科目	機能・設計系－1-A

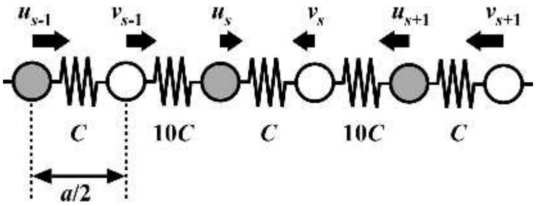
受験番号＿＿＿＿＿＿　　氏　名＿＿＿＿＿＿

科目	機能・設計系－1-A

※解答は，点線より下に記入すること．

（注：この用紙の問題への解答はこの面のみとし，裏面にはしないこと．）

問題　同じ質量 M の 2 種類の原子が，右図のようにバネ定数 C および $10C$ で結ばれた 1 次元バネモデルを考える．このとき，以下の問いに答えよ．ただし，隣接原子間の距離は $a/2$ であるとする．



1）s 番目のそれぞれの原子の変位量を u_s，v_s とすると，u_s および v_s に関する相対変位は，それぞれ $u_s - v_{s-1}$ および $u_s - v_s$，$v_s - u_{s+1}$ および $v_s - u_s$ と表される．このとき，u_s および v_s についての運動方程式を記せ．

2）これらの運動方程式は $u_s = u_0 \exp(isKa)\exp(-i\omega t)$，$v_s = v_0 \exp(isKa)\exp(-i\omega t)$ で表される解 u_s および v_s をもつ．これらを運動方程式に代入して得られる連立方程式を記せ．ただし K を波数，ω を角振動数とする．

3）この連立方程式が $u_0 = v_0 = 0$ 以外の解をもつためには，係数 u_0 および v_0 の行列式がゼロであることが必要である．このとき成立する K を含む ω の 4 次方程式の係数 A および B を記し，ω の一般解を求めよ．

4）$K = 0$ および $K = \pi/a$ において，ω はそれぞれ 2 つの値をもつ．これらの値を求めるとともに，その値を用いて分散関係のグラフを描け．また，これら低振動数と高振動数の ω の分岐はそれぞれ何モードに対応しているか答えよ．

解答欄　※解答を欄内に記載

1）u_s：

$$M\frac{du_s}{dt^2} = -C(u_s - v_s) - 10C(u_s - v_{s-1})$$

v_s：

$$M\frac{dv_s}{dt^2} = -C(v_s - u_s) - 10C(v_s - u_{s+1})$$

2）運動方程式 ①

$$-\omega^2 M u_0 = C(v_0 - u_0) + 10C(v_0 \exp(-iKa) - u_0)$$

運動方程式 ②

$$-\omega^2 M v_0 = C(u_0 - v_0) + 10C(u_0 \exp(iKa) - v_0)$$

3）4 次方程式：

$$\omega^4 - \mathrm{A}\,\omega^2 + \mathrm{B}\,(1 - \cos Ka) = 0$$

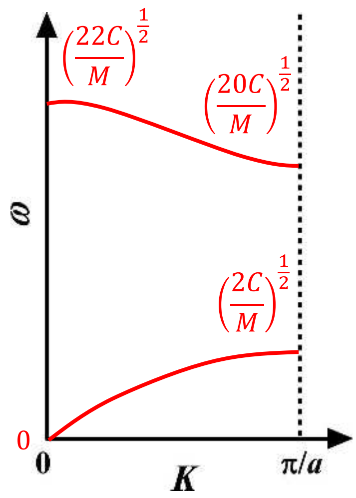
ただし，

A：$\dfrac{22C}{M}$　　B: $\dfrac{20C^2}{M^2}$

ω の一般解：

$$\omega = \left[\frac{11C}{M} \pm \left(\left(\frac{11C}{2M}\right)^2 - \frac{20C^2}{M^2}(1 - \cos Ka)\right)^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{1}{2}}$$

分散関係：



4）$K = 0$：

$$\omega = \left(\frac{22C}{M}\right)^{\frac{1}{2}}, \quad 0$$

$K = \pi/a$：

$$\omega = \left(\frac{20C}{M}\right)^{\frac{1}{2}}, \quad \left(\frac{2C}{M}\right)^{\frac{1}{2}}$$

低振動数 ω：音響　モード

高振動数 ω：光学　モード

科目	機能・設計系－1-B

受験番号＿＿＿＿＿＿　　氏　名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

科目	機能・設計系－1-B

※解答は，点線より下に記入すること．

（注：この用紙の問題への解答はこの面のみとし，裏面にはしないこと．）

問題　以下の問いに答えよ．ただし，電子は近似的に自由電子として取り扱えるものとする．また解答には，電子の質量 m，プランク定数 $\hbar$，L，ε，N_1，N_2，および π のうち必要なものを用いよ．

1）実空間において，一辺の長さが L の立方体の金属を考える．このとき，対応する逆空間において 1 個のk点が占める体積を求めよ．

2）立方体の金属中にN_1個の電子が存在するとき，電子の状態密度$D_1(\varepsilon) = dN_1/d\varepsilon$を求めよ．

3）実空間において，一辺の長さが L の正方形の 2 次元金属を考える．この 2 次元金属中にN_2個の電子が存在するとき，フェルミ波数k_F，およびフェルミエネルギーε_Fを求めよ．

4）3）の 2 次元金属中に存在する，電子の状態密度$D_2(\varepsilon)$を求めよ．

【解答】

1）$(\Delta k)^3 = 8\pi^3/L^3$

2）$D_1(\varepsilon) = \frac{L^3}{2\pi^2}\left(\frac{2m}{\hbar^2}\right)^{\frac{3}{2}}\varepsilon^{\frac{1}{2}}$

3）フェルミ波数k_F：$(2\pi N_2)^{\frac{1}{2}}/L$　　フェルミエネルギーε_F：$\pi\hbar^2 N_2/mL^2$

4）$D_2(\varepsilon) = mL^2/\pi\hbar^2$

科目	機能・設計系ー2-A

受験番号＿＿＿＿＿＿　　氏　名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

科目	機能・設計系ー2-A

※解答は，点線より下に記入すること．

（注：この用紙の問題への解答はこの面のみとし，裏面にはしないこと．）

問題　鋼に関する以下の問いに答えよ．

1）共析炭素鋼の T.T.T.曲線を描き，その図の特徴について詳しく説明せよ．

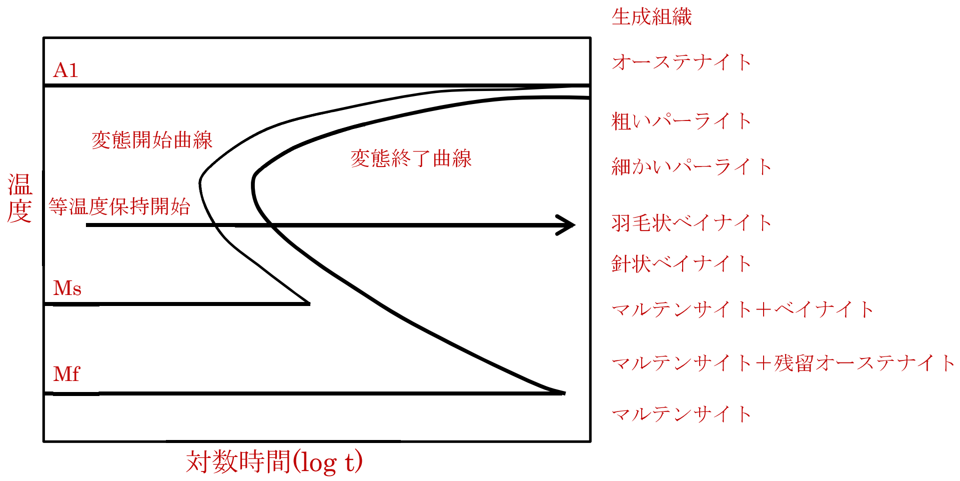
2）ステンレス鋼の定義，種類と特性について詳しく説明せよ．

解答

1）

等温変態 T. T. T. 曲線を下図に示す。

T. T. T. 曲線は炭素鋼をオーステナイト組織の状態から A1 線以下の所定の温度まで急冷し、その温度で一定時間冷却を止めて保持すると、時間とともに組織変態が進行する。変態開始時間、終了時間をそれぞれ結んだのが TTT 図である。曲線は左に凸になっており、この部分はノーズ鼻と呼ばれる。どの温度で恒温にするかで、最終的な組織が大きく異なる。



2）

12%Cr 以上の Fe-Cr 合金がステンレス鋼、12%Cr 以下は耐食鋼である。

クロム系ステンレス鋼　（SUS400 系）

・ファライト系ステンレス鋼：熱処理ができない

・マルテンサイト系ステンレス鋼

焼入れ(950-1000℃)、焼戻し(600-750℃)が可能であり、耐熱、耐食性を有する。

ただし、 HNO_3 などの酸化性の酸に有効であるが、H_2SO_4, HCl のような非酸化性の酸には腐食する。

クロム―ニッケル系ステンレス鋼（SUS300 系）

・オーステナイト系ステンレス鋼

鋼の耐食性は γ 組織の方が α 組織より大きい。これは、原子密度が高い、1 相の組織になり易く、電気化学的に安定である。

約 10%以上 Ni 添加により、Cr%に無関係に耐硫酸性が向上するが、18%Cr, 8%Ni は，Ni 量が最も少なくて γ 組織になる組成である。

科目	機能・設計系－2-B

受験番号＿＿＿＿＿＿　　氏　名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

科目	機能・設計系－2-B

※解答は，点線より下に記入すること．

（注：この用紙の問題への解答はこの面のみとし，裏面にはしないこと．）

問題　非鉄金属材料に関する以下の問いに答えよ．
1）Al-Cu-Mg 合金の時効析出過程について説明せよ．
2）工業用純銅の種類と製法について説明せよ．

解答
1）

Cu/Mg 比（重量比）による安定相の変化は以下の通りである

$\longleftarrow$ 8：1 $\longleftrightarrow$ 4：1 $\longleftrightarrow$ 1.5：1 $\longrightarrow$

$CuAl_2$（θ）	$CuAl_2$（θ） $CuMgAl_2$	$CuMgAl_2$（S）	$CuMg_4Al_6$

時効析出過程は Cu/Mg 比により異なり、Cu/Mg ＞ 8:1 の場合は反応(1)、4:1 ＜ Cu/Mg ＜ 8:1 の場合は反応(1)と(2)、1.5:1 ＜ Cu/Mg ＜ 4:1 の場合は反応(2)となる。

α → GP(Ⅰ) → GP(Ⅱ) → θ’ → θ　(1)
α → GPB → S’ → S　(2)

GPBゾーンは微細析出し、時効硬化への寄与が高い。
S’相は不均一析出し、粗大化するため硬さの寄与が低い。
GPBゾーン組織のときがもっとも硬さが大きい。

2）

工業用の純銅の種類には、酸素の量によって、タフピッチ銅、P脱酸銅、無酸素銅(OFHC)の３種類がある。

電気銅（純度：99.99%以上、不純物：Sb, As, Bi，S, Pb、H_2（電解時））を以下の方法で還元すると純銅が得られる。

・天然ガス還元 － タフピッチ銅　酸素：250-500ppm　高温で水素脆性を示す

・P還元 － P脱酸銅　酸素：200ppm　水素脆性を示さない・・溶接やろう接用

固溶 P: 電気伝導性低下する

・真空還元雰囲気 － 無酸素銅(OFHC)　酸素：10ppm以下、導電性、耐水素脆性良好

科目	機能・設計系－2-C

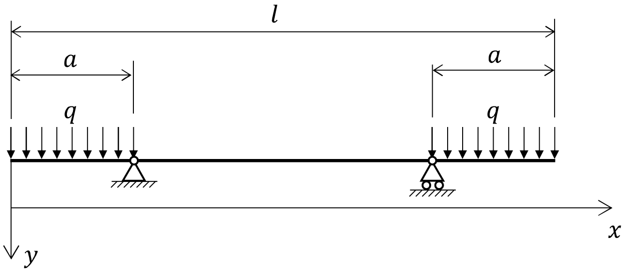
受験番号＿＿＿＿＿＿＿＿　　氏　名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

科目	機能・設計系－2-C

※解答は，点線より下に記入すること．

（注：この用紙の問題への解答はこの面のみとし，裏面にはしないこと．）

問題　右図に示す長さl (mm)の単純梁の両端の突き出し部の長さa (mm)の箇所に単位長さ当たりq (N/mm)の下向きの等分布荷重が作用しているとき，梁全体のせん断力図 SFD，曲げモーメント図 BMD を描け．　ただし，答えの図だけでなく，導出過程を明記すること．



せん断力図 SFD

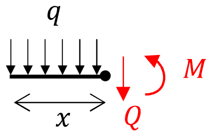
曲げモーメント図 BMD

【解答】

梁および荷重は左右対称だから支持部の反力をRとする．y軸方向の力の釣合より

$$+\downarrow \sum F_y = 0 \qquad +qa+qa-R-R=0 \qquad \therefore R=+qa$$

$0 \leqq x < a$

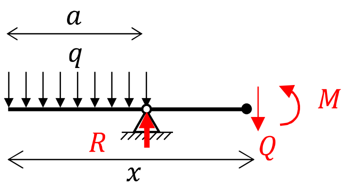


$$+\downarrow \sum F_y = 0 \qquad +qx+Q=0 \qquad \therefore Q=-qx$$

$$+\circlearrowleft \sum M = 0 \qquad +\int_0^x q d\xi \cdot \xi + M = 0 \qquad M = -\int_0^x q d\xi \cdot \xi = -q\frac{x^2}{2} = -qx\cdot\frac{x}{2}$$

これは集中荷重qxが長さxの中央に作用していると考えても良い

$a \leqq x < l-a$



$$+\downarrow \sum F_y = 0 \qquad +qa-R+Q=0 \qquad \therefore Q=+R-qa=+qa-qa=0$$

$$+\circlearrowleft \sum M = 0 \qquad +\int_{x-a}^{x} q d\xi \cdot \xi - R(x-a) + M = 0$$

$$M = R(x-a) - q\left[\frac{\xi^2}{2}\right]_{x-a}^{x} = qa\cdot(x-a) - q\cdot\left(\frac{x^2}{2}-\frac{(x-a)^2}{2}\right)$$

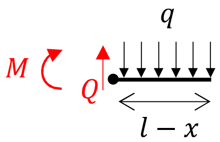
$$= qa\cdot(x-a) - q\cdot\left(\frac{2ax}{2}-\frac{a^2}{2}\right) = qa\cdot(x-a) - qa\cdot\left(x-\frac{a}{2}\right) = -q\frac{a^2}{2}$$

これは集中荷重qaが長さaの中央に作用していると考えても良い

$$+\circlearrowleft \sum M = 0 \qquad +qa\times\left(x-\frac{a}{2}\right) - R(x-a) + M = 0$$

$$M = R(x-a) - qa\times\left(x-\frac{a}{2}\right) = qa\cdot\left(-\frac{a}{2}\right) = -q\frac{a^2}{2}$$

$l-a \leqq x \leqq l$



$$+\downarrow \sum F_y = 0 \qquad +q(l-x)-Q=0 \qquad \therefore Q=+q(l-x)$$

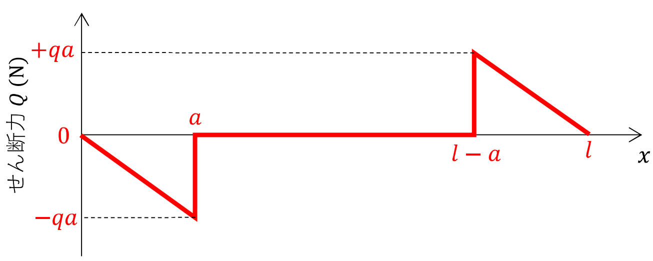
$$+\circlearrowleft \sum M = 0 \qquad -\int_0^{l-x} q d\xi \cdot \xi - M = 0$$

$$M = -q\left[\frac{\xi^2}{2}\right]_0^{l-x} = -q\cdot\left(\frac{(l-x)^2}{2}\right) = -q(l-x)\times\left(\frac{l-x}{2}\right) = -\frac{q}{2}(l-x)^2 = -\frac{q}{2}(x-l)^2$$

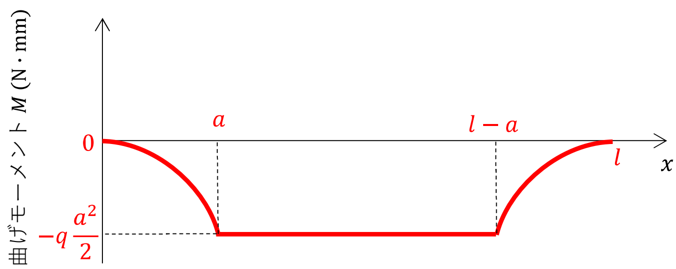
これは集中荷重$q(l-x)$が長さ$(l-x)$の中央に作用していると考えても良い

$$+\circlearrowleft \sum M = 0 \qquad -q(l-x)\times\left(\frac{l-x}{2}\right) - M = 0$$

$$M = -q(l-x)\times\left(\frac{l-x}{2}\right) = -\frac{q}{2}(l-x)^2 = -\frac{q}{2}(x-l)^2$$



せん断力図 SFD



曲げモーメント図BMD