量 12 L になるので、濾過流量は

$$\frac{(12000)}{(4 \times 60)} = 50 \text{ mL/min}$$

血漿が 50 mL/min で、除去されるので、ダイアライザ直後のヘマトクリット値は、

$$30\% \times 250 \div (250 - 50) = 37.5\%$$

となり、解答は最も近い値の 4) となる。

【選択問題 14】 ベッドサイド型人工膵臓について正しいのはどれか。番号を解答欄〔選 14〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 糖尿病患者以外には適応できない。
- 2) 血液を体外循環させて治療を行う。
- 3) 間欠的に血糖値を測定する。
- 4) 近赤外分光法により血糖値を測定する。
- 5) ヘパリン加生理食塩液で希釈した血液の血糖値を測定する。

【正解】 (選 14) 5)

【解説】 人工膵臓は、膵臓の機能のひとつである血糖値のコントロールを代用するものである。ベッドサイド型人工膵臓は 1970 年代に開発され、日本では 1983 年に日機装株式会社が初の商品化を果たしている(現在は STG-55 を販売)。主な用途として、糖尿病領域の検査用途、急性期の血糖値管理などがある。基本構成は、血糖測定部と薬液注入部、制御部(血糖値管理アルゴリズム)からなる(図参照)。血糖値が上昇した場合にはインスリンを、血糖値が低下し過ぎるのを防ぐ

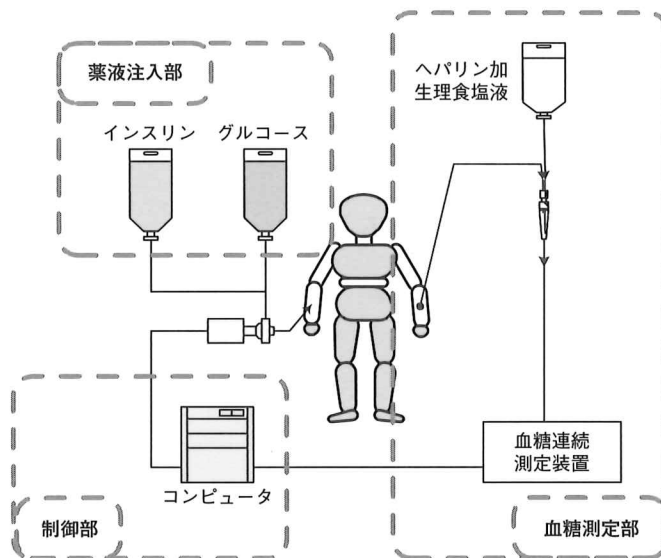


図 ベッドサイド型人工膵臓の基本構成

ためにグルコースを注入することで血糖値管理を行えるため、術中・術後の血糖値管理として注目されている。

- × 1) 人工膵臓の使用用途には「内科領域」での適応と「外科領域」での適応に分けられる。用途は、糖尿患者の血糖管理、インスリン抵抗性の評価、ICU・CCUでの周術期の血糖管理など多岐に渡る。
- × 2) 静脈に留置した二重内腔カテーテルから持続的に採血(2 mL/hr を超えない程度)し、血糖値を連続的にモニタリングする。
- × 3) 上述の通り、連続的なモニタリングにより血糖管理(目標血糖値の維持)をおこなう。
- × 4) グルコース酸化酵素電極法にて測定する。
- 5) カテーテル内でヘパリン加血液にしてチューブを介して酵素電極へ送り、連続的に測定している。

【選択問題 15】 腹膜透析に用いられる機器について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選 15)にマークせよ。[6]

- a. 腹膜透析液を自動で注排液する装置が用いられる。
- b. バッグと回路が一体化された閉鎖回路が用いられる
- c. チューブを接続する際、殺菌しながら溶接する。
- d. 使用直前に専用装置を用いて透析液濃度を調整する。
- e. カフの付いていないカテーテルを用いる。

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

【正解】 (選 15) 10)

【解説】 腹膜透析に用いられる機器に関する問題である。

- a. 夜間腹膜透析では、腹膜透析液の注入、排液を夜間に数回自動的に行う装置が利用されている。
- b. 透析液の入ったバッグと排液用の空バッグおよび回路が一体化され閉鎖回路になった製品が主流で、活動性や入浴の利便さなど患者の QOL は向上した。透析液を残して取り外すことも可能であるので貯留液量の調節が可能である。
- c. 接続のためのコネクタを使用せず、加熱銅板で 2 本のチューブを溶接する。同時に殺菌もできる。
- × d. 血液透析と異なり、既に濃度の調整された透析液を使用する。
- × e. 組織とカテーテルの自然脱落を防止するためにカフ(ポリエチレンテレフタレート製のものが多い)が装着されたカテーテルを用いる。皮下カフはトンネル感染の進行防止にも寄与する。

【選択問題 16】 二重膜濾過血漿交換施行中、約 20 分経過後、血漿分離器の膜間圧力差が上昇し警報が鳴った。直接の原因でないのはどれか。番号を解答欄(選 16)にマークせよ。[6]

- a. 血液側の中空糸内流路が凝固した。
- b. 血漿分画器の膜が目詰まりした。
- c. 脱血不良により血流量が低下した。
- d. 血流量に対して血漿流量設定が高過ぎた。
- e. 廃棄血漿のフィブリン析出により回路が閉塞した。

- 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】 (選 16) 7)

【解説】 DFPP で用いられる 2 種のモジュールのうち、1 次側である血漿分離器の TMP(膜間圧力差)上昇である。基本的に中空糸膜の内側と外側における圧力差の上昇を意味するが、原因同定のために注意を向ける範囲を理解しておく必要がある。

- a. 血液側中空糸内の凝固により、濾過の有効膜面積は減るため TMP は上昇する。
- × b. 血漿分画器(=血漿成分分離器)は 2 次側のモジュールであり、設問の TMP 上昇は血漿分離器である。
- c. 脱血不良の場合、設定通りの血流量が得られず実質的に血流低下してしまう一方、血漿流量は変わらないため、 $\frac{\text{血漿流量}}{\text{血流量}}$ の比率が大きくなる。従って TMP が上昇する。
- d. 流量設定が不適切でも、上記 c 同様の現象は起こり得る。
- × e. 血漿分離器に対する TMP 警報のためのモニタリング個所は、廃棄される血漿の流路ではなく、直接の原因にはならない。

【選択問題 17】 オンライン HDF で誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選 17〕にマークせよ。〔6〕

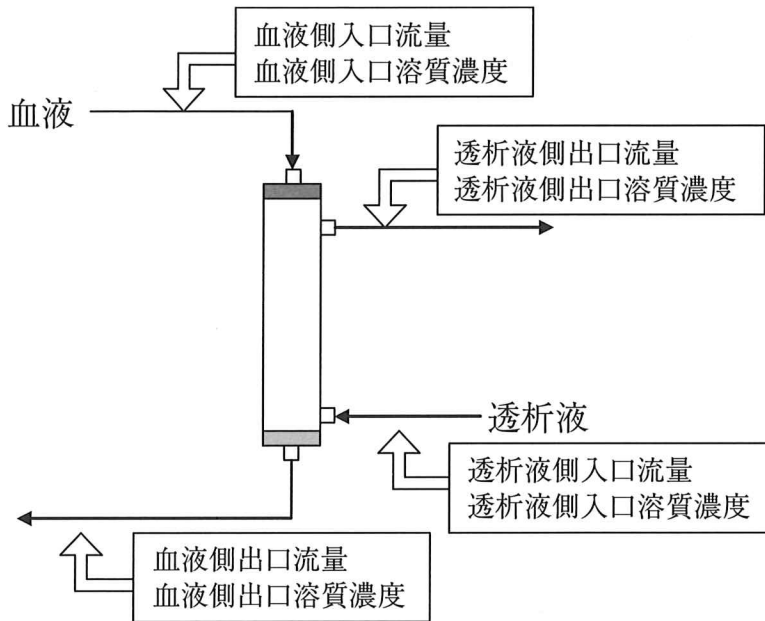
- 1) 同一置換液量ならば, 前希釈よりも後希釈の方が β_2 -MG 除去効率はよい。
- 2) 置換液にはエンドトキシンを完全に除去した透析液を使用する。
- 3) IV型もしくはV型ダイアライザを使用する。
- 4) 専用装置を使用する。
- 5) 日本では前希釈方式が後希釈方式よりも多い。

【正解】 (選 17) 3)

【解説】 オンライン HDF は専用装置を用いて, HDF フィルターを使用することとなっている。この方法以外での治療は認められていない。日本では前希釈方式が 90% であり後希釈方式はほとんど行われていない。

- 1) 同一置換液量ならば後希釈方式が有利である。
- 2) エンドトキシン濃度は検出下限以下でなければならない。
- × 3) HDF フィルターを使用する。
- 4) Online HDF 専用装置でなければ治療として認められていない。
- 5) 前希釈が 90% である。

【選択問題 18】 濾過があるときの尿素のクリアランスを求めたい。血液側入口溶質濃度と透析液側出口流量がわかっているとき、クリアランスを求めるためにあと 1 つどの値がわかればよいか。番号を解答欄【選 18】にマークせよ。〔6〕



- 1) 血液側入口流量
- 2) 血液側出口流量
- 3) 血液側出口溶質濃度
- 4) 透析液側出口溶質濃度
- 5) 濾過流量

【正解】 (選 18) 4)

【解説】 濾過があるときのダイアライザのクリアランスは、

$$CL = \frac{Q_{BI}C_{BI} - Q_{BO}C_{BO}}{C_{BI}}$$

であり、クリアランスを求めるためには、ダイアライザ入口・出口における血流

量および血液側入口および出口溶質濃度の値が必要である。もしくは、血液側入口流量の代わりに、血液側出口流量および濾過流量(もしくは血液側入口濃度と濾過流量)でもよい。また、

$$CL = \frac{Q_{DO}C_{DO}}{C_{BI}}$$

でもあることから、血液側入口溶質濃度、ダイアライザ出口における透析液流量および透析液側溶質濃度からも求めることができる。血液側入口溶質濃度と透析液側入口流量がわかっている場合、あと、濾過流量と透析液側溶質濃度がわかれば、この式からクリアランスを求めることができる。

【選択問題 19】 Dual Energy CT について誤っているのはどれか。番号を解答欄

〔選 19〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 骨と造影血管を分離できる。
- 2) 石灰化を伴う血管の内腔評価ができる。
- 3) 血流量の測定ができる。
- 4) 尿酸結石とリン酸カルシウム結石を区別できる。
- 5) 異なるスペクトルの X 線を照射する。

【正解】 (選 19) 3)

【解説】 Dual Energy CT は最近注目されている X 線 CT 撮影法である。Dual Energy CT は、物質が X 線のエネルギーによって線減弱係数(X 線の透過度)が異なる作用に着目し、その差を応用して画像化する技術である。異なる 2 つの管電圧によって、骨、造影剤、脂肪、軟部組織などは組織組成に依存した異なるコントラスト差を生じるため、それぞれを適切に分離した画像を作ることができる。通常の CT 画像では、白黒画像の濃淡(グレイスケール)で CT 値を表現しているが、これに対し Dual Energy CT では、異なる X 線エネルギー帯域に対する線減弱係数の違いを利用して、物質を同定あるいは分離して画像化する。このような原理を応用することで、臨床的には次のような利点がある。

- ・物質弁別画像を生成することで、造影剤を使用した画像から骨を除去したり、腎結石の組成を同定し治療方針を判定することができる。また、心臓血管造影 CT では、冠状動脈のカルシウムスコアリング(冠動脈の石灰化の度合)や、脂質成分の同定によるプラーク(動脈硬化巣に存在する内膜の斑状肥厚性病変)評価などができる。
- ・低エネルギー撮影と高エネルギー撮影の両方の画像を合成することにより、アーチファクトの抑制やビームハードニング(線質硬化)の抑制、コントラストの向上による画質の向上が期待できる。
- ・連続したエネルギースペクトルの多色 X 線に対して、特定のエネルギーのみを取り出した X 線を単色 X 線という。Dual Energy CT では、40 keV~140 keV

までの単色 X 線による画像を 1 keV 毎に疑似的に作製することができ、これを仮想モノクロマティックイメージとか、仮想単色 X 線等価画像という。

- 1) 骨と造影血管を分離できる。
- 2) 石灰化を伴う血管の内腔評価ができる。
- × 3) 血流量の測定はできない。
- 4) 尿酸結石とリン酸カルシウム結石を区別できる。
- 5) 異なるスペクトルの X 線を照射する。

低エネルギーと高エネルギーの 2 種類のスペクトルの X 線を用いて撮像する。各社独自の方法が用いられており、2 つの X 線管を用いたもの、管電圧を高速で切換ながら撮像を行うもの、回転毎に管電圧を切り替えるもの、検出器を 2 層とするものがある。一般的には、70～80 kV と 140 kV の 2 種類の管電圧を用いて撮像する。

【選択問題 20】 消化器内視鏡検査に用いる医療ガスはどれか。番号を解答欄
〔選 20〕にマークせよ。〔6〕

- a. 二酸化炭素
- b. 窒素
- c. 空気
- d. 酸素
- e. 亜酸化窒素

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

【正解】 (選 20) 2)

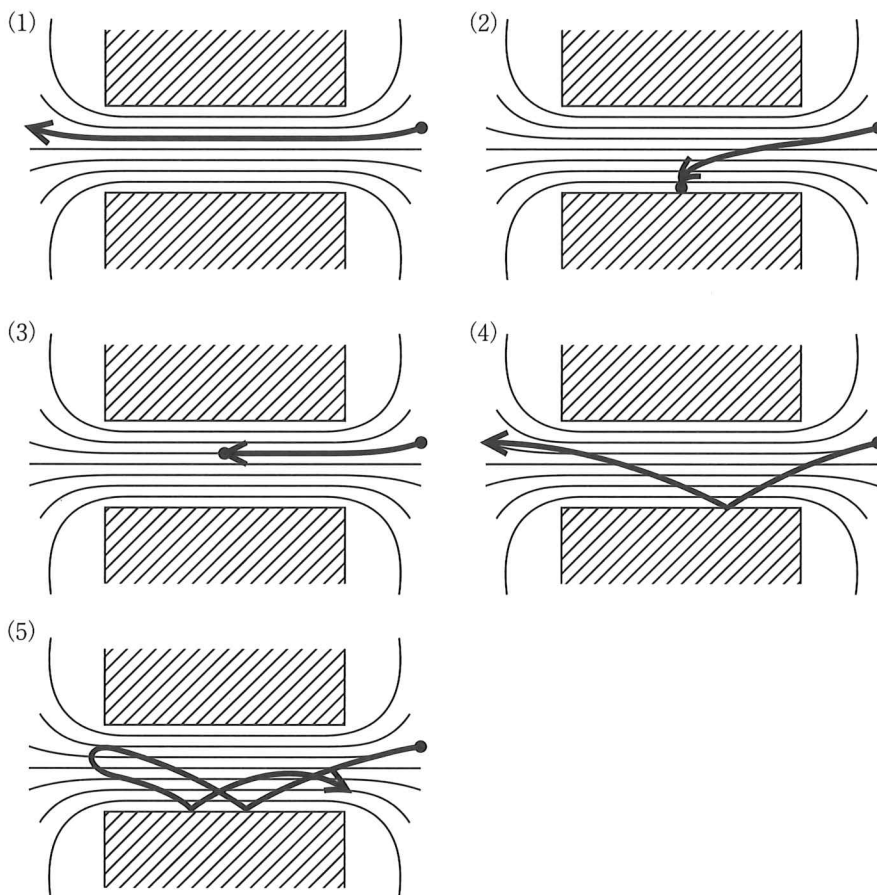
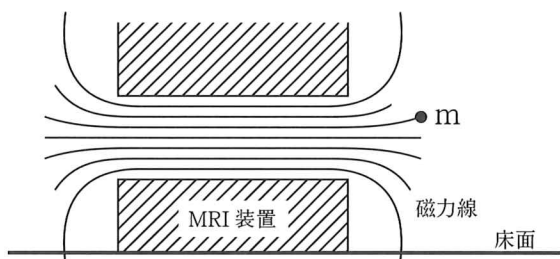
【解説】 消化器内視鏡検査においては、食道、胃、大腸等、粘膜の襞に隠れた病変を見逃さないように検査対象となる部位を拡張する必要がある。

そのため、生体への親和性があり入手も容易という理由で空気が用いられているが、近年は、炭酸ガス送気も行われるようになってきている。

炭酸ガスは空気よりも粘膜から素早く吸収され、検査後のガスが管腔内に残留しないため腹部膨満感等の副作用が少ないという効果が期待されているためである。

- a. 腹腔鏡手術と同様に医療用炭酸ガスが用いられる。
- × b. 手術機器駆動用の動力源などとして用いられる。
- c. 検査室の空気を濾過したものを内視鏡の送気口を介して送気される。
- × d. 体内で可燃性ガスが発生した場合、引火の恐れが高くなる。
- × e. 「笑気ガス」とも呼ばれ、鎮痛効果があり麻酔に利用される。

【選択問題 21】 トンネル型 MRI 装置の開口部に、図のように直径 1 cm の鉄球 m を投入したとき、鉄球が描く軌道に最も近いのはどれか。番号を解答欄〔選 21〕にマークせよ。ただし図は MRI 装置の鉛直断面を示し、曲線群は磁力線を表す。また、選択肢 2), 3) は矢印の先端の位置で鉄球が静止することを表す。〔6〕



[正解] (選 21) 5)

[解説] 静磁場によって鉄球 m に働く吸引力は、 1 m あたりの磁場の強さの違い(磁束密度勾配)によって生じ、鉄球 m は磁力線の間隔が狭くなる方向へ吸引される。鉄球 m には重力も働いている。

- × 1) 磁力線は鉄球 m の運動の軌跡を表すものではない。
- × 2) 運動している鉄球 m を急に静止させるための加速度(力)は存在しない。
- × 3) 運動している鉄球 m を急に静止させたり、重力をうち消して空中で浮遊させるための加速度(力)は存在しない。
- × 4) 鉄球 m は重力のみならず、磁場による吸引力を受ける。
- 5) 鉄球 m は重力と吸引力を受けて運動する。トンネルの近くでは鉄球はトンネル内に引き込まれる。しかし、トンネルの内部では磁束密度(磁力線の間隔)はほとんど一樣なので吸引力は生じない。以後の鉄球 m の運動は主として重力によって決まり、トンネルの床面に当たれば跳ね返る。鉄球 m がトンネルを通過すると、再び磁束密度勾配によってトンネル内に引き込まれる。従って、鉄球 m はトンネル内を往復しながら、衝突等によって次第に運動エネルギーを失っていく。実際にパチンコ玉を投入したところトンネル内を数回往復したという観察例がある。

[備考]

MRI 装置の周囲では、日常の経験からは類推しにくい現象がいろいろと生じる。安全を確保しつつ装置を活用するためには、現象の性質と発生メカニズムを良く理解しておく必要がある。なお、磁性を持つ物体に対して静磁場によって生じる力には、吸引力のほかに、物体の長手方向を磁力線と平行にする方向に働く偶力がある。

【選択問題 22】 JIS T 0601-2-24:2005 輸液ポンプ及び輸液コントローラの安全に関する個別要求事項におけるスタートアップカーブについて正しいものはどれか、番号を解答欄〔選 22〕にマークせよ。〔6〕

- a. 実測流量は送液された液の質量から計算する。
- b. 表示期間はポンプスタート直後からの 60 分間である。
- c. サンプル抽出間隔は 10 秒である。
- d. 設定流量はフィンガポンプの場合 25 mL/h である。
- e. 流量誤差は 10% 以下に収束しなくてはならない。

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

【正解】 (選 22) 3)

【解説】

- a. 実測流量はサンプル抽出間隔で送液された液の質量から計算する。
- × b. 表示期間はポンプスタート直後から 120 分までである。
- × c. サンプル抽出間隔は 30 秒である。
- d. 設定流量は中間流量と規定されており、市販のフィンガポンプはボルメトリック形輸液ポンプとなり中間流量は 25 mL/h である。
- × e. 流量誤差の上限に規定はない。

【選択問題 23】 レーザ治療器について正しいのはどれか，番号を解答欄〔選 23〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 照射フルエンスの単位は J/m^2 である。
- 2) パルスレーザー光の平均パワーはピークパワーと繰り返し周波数の積である。
- 3) 連続波レーザーはパルス波レーザーより生体中で衝撃波を生じやすい。
- 4) 波長 400～1400 nm の光は角膜にほとんど吸収される。
- 5) クラス 4 C は先端出力が 40 W 以上のものである。

【正解】 〔選 23〕 1)

【解説】

- 1) フルエンスは単位面積を通過する放射束の時間積分値で定義され，照射フルエンスは単位面積に 1 発のレーザーパルス等でどの程度の照射エネルギー (J/cm^2) であるかの指標である。
- × 2) パルスレーザー光の平均パワーはパルスエネルギーに繰り返し周波数を乗じた値であり，ピークパワーに乗じた場合は過大評価となる。
- × 3) ピークパワーが高いパルスレーザー照射では生体組織内できわめて短時間に熱が発生し，衝撃波が生じる。これを光機械的作用というが，連続波では衝撃波が生じにくい。
- × 4) 波長 400～1400 nm の光のエネルギーのほとんどは網膜部に到達し，400 nm より短波長あるいは 1400 nm より長波長の赤外光ではエネルギーのほとんどが角膜に吸収される。
- × 5) クラス 4 C は先端出力が 30 W 以上のものである。

注) 「レーザー製品のクラス分けに関しては，JIS C 6802:2014 で基本的になされているが，クラス 4 にはクラス 1～クラス 3 のように細分化がされていない。医用レーザー製品はクラス 4 のものがほとんどであるため，さらにクラス 4 A～クラス 4 C に細分化する必要がある(日本レーザー医学会，日本医療機器学会：1988)。『医用レーザー臨床応用安全指針』による追加分類では，クラス 4 C は先端出力が 30 W 以上のものと規定されている。」

【選択問題 24】 脳の近赤外線分光法 (near-infrared spectroscopy : NIRS) について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選 24)にマークせよ。[6]

- a. 近赤外線の吸収係数がオキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンで異なることを利用している。
- b. 血流量の変化を連続して測定できる。
- c. 課題遂行による脳の活動が画像として得られる。
- d. オキシヘモグロビン量を測定できる。
- e. パーキンソン病の鑑別診断に用いる。

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

【正解】 (選 24) 10)

【解説】 近赤外線スペクトロスコピイとも呼ばれる NIRS は国内で研究が進められ、2015 年春には保険適用を受けて、精神疾患(特にうつ病)の鑑別診断に利用されている。

- a. 640 nm および 830 nm の波長を持つ近赤外線の吸収係数の差をから酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの相対量が求められる。
- b. ヘモグロビンの量は脳表の血流量を反映している。
- c. 各検出点のヘモグロビン量の相対変化を補間することによってマッピング画像を得ることが出来る。
- × d. 光の照射と検出の脳内での距離が定められないため、ヘモグロビン量の絶対値を計算することは出来ないとされている。
- × e. NIRS はうつ病の鑑別診断に利用されている。

【参考】

福田正人編 精神疾患と NIRS 中山書店

【選択問題 25】 ハイブリッド手術室について誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選 25〕にマークせよ。〔6〕

- a. 手術室に血管撮影装置が設置されている。
- b. カテーテルによる血管内治療ができる。
- c. 開腹手術には使用できない。
- d. 3次元 CT 撮影ができる。
- e. ステンレス製手術台を使用する。

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

【正解】 (選 25) 9)

【解説】 ハイブリッド手術室とは、手術台と心・脳血管 X 線撮影装置を組み合わせた治療室のことで、手術室と同等の空気清浄度の環境下で、カテーテルによる血管内治療が可能となる。手術室と心臓カテーテル室で、それぞれ別の場所に設置されていた機器を組み合わせることにより、最新の医療技術に対応できる。通常、X 線透視装置は手術室ではなく X 線検査室に設置される。手術室と透視装置を統合したという意味でハイブリッド手術室と呼ばれている。

○ a. 手術室に血管撮影装置が設置されている。

ハイブリッド型手術室とは、手術室に懸垂型の血管造影装置(3D-CT 撮影も可能)を統合させたもので、高画質な透視・3D 撮影を行うことができるオペ室(手術室)のことをいう。カテーテルを使う内科的治療と外科手術による治療とを一つの部屋で行うことができる。

○ b. カテーテルによる血管内治療ができる。

× c. 通常の定型的手術にも使用できる。

○ d. 3次元 CT 撮影ができる。

× e. ステンレス製手術台は使用できない。X 線透視に使用できる専用の患者テーブルが必要である。

小論文試験問題

薬事法の改正が平成 26 年 11 月 25 日に施行され、法律の名称が「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」（医薬品医療機器等法）となった。その改正の中で医療機器の特性を踏まえた規制も構築され、医療機器の製造販売業・製造業は医薬品などとは分けて規定されるようになった。今回の薬事法の改正について医療技術者としてのあなたの考えを 800 字以上 1000 字以内で述べなさい。ただし、空白欄は文字数にカウントされないので注意すること。[30]