

電気分野
専門区分

課目Ⅱ 電気的基础

試験時間 16:20~17:40 (80分)

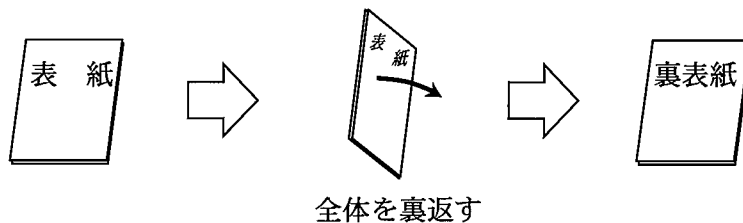
4 時限目

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	5~8ページ
問題6	電気計測	9~11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、単相交流電源の a、b 両端子に、抵抗 $R = 5 [\Omega]$ と誘導性リアクタンス $X_L = 5 [\Omega]$ の直列回路と、容量性リアクタンス $X_{C1} = 4 [\Omega]$ と $X_{C2} = 4 [\Omega]$ の直列回路が並列に接続され、それぞれの回路のインピーダンスの接続点に c 端子及び d 端子を設けている。ここで、図中の電圧 \dot{V}_{ab} は b 端子から a 端子を見たときの ab 間電圧とし、他の電圧についても同様に表記する。

このとき、電圧 \dot{V}_{cd} [V] を求める方法を考える。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。

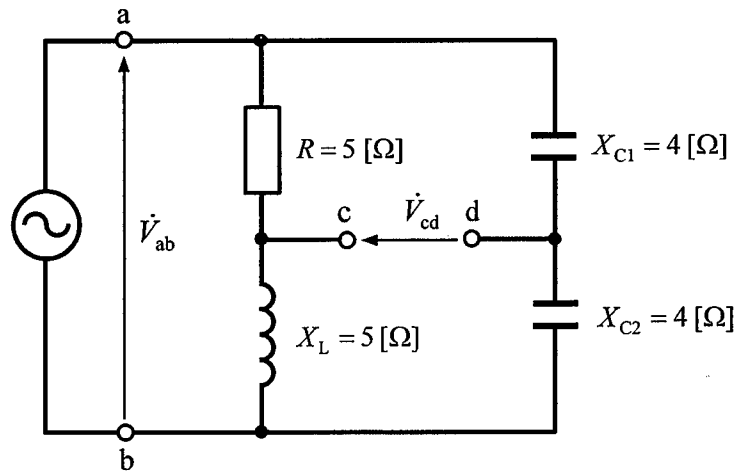


図1

1) まず、電圧 \dot{V}_{db} は次の式①のように表される。

$$\dot{V}_{db} = \boxed{1} \text{ [V]} \quad \dots\dots\dots \text{①}$$

次に、電圧 \dot{V}_{cb} は次の式②のように表される。

$$\dot{V}_{cb} = \boxed{2} \text{ [V]} \quad \dots\dots\dots \text{②}$$

< $\boxed{1}$ 及び $\boxed{2}$ の解答群 >

- ア $\frac{1}{2}\dot{V}_{ab}$ イ $-\frac{1}{2}\dot{V}_{ab}$ ウ $\frac{j}{2}\dot{V}_{ab}$ エ $-\frac{j}{2}\dot{V}_{ab}$
オ $\frac{1+j}{2}\dot{V}_{ab}$ カ $\frac{1-j}{2}\dot{V}_{ab}$ キ $\frac{-1+j}{2}\dot{V}_{ab}$

2) そして、求める電圧 \dot{V}_{cd} は次の式③のように表される。

$$\dot{V}_{cd} = \boxed{3} \text{ [V]} \quad \dots\dots\dots \text{③}$$

ここで、単相交流電源電圧を $\dot{V}_{ab} = 100 + j0$ [V]としたとき、電圧 \dot{V}_{cd} は次の値となる。

$$\dot{V}_{cd} = \boxed{4} \text{ [V]}$$

< $\boxed{3}$ 及び $\boxed{4}$ の解答群 >

- ア $j50$ イ $-j50$ ウ $100 + j50$ エ $-100 - j50$
オ $\dot{V}_{cb} + \dot{V}_{db}$ カ $\dot{V}_{cb} - \dot{V}_{db}$ キ $-\dot{V}_{cb} + \dot{V}_{db}$ ク $-\dot{V}_{cb} - \dot{V}_{db}$

問題4の(2)は次の3頁及び4頁にある

(2) 図2に示すような三相回路がある。対称三相交流電源の a 相電圧 \dot{E}_a は $\dot{E}_a = 200 + j0$ [V] であり、相順は a → b → c 相である。一方、負荷は、抵抗 $R = 12$ [Ω] と誘導性リアクタンス $X_L = 6$ [Ω] の直列回路が Δ 結線された平衡三相負荷であり、Δ 結線の各接続点と電源各相の間の線路には誘導性リアクタンス $X_D = 1$ [Ω] が接続されている。また、三相交流電源には、スイッチ SW を介して、Y 結線された平衡三相の容量性リアクタンス $X_C = 10$ [Ω] の力率改善回路が接続されている。

この回路において、スイッチ SW が開いているときと閉じているときの、定常状態における電流、有効電力、無効電力などを求める過程を考える。ただし、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。

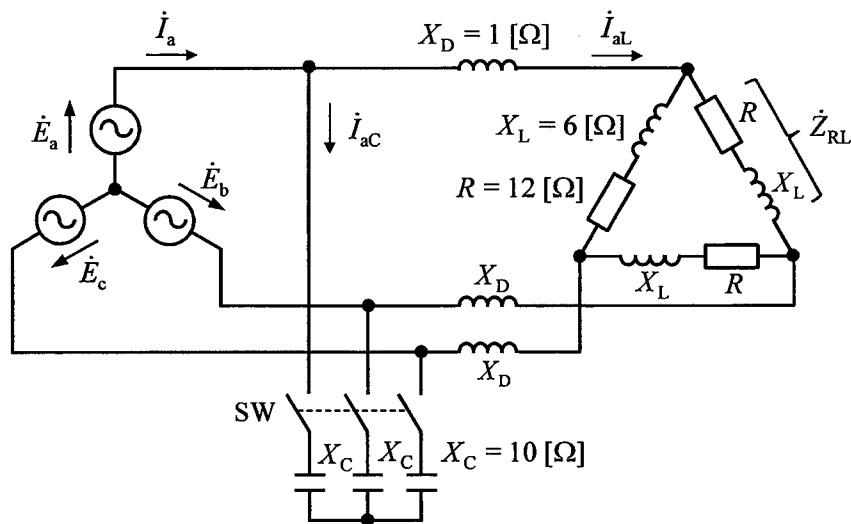


図2

1) スイッチ SW が開いているときに、電源から負荷に流れる電流を求める。

Δ 結線された負荷回路のインピーダンス \dot{Z}_{RL} [Ω] を Y 結線の等価インピーダンス \dot{Z}_L に変換すると、次の式④のように表される。

$$\dot{Z}_L = \boxed{5} \text{ [}\Omega\text{]} \dots\dots\dots \text{④}$$

したがって、電源から負荷に流れる電流 \dot{I}_{aL} は次の値となる。

$$\dot{I}_{aL} = \boxed{6} \text{ [A]}$$

< $\boxed{5}$ 及び $\boxed{6}$ の解答群 >

- | | | | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------|
| ア $32 + j24$ | イ $32 - j24$ | ウ $40 + j20$ | エ $40 - j20$ |
| オ $\frac{1}{3}(R + jX_L)$ | カ $\frac{1}{\sqrt{3}}(R + jX_L)$ | キ $3(R + jX_L)$ | |

2) スイッチ SW が開いているときに、電源から負荷に供給される有効電力及び無効電力を求める。

電圧が \dot{V} [V]、電流が \dot{I} [A] の負荷に流入される有効電力 P [W] 及び無効電力 Q [var] と複素電力 \dot{S} との関係、電圧を基準とし、遅れ無効電力を正として $\dot{S} = \bar{V} \cdot \dot{I} = P - jQ$ で表す。ここで、 \bar{V} は \dot{V} の共役複素数を表す。したがって、図 2 の回路において、電源から負荷回路側に供給される有効電力 P_L [W] 及び無効電力 Q_L [var] は、複素電力 \dot{S}_L として式⑤で表される。平衡三相回路であるので、 \dot{S}_L が Y 結線の一つの電圧と線電流から求める電力の 3 倍となることから、 P_L 及び Q_L の値を求めることができる。

$$\dot{S}_L = P_L - jQ_L = 3 \bar{E}_a \cdot \dot{I}_a = \boxed{7} - j \boxed{8} \text{ [VA]} \quad \dots\dots\dots \text{⑤}$$

また、このときの有効電力 P_L は、図 2 の Δ 結線の負荷回路の三つの抵抗で消費される電力と等しいので、線電流 \dot{I}_{aL} の大きさ I_{aL} [A] を用いて求めた Δ 結線の相電流の大きさを使い、次の式⑥のように表すこともできる。

$$P_L = 3 \times R \times \boxed{9} \text{ [W]} \quad \dots\dots\dots \text{⑥}$$

< $\boxed{7}$ ~ $\boxed{9}$ の解答群 >

- ア 4 800 イ 6 400 ウ 12 000 エ 14 400 オ 19 200 カ 24 000
 キ $\left(\frac{I_{aL}}{\sqrt{3}}\right)^2$ ク $\left(\frac{I_{aL}}{3}\right)^2$ ケ $(\sqrt{3}I_{aL})^2$

3) スイッチ SW が閉じているときに、電源から供給される無効電力及び力率を求める。

力率改善回路に流れる電流 \dot{I}_{ac} [A] は、電源電圧 \dot{E}_a と容量性リアクタンス X_C から求められる。電源から力率改善回路に供給される無効電力 Q_C [var] は複素電力 \dot{S}_C [VA] として次の式⑦で表され、 Q_C の値が求められる。

$$\dot{S}_C = -jQ_C = -j(\boxed{10}) \text{ [VA]} \quad \dots\dots\dots \text{⑦}$$

したがって、電源から供給される合計の無効電力 Q_0 は次の式⑧のように表される。

$$Q_0 = Q_L + Q_C \text{ [var]} \quad \dots\dots\dots \text{⑧}$$

以上から、電源から負荷側を見たときの力率 $\cos\phi$ は次の値となる。

$$\cos\phi = \boxed{11}$$

< $\boxed{10}$ 及び $\boxed{11}$ の解答群 >

- ア -12 000 イ $-4000\sqrt{3}$ ウ -4 000 エ 0.879 オ 0.889 カ 0.992

(自動制御及び情報処理)

問題5 次の各文章及び表の ~ 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、 は2箇所あるが、同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 図1に示すようなフィードバック制御系を考える。ここで、 t を時間、参照値を $r(t)$ 、制御器出力を $u(t)$ 、操作量を $c(t)$ 、外乱を $d(t)$ 、制御対象への入力を $f(t)$ 、制御量を $y(t)$ とし、 $R(s)$ は $r(t)$ を、 $U(s)$ は $u(t)$ を、 $C(s)$ は $c(t)$ を、 $D(s)$ は $d(t)$ を、 $F(s)$ は $f(t)$ を、 $Y(s)$ は $y(t)$ をそれぞれラプラス変換したものとする。また、 K と H は定数であり、 $K=100$ 、 $H=0.2$ とする。ここで、全ての物理量は無次元で表現する。

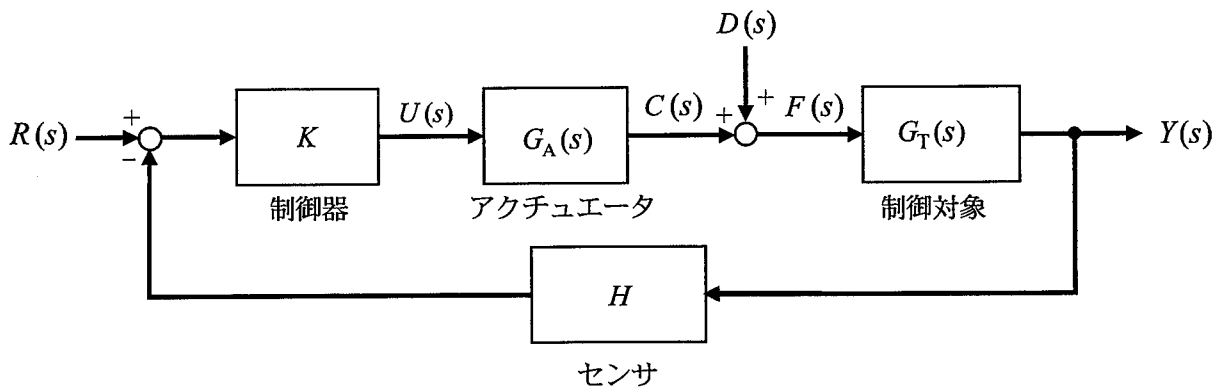


図1 フィードバック制御系

1) いま、アクチュエータの伝達関数 $G_A(s)$ が次の式で与えられるとする。

$$G_A(s) = \frac{b}{s+a}$$

この伝達関数の単位ステップ応答が $100(1 - e^{-10t})$ であるとする、 a は 、 b は である。

< 及び の解答群 >

ア 0.1 イ 1 ウ 10 エ 100 オ 1000

2) 次に制御対象の伝達関数 $G_T(s)$ について考える。 $G_T(s)$ が次の時間領域関数のラプラス変換したもので表されるとする。

$$M \frac{dy(t)}{dt} = f(t)$$

ここで、 $M = 1000$ とすると、伝達関数 $G_T(s)$ は次のように表される。

$$G_T(s) = \boxed{3}$$

〈 $\boxed{3}$ の解答群 〉

ア $\frac{0.001}{s}$ イ $\frac{0.01}{s}$ ウ $\frac{0.1}{s}$ エ $\frac{0.01}{s+1}$ オ $\frac{0.1}{s+1}$

3) ここで、外乱を 0 として $R(s)$ から $Y(s)$ までの伝達関数を求めると、 $\boxed{4}$ となる。

〈 $\boxed{4}$ の解答群 〉

ア $\frac{20}{s^2+10s+20}$ イ $\frac{100}{s^2+10s+1}$ ウ $\frac{100}{s^2+10s+20}$ エ $\frac{100}{s^2+10s+100}$

4) 外乱が $d(t) = 1$ のときに、参照値 $r(t) = A$ を与えた。十分に時間が経過した後に、制御量 $y(t)$ が 20 となった。このとき A の値に最も近いのは $\boxed{5}$ である。

〈 $\boxed{5}$ の解答群 〉

ア 1 イ 2 ウ 3 エ 4 オ 5

問題 5 の (2) ~ (4) は次の 7 頁及び 8 頁にある

(2) 伝達関数で表現される線形システムの極と応答について考える。

1) もし、すべての極が に存在するとき、そのシステムは安定である。

< の解答群 >

ア 実軸上

イ 複素左半平面

ウ 複素右半平面

2) 次に極が 1) と同じ条件であり、制御系設計により、極を移動することができる状況を考える。

ここで、二次遅れ系で極が共役複素根のとき、極の位置を原点に近づけると、システムの応答は 。一方、極の位置を垂直に実軸に近づけると、システムのステップ応答のオーバーシュートは 。

< 及び の解答群 >

ア 遅くなる

イ 速くなる

ウ 大きくなる

エ 小さくなる

オ 変わらない

(3) 図2にある論理回路の論理記号 (MIL 規格)、表にその真理値を示す。入力 A、B 及び出力 C は真を 1 (電圧の高いレベル)、偽を 0 (電圧の低いレベル) で表す正論理をとるものとする。

図2の論理記号で示される回路は と呼ばれ、論理式は $C =$ で表現される。入力 A、B 共に 0 の信号を入力した場合の出力 C の値は となる。

また、このような論理回路を組み合わせて信号の情報を保持する機能を実現した回路をフリップフロップと呼び、その中でもセット、リセットの同時入力を許し、そのときに出力を反転させる回路を と呼ぶ。



図2 MIL 規格による論理記号

表 真理値

入力 A	入力 B	出力 C
0	0	<input type="text" value="11"/>
1	0	1
0	1	1
1	1	0

< ~ の解答群 >

- | | | |
|--------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| ア 0 | イ 1 | ウ 不定 |
| エ $\overline{A+B}$ | オ $\overline{A \cdot B}$ | カ $\overline{A} \cdot \overline{B}$ |
| キ AND 回路 | ク NAND 回路 | ケ OR 回路 |
| コ Dフリップフロップ | サ JKフリップフロップ | シ RSフリップフロップ |

(4) ハードディスクはデータを記録するための の一つであり、磁性体を塗布した円盤から記録データを読み書きする。磁気ヘッドを搭載したアームを操作して を選択し、その中に複数個連続して配置されている が 1 回の読み書き単位となる。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|----------|----------|----------|
| ア インデックス | イ セクタ | ウ ディレクトリ |
| エ トラック | オ ファイル | カ ヘッド |
| キ 主記憶装置 | ク 補助記憶装置 | ケ 入力装置 |

(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又は式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

また、 に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、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。(配点計 50 点)

(1) 工場等において、各種の測定を行うことはエネルギー使用状況の把握のために必要不可欠である。

1) JIS によると、測定とは「ある量を、基準として用いる量と比較し数値又は符号を用いて表すこと」であり、「計器又は測定系の示す値、若しくは実量器又は標準物質の表す値と、標準によって実現される値との間の関係を確定する一連の作業」を校正という。この校正に関して「不確かさがすべて表記された切れ目のない比較の連鎖によって、決められた基準(通常、国家標準又は国際標準)に結びつけられ得る測定結果又は標準の値の性質」のことを という。

〈 の解答群 〉

ア アベイラビリティ イ トレーサビリティ ウ パーミアビリティ

2) 計測の規格や法令で国際単位系 (SI) に準ずることを要求していることが多い。この SI は、本年 5 月 20 日の世界計量記念日から一部の単位の定義が改定されている。

i) 電流の単位であるアンペア [A] は、電流が流れている 2 本の電線間に作用する力で定義されていた。改定された SI では、アンペアの定義の直接的な土台となるのは であり、単位時間に移送する電子の数を用いてアンペアの標準を作ることができる。

ii) 質量の単位であるキログラム [kg] については、従来は で定義されていたが、改定された SI では を基に定義される。

〈 2 ~ 4 の解答群 〉

ア ジョセフソン定数

イ フォン・クリツティング定数

ウ プランク定数

エ 微細構造定数

オ 電気素量

カ 各国キログラム原器の平均質量

キ 国際キログラム原器の質量

iii) これらを含む新しい定義への改定により、全ての SI 単位が 5 を基にすることとなった。

〈 5 の解答群 〉

ア 基礎物理定数などの定義定数

イ 物質固有の物理的状态

ウ きわめて安定性の高い材料により作成された原器

問題 6 の (2) は次の 11 頁にある

(2) オペアンプ（演算増幅器）は電気計測機器等のアナログ演算の構成部品として広く利用され、なくてはならない回路部品となっている。図1及び図2にオペアンプを利用した電圧増幅回路である、反転増幅回路と非反転増幅回路の回路図を示す。ここで、 V_{in} [V] は入力電圧、 V_{out} [V] は出力電圧、 R_1 [Ω] 及び R_2 [Ω] は抵抗器の抵抗とする。

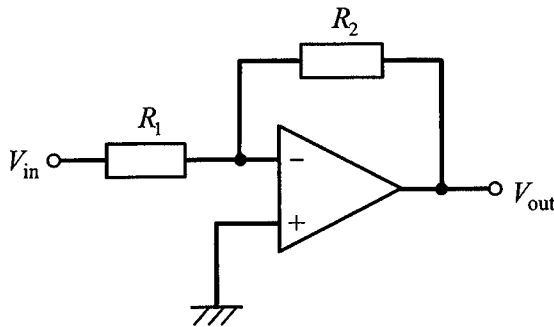


図1 反転増幅回路

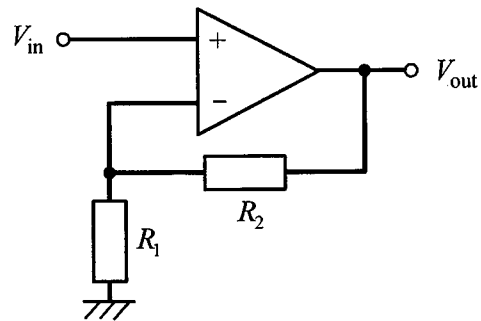


図2 非反転増幅回路

1) オペアンプは、理想的な増幅機能を持つことが特徴として挙げられるが、具体的には高い電圧利得、 入力インピーダンス、広い周波数帯域を持つこと、などがその重要な要素である。

2) オペアンプが理想的なものであるとすると、図1及び図2に示す反転増幅回路と非反転増幅回路の電圧利得は R_1 、 R_2 を用いて、反転増幅回路では 、非反転増幅回路では と表すことができる。また、反転増幅回路の場合にオペアンプの反転入力端子の電位が負帰還によって常に零になることを、 と呼ぶ。

ここで、図1の反転増幅回路の R_1 を $10\text{ k}\Omega$ 、 R_2 を $20\text{ k}\Omega$ としたとき、 V_{in} が -2 V であるとする、 V_{out} の値は [V] である。

< ~ の解答群 >

ア $\frac{R_2}{R_1}$

イ $-\frac{R_2}{R_1}$

ウ $-\frac{R_1}{R_2}$

エ $\frac{R_1+R_2}{R_1}$

オ $-\frac{R_1+R_2}{R_1}$

カ $\frac{R_1+R_2}{R_2}$

キ 1点接地

ク 仮想接地

ケ きょうたい 筐体接地

コ 高い

サ 低い

シ 可変

(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。

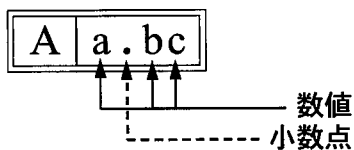
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1)の計算条件を満足すること。

(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)

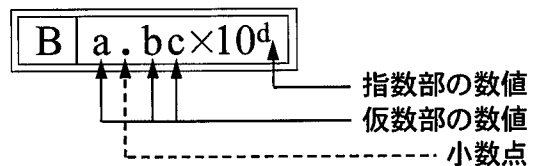
「6.83」に
マークする



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)

9.183×10²

↓ 四捨五入

9.18 × 10²

(解答)

「9.18×10²」に
マークする



B					
a	.	b	c	×10	d
		0	0		0
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