

1. Sebuah benda yang terbuat dari baja memiliki panjang 1000 cm. Berapakah pertambahan panjang baja itu, jika terjadi perubahan suhu sebesar 50°C?

**Penyelesaian:**

Diketahui :

$$L_0 = 1000 \text{ cm}$$

$$\Delta T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \text{ (lihat di tabel koefisien muai panjang)}$$

Ditanyakan :  $\Delta L = \dots?$

**Jawab:**

$$L = L_0(1 + \alpha\Delta T)$$

$$L = L_0 + L_0\alpha\Delta T$$

$$L - L_0 = L_0\alpha\Delta T$$

$$\Delta L = L_0\alpha\Delta T$$

$$\Delta L = 1000 \times 12 \times 10^{-6} \times 50$$

$$\Delta L = 60 \text{ cm}$$

Jadi, pertambahan panjang benda tersebut sebesar 60 cm.

2. Pada suhu 30°C sebuah pelat besi luasnya 10 m<sup>2</sup>. Apabila suhunya dinaikkan menjadi 90°C dan koefisien muai panjang besi sebesar 0,000012/°C, maka tentukan luas pelat besi tersebut!

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$A_0 = 10 \text{ m}^2$$

$$T_0 = 30^\circ\text{C}$$

$$T = 90^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = T - T_0 = 90 - 30 = 60^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 0,000012/^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2\alpha = 2 \times 0,000012/^\circ\text{C} = 0,000024/^\circ\text{C}$$

Ditanyakan:  $A = \dots?$

**Jawab:**

$$A = A_0(1 + \beta \times \Delta T)$$

$$A = 10(1 + 0,000024 \times 60)$$

$$A = 10(1 + 0,00144)$$

$$A = 10 \times 1,00144$$

$$A = 10,0144 \text{ m}^2$$

Jadi, luas pelat besi setelah dipanaskan adalah 10,0144 m<sup>2</sup>.

3. Sebuah bejana memiliki volume 1 liter pada suhu 25°C. Jika koefisien muai panjang bejana

$2 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ , maka tentukan volume bejana pada suhu 75°C!

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$\gamma = 3\alpha = 3 \times 2 \times 10^{-5}/^\circ\text{C} = 6 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 75^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 50^\circ\text{C}$$

$$V_0 = 1 \text{ L}$$

Ditanyakan:  $V = \dots?$

**Jawab:**

$$V = V_0(1 + \gamma \times \Delta T)$$

$$V = 1(1 + 6 \times 10^{-5} \times 50)$$

$$V = 1(1 + 3 \times 10^{-3})$$

$$V = 1(1 + 0,003)$$

$$V = 1 \times 1,003$$

$$V = 1,003 \text{ liter}$$

Jadi, volume bejana setelah dipanaskan adalah 1,003 liter.

4. Pada suhu 20°C, panjang kawat besi adalah 20 m. Berapakah panjang kawat besi tersebut pada suhu 100°C jika koefisien muai panjang besi  $1,1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ ?

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$T_0 = 20^\circ\text{C}$$

$$T = 100^\circ\text{C}$$

$$L_0 = 20 \text{ m}$$

$$\alpha = 1,1 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

Ditanyakan:  $L = \dots?$

**Jawab:**

$$L = L_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

$$L = 20[1 + 1,1 \times 10^{-5}(100 - 20)]$$

$$L = 20[1 + 1,1 \times 10^{-5}(80)]$$

$$L = 20(1 + 8,8 \times 10^{-4})$$

$$L = 20(1 + 0,00088)$$

$$L = 20(1,00088)$$

$$L = 20,0176 \text{ m}$$

Jadi, panjang kawat besi tersebut pada suhu 100°C adalah 20,0176 m.

5. Sekeping aluminium dengan panjang 40 cm dan lebar 30 cm dipanaskan dari 40°C sampai 140°C. Jika koefisien muai panjang aluminium tersebut ( $\alpha$ ) adalah  $2,5 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}$ , tentukan luas keping aluminium setelah dipanaskan.

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$A_0 = 40 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 1.200 \text{ cm}^2$$

$$\beta = 2\alpha = 2(2,5 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}) = 5 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 140^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C} = 100^\circ\text{C}$$

Ditanyakan:  $A = \dots?$

**Jawab:**

$$A = A_0(1 + \beta\Delta T)$$

$$A = 1.200(1 + 5 \times 10^{-5} \times 100)$$

$$A = 1.200(1 + 5 \times 10^{-3})$$

$$A = 1.200(1 + 0,005)$$

$$A = 1.200(1,005)$$

$$A = 1206 \text{ cm}^2$$

Jadi, luas penampang aluminium setelah dipanaskan adalah  $1206 \text{ cm}^2$ .

6. Sebuah besi bervolume  $1 \text{ m}^3$  dipanaskan dari  $0^\circ\text{C}$  sampai  $1.000^\circ\text{C}$ . Jika massa besi pada suhu  $0^\circ\text{C}$  adalah  $7.200 \text{ kg}$  dan koefisien muai panjangnya  $1,1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ , hitunglah massa jenis besi pada suhu  $1.000^\circ\text{C}$ .

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$V_0 = 1 \text{ m}^3$$

$$\gamma = 3\alpha = 3(1,1 \times 10^{-5}) = 3,3 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$$

$$\rho = 7.200 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta T = 1000^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 1000^\circ\text{C}$$

Ditanyakan: massa jenis besi setelah dipanaskan

**Jawab:**

□ Volume besi setelah dipanaskan adalah:

$$V = V_0(1 + \gamma\Delta T)$$

$$V = 1[1 + (3,3 \times 10^{-5})(1000)]$$

$$V = 1(1 + 3,3 \times 10^{-2})$$

$$V = 1(1 + 0,033)$$

$$V = 1(1,033)$$

$$V = 1,033 \text{ m}^3$$

□ Setelah dipanaskan, volume benda berubah tetapi massanya tetap.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{7200 \text{ kg}}{1,033 \text{ m}^3}$$

$$\rho = 6.969,99 \text{ kg/m}^3$$

Jadi, massa jenis besi menjadi  $6.969,99 \text{ kg/m}^3$ .

7. Sebuah kuningan memiliki panjang  $1 \text{ m}$ . Apabila koefisien muai panjang kuningan adalah  $19 \times 10^{-6}/\text{K}$ , tentukan pertambahan panjang kuningan tersebut jika temperaturnya naik dari  $10^\circ\text{C}$  sampai  $40^\circ\text{C}$ ?

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$L_0 = 1 \text{ m}$$

$$\Delta T = 40^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$\alpha = 19 \times 10^{-6}/\text{K}$$

Ditanyakan:  $\Delta L = \dots?$

**Jawab:**

$$\Delta L = L_0\alpha\Delta T$$

$$\Delta L = 1 \times 19 \times 10^{-6} \times 303$$

$$\Delta L = 5,76 \times 10^{-3}$$

$$\Delta L = 0,00576 \text{ m}$$

Jadi, pertambahan panjang kuningan setelah temperaturnya naik menjadi  $4^\circ\text{C}$  adalah  $5,76 \text{ mm}$ .

8. Sebuah batang aluminium memiliki luas  $100 \text{ cm}^2$ . Jika batang aluminium tersebut dipanaskan mulai dari  $0^\circ\text{C}$  sampai  $30^\circ\text{C}$ , berapakah perubahan luasnya setelah terjadi pemuaihan? (Diketahui:  $\alpha = 24 \times 10^{-6}/\text{K}$ ).

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$A_0 = 100 \text{ cm}^2 = 1 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 30^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$\beta = 2\alpha = 48 \times 10^{-6}/\text{K}$$

Ditanyakan:  $\Delta A = \dots?$

**Jawab:**

$$\Delta A = A_0\beta\Delta T$$

$$\Delta A = 1 \text{ m}^2 \times 48 \times 10^{-6}/\text{K} \times 303 \text{ K}$$

$$\Delta A = 0,0145 \text{ m}^2$$

Jadi, perubahan luas bidang aluminium setelah pemuaihan adalah  $145 \text{ cm}^2$ .

9. Sebuah bola yang memiliki volume  $50 \text{ m}^3$  jika dipanaskan hingga mencapai temperatur  $50^\circ\text{C}$ . Jika pada kondisi awal, kondisi tersebut memiliki temperatur  $0^\circ\text{C}$ , tentukanlah volume akhir bola tersebut setelah terjadi pemuaihan (diketahui  $\alpha = 17 \times 10^{-6}/\text{K}$ ).

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$V_0 = 50 \text{ m}^3$$

$$\Delta T = 50^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 50^\circ\text{C} = 323 \text{ K}$$

$$\gamma = 3\alpha = 3(17 \times 10^{-6}/\text{K}) = 51 \times 10^{-6}/\text{K}$$

Ditanyakan:  $V = \dots?$

**Jawab:**

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T}$$

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$$

$$\Delta V = (51 \times 10^{-6})(50)(323)$$

$$\Delta V = 823.650 \times 10^{-6}$$

$$\Delta V = 0,82 \text{ m}^3$$

Pertambahan volume adalah selisih volume akhir dengan volume mula-mula. Maka volume akhirnya adalah sebagai berikut.

$$\Delta V = V - V_0$$

$$V = \Delta V + V_0$$

$$V = 0,82 \text{ m}^3 + 50 \text{ m}^3$$

$$V = 50,82 \text{ m}^3$$

Jadi, volume akhir bola setelah pemuaiian adalah  $50,82 \text{ m}^3$ .

10. Sebatang besi yang panjangnya 80 cm, dipanasi sampai  $50^\circ\text{C}$  ternyata bertambah panjang 5 mm, maka berapa pertambahan panjang besi tersebut jika panjangnya 50 cm dipanasi sampai  $60^\circ\text{C}$ ?

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$L_{01} = 80 \text{ cm}$$

$$L_{02} = 50 \text{ cm}$$

$$\Delta T_1 = 50^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 60^\circ\text{C}$$

$$\Delta L_1 = 5 \text{ mm}$$

Ditanyakan:  $\Delta L_2 = \dots?$

**Jawab:**

Karena jenis bahan sama (besi), maka:

$$\alpha_1 = \alpha_2$$

$$\frac{\Delta L_1}{L_{01} \Delta T_1} = \frac{\Delta L_2}{L_{02} \Delta T_2}$$

$$\frac{5}{80 \times 50} = \frac{\Delta L_2}{50 \times 60}$$

$$\frac{5}{4000} = \frac{\Delta L_2}{3000}$$

$$4000 \Delta L_2 = 5 \times 3000$$

$$4000 \Delta L_2 = 15000$$

$$\Delta L_2 = 15000/4000$$

$$\Delta L_2 = 3,75 \text{ mm}$$

11. Sebuah bejana tembaga dengan volume  $100 \text{ cm}^3$  diisi penuh dengan air pada suhu  $30^\circ\text{C}$ . Kemudian keduanya dipanasi hingga suhunya  $100^\circ\text{C}$ . Jika  $\alpha$  tembaga =  $1,8 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$  dan  $\gamma$  air =  $4,4 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ . Berapa volume air yang tumpah saat itu?

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$V_0 \text{ tembaga} = V_0 \text{ air} = 100 \text{ cm}^3$$

$$\Delta T = 100^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} = 70^\circ\text{C}$$

$$\alpha \text{ tembaga} = 1,8 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$$

$$\gamma \text{ tembaga} = 3\alpha = 3 \times 1,8 \times 10^{-5} = 5,4 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$$

$$\gamma \text{ air} = 4,4 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$$

Ditanyakan:  $V$  air yang tumpah =  $\dots?$

**Jawab:**

Untuk tembaga:

$$V_t = V_0(1 + \gamma \Delta T)$$

$$V_t = 100(1 + 5,4 \times 10^{-5} \times 70)$$

$$V_t = 100(1 + 3,78 \times 10^{-3})$$

$$V_t = 100(1 + 0,00378)$$

$$V_t = 100(1,00378)$$

$$V_t = 100,378 \text{ cm}^3$$

Untuk air:

$$V_t = V_0(1 + \gamma \Delta T)$$

$$V_t = 100(1 + 4,4 \times 10^{-4} \times 70)$$

$$V_t = 100(1 + 3,08 \times 10^{-2})$$

$$V_t = 100(1 + 0,0308)$$

$$V_t = 100(1,0308)$$

$$V_t = 103,08 \text{ cm}^3$$

Jadi, volume air yang tumpah adalah sebagai berikut.

$$V \text{ air tumpah} = V_t \text{ air} - V_t \text{ tembaga}$$

$$V \text{ air tumpah} = 103,08 - 100,378$$

$$V \text{ air tumpah} = 2,702 \text{ cm}^3$$

12. Gas dalam ruang tertutup mempunyai tekanan 1 cmHg. Jika kemudian gas tersebut ditekan pada suhu tetap sehingga volum gas

menjadi  $\frac{1}{4}$  volum mula-mula, berapa tekanan gas yang terjadi?

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$V_2 = \frac{1}{4} V_1$$

Ditanyakan:  $P_2 = \dots?$

**Jawab:**

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$1 V_1 = P_2 (\frac{1}{4} V_1)$$

$$V_1 = \frac{1}{4} V_1 P_2$$

$$P_2 = 4 \text{ atm}$$

13. Pada suhu  $0^\circ\text{C}$  suatu logam mempunyai panjang 75 cm. Setelah dipanasi hingga suhu  $100^\circ\text{C}$ , panjangnya menjadi 75,09 cm.

Berapakah koefisien muai panjang logam tersebut?

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$L = 75,09 \text{ cm} = 0,7509 \text{ m}$$

$$L_0 = 75 \text{ cm} = 0,75 \text{ m}$$

$$T = 100^\circ\text{C}$$

$$T_0 = 0^\circ\text{C}$$

Ditanyakan:  $\alpha = \dots?$

**Jawab:**

Untuk mencari koefisien muai panjang logam tersebut, kita gunakan persamaan berikut.

$$\alpha = \frac{L - L_0}{L_0(T - T_0)}$$

$$\alpha = \frac{0,7509 - 0,75}{0,75(100 - 0)}$$

$$\alpha = \frac{0,0009}{0,75(100)}$$

$$\alpha = \frac{9 \times 10^{-4}}{75}$$

$$\alpha = 1,2 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$$

Jadi, koefisien muai panjang tembaga tersebut adalah  $1,2 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ .

14. Sebuah plat yang terbuat dari aluminium dengan luas mula-mula  $40 \text{ cm}^2$  mempunyai suhu  $5^\circ\text{C}$ . Apabila plat tersebut dipanaskan

hingga  $100^\circ\text{C}$ , berapakah pertambahan luas aluminium tersebut?

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$\alpha = 2,4 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$$

$$\beta = 2\alpha = 4,8 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$$

$$A_0 = 40 \text{ cm}^2 = 0,004 \text{ m}^2$$

$$T_0 = 5^\circ\text{C}$$

$$T = 100^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = (100 - 5)^\circ\text{C} = 95^\circ\text{C}$$

Ditanyakan:  $\Delta A = \dots?$

**Jawab:**

Untuk mencari pertambahan luas plat, kita dapat menggunakan persamaan berikut.

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_0 \Delta T}$$

$$\Delta A = \beta A_0 \Delta T$$

$$\Delta A = (4,8 \times 10^{-5}) \times (4 \times 10^{-3}) \times 95$$

$$\Delta A = 1,82 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Jadi, pertambahan luas plat aluminium tersebut adalah  $1,82 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ .

15. Volume air raksa pada suhu  $0^\circ\text{C}$  adalah  $8,84 \text{ cm}^3$ . Jika koefisien muai volume air raksa adalah  $1,8 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ , berapakah volume air raksa setelah suhunya dinaikkan menjadi  $100^\circ\text{C}$ ?

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$V_0 = 8,84 \text{ cm}^3$$

$$\gamma = 1,8 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = (100 - 0) = 100^\circ\text{C}$$

Ditanyakan:  $V = \dots?$

**Jawab:**

Untuk mencari  $V$ , kita dapat menggunakan rumus:

$$V = V_0(1 + \gamma \Delta T)$$

$$V = 8,84[1 + (1,8 \times 10^{-4})(100)]$$

$$V = 8,84(1 + 1,8 \times 10^{-2})$$

$$V = 8,84(1 + 0,018)$$

$$V = 8,84(1,018)$$

$$V = 8,99 \text{ cm}^3$$

Jadi, volume air raksa setelah dipanaskan menjadi  $8,99 \text{ cm}^3$ .

16. Sebatang pipa besi pada suhu 20°C mempunyai panjang 200 cm. Apabila pipa besi tersebut dipanasi hingga 100°C dan koefisien muai panjangnya  $1,2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ , hitunglah pertambahan panjang pipa besi tersebut.

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$T_0 = 20^{\circ}\text{C}$$

$$T = 100^{\circ}\text{C}$$

$$L_0 = 200 \text{ cm} = 2 \text{ m}$$

$$\alpha = 1,2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$$

Ditanyakan:  $\Delta L = \dots?$

**Jawab:**

Untuk mencari pertambahan panjang besi yaitu sebagai berikut.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$$

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$$\Delta L = (1,2 \times 10^{-5}) \times 2 \times (100 - 20)$$

$$\Delta L = 1,92 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Jadi, pertambahan panjang pipa besi tersebut adalah 1,92 mm.

17. Sebatang besi dengan panjang 4 m dan lebar 20 cm bersuhu 20°C. Jika besi tersebut dipanaskan hingga mencapai 40°C, berapakah luas kaca setelah dipanaskan? ( $\alpha = 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$A_0 = 4 \times 0,2 = 0,8 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = (40 - 20)^{\circ}\text{C} = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha = 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \rightarrow \beta = 24 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$$

Ditanya:  $A = \dots?$

**Jawab:**

$$\Delta A = \beta A_0 \Delta T$$

$$\Delta A = (24 \times 10^{-6})(0,8)(20)$$

$$\Delta A = 384 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\Delta A = 0,384 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Luas besi setelah dipanaskan adalah sebagai berikut.

$$A = A_0 + \Delta A$$

$$A = (0,8) + (0,384 \times 10^{-3})$$

$$A = (800 \times 10^{-3}) + (0,384 \times 10^{-3})$$

$$A = 800,384 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A = 0,800384 \text{ m}^2$$

Dengan demikian, luas batang besi setelah dipanaskan adalah 0,800384 m<sup>2</sup>.

18. Volume gas pada suhu 27°C adalah 300 cm<sup>3</sup>. Berapakah volume gas jika suhunya diturunkan menjadi 15°C pada tekanan sama?

**Penyelesaian:**

$$V_0 = 300 \text{ cm}^3$$

$$T_0 = 27^{\circ}\text{C}$$

$$T = 15^{\circ}\text{C}$$

Ditanyakan:  $V$  saat 15°C

**Jawab:**

Untuk mencari volume pada suhu 15°C, kita dapat menggunakan persamaan berikut.

$$V = V_0 \left| 1 + \frac{1}{273} \Delta T \right|$$

$$V = 300 \left| 1 + \frac{1}{273} (15 - 27) \right|$$

$$V = 300 \left| 1 + \frac{-12}{273} \right|$$

$$V = 300[1 + (-0,044)]$$

$$V = 300(0,956)$$

$$V = 286,8 \text{ cm}^3$$

Jadi, volume gas saat bersuhu 15°C adalah 286,8 cm<sup>3</sup>.

19. Suatu gas volumenya 0,5 m<sup>3</sup> perlahan-lahan dipanaskan pada tekanan tetap hingga volumenya menjadi 2 m<sup>3</sup>. Jika energi yang dikeluarkan gas tersebut  $3 \times 10^5$  joule dan suhu semula sebesar 150 K. Hitunglah:

a) Tekanan gas tersebut

b) Suhu akhir gas tersebut

**Penyelesaian:**

Diketahui:

$$V_1 = 0,5 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 2 \text{ m}^3$$

$$W = 3 \times 10^5 \text{ joule}$$

$$T_1 = 150 \text{ K}$$

Ditanyakan:  $P$  dan  $T_2$

**Jawab:**

a) kita tahu bahwa usaha/energi adalah gaya dikali perpindahannya, sedangkan tekanan adalah gaya persatuan luas penampang.

$$W = F\Delta s$$

Karena  $P = F/A$ , maa  $F = PA$  sehingga:

$$W = PA\Delta s$$

$A\Delta s$  menghasilkan perubahan volume sehingga:

$$W = P\Delta V$$

$$P = W/\Delta V$$

$$P = (3 \times 10^5)/(2 - 0,5)$$

$$P = (3 \times 10^5)/1,5$$

$$P = 2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

b) untuk panas pada tekanan tetap

$$V/T = \text{konstan}$$

$$V_1/T_1 = V_2/T_2$$

$$T_2 = V_2T_1/V_1$$

$$T_2 = (2 \times 150)/0,5$$

$$T_2 = 300/0,5$$

$$T_2 = 600 \text{ K}$$

20. Tentukan dimensi dari konstanta gas R

**Jawab:**

$$PV = NRT$$

$$R = \frac{PV}{NT}$$

$$R = \frac{[M][L]^{-1}[T]^{-2}[L]^3}{[N][\theta]}$$

$$R = [M][L]^2[T]^{-2}[N]^{-1}[\theta]^{-1}$$