

電気分野
専門区分

課目Ⅳ 電力応用

試験時間 14:00～15:50 (110分)

3時限目

必須 問題11, 12 電動力応用

1～7ページ

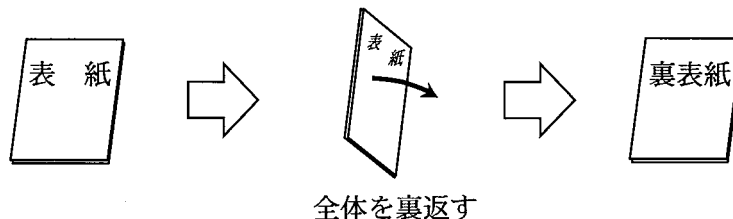
次の問題13から問題16までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

選択 問題13	電気加熱	} 2問題を選択	9～11ページ
選択 問題14	電気化学		13～15ページ
選択 問題15	照明		17～19ページ
選択 問題16	空気調和		21～24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。なお、 は 2 箇所あるが、同じ記号が入る。

(配点計 50 点)

- (1) 図 1 のような、回転軸からの距離 r [m] に拘束されて回転する質量 m [kg] の質点の運動を考える。
質点は、微小時間 Δt [s] の間に半径 r の円周上を Δl [m] 進み、その間の回転角を $\Delta \theta$ [rad] とする。

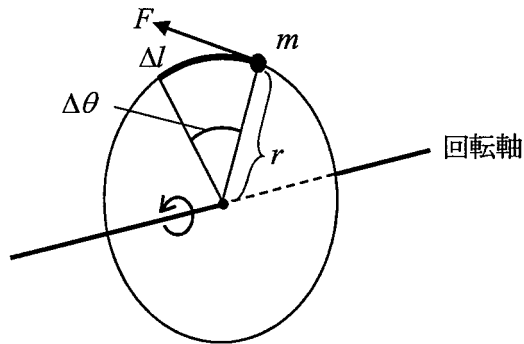


図 1 回転する質点の運動

- 1) 円周上を進んだ距離 Δl は、半径 r と回転角 $\Delta \theta$ を用いると、次式で表される。

$$\Delta l = \text{} \dots\dots\dots \text{①}$$

式①から、質点の速度 v [m/s] と質点の回転角速度 $\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$ [rad/s] との関係は、次式で表される。

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta l}{\Delta t} = \text{} \dots\dots\dots \text{②}$$

< 及び の解答群 >

- ア $r\Delta\theta$ イ $r^2\Delta\theta$ ウ $\frac{\Delta\theta}{r}$ エ $r\omega$ オ $r^2\omega$ カ $\frac{\omega}{r}$

2) 図1の質量 m の質点に、運動方向（運動軌跡が描く円周の接線方向）に力 F [N] が加えられているとする。このとき質点の運動方程式は、 $F = m \frac{dv}{dt}$ で表されるので、式②を代入すると、 F は次式で表される。

$$F = \boxed{3} \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

このとき質点に加わるトルク T [N·m] は $T = Fr$ で表されるので、式③を代入すると、 T は次式で表される。

$$T = \boxed{4} \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

式④中の $\boxed{5}$ は、質点と回転軸との距離が決まれば一定値となる。これを質点 m のこの軸に対する慣性モーメントといい、 J で表すことが多い。

式④で $\boxed{5}$ を J で置き換えるとトルク T は、次式で表される。

$$T = J \frac{d\omega}{dt} \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

< $\boxed{3}$ ~ $\boxed{5}$ の解答群 >

- | | | |
|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| ア mr | イ mr^2 | ウ $\frac{m^2r}{2}$ |
| エ $mr \frac{d\omega}{dt}$ | オ $mr^2 \frac{d\omega}{dt}$ | カ $\frac{m^2r}{2} \frac{d\omega}{dt}$ |

3) 質点に力 F が加えられたとき、回転運動において質点 m に供給される動力 P は、直線運動の動力を表す式 $P = Fv$ より、 T と ω を用いると次式で表される。

$$P = \boxed{6} \dots\dots\dots \textcircled{6}$$

また、回転運動として表した質点 m の持つ運動エネルギー A は、直線運動として表した運動エネルギー $A = \frac{1}{2}mv^2$ に等しく、これを J と ω を用いて表すと次式のようなになる。

$$A = \boxed{7} \dots\dots\dots \textcircled{7}$$

< $\boxed{6}$ 及び $\boxed{7}$ の解答群 >

- | | | | | | |
|-------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|----------------------------|
| ア $T\omega$ | イ $T\omega^2$ | ウ $\frac{1}{2}T\omega^2$ | エ $J\omega^2$ | オ $\frac{1}{2}J\omega^2$ | カ $\frac{1}{2}J^2\omega^2$ |
|-------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|----------------------------|

問題 11 は次の頁に続く

(2) 図2に示す巻上式クレーンが、60 kg の吊り荷を鉛直方向へ上下させる動作について考える。

吊り荷はワイヤで吊されており、巻胴がワイヤを巻き取ることで上昇する。図3は巻胴の回転軸側から見たときの巻胴、ワイヤ、吊り荷の位置関係を表している。ワイヤは巻胴の表面に沿って巻かれ、ワイヤ同士が重なることなく巻き取られるものとする。

巻き上げ動作の動力源には電動機が用いられ、その出力軸に備えられた減速機(減速比は10:1)を介して巻胴を回転させる。電動機の定格トルクを40 N·m、巻胴の慣性モーメントを2 kg·m²、巻胴の直径を1 m、重力の加速度 g を9.8 m/s² とする。ここで計算の簡単化のために、吊り荷と巻き胴以外の質量や慣性モーメントは無視できるものとする。また、各部の摩擦力や空気抵抗なども無視できるものとし、ワイヤの太さは0とみなして考える。

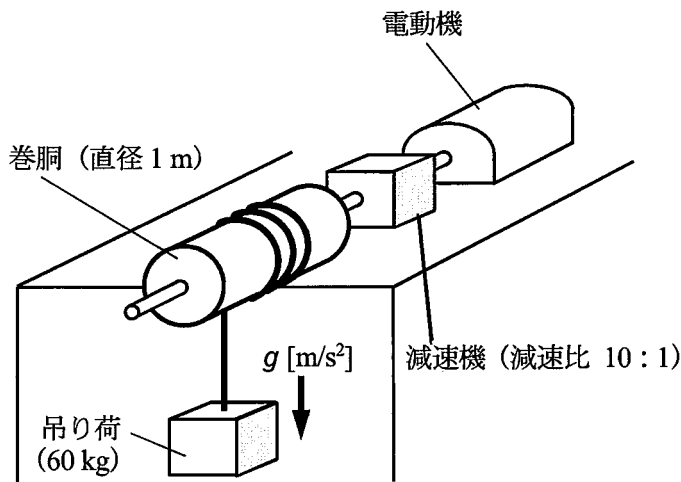


図2 巻上式クレーン

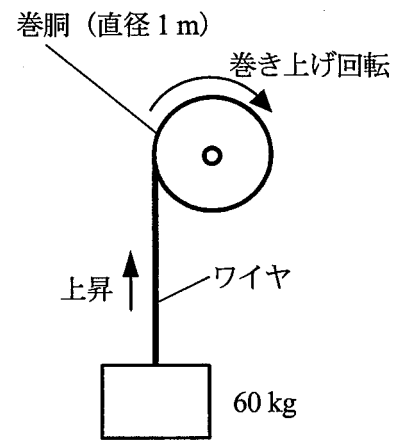


図3 回転軸側から見た様子

1) 60 kg の吊り荷を宙に吊った状態で静止させるとき、吊り荷の荷重によって半径0.5 m の巻胴の回転軸にトルクが生じる。吊り荷を静止させておくために必要な巻胴の回転軸の所要トルク τ_1 は

[N·m] である。

< の解答群 >

ア 240

イ 294

ウ 588

エ 2400

2) 次に、巻胴を角速度 1rad/s で等速回転させて吊り荷を引き上げるとき、巻胴の半径が 0.5m であることから、吊り荷は $[\text{m/s}]$ の速度で上方へ移動する。このとき、電動機の出力は $[\text{W}]$ となる。

〈 及び の解答群 〉

ア 0.25 イ 0.5 ウ 1 エ 3.14 オ 5 カ 29
キ 294 ク 588

3) また、巻胴を角加速度 4rad/s^2 で加速回転させてワイヤを巻き上げるとき、吊り荷は $[\text{m/s}^2]$ の加速度で上方へ引き上げられる。このとき巻胴の回転軸には、吊り荷の加速上昇に伴って生じるトルク τ_2 と、もとより吊り荷を支えるために必要なトルク τ_1 が作用する。さらに、巻胴が慣性モーメントを有することから、巻胴の加速回転に必要なトルク τ_3 を考慮する必要がある。したがって、この巻き上げ動作に必要な巻胴の回転軸の所要トルクは τ_1 、 τ_2 及び τ_3 の合計であり、その値は $[\text{N}\cdot\text{m}]$ となる。

〈 及び の解答群 〉

ア 2 イ 3.14 ウ 4 エ 6.28 オ 226 カ 354
キ 362 ク 588

4) 一方、巻胴を逆向きに角加速度 -4rad/s^2 で回転させて吊り荷を下降させる場合では、吊り荷が下方へ加速し、 τ_2 及び τ_3 は負方向へ作用する。この場合、電動機の所要トルクは減速機での減速比を考慮すると $[\text{N}\cdot\text{m}]$ となる。

〈 の解答群 〉

ア 22.6 イ 35.4 ウ 36.2 エ 58.8

(電動力応用)

問題 12 次の各文章の 1 ~ 14 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、一つの解答群から同じ記号を 2 回以上使用してもよい。(配点計 50 点)

(1) 電気自動車の消費エネルギーを考える。簡略化のため、巡航速度を v_m [m/s] 一定とし、図のような速度パターンで水平な道路を直進するものとする。

駆動力を f_M [N]、抗力を f_L [N]、速度を v [m/s] とすると、次の運動方程式が成り立つ。

$$m_e \frac{dv}{dt} = f_M - f_L \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

ここで、 m_e [kg] は等価的な質量であり、乗員を含む車両全体の質量 m [kg]、電動機や車輪など回転系全体の慣性モーメント (車輪軸換算) J [kg·m²]、及び車輪の半径 r [m] を用いて次式で与えられる。

$$m_e = m + \frac{J}{r^2} \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

一方、抗力は転がり抵抗による抗力と空気抵抗による抗力の和として次式で与えられる。

$$f_L = C_{\pi} mg + \frac{1}{2} \rho v^2 C_d A \quad \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

ここで、タイヤの転がり抵抗係数を C_{π} 、重力の加速度を g [m/s²]、空気の密度を ρ [kg/m³]、空気抵抗係数を C_d 、車体の前面投影面積を A [m²] とする。

タイヤの転がり抵抗は走行に伴うタイヤの変形が主な原因となって発生するもので、 C_{π} はタイヤの種類や状況によるが、適切に管理されている低燃費タイヤで、舗装された道路を走行する場合の C_{π} は 9.0×10^{-3} 以下である。一方、空気抵抗に関する C_d 値は車体形状の最適化により、最近の乗用車では 0.3 以下となっている。

さて、図のように 0 s から T [s] までの走行区間において、走行開始から t_a 秒間を加速区間、停止前の最後の t_a 秒間を減速区間とし、両者の間の区間を等速区間として走行したとき、走行開始から停止するまでの走行距離 X [m] と走行時間 T の間には次の関係が成り立つ。

$$X = \int_0^T v dt = v_m \times \text{1} \quad \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

簡略化のため、電力変換器や電動機などの電気系での損失を無視すると、電源であるバッテリーから走行期間中に供給されるエネルギー E_0 [J] は次式で計算される。

$$\begin{aligned}
 E_0 &= \int_0^T f_M v dt = \int_0^T \left(m_e \frac{dv}{dt} + f_L \right) v dt = \int_0^{0+t_a} \left(m_e \frac{dv}{dt} \right) v dt + \int_{T-t_a}^T \left(m_e \frac{dv}{dt} \right) v dt + \int_0^T f_L v dt \\
 &= \frac{1}{2} m_e v_m^2 - \frac{1}{2} m_e v_m^2 + \int_0^T f_L v dt = \int_0^T f_L v dt \quad \dots\dots\dots \text{⑤}
 \end{aligned}$$

このように加速区間では運動エネルギー分が供給されるが、減速区間で回生されるので、走行区間全体で見ると抗力に相当するエネルギーのみが供給される。式⑤の結果に式③を代入して、図の速度パターンで運転する場合について区間を分けて計算すると次の結果を得る。

$$\int_0^{0+t_a} f_L v dt = \int_{T-t_a}^T f_L v dt = \left(\boxed{2} \times C_{\pi} m g v_m + \boxed{3} \times \rho C_d A v_m^3 \right) t_a \quad \dots\dots\dots \text{⑥}$$

$$\int_{0+t_a}^{T-t_a} f_L v dt = \left(C_{\pi} m g v_m + \frac{1}{2} \rho C_d A v_m^3 \right) (T - 2t_a) \quad \dots\dots\dots \text{⑦}$$

従って、式④の関係を考慮すると、 E_0 は次式で表される。

$$E_0 = \int_0^T f_L v dt = C_{\pi} m g \times \boxed{4} + \left(\frac{1}{2} \rho C_d A v_m^2 \right) \times \boxed{5} \quad \dots\dots\dots \text{⑧}$$

ここまでの検討では電気系の損失を零と仮定したが、実際には無視できない。運動エネルギーは電力変換器や電動機を通して行き来するため、これらの高効率化が重要である。

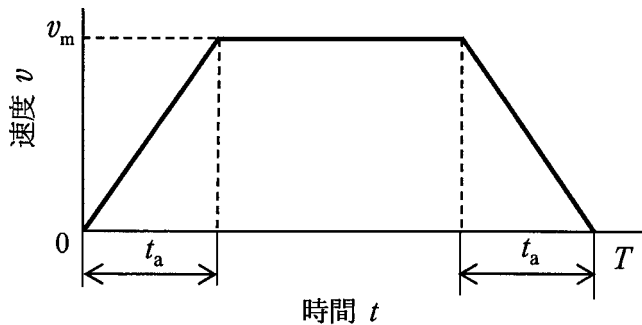


図 巡航速度パターン

〈 $\boxed{1}$ ~ $\boxed{5}$ の解答群 〉

- | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|--|--|----------------|
| ア $\frac{1}{8}$ | イ $\frac{1}{4}$ | ウ $\frac{1}{2}$ | エ 1 | オ 2 |
| カ X | キ 2X | ク $\frac{X}{2}$ | ケ $(T - t_a)$ | コ $(T - 2t_a)$ |
| サ $\left(T - \frac{t_a}{2} \right)$ | シ $(X - v_m t_a)$ | ス $\left(X - \frac{1}{2} v_m t_a \right)$ | セ $\left(X - \frac{3}{2} v_m t_a \right)$ | |

問題 12 は次の頁に続く

(2) ケーシング内で羽根車を回転させることによって流体にエネルギーを与えるポンプをターボ型ポンプといい、広く利用されている。

1) 流体が回転軸方向から羽根車の羽根に流入し、回転軸方向に流出するポンプを ポンプという。このタイプでは羽根の揚力によって流体に速度水頭と圧力水頭を与える。

2) 流体が回転軸方向から羽根車の羽根に流入し、半径方向に流出するポンプを ポンプという。このうち、羽根車の外周に案内羽根を有するものを ポンプ、有しないものを ポンプという。これらのポンプでは羽根車の遠心力によって流体に圧力水頭と速度水頭を与え、その後、案内羽根を有するポンプでは案内羽根と渦形室により、有しないポンプでは渦形室のみにより、速度水頭を圧力水頭に変える。

3) 一般に、2 台のポンプが幾何学的に相似で内部流れが相似などの一定条件を満たして運転しているとき、ポンプ間の流量比は、回転速度比の 乗と羽根車の径の比の 乗に比例し、揚程比は回転速度比の 乗と羽根車の径の比の 乗に比例するという関係が成り立つ。これらを相似則と呼ぶ。

4) ポンプの比速度 n_s は、最高効率点での揚程を H 、流量を Q 、回転速度を n とすると、

$$n_s = n \frac{\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

で定義される。これは羽根車を相似形で拡大縮小して大きさを変え、単位揚程、単位流量を発生させたときの回転速度を表している。比速度は、大流量で低揚程のものほど大きく、小流量で高揚程のものほど小さい。1) 及び 2) で記述したポンプのうち、比速度の最も大きいものは ポンプである。また相似則を用いると、比速度は羽根車の径によらず一定となることが示される。要求される流量及び揚程から比速度を求めることで、適切なポンプの種類を選定することができる。

< ~ の解答群 >

ア 1	イ 2	ウ 3	エ 4	オ 5
カ ディフューザ	キ 渦巻	ク 遠心	ケ 軸流	コ 斜流

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 次の各文章の [1] ~ [14] の中に入れるべき最も適切な字句又は数値をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、[1] は2箇所あるが、同じ記号が入る。

(配点計 50 点)

(1) 各種の電気加熱の原理、特徴及び応用分野について考える。

1) 間接抵抗加熱方式は [1] と呼ばれる熱源から主として放射、[2] により被加熱物に伝熱させるもので、抵抗炉に広く使われている方式である。間接抵抗加熱方式に用いられる [1] の素材として望まれる主な性質としては、抵抗率が大きいこと、高温での変形が少ないこと、加工が容易であること、高温で耐酸化性が高いこと、抵抗の [3] が小さいことなどが挙げられる。

< [1] ~ [3] の解答群 >

ア アプリケータ	イ 電極	ウ 発熱体
エ 温度係数	オ 伝熱面積	カ 透磁率
キ 貫流	ク 対流	ケ 伝導

2) 直接抵抗加熱方式は被加熱物に直接 [4] を発生させるため、間接抵抗加熱方式と比べて [5] が可能であり、加熱効率も高い方式である。

< [4] 及び [5] の解答群 >

ア ヒステリシス	イ ジュール熱	ウ 渦電流
エ 急速加熱	オ 端部加熱	カ 表面層加熱

3) アーク炉では、一般的に の電源が用いられるが、電極と被溶解材間で極めて不規則なアーク現象を伴うため、負荷電流の変動が激しく、電源電圧が動揺することで、フリッカ障害が発生する場合がある。

一方、 を電源とするアーク炉は前者と比べるとアークが比較的安定していることから、フリッカの低減や電極損耗量の低減などの利点がある。

また、両者とも高調波障害の要因となるので注意を要する。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|----------|----------|-------|
| ア マグネトロン | イ マイクロ波 | ウ 高周波 |
| エ 商用周波 | オ 真空管発信器 | カ 直流 |

4) 赤外加熱に用いられる赤外放射は より波長が長い電磁波であり、 $0.76\ \mu\text{m} \sim 1\ \text{mm}$ の波長領域にある。特に $4\ \mu\text{m}$ 以上の波長は と呼ばれ、食品や高分子化合物などの加熱に適しており、この熱源には が広く用いられている。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|------------|----------|--------|
| ア ISMバンド | イ ミリ波 | ウ 可視光 |
| エ セラミックヒータ | オ 石英管ヒータ | カ 赤外電球 |
| キ 近赤外 | ク 中赤外 | ケ 遠赤外 |

問題 13 は次の頁に続く

(2) 被加熱材を一定の速度で連続して搬送しながら、25℃から1250℃に加熱する加熱炉がある。加熱炉の入力端における電力は315 kWで一定であり、1時間当たり855 kgの被加熱材が搬送されている。ここで、被加熱材の比熱は温度に関わらず一定とする。なお、加熱炉は熱的に安定した状態であり、熱損失は62 kWで一定である。

1) この加熱炉の電力原単位は [kW・h/kg] である。

2) 被加熱材の単位質量当たりの加熱正味熱量が720 kJ/kgの場合、この加熱炉の全電気効率は [%] である。

3) この加熱炉で、1時間当たりの処理量を900 kgに増加したい。ここでは、加熱炉の電力を増加する方法、及びこの加熱炉の前工程で加熱材を予熱する方法について考える。なお、被加熱材は1250℃まで昇温するものとし、搬送速度が変化しても被加熱材の均熱には影響しないものとする。また、電気効率及び熱損失も変らないものとする。

i) 加熱炉の電力の増加が可能であれば処理量の増加ができる。被加熱材の初期温度が25℃で変わらないものとするれば、加熱炉の入力端における電力を [kW] に増加すればよい。

ii) 加熱炉の電力の増加ができないときは、被加熱材を予熱することができれば処理量の増加ができる。入力端における電力が315 kWで一定であるとすれば、加熱炉に入れる被加熱材の初期温度を [℃] に予熱すればよい。

< ~ の解答群 >

ア 0.30	イ 0.37	ウ 0.44	エ 39	オ 54	カ 64
キ 68	ク 74	ケ 86	コ 327	サ 332	シ 349

(空 白)

(電気化学 - 選択問題)

問題14 次の各文章の ~ の中に入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。

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) 電気化学システムは、基本的には二つの電極、電解質、隔膜及び外部回路からなっている。電極は金属や半導体などからなり、電子伝導体である。

1) 二本の電極は、そこを流れる電流の向きから、アノード及びカソードが特定される。アノードでは 反応が起こる。電池では、通常、放電状態で考え、二本の電極のうち相対的な電極電位が 電極がカソードである。二本の電極の間に設ける隔膜の役割は二本の電極の や生成物の を防ぐことである。

< ~ の解答群 >

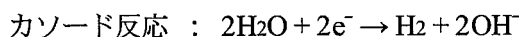
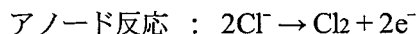
ア 還元	イ 混合	ウ 酸化	エ 蒸発
オ 析出	カ 接触	キ 中和	ク 分離
ケ 溶解	コ 高い	サ 低い	シ 広い

2) 電気化学システムは、二つの電極反応が決まると が求められる。電極反応の速度は に比例する。

< 及び の解答群 >

ア 過電圧	イ 作動電圧	ウ 実効電圧	エ 理論電圧
オ 電流	カ 標準電極電位		

(2) ソーダ電解あるいはクロロアルカリ電解と呼ばれる電解プロセスでは、電解により塩素ガス、水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）及び水素ガスが得られる。国内ではイオン交換膜法が広く採用されており、電極反応は次の通りである。



1) イオン交換膜法では隔膜に イオンの選択透過性の高い膜が用いられ、アノード室に濃厚 を供給してカソード室で水酸化ナトリウムを得る。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|---------|--------------|-------------|
| ア ナトリウム | イ 塩化マグネシウム溶液 | ウ 塩素 |
| エ 食塩水 | オ 水酸化物 | カ 硫酸ナトリウム溶液 |

2) 水酸化ナトリウム 1 t を製造するために必要な理論電気量は 670 kA·h であり、製造される塩素ガスと水素ガスの標準状態での体積は 、水酸化ナトリウムの物質質量（モル数）は水素の物質質量の 倍である。このような電気化学システムにおいて、ある物質質量の反応物質を製造するために必要な理論電気量を求めるときには、流れる電気量が「反応に関与する電子数」、「」、「電子 1 個の電荷」及び「反応物質の物質質量」の積で表されることを用いる。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|-----------------|------------|----------|
| ア $\frac{1}{2}$ | イ 1 | ウ 2 |
| エ アボガドロ定数 | オ ファラデー定数 | カ プランク定数 |
| キ 塩素の方が多く | ク 塩素の方が少なく | ケ 等しく |

問題 14 は次の頁に続く

(3) 燃料電池自動車用の固体高分子形燃料電池スタックの出力は 100 kW を超えるものが多く用いられている。

ここで、スタックを構成するセルの電極面積が 300 cm^2 、最大出力のときのセル電圧が 0.65 V 、電流密度が 2 A/cm^2 である燃料電池について考える。なお、ファラデー定数を 96500 C/mol 、水素ガスのモル質量を 2.016 g/mol とする。

1) このスタックの最大出力のときの電流は

A	abc
---	-----

 [A] である。

2) このスタックの出力が 100 kW を超えるための最小のセル数は

B	abc
---	-----

 [セル] である。

3) スタックが 270 セルで構成されている燃料電池自動車について考える。実際の運転時の電流密度が 0.33 A/cm^2 であるとして、それを 5 時間運転するときに必要な水素の搭載量 (消費量) は

C	a.bc
---	------

 [kg] である。

(空 白)

(照明 - 選択問題)

問題 15 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句又は数値をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、一つの解答群から同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

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。なお、円周率 π は 3.14 とする。

(配点計 50 点)

(1) 次の照明器具やランプ、及び照明手法に関する記述のうちから正しいものを選択する。

1) 近年、国内において白熱電球の生産量が大きく低減し、使用が控えられるようになったことの影響となる理由として正しいのは、次の①~③のうち である。

- ① ランプ効率が低く省エネ性に反する。
- ② 有害物質の水銀を使用している。
- ③ フィラメント材料であるタングステンの入手が困難となった。

2) 特に最近、照明用光源である蛍光ランプが LED に置き換えられている理由として正しいのは、次の①~③のうち である。

- ① 蛍光ランプのガラス管材料にはカドミウムが含まれている。
- ② 蛍光ランプの方が LED より発光効率が高いが寿命が短い。
- ③ LED の方が蛍光ランプより発光効率が高い。

3) 店舗、高天井施設や屋外などの照明に使う HID ランプについて正しい記述は、次の①~③のうち である。

- ① 高圧ナトリウムランプは、低圧ナトリウムランプと異なり演色性が高く、Ra は 80 程度である。
- ② 高圧ナトリウムランプは、LED と比較して発光効率が高く有害物質の水銀を含まない。
- ③ セラミックメタルハライドランプは、Ra が 80 を超える高演色なランプである。

4) LED 照明器具について正しい記述は、次の①～③のうち である。

- ① LED 照明器具は発熱するが、その発熱源は LED 素子ではなく点灯制御装置（点灯回路）である。
- ② 一般に、LED 照明器具は交流電源からの電力供給を受け、点灯制御装置（点灯回路）を介して LED 素子が直流で動作する。
- ③ 40W 蛍光ランプ置き換え相当の直管 LED ランプの口金は使用者の利便性を考慮し、蛍光ランプと同一の G13 口金のみを使うように規格統一された。

5) 省エネルギーを考慮した照明の手法に関して正しい記述は、次の①～③のうち である。

- ① 窓面からの昼光を利用する際には、執務者がグレアを感じないように注意する必要がある。
- ② タスク・アンビエント照明では、タスク照明とアンビエント照明の器具の発光面輝度を統一する必要がある。
- ③ LED 照明器具では、演色性が高いほど発光効率も高くなり快適性と省エネ性が両立できる。

< ~ の解答群 >

ア ① イ ② ウ ③

(2) 光源に複数の LED 素子を利用した円形片面発光の乳白カバー付き照明器具において、発光面を直径 50 cm の均等拡散面と仮定し、発光面輝度が 4870 cd/m^2 であるとする、この照明器具の全光束は [lm] となる。また、この照明器具の全消費電力が 26 W で、そのうち LED 素子で消費される電力が 23 W であるとする、この LED 照明器具の固有エネルギー消費効率 (lm/W) は [lm/W] となる。

< 及び の解答群 >

ア 1 イ 115 ウ 130 エ 960 オ 3000 カ 3800

問題 15 は次の頁に続く

(3) 次の 1) ~ 3) の照明計算を行う。

1) 36 m×40 m のテニスコートを、メタルハライドランプを用いた投光器（全光束 80 000 lm/台）で 4 隅の照明柱から均等に投光照明したい。テニスコートの水平面照度を、一般競技の平均値である 500 lx 以上とするための、メタルハライドランプの必要最少台数は [台] となる。ただし、照明率 0.35、保守率 0.72 とする。

2) 直径 30 cm の均等拡散性の球形グローブの中心に、あらゆる方向の光度が一様で 200 cd の光源を入れ、グローブの中心が床面から 2.8 m の高さとなる位置で点灯した。グローブの外表面の輝度は 2 500 cd/m² であった。

このときのグローブ内の全光束は ×10³ [lm]、グローブ外表面の光度は [cd]、グローブの透過率は ×10⁻¹ である。また、0.8 m の高さのテーブル上での光源直下の照度は、 [lx] となる。ただし、グローブ内での反射は無視するものとし、照度計算においては光源を点光源として扱うものとする。

3) 図に示すような配光曲線（ランプ光束 1 000 lm 当たり）を持つ蛍光ランプがある。全光束を 8 000 lm としたとき、このランプの 60° 方向の管軸に垂直方向の光度は [cd] となる。

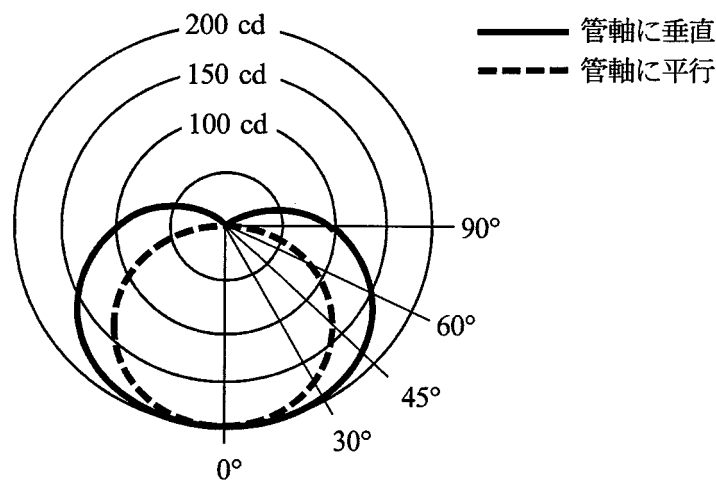


図 蛍光ランプの配光曲線（ランプ光束 1 000 lm 当たり）

< の解答群 >

ア 150 イ 640 ウ 1200 エ 1840

(空 白)

(空調調和 - 選択問題)

問題16 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。(配点計 50 点)

(1) 間仕切りのない大規模なオフィスエリアで冷房負荷と暖房負荷が同時に発生するときに、ゾーン別に空調を行う場合の省エネルギー上の留意点について考える。

図1は、仮想の間仕切りを想定して、あるオフィスエリアをインテリアゾーンとペリメータゾーンにゾーニングして、それぞれ独立した系統で空調したときの冬期における冷暖房負荷と供給熱量あるいは除去熱量との関係を示したものである。ここで、冷房負荷を CL 、暖房負荷を HL 、仮想間仕切り間を行き来する熱を L とし、それに対する空調システムからの冷熱供給量を Q_c 、温熱供給量を Q_h とする。これらはいずれも正の値とし、冷却あるいは失われる熱には「-」を付す。

なお、熱を示す矢印の方向は熱が作用する対象ゾーンに向けたものであり、正負とは関係ない。

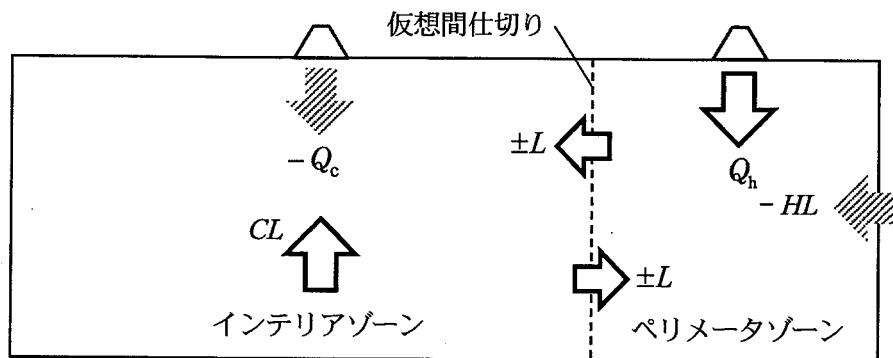


図1

1) OA 機器や照明など内部発熱の多いオフィスの冬期の空調時には、図に示すようにインテリアゾーンには冷房要求が生じ、窓・外壁などを介して外界に面するペリメータゾーンには暖房要求が生じることは通常起こりうる。このとき、インテリア系統の空調とペリメータ系統の空調が干渉し合うことで、過剰なエネルギーを供給してしまうことがあり、これによる損失を 損失と呼んでいる。これを損失熱量 Q_L と表し、損失するときは正の値、エネルギー削減になるときは負の値とする。

< の解答群 >

ア ショートサーキット

イ 混合 (あるいは混合エネルギー)

ウ 冷却再熱

2) 図1において、次の i) ~ iii) の3ケースにおける熱バランスを考えてみる。

- i) 空調システムの計画時には、理想的な状況すなわち仮想間仕切り間を行き来する熱のない状態を想定して負荷を算定するのが一般的であり、このときの熱バランスは となる。
- ii) 実際の運用では、仮想間仕切り間を行き来する熱が生じる。例えば、インテリアゾーンはペリメータシステムからの温熱 Q_h の一部 L を負荷として拾い、それに見合う冷熱 Q_c を供給することになる。一方、ペリメータシステムは温熱 Q_h の一部 L がインテリアゾーンに逃げるため、本来の負荷に見合う以上の温熱を供給することになる。このときの熱バランスは となる。
- iii) 快適性は損なわれるが、ii) とは反対の状況も想定できる。例えば、ペリメータゾーンの暖房負荷 HL の一部 L がインテリアゾーンの冷房に寄与する場合で、その分必要な温熱 Q_h は減り、同時に必要な冷熱 Q_c も減ることになる。このときの熱バランスは となる。

< ~ の解答群 >

- | | |
|--|---|
| ア $Q_c = CL, Q_h = HL, Q_L = 0$ | イ $Q_c = CL, Q_h = HL, Q_L = Q_c - Q_h$ |
| ウ $Q_c = CL + L, Q_h = HL + L, Q_L = L$ | エ $Q_c = CL + L, Q_h = HL + L, Q_L = 2L$ |
| オ $Q_c = CL - L, Q_h = HL - L, Q_L = -L$ | カ $Q_c = CL - L, Q_h = HL - L, Q_L = -2L$ |

3) 快適性を損なわず Q_L を最小限に抑える対策としては、次のようなことが考えられる。

- ① 計画時に、ゾーン間の熱負荷に大きな差が発生しないように、外壁・窓など建築外皮の断熱・気密性等の熱性能をできるだけ する。
- ② 運転制御上では、暖房時のペリメータゾーンの設定室温をインテリアゾーン にするなど、居住性に大きな支障が生じない範囲で設定温度に配慮する。
- ③ お互いの系統にできるだけ干渉しないように、それぞれの吹出し気流を調整する。

なお、損失は冷房負荷と暖房負荷の同時供給に起因しているため、熱源に 型の機器を導入し、COPの向上を図ることが損失分の投入熱量を抑えるのに効果的である。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|--------|--------|-------|
| ア 空気熱源 | イ 二重効用 | ウ 熱回収 |
| エ 高く | オ 低く | カ 無視 |
| キ より高め | ク より低め | ケ と同じ |

問題 16 は次の頁に続く

(2) 全熱交換器は、空調している室内からの排気と取入れ外気との間で顕熱と潜熱の熱交換を行う空気対空気の熱交換器で、回転式や固定式の吸放熱・湿材を使用して、取入れ外気と排出空気との間で熱交換を行うことで全熱を回収するものである。

1) 全熱交換器は、 を目的としたものであり、取入れ外気量と排出空気量が等しい場合には、通常 [%] 前後の全熱交換効率が期待できる。

〈 及び の解答群 〉

ア 40

イ 70

ウ 95

エ 外気負荷の低減

オ 外気冷房

カ 搬送動力の低減

2) 図2は、夏の冷房時に全熱交換器を用いるときの外気と室内空気の状態変化を空気線図上に示したものである。ただし、この状態変化は全熱交換効率と顕熱交換効率が同じ場合のものである。

ここで、図2中の1、2、3、4の点と全熱交換器の出入り空気の関係を示した図は、図3の

になる。また、このとき全熱交換効率 η は、式 $\eta =$ で示される。

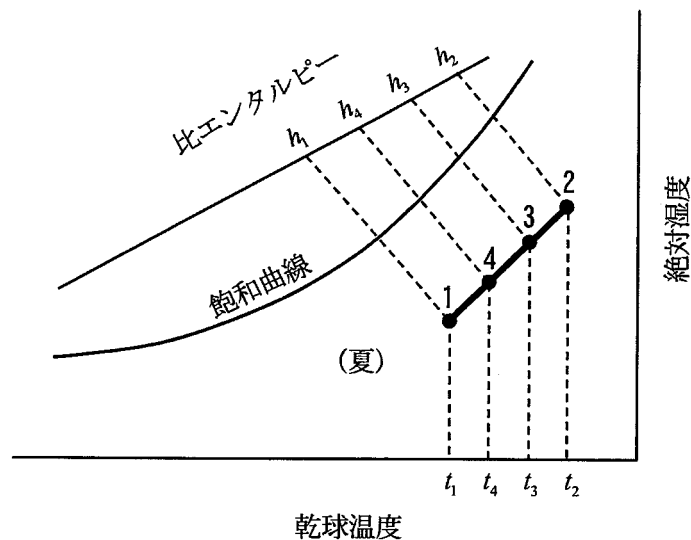


図2

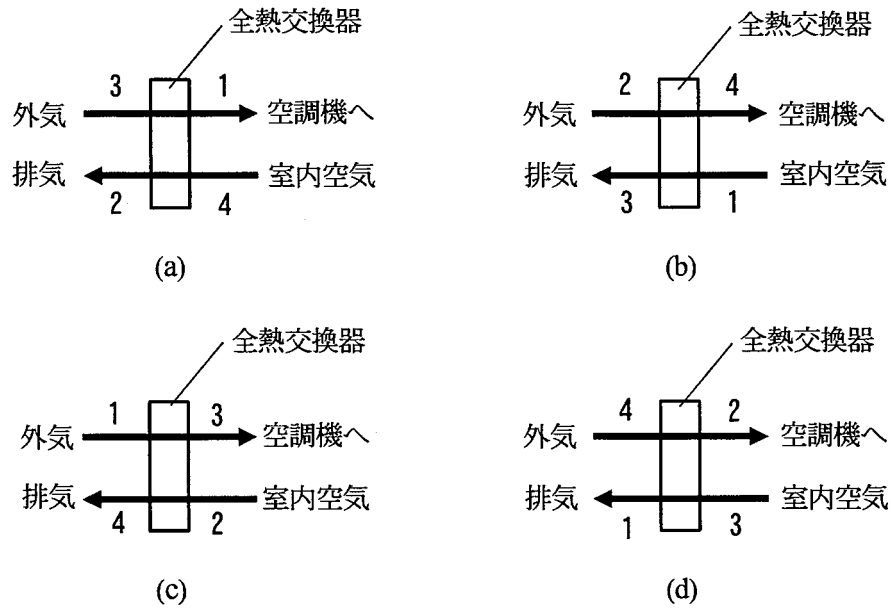


図3

〈 10 及び 11 の解答群 〉

ア $\frac{h_2 - h_4}{h_2 - h_1}$

イ $\frac{h_3 - h_4}{h_2 - h_1}$

ウ $\frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$

エ (a) オ (b) カ (c) キ (d)

3) 全熱交換器の使用上の留意点として次のようなことが挙げられる。

- ① 一般に、冷房時において排出空気の比エンタルピーが外気より 12 場合には、運転を停止し外気をバイパスするように制御すると省エネルギーになる。
- ② 回転するタイプを使用するときには漏気の恐れがあるので、排気ファンは全熱交換器に対して 13 側に設置する。
- ③ 通過する空気の質があまり良くないと、経年とともに効率が低下するので、全熱交換器の上流側に 14 を設け、またその保守を十分に行う必要がある。

〈 12 ~ 14 の解答群 〉

ア エアフィルタ イ エコノマイザ ウ ヒータ エ 吸込み オ 吹出し
 カ 高い キ 低い

(空 白)

(空 白)

(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. 、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. 、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、解答すべき数値を求める過程の計算においても、必要となる桁数には十分配慮し、「解答として最後に四捨五入した数値」が、「解答が求める最小位まで有効な値」となるようにすること。

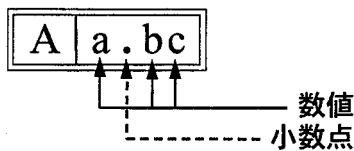
- (2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1)の計算条件を満足すること。

- (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、(1)の「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。」の計算条件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)

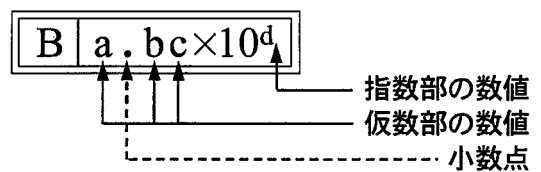
「683」を塗りつぶす



A		
a	b	c
0	0	0
1	1	1
2	2	2
3	3	●
4	4	4
5	5	5
●	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)

「9182」を塗りつぶす



B			
a	b	c	d
0	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