

電気分野
専門区分

課目Ⅳ 電力応用

試験時間 13:40～15:30 (110分)

3 時限

必須 問題11, 12 電動力応用

1～6ページ

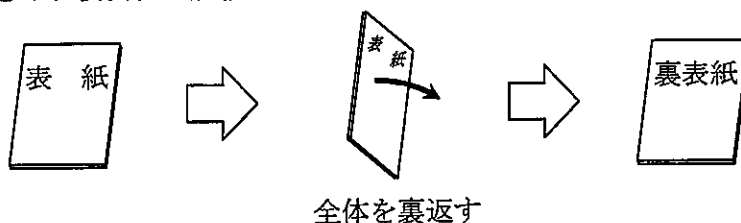
以下の問題13から問題16までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

選択	問題13	電気加熱	} 2問題を選択	9～10ページ
選択	問題14	電気化学		11～12ページ
選択	問題15	照明		13～14ページ
選択	問題16	空気調和		15～16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。

(電動力応用)

問題 11 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

(1) 次の文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句又は式を ～ 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。

M [kg] の物体に加わる重力は [N] であるので、この物体を h [m] 上昇させるときになされる仕事は であり、その単位は で表される。このことからポンプの所要動力を求めることができる。

密度が ρ [t/m^3] の流体を、吸込側水槽から吐出し側水槽へ汲み上げ^くることを考える。流体の流量を Q [m^3/min] とすると、1秒間に汲み上げる流体の質量は $M =$ [kg] である。吸込側水槽と吐出し側水槽の水位の差に相当する と、管路の摩擦などによる損失を水位に換算した値との和が であり、これを H [m] で表すと、ポンプの理論動力(1秒間当たりの仕事)は $\times 10^{-1} \times \rho Q H$ [kW] となる。実際には、これに機械の効率と裕度を考慮する必要がある。ここで、いずれの水槽も開放形であるとし、重力の加速度 g は 9.8 m/s^2 とする。

< ～ の解答群 >

- | | | | | |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------|------------------|
| ア $\frac{1000\rho Q}{60}$ | イ $\frac{\rho Q}{60}$ | ウ $\frac{60\rho Q}{1000}$ | エ $60\rho Q$ | オ M |
| カ $\frac{M}{g}$ | キ Mg | ク Mgh | ケ $\frac{Mh}{g}$ | コ $\frac{M}{gh}$ |
| サ J | シ $\text{kg}\cdot\text{m}$ | ス W | セ 実揚程 | ソ 全揚程 |

(2) 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、同じ記号を2回以上使用してもよい。

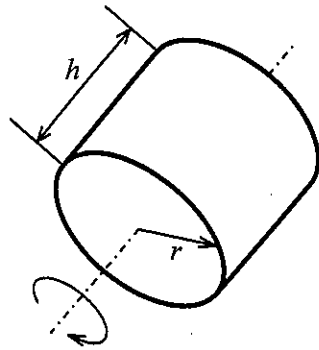


図1

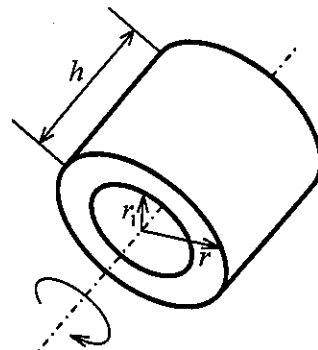


図2

1) 図1に示すように、半径 r [m]、高さ h [m]、質量 m [kg] の円柱が、円の中心を軸として回転したときの慣性モーメント J は、

$$J = \text{7} \times \text{8} \times \text{9}$$

と表される。

< の解答群 >

- ア $\frac{1}{8}$ イ $\frac{1}{4}$ ウ $\frac{1}{2}$ エ 2 オ 4

< 及び の解答群 >

- ア m イ m^2 ウ r エ r^2

2) 次に、図2に示すように、この円柱の円の中心から半径 r_1 [m] をくりぬいた中空円柱の質量が m_1 [kg] となった。この中空円柱が、円の中心を軸として回転したときの慣性モーメント J_1 は、

$$J_1 = \text{10} \times \text{11} \times \text{12}$$

と表される。なお、慣性モーメントの単位は で表される。

< の解答群 >

- ア $\frac{1}{8}$ イ $\frac{1}{4}$ ウ $\frac{1}{2}$ エ 2 オ 4

< ~ の解答群 >

- ア m_1 イ m_1^2 ウ r エ r^2
 オ $r - r_1$ カ $r + r_1$ キ $r^2 - r_1^2$ ク $r^2 + r_1^2$
 ケ $\text{kg} \cdot \text{m}$ コ $\text{kg}^2 \cdot \text{m}$ サ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ シ $\text{kg}^2 \cdot \text{m}^2$

問題11の(3)は次の3頁にある

(3) 次の文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句又は記述を ～ の解答群> から選び、その記号を答えよ。

図3のような、一定の巻取速度 v と一定の張力 F で製品を巻き取る巻取機がある。

この巻取機では、巻き取られる製品の半径 r_2 の増加に対して、電動機の回転速度は 。

また、電動機のトルクは 。

したがって、電動機の運転は 特性となる。

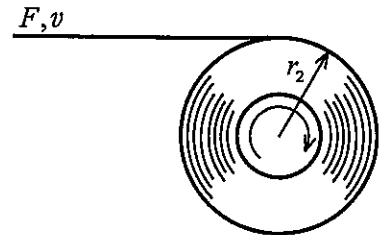


図3

< ～ の解答群 >

ア r_2 に比例する

イ r_2 に反比例する

ウ r_2 と無関係に一定となる

エ 2乗逓減

オ 定トルク

カ 定出力

(電動力応用)

問題 12 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、 は2箇所あるが、同じ記号が入る。

(配点計 50 点)

図 1 は最近普及が進んでいる、機械室をなくしたトラクション式乗用エレベータの構成を、表はこのエレベータの諸量を示したものである。この構成では、動滑車を介してかご及び釣合いおもり錘を動かすため、巻上機のロープの巻き上げ長さが、かごの移動距離の 2 倍となるが、必要トルクを $\frac{1}{2}$ にできる。また、図 2 はこのエレベータの運転パターンの一例を示したものである。

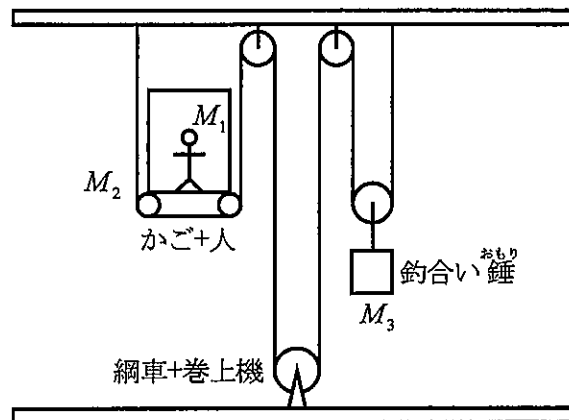


図 1

エレベータの諸量

積載質量 M_1	最大 1000 kg (定員 15 名)
かごの質量 M_2	1050 kg
釣合い <small>おもり</small> 錘の質量 M_3	1550 kg
綱車の半径 r	0.2 m
定格昇降速度	1.75 m/s
加速度 α	最大 0.7 m/s^2
加速度変化率の最大値	1 秒当たり 1 m/s^2

問題 12 の (1) 及び (2) は次の 5 頁及び 6 頁にある

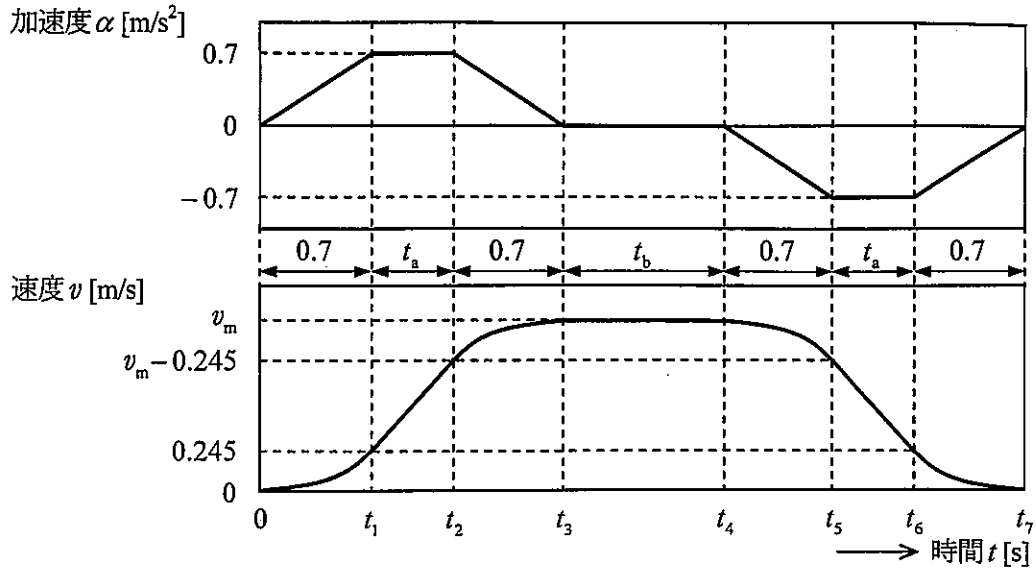


図 2

(1) はじめに、図 2 に示す運転パターンにおける昇降距離と時間の関係について考える。なお、最大加速度を維持する時間を t_a [s]、最高速度を維持する時間を t_b [s] とする。図 2 より、 $0 \leq t \leq t_3$ の期間の加速度を積分すると t_3 での速度 v_m [m/s] となることから、 v_m は t_a を用いて①式で表される。

$$v_m = \boxed{1} \text{ [m/s]} \dots\dots\dots \text{①}$$

また、 $0 \leq t \leq t_7$ の期間で速度を積分すると停止するまでの上昇距離 x_m [m] となることから、 x_m を t_a 、 t_b 及び v_m を用いて表すと②式が得られる。

$$x_m = (\boxed{2}) \times v_m \text{ [m]} \dots\dots\dots \text{②}$$

なお、グラフの対称性より、加速期間 $0 \leq t \leq t_3$ の速度の積分(面積)は、横 t_3 、高さ v_m の長方形の面積の $\frac{1}{2}$ となっていること、減速期間 $t_4 \leq t \leq t_7$ も同様であることに着目して計算する。

これらの結果より、 v_m を定格昇降速度 1.75m/s とすると $t_a = \boxed{3}$ [s] であり、この条件で x_m を 14m とする場合は $t_b = \boxed{4}$ [s] である。

次に、巻上機のトルク τ [N·m] 及び瞬時動力 p [W] について考える。

エレベータの積載質量を M_1 [kg]、かごの質量を M_2 [kg]、釣合い錘の質量を M_3 [kg] とし、簡単のため、その他の質量や慣性モーメント、走行に伴う機械的な損失が無視できるものとする。このとき、巻上機が供給する瞬時動力 p はシステム全体のエネルギーの時間変化に等しいことから、次のように計算できる。

$$p = \frac{d}{dt} \left\{ \frac{1}{2} (M_1 + M_2 + M_3) v^2 + (M_1 + M_2 - M_3) g x \right\}$$

$$= \{ (M_1 + M_2 + M_3) \alpha + (M_1 + M_2 - M_3) g \} v \dots\dots\dots \text{③}$$

ここで、 x [m] は かごの上昇距離、 $v = \frac{dx}{dt}$ [m/s] は かごの速度、 $\alpha = \frac{dv}{dt}$ [m/s²] は かごの加速度、 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ は 重力の加速度である。

一方、動滑車を使う このシステムでは、かごの速度 v と、綱車の回転角速度 ω [rad/s] との間には、綱車の半径を r [m] とすると、

$$v = \boxed{5} \times \omega \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

の関係がある。したがって、巻上機のトルク τ は ③ 式より次のように計算できる。

$$\tau = \frac{P}{\omega} = \{(M_1 + M_2 + M_3)\alpha + (M_1 + M_2 - M_3)g\} \times \boxed{5} \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

< $\boxed{1}$ ~ $\boxed{5}$ の解答群 >

ア	1.50	イ	1.80	ウ	2.15	エ	4.45	オ	4.80	カ	6.55
キ	$\frac{r}{2}$			ク	r			ケ	$2r$		
コ	$0.245 + 0.7t_a$			サ	$0.49 + 0.7t_a$			シ	$0.7 + 0.7t_a$		
ス	$0.7 + 0.5t_a + t_b$			セ	$1.4 + t_a + t_b$			ソ	$1.4 + t_a + 2t_b$		

(2) ③ 式及び ⑤ 式を用いると、表の諸量を持つエレベータを、図 2 のパターンで $v_m = 1.75 \text{ m/s}$ として運転する場合の瞬時動力 p とトルク τ とを求めることができる。

定員が乗車し、 $M_1 = 1000 \text{ kg}$ である場合、七つの時刻 $t_1 \sim t_7$ の中で動力が最大となるのは時刻 $\boxed{6}$ で、このとき、 $p = \boxed{7}$ [kW]、 $\tau = \boxed{8}$ [N·m] となる。

一方、乗客がなく、 $M_1 = 0$ の場合、時刻 t_5 では $p = \boxed{9}$ [kW]、 $\tau = \boxed{10}$ [N·m] となり、制動動作となるため、省エネルギーの観点から巻上機の駆動システムは、電源回生機能を持つことが望ましい。

< $\boxed{6}$ ~ $\boxed{10}$ の解答群 >

ア	-672	イ	-652	ウ	-572	エ	-12.2	オ	-11.1	カ	-10.1
キ	7.42	ク	11.1	ケ	13.0	コ	674	サ	742	シ	842
ス	t_1	セ	t_2	ソ	t_3						

(空 白)

選択問題

次の問題 13 から問題 16 までは、4 問題中
2 問題を選択して解答すること。

問題 13 電気加熱

問題 14 電気化学

問題 15 照 明

問題 16 空気調和

(電気加熱 — 選択問題)

問題 13 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

(1) 次の表は各電気加熱方式の特徴、省エネルギー対策例及び応用例を表したものである。各加熱方式における ～ の中に入れるべき最も適切な字句又は記述をそれぞれの解答群から一つずつ選び、その記号を答えよ。なお、同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

加熱方式 特徴ほか	間接抵抗加熱	直接抵抗加熱	誘導加熱	マイクロ波加熱
特徴	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>
省エネルギー対策例	<input type="text" value="5"/>	配線損失の低減	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>
応用例	陶磁器の焼成	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>	<input type="text" value="10"/>

< ～ の解答群：(特徴) >

- ア 板状、シート状の誘電体の内部加熱に適する
- イ 誘電体の形状を問わず、内部から急速加熱が可能
- ウ 導電体を非接触で、内部から急速加熱が可能
- エ 導電体を内部から急速加熱が可能で、電源は交流、直流のいずれも使用が可能
- オ 熱源は 4000 ～ 6000 K の高温になり、金属の急速溶解が可能
- カ 被加熱材の材質、形状を問わず、微小部分に高密度エネルギーの投入が可能
- キ 被加熱材の材質、形状を問わず、高温に加熱が可能で、雰囲気調整が容易

< ～ の解答群：(省エネルギー対策例) >

- ア フリッカの低減
- イ 抵抗値の高い発熱体の採用
- ウ 被加熱材の誘電率、誘電正接値に応じた適切な周波数の選択
- エ 被加熱材に応じた適切な周波数、加熱コイル形状の採用
- オ 被加熱材の分光吸収特性に応じた適切な波長帯の熱源の採用

< 8 ~ 10 の解答群 : (応用例)>

ア 浸炭炉 イ 製鋼炉 ウ 電磁調理器 エ 電子レンジ
オ ティグ溶接 カ スポット溶接 キ セラミック溶射 ク 樹脂シートの溶着
ケ 自動車塗装面の焼付け・乾燥 コ 電子部品への文字マーキング

(2) 次の各文章の 11 ~ 15 の中に入れるべき最も適切な数値を < 11 ~ 15 の解答群> から選び、その記号を答えよ。

- 1) 質量 10kg の鉄を、10 分間で 20℃ から 500℃ に温度上昇させるために必要な加熱炉の入力は、
11 [kW] である。ただし、鉄の比熱は 435 J/(kg·K) で熱損失は無視できるものとし、
加熱炉は熱的定常状態にあって、そのときの炉の電気効率率は 90% とする。
- 2) 入力 100 kW の抵抗炉で、100 kg の被加熱材が 30 分間で熱処理されている。この熱処理の
入力端における電力原単位は 12 [kW·h/kg] である。また、抵抗炉が熱的定常状態にあり、
炉の電気効率率が 90%、熱損失が 50 kW である場合、この熱処理に必要な正味熱量(電力量)は
13 [kW·h] となる。
- 3) 入力電圧が三相 400 V、発熱量が 5 kW、力率が 80% の抵抗炉がある。この装置の回路リアク
タンスは変えずに力率を 90% とするためには、発熱体の抵抗値を元の値の 14 [%] に変更
する必要がある。この発熱体の変更により、同一の被加熱材を加熱する場合、抵抗値変更後の
加熱時間は、変更前の加熱時間の 15 [%] となる。ただし、抵抗炉の電気効率及び熱効率は、
抵抗値の変更前後で変わらないものとする。

< 11 ~ 15 の解答群>

ア 0.5 イ 1.0 ウ 2.0 エ 2.3 オ 3.1
カ 3.9 キ 20 ク 45 ケ 71 コ 80
サ 111 シ 122 ス 130 セ 155 ソ 212

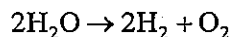
(電気化学 — 選択問題)

問題 14 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

- (1) 次の文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句又は数値を ～ 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、水素の原子量は 1、酸素の原子量は 16 とする。

水素は水を電気分解することにより作ることができる。この方法は古くから工業的に行われてきた実績があるが、近年では、環境に優しい水素エネルギーを作り出す方法として注目されている。

水の電気分解においては、 伝導体である電解質として水酸化カリウムなどのアルカリ水溶液、あるいは酸性電解質である ふっ素樹脂系の固体高分子電解質が用いられる。ここでの反応は次式で示される。



ここで水素は、水を して作られたことになる。この水の電気分解において水素はカソードに生成し、水素 1 分子当たりに必要な電子数は 個である。さらに、水素と同時に酸素も作られ、酸素 1 分子当たりに必要な電子数は 個であり、この酸素の生成する量は体積に換算すると、理論的には水素の 倍となる。

この電気分解において水素 1 kg を作るのに理論的には [kg] の水が必要である。

< ～ の解答群 >

- | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-------|------|-------|
| ア $\frac{1}{4}$ | イ $\frac{1}{3}$ | ウ $\frac{1}{2}$ | エ 1 | オ 2 | |
| カ 3 | キ 4 | ク 6 | ケ 8 | コ 10 | |
| サ 還元 | シ 酸化 | ス 中和 | セ イオン | ソ 電子 | タ 熔融塩 |

(2) 次の文章の ～ の中に入れるべき最も適切な数値を ～ の解答群> から選び、その記号を答えよ。

ある市販の鉛蓄電池は、定格電圧が 12 V、定格容量が 5 A・h、質量が 2 kg である。

この鉛蓄電池は 個の単電池を直列にしたもので、満充電状態から取り出せる電気量は [kC]、電気エネルギーは [Wh] である。また、単位質量当たりのエネルギー密度は [Wh/kg] で、10時間率での充電電流は [A] である。常時、満充電状態に保っておくと、停電時に消費電力 360 W の負荷を 分間バックアップできる。

< ～ の解答群 >

ア 0.1	イ 0.2	ウ 0.3	エ 0.5	オ 0.6	カ 0.8
キ 1	ク 2	ケ 3	コ 5	サ 6	シ 8
ス 10	セ 18	ソ 30	タ 50	チ 60	ツ 80

(照明 — 選択問題)

問題 15 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

- (1) 次の文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句を ～ 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。

照明の省エネルギーの方法としては、効率の高い光源を選定し、使用環境に適した照明器具を使用することが基本であるが、点滅や によって照明の状態を調整することで一層の省エネルギー効果を上げることができる。また、人工光源に加え を積極的に取り入れるような照明設計も効果的である。

代表的な照明制御には、 の取り入れに伴う室の照度を検出し、これが適正レベルになるように人工光源を制御する方法がある。また、光源の の変化、及び照明器具や部屋の汚れに起因する の変化などによる照度変化を補償する制御方法もある。さらに、室内が無人状態のときには、 で検出し制御することも有効である。

< ～ の解答群 >

ア HID ランプ	イ LED 照明	ウ 直射日光	エ 昼光
オ 調光	カ 調色	キ 演色性	ク 演出
ケ 輝度センサ	コ 照度センサ	サ 人感センサ	シ 保守率
ス 光束維持率	セ 照明率	ソ 室指数	タ 色温度

- (2) 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な式を ～ の解答群から選び、その記号を答えよ。また、 a.bc ～ a.bc に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、円周率 $\pi = 3.14$ とし、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。

図のように、縦寸法 a が 0.9m、横寸法 b が 1.3m で、透過率 τ が 64% である電飾看板用の乳白色アクリル板があり、その後方にバックライト用の LED 光源が 9 行 13 列 (個数 n が 117) で等間隔に設置されている。LED 光源 1 個当たりの光束 ϕ が 115 lm であり、LED 光源全体の光束が照明率 U で均等に乳白色アクリル板に入射している。ここで、照明率 U は 73% とする。

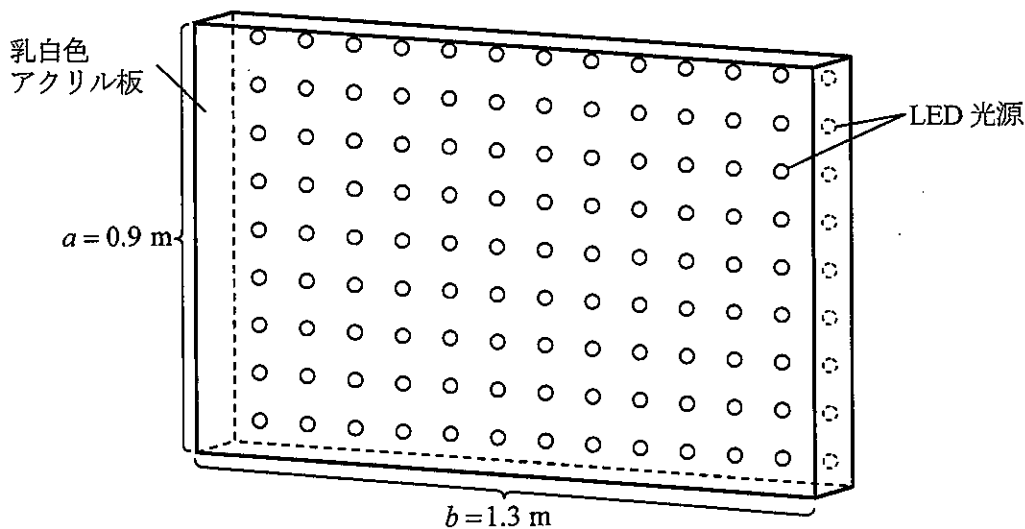
1) 乳白色アクリル板に入射する全光束 Φ_i は式 で求められ、その値は $\times 10^3$ [lm] である。

2) 乳白色アクリル板に何も描かれていない場合、乳白色アクリル板表面から発散する全光束 Φ_o は式 で求められ、その値は $\times 10^3$ [lm] である。

3) 乳白色アクリル板表面の光束発散度 M は式 で求められ、その値は $\times 10^3$ [lm/m²] である。

4) 乳白色アクリル板が均等拡散性の場合、乳白色アクリル板表面の輝度 L は式 で求められ、その値は $\times 10^3$ [cd/m²] である。

5) 乳白色アクリル板と鉛直な方向の光度 I_o は式 で求められ、その値は $\times 10^3$ [cd] である。



< ~ の解答群 >

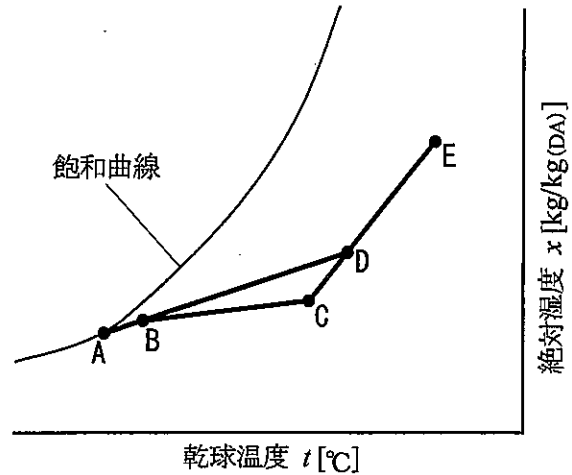
ア $\frac{n\Phi\tau}{100}$	イ $\frac{n\Phi U}{100}$	ウ $n\Phi U$	エ $\frac{\Phi_o}{\tau}$	オ $\frac{\Phi_o}{ab}$
カ $\Phi_o ab$	キ $\frac{U\Phi_i}{100}$	ク $\frac{\tau\Phi_i}{100}$	ケ $\tau\Phi_i$	コ $\frac{\Phi_i}{ab}$
サ $\frac{M}{\pi}$	シ abM	ス $\frac{M}{ab}$	セ abL	ソ $\frac{L}{ab}$

(空気調和 — 選択問題)

問題 16 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

- (1) 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、同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

図は、単室に設けられた単一ダクト空気調和システムに関して、冷房時の状態変化を湿り空気線図上に描いたものであり、状態点を A～E で示す。



- 1) 取入れ外気は室内からの還気と混合され冷却・除湿されて室に供給される。室内は気温 26℃、相対湿度 50% であり、この状態を維持することを考える。外気の状態は気温 35℃、相対湿度 50% であり、混合される還気量を取入れ外気量の 2 倍とすると、混合空気の温度は [°C] で、その相対湿度は なる。このとき、冷水コイル入口の冷水温度は少なくとも混合空気の 温度以下でなければならない。

< ～ の解答群 >

- ア 28 イ 29 ウ 31 エ 50% より低く オ 50% と
カ 50% より高く キ 乾球 ク 湿球 ケ 露点

- 2) 図で取入れ外気の状態を示すのは状態点 である。室に供給される空気の状態は状態点 で表され、これと室の状態点 とを結ぶ直線の傾きは 比を表す。例えば、室の全熱負荷が 10kW、顕熱負荷が 8kW のとき、この比の値は である。この比が小さい運転条件では、室の設計温湿度条件を維持するために、室に供給される空気を する必要が生じることもあるが、これはエネルギー使用量が増加するため、空調対象の

負荷と温湿度条件の を考慮して決定する。なお、図では送風ファンやダクトでの加熱による状態変化を無視している。

< ~ の解答群 >

- | | | | | |
|--------|--------|-------|------|--------|
| ア 0.2 | イ 0.8 | ウ 8.0 | エ A | オ B |
| カ C | キ D | ク E | ケ 全熱 | コ 顕熱 |
| サ 潜熱 | シ 再熱 | ス 加圧 | セ 減圧 | ソ 頻度分布 |
| タ 要求精度 | チ 性能検証 | | | |

(2) 次の文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句又は数値を < ~ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

空調設備の水搬送系では、全揚程(圧力)は [kPa] の範囲であることが多い。また、流速は の範囲であることが多く、この値を用いて、水の密度を 1000kg/m^3 とすると動圧は概ね [kPa] の範囲となり、動圧は全揚程(圧力)に対する比率が小さいので無視して考えてよい。

また、省エネルギーの計画に当たっては、管路中の静圧が、管路での圧力損失や との変換によって絶えず変化することと、管路での圧力損失が最終端末器具の圧力損失に対してはるかに ことに留意する必要がある。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|---------------|---------------|--------------|
| ア 0.01 ~ 0.5 | イ 0.13 ~ 5 | ウ 13 ~ 50 |
| エ 10 ~ 100 | オ 50 ~ 500 | カ 400 ~ 2000 |
| キ 0.1 ~ 1 m/s | ク 0.5 ~ 3 m/s | ケ 5 ~ 10 m/s |
| コ 大きい | サ 小さい | シ 振動 |
| ス 全圧 | セ 動圧 | |





