

電気分野
専門区分

課目Ⅱ 電気の基本

試験時間 16:20～17:40 (80分)

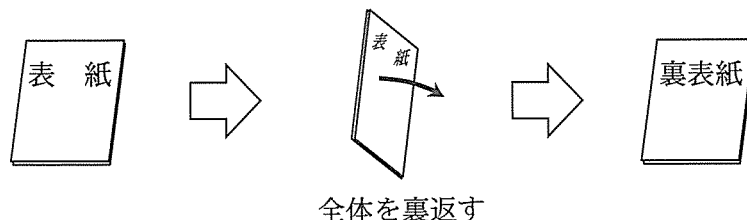
4 時限

問題 4	電気及び電子理論	1～4 ページ
問題 5	自動制御及び情報処理	5～7 ページ
問題 6	電気計測	9～10 ページ

I 全般的な注意

1. 試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見ないこと。
2. 試験中に問題の印刷不鮮明、冊子のページの落丁・乱丁などに気付いた場合は、係の者に知らせること。
3. 問題の解答は答案用紙（マークシート）に記入すること。
4. 答案用紙の記入に当たっては、答案用紙に記載の「記入上の注意」に従うこと。「記入上の注意」に従わない場合には採点されない。該当欄以外にはマークや記入をしないこと。
5. 問題冊子の余白部分は計算用紙などに適宜利用してよい。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

解答上の注意は、裏表紙に記載してあるので、この問題冊子全体を裏返して必ず読むこと。



指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
問題の内容に関する質問にはお答えできません。

(電気及び電子理論)

問題4 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な数値又は式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計 50 点)

(1) 図1に示すように、電圧 \dot{E} [V] と角周波数 ω [rad/s] が一定の単相交流電源に、抵抗 R [Ω] とインダクタンス L [H] を直列につなげた負荷を接続し、さらにキャパシタンス C [F] を負荷に直列に挿入した回路がある。この回路において、キャパシタンス C の値が回路の力率及び電流 \dot{i} [A] にどのような影響があるかを考える。なお、図に示されているインピーダンス以外のインピーダンスは無視するものとする。

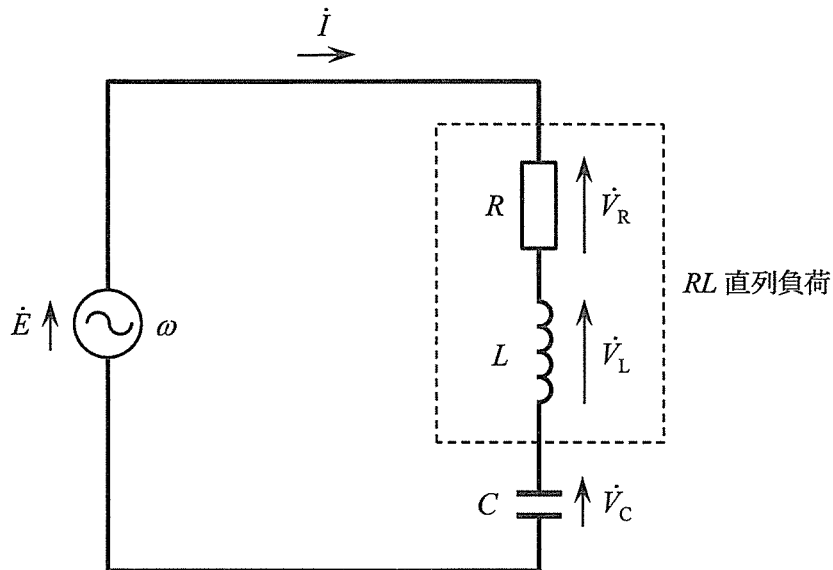


図1

1) 抵抗 R 、インダクタンス L 及びキャパシタンス C の直列回路において、回路のインピーダンス Z [Ω] の大きさ Z 及び回路の力率 $\cos\phi$ は次式のように表される。

$$Z = \boxed{1} \text{ } [\Omega]$$

$$\cos\phi = \boxed{2} \text{ } \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

< $\boxed{1}$ 及び $\boxed{2}$ の解答群 >

ア $R + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$	イ $\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$	ウ $\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$
エ $\sqrt{R^2 + \left(\omega L + \frac{1}{\omega C}\right)^2}$	オ $\frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$	カ $\frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L + \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$
キ $\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$		

2) ここで、式①の力率 $\cos\phi$ が最大になるのは、分母が最小のときである。 R と L 、及び電源の角周波数 ω は一定なので、分母が最小となるときのキャパシタンスの値 C_r は次式のように表され、このとき力率は最大値 $\cos\phi = 1$ となる。

$$C_r = \boxed{3} \text{ } [F]$$

また、このとき、インダクタンス L の両端電圧 \dot{V}_L [V] とキャパシタンス C の両端電圧 \dot{V}_C [V] は打ち消し合うので、回路に流れる電流 i の最大値 i_r は次式のように表される。

$$\dot{I}_r = \boxed{4} \text{ } [A]$$

< $\boxed{3}$ 及び $\boxed{4}$ の解答群 >

ア $\frac{1}{L}$	イ $\frac{\dot{E}}{R}$	ウ $\frac{1}{\omega L}$	エ $\frac{1}{\omega^2 L}$
オ $\frac{1}{\omega(R + \omega L)}$	カ $\frac{\dot{E}}{R} \sqrt{\frac{C_r}{L}}$	キ $\frac{\dot{E}}{R} \sqrt{\frac{1}{LC_r}}$	

問題 4 の (2) は次の 3 頁及び 4 頁にある

(2) 図2に示すような、線間電圧が \dot{V}_{ab} [V]、 \dot{V}_{bc} [V]、 \dot{V}_{ca} [V] の非対称三相交流電源に、負荷としてインピーダンス \dot{Z}_a [Ω]、 \dot{Z}_b [Ω]、 \dot{Z}_c [Ω] が接続された回路がある。この回路において、定常状態における電圧、電流、電力などの値を求める過程を考える。ここで、相順は a-b-c であり、図に示されているインピーダンス以外のインピーダンスは無視するものとする。また、電圧及び電流の極性は、図2に示される矢印の方向を正とする。

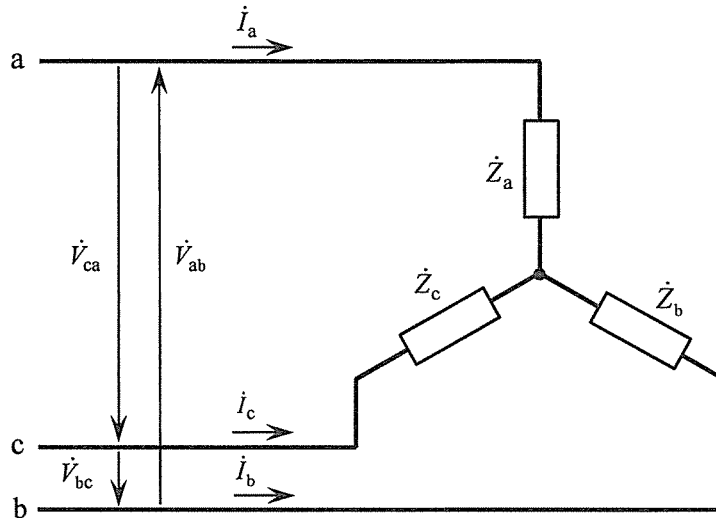


図2

1) 三相回路の電圧方程式を立て、三相回路の電流を求める。

三相の各線電流を \dot{I}_a [A]、 \dot{I}_b [A]、 \dot{I}_c [A] として、Y 結線の三相インピーダンス \dot{Z}_a 、 \dot{Z}_b 、 \dot{Z}_c を使って、三相の線間電圧の内、a-b 相間の電圧 \dot{V}_{ab} と c-a 相間の電圧 \dot{V}_{ca} を表す電圧方程式は、次の式②及び式③のように表される。

$$\dot{V}_{ab} = \dot{Z}_a \dot{I}_a - \dot{Z}_b \dot{I}_b \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

$$\dot{V}_{ca} = \boxed{5} \text{ [V]} \quad \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

また、電流 \dot{I}_a 、 \dot{I}_b 、 \dot{I}_c の関係は次の式④のように表される。

$$\dot{I}_a = \boxed{6} \text{ [A]} \quad \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

したがって、式②、式③及び式④より、電流 \dot{I}_a は次の式⑤のように表される。

$$\dot{I}_a = \frac{1}{\dot{Z}_a \dot{Z}_b + \dot{Z}_b \dot{Z}_c + \dot{Z}_c \dot{Z}_a} \times \boxed{7} \text{ [A]} \quad \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

< 5 ~ 7 の解答群 >

- | | | |
|---|---|--|
| ア $\dot{I}_b + \dot{I}_c$ | イ $\dot{I}_b - \dot{I}_c$ | ウ $-\dot{I}_b - \dot{I}_c$ |
| エ $\dot{Z}_a \dot{I}_a + \dot{Z}_c \dot{I}_c$ | オ $-\dot{Z}_a \dot{I}_a + \dot{Z}_c \dot{I}_c$ | カ $(\dot{Z}_c + \dot{Z}_a)(\dot{I}_c - \dot{I}_a)$ |
| キ $\dot{Z}_c \dot{V}_{ab} + \dot{Z}_b \dot{V}_{ca}$ | ク $\dot{Z}_c \dot{V}_{ab} - \dot{Z}_b \dot{V}_{ca}$ | ケ $-\dot{Z}_c \dot{V}_{ab} + \dot{Z}_b \dot{V}_{ca}$ |

2) 図3に示すような、具体的な三相回路における電流、電力を求める。

非対称三相線間電圧の \dot{V}_{ab} は $200 + j0$ [V]、 \dot{V}_{bc} は $-100 - j100$ [V]、不平衡三相負荷の \dot{Z}_a は 4Ω の抵抗、 \dot{Z}_b は 3Ω の誘導性リアクタンスである。

三相の線間電圧 \dot{V}_{ab} 、 \dot{V}_{bc} 、 \dot{V}_{ca} の関係は次の式⑥のように表される。

$$\dot{V}_{ca} = \boxed{8} \text{ [V]} \quad \dots\dots\dots \text{⑥}$$

それぞれの値を式⑤に代入することより、電流 \dot{I}_a は次の値となる。

$$\dot{I}_a = \boxed{9} \text{ [A]}$$

また、このとき負荷で消費される電力 P [W] は次の値となる。

$$P = \boxed{10} \text{ [W]}$$

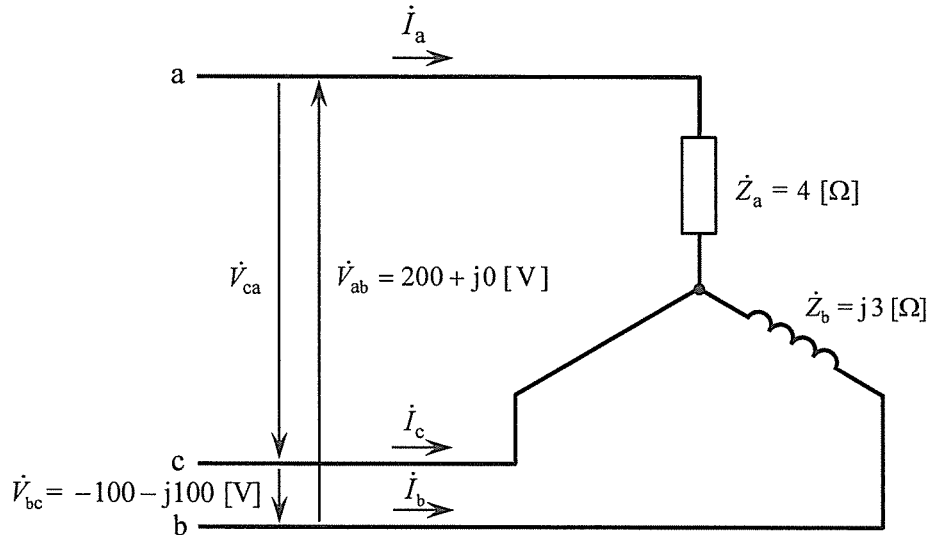


図3

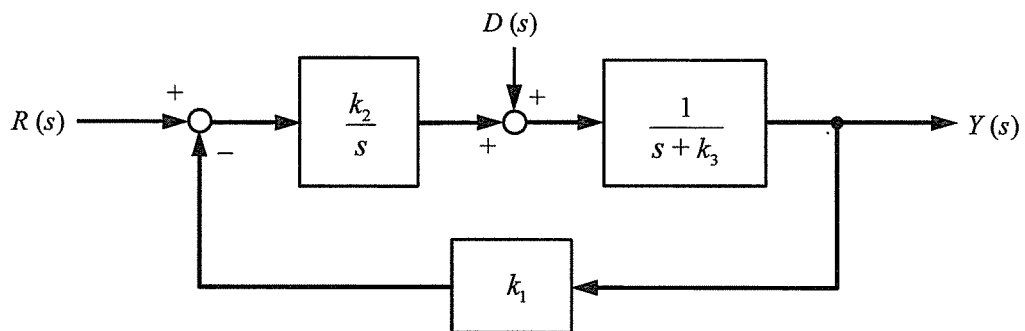
< 8 ~ 10 の解答群 >

- | | | | | |
|-------------------------------------|--------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| ア $-\frac{100}{3} - j\frac{100}{3}$ | イ $25 - j25$ | ウ $75 + j25$ | エ $100 + j\frac{100}{3}$ | オ 5000 |
| カ $\frac{80000}{9}$ | キ 25000 | ク $\dot{V}_{ab} + \dot{V}_{bc}$ | ケ $-\dot{V}_{ab} + \dot{V}_{bc}$ | コ $-\dot{V}_{ab} - \dot{V}_{bc}$ |

(自動制御及び情報処理)

問題5 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句、数値、式又は記述をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、 及び は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 図に示すようなブロック線図で表したフィードバック制御系を考える。ここで、目標値を $r(t)$ 、外乱を $d(t)$ 、制御量を $y(t)$ とし、 $R(s)$ は $r(t)$ を、 $D(s)$ は $d(t)$ を、 $Y(s)$ は $y(t)$ をそれぞれラプラス変換したものとする。ただし、 k_1 、 k_2 及び k_3 は正の定数である。



図

1) まず、外乱 $D(s)$ を 0 として、目標値 $R(s)$ から制御量 $Y(s)$ までの伝達関数を計算すると、 を得る。同様に目標値 $R(s)$ を 0 として、外乱 $D(s)$ から制御量 $Y(s)$ までの伝達関数を計算すると、 を得る。

< 及び の解答群 >

ア $\frac{k_1}{s^2 + k_1s + 1}$

イ $\frac{k_1}{s^2 + k_1s + k_2k_3}$

ウ $\frac{k_2}{s^2 + k_3s + k_1k_2}$

エ $\frac{k_3}{s^2 + k_2s + k_1k_2}$

オ $\frac{s}{s^2 + k_3s + k_1k_2}$

2) いま、図に示す制御系が安定で収束するという条件を満たしている前提で目標値を $r(t) = 0$ と設定したときに、外乱が加えられた状況を考える。

もし外乱が $d(t) = 1$ ($t \geq 0$) であるとする、制御量 $y(t)$ の定常値 $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$ は となる。

また、もし外乱が $d(t) = t$ ($t \geq 0$) であるとする、制御量 $y(t)$ の定常値 $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$ は となる。

< 及び の解答群 >

ア 0 イ 1 ウ k_3 エ $\frac{1}{k_3}$ オ $\frac{1}{k_1 k_2}$

3) 次に、このフィードバック系の安定性について確認する。たとえば、フィードバック要素の k_1 を 1 とし、一次遅れ要素の k_3 を 3 としたとき、系が安定で収束するためには、積分要素の k_2 は である必要がある。

< の解答群 >

ア $k_2 < \frac{9}{4}$ イ $k_2 < 9$ ウ $k_2 > 0$ エ $k_2 > \frac{9}{4}$ オ $k_2 > 9$

(2) 次式の伝達関数 $G(s)$ で示される安定な二次遅れ系について考える。ここで、 K はゲインで正の実数、 ω_n は固有角周波数で正の実数、 ζ は減衰係数で正の実数である。

$$G(s) = \frac{K \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2}$$

1) この系で、 ω_n を すれば系の応答速度を向上させるように作用し、 すれば振動を抑制するように作用する。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|----------------|-------------------------|----------------|
| ア 小さく | イ 大きく | ウ ζ を小さく |
| エ ζ を大きく | オ $\zeta \omega_n$ を小さく | |

2) また、この系にステップ入力を加えたとき、その応答にオーバーシュートを生じさせないための条件は である。

< の解答群 >

- | | | |
|-------------------------|---------------------|----------------------|
| ア $0 < \omega_n \leq 1$ | イ $1 \leq \omega_n$ | ウ $0 < \zeta \leq 1$ |
| エ $1 \leq \zeta$ | オ $0 < K \leq 1$ | |

(3) コンピュータは入力装置、出力装置、制御装置、、記憶装置から構成され、制御装置とを合わせてと呼ぶ。コンピュータの処理性能を表現する単位は、100万個の命令を1秒間で実行する能力を用いてで表す。

コンピュータにはアクセス時間が短いことが性能として求められる。例えば、と主記憶装置とのアクセス時間を短縮するために用いられるものの一つとしてがある。

〈 ~ の解答群 〉

ア CPI	イ GPU	ウ MFLOPS	エ MIPS
オ SSD	カ キャッシュメモリ	キ スプーラ	ク バンク切り替え
ケ 演算装置	コ 磁気コアメモリ	サ 中央処理装置	シ 描画装置

(4) 有線 LAN (構内ネットワーク) の接続形態には、スター型、リング型、バス型がある。これらのうち、配線の変更やケーブルの延長は容易であるが、情報が一方向にだけ伝送されるため、一つのノードが故障すると一連の接続が切断され、障害発生時に他のノードへの影響が出やすい接続形態は型である。障害発生時の他ノードへの影響波及を防ぐためには、ケーブルの二重化等の対策を行う。

また、有線 LAN で使用する伝送媒体にはメタル (銅線) と光ファイバがあり、光ファイバケーブルは、メタルに比べてであり、伝送距離の最大長も長い。光ファイバケーブルは、ファイバ内の光伝搬モードによってシングルモード型とマルチモード型に分類され、一般的に最大長は型の方が長く、規格上の最大長は数キロメートル以上のものが多い。

〈 ~ の解答群 〉

ア シングルモード	イ マルチモード	ウ スター
エ バス	オ リング	カ 伝送量は小さいが経済的に優位
キ 設置が容易で、同時に電力の供給が可能	ク 電磁ノイズに強く広帯域	

(電気計測)

問題6 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句、数値又は式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、 及び は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計50点)

(1) オシロスコープは、原理的には時間的に変動している電圧をディスプレイに表示する装置である。

1) 縦軸方向に表示された入力電圧に対応する輝点を横軸方向に時間で掃引することで、そのディスプレイ上に電圧波形を表示させることができる。周期波形の場合、入力がある設定電圧を横切ったら掃引を開始するようにすると、ディスプレイに安定して波形が表示される。この設定電圧を 電圧と呼ぶ。

2) ディスプレイを格子状に縦8分割、横10分割し、その格子に目盛りを振ったオシロスコープがある。このオシロスコープを用いて正弦波形の観測を行うことを考える。ここで横軸の掃引速度を $1[\mu\text{s}/\text{div}]$ とした。ただし、div は1格子間隔を意味し、掃引速度は1格子間隔当たりの時間で定義される。また、縦軸の格子間隔を $1[\text{mV}/\text{div}]$ と設定した。ディスプレイ画面の縦8格子、横10格子一杯に、ちょうど2サイクル分の正弦波形が観測された。このとき、その正弦波形の周波数は [kHz]、振幅は [mV] である。

< ~ の解答群 >

ア $2\sqrt{2}$ イ 4 ウ 8 エ 100 オ 200 カ 500
キ トリガ ク バイアス ケ しきい

3) 横軸に時間ではなく別の電圧信号を用いることもできる。その場合、楕円や線分などの表示が得られる。このように表された図を と呼び、入力した2つの電圧信号の相互関係を観測するとき便利である。この図から、2つの入力電圧信号の周波数比や位相差などを求めることもできる。

ここで振幅が等しい二つの電圧信号を考える。横軸に周波数 f_1 の正弦波電圧、縦軸に周波数 f_2 の正弦波電圧を入力したところ、ディスプレイ上に右、つまり横軸の正方向に傾いた楕円図形が得られた。このことから、二つの入力電圧信号の周波数に の関係があることがわかる。

< 4 及び 5 の解答群 >

ア $f_1 < f_2$

イ $f_1 = f_2$

ウ $f_1 > f_2$

エ ナイキスト線図

オ ボード線図

カ リサージュ図形

(2) 温度センサには多くの種類がある。使用する際には、対象温度範囲などの使用条件、用途、コスト、メンテナンス性、守るべき規格への対応等を考慮する必要がある。

1) 温度による電気抵抗の変化を利用した温度計を抵抗温度計という。その中で工業用温度計として代表的なものが 6 である。6 は、JIS 規格で基準抵抗値が $-200^{\circ}\text{C} \sim 850^{\circ}\text{C}$ の範囲で定められており、また、 100°C での抵抗値 R_{100} と 0°C での抵抗値 R_0 の比 $\frac{R_{100}}{R_0}$ が通常 1.3851 と定められている。

抵抗温度計の測定誤差としては、主に配線抵抗、7 及び電磁ノイズが考えられる。配線抵抗の影響を避けるため、結線方式としては3線式が主流であり、高精度の測定には4線式も用いられる。また、7 の影響を避けるために、定められた測定電流条件で使用する必要がある。

2) 2種類の金属の接合部で生じる 8 を測定し、その値をあらかじめ求められている温度換算式を用いて換算し、温度表示を行う温度計に 9 がある。この温度計は、温度範囲や測定雰囲気に応じ多数の種類があるため、適切な選定が必要である。

3) 前述の1)、2)の温度計が接触式であるのに対し、10 は非接触式である。非接触式は、測定対象が移動体である場合や高温高圧の場合に便利であり、また、食品分野の温度管理でも衛生面や安全面から、測定対象に触れないで温度が測定できる非接触式がよく使用されている。

< 6 ~ 10 の解答群 >

ア サーミスタ測温体

イ バイメタル温度計

ウ ロジウム測温抵抗体

エ 核磁気共鳴温度計

オ 蒸気圧温度計

カ 白金測温抵抗体

キ 熱電温度計

ク 放射温度計

ケ 融解圧温度計

コ 起電力

サ 許容電流

シ 自己加熱

ス 静電容量変化

セ 絶縁抵抗

ソ 透磁率変化

(表紙からの続き)

II 解答上の注意

1. 問題の解答は、該当欄にマークすること。
2.

1

、

2

 などは、解答群の字句、数値、式、図などから当てはまる記号「ア、イ、ウ、エ、オ・・・」を選択し、該当欄のその記号を塗りつぶすこと。
3.

A	a.bc
---	------

、

B	a.bc×10 ^d
---	----------------------

 などは、計算結果などの数値を解答する設問である。a,b,c,d などのアルファベットごとに該当する数字「0,1,2,3,4,5,6,7,8,9」(ただし、aは0以外とする)を塗りつぶすこと。

また、計算を伴う解答の場合は次の(1)～(3)によること。

- (1) 解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。

このとき、解答すべき数値の計算過程においても、すべて最小位よりも一つ下の位まで計算し、最後に四捨五入すること。

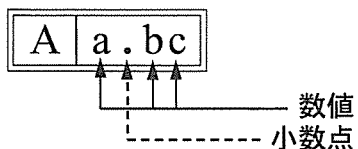
- (2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1)の計算条件を満足すること。

- (3) 問題文中で与えられる数値は、記載してある位以降は「0」として扱い、「解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。」を満足しているものとする。

例えば、2.1 kg の 2.1 は、2.100…と考える。特に円周率などの場合、実際は $\pi = 3.1415\cdots$ であるが、 $\pi = 3.14$ で与えられた場合は、3.1400…として計算すること。

「解答例1」

(設問)



(計算結果)

6.827……

↓ 四捨五入

6.83

(解答)

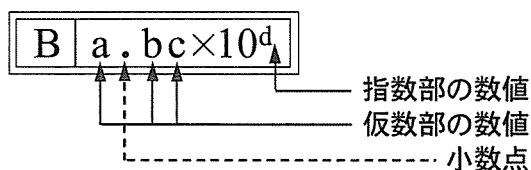
「6.83」に
マークする



A			
	a	.	b c
			0 0
①			1 1
②			2 2
③			3 ●
④			4 4
⑤			5 5
⑥			6 6
⑦			7 7
⑧			● 8
⑨			9 9

「解答例2」

(設問)



(計算結果)

9.183×10^2

↓ 四捨五入

9.18×10^2

(解答)

「 9.18×10^2 」に
マークする



B					
	a	.	b	c	×10 ^d
			0	0	0
①			1	1	1
②			2	2	●
③			3	3	3
④			4	4	4
⑤			5	5	5
⑥			6	6	6
⑦			7	7	7
⑧			8	●	8
⑨			9	9	9

(裏表紙)