

BÀI TẬP CUỐI CHƯƠNG VII

VII.1. C. Khi bị nung nóng, độ dài của thanh đồng thau tăng. Muốn giữ độ dài của thanh này không thay đổi, ta phải tác dụng lên hai đầu thanh một ứng suất nén sao cho độ biến dạng nén bằng độ nở dài vì nhiệt của nó.

Theo định luật Húc, lực nén gây ra biến dạng của thanh rắn tính bằng :

$$F = k\Delta l = ES \frac{\Delta l}{l_1}$$

Mặt khác, độ nở dài của thanh rắn khi nung nóng từ nhiệt độ t_1 đến nhiệt độ t_2 tính bằng :

$$\Delta l = \alpha l_1(t_2 - t_1) \Rightarrow \frac{\Delta l}{l_1} = \alpha(t_2 - t_1)$$

Từ đó suy ra : $F = ES\alpha(t_2 - t_1)$.

Thay số, ta được : $F = 11 \cdot 10^{10} \cdot 25 \cdot 10^{-4} \cdot 18 \cdot 10^{-6} \cdot (100 - 0) = 4,95 \text{ kN}$.

VII.2. A. Lực kéo để bứt vòng đồng khỏi mặt nước bằng :

$$F = P + F_c = mg + 2\pi d\sigma$$

trong đó $P = mg$ là trọng lượng của vòng đồng, còn $F_c = 2\pi d\sigma$ là lực căng bề mặt của nước tác dụng lên hai mặt (trong và ngoài) của vòng đồng. Từ đó ta suy ra hệ số căng bề mặt của nước :

$$\sigma = \frac{F - mg}{2\pi d} = \frac{0,17 - 15 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 63,7 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$$

VII.3. B. Lượng nhiệt Q cung cấp để làm nóng chảy hoàn toàn thỏi nhôm khối lượng $m = 8,0 \text{ kg}$ ở $t_0 = 20^\circ\text{C}$ có giá trị bằng :

$$Q = cm(t - t_0) + \lambda m = m[c(t - t_0) + \lambda]$$

Thay số, ta được : $Q = 8,0 \cdot [880 \cdot (658 - 20) + 3,9 \cdot 10^5] \approx 7612 \text{ kJ}$

VII.4. Độ nở dài tỉ đối của thanh xà ngang bằng thép :

– Khi nhiệt độ của thanh thép tăng thêm Δt° được tính theo công thức :

$$\frac{\Delta l}{l} \approx \alpha \Delta t^\circ$$

– Khi thanh thép bị biến dạng kéo được tính theo định luật Húc :

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S}$$

Từ đó, ta suy ra lực do thanh xà ngang bằng thép tác dụng lên hai bức tường khi nhiệt độ của thanh này tăng thêm $\Delta t^\circ = 25^\circ\text{C}$:

$$F = ES\alpha \Delta t^\circ = 21,6 \cdot 10^{10} \cdot 30 \cdot 10^{-4} \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \approx 178,2 \text{ kN}$$

VII.5. Khi nhiệt độ tăng từ 0°C đến t°C thì độ dãn dài của :

- Thanh thép : $\Delta l_1 = l_{01}\alpha_1 t$.
- Thanh đồng : $\Delta l_2 = l_{02}\alpha_2 t$.

Từ đó suy ra độ dãn dài chênh lệch của hai thanh thép và đồng ở nhiệt độ bất kì t°C có giá trị bằng :

$$\Delta l = \Delta l_1 - \Delta l_2 = l_{01}\alpha_1 t - l_{02}\alpha_2 t = (l_{01}\alpha_1 - l_{02}\alpha_2)t = 25 \text{ mm}$$

Công thức này chứng tỏ Δl phụ thuộc bậc nhất vào t. Rõ ràng, muốn Δl không phụ thuộc t, thì hệ số của t phải luôn có giá trị bằng không, tức là :

$$l_{01}\alpha_1 - l_{02}\alpha_2 = 0 \Rightarrow \frac{l_{02}}{l_{01}} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$$

hay : $\frac{l_{02}}{l_{01} - l_{02}} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} = \frac{12 \cdot 10^{-6}}{18 \cdot 10^{-6} - 12 \cdot 10^{-6}} = 2.$

Từ đó suy ra độ dài ở 0°C của :

- Thanh đồng : $l_{02} = 2 \cdot (l_{01} - l_{02}) = 2\Delta l = 2 \cdot 25 = 50 \text{ mm}$.
- Thanh thép : $l_{01} = l_{02} + \Delta l = 50 + 25 = 75 \text{ mm}$.

VII.6. Độ nở khối (thể tích) của sắt được tính theo công thức :

$$\Delta V = V_0 \beta \Delta t = V_0 3\alpha \Delta t$$

với V_0 là thể tích của khối sắt ở 0°C, $\beta = 3\alpha$ là hệ số nở khối của sắt, còn độ tăng nhiệt độ Δt của khối sắt liên hệ với lượng nhiệt Q mà khối sắt đã hấp thụ khi bị nung nóng bởi công thức :

$$Q = cm\Delta t \approx cDV_0\Delta t$$

với c là nhiệt dung riêng, D là khối lượng riêng và m là khối lượng của sắt.

Vì $D = D_0(1 + \beta t)$, nhưng $\beta t \ll 1$ nên coi gần đúng : $m = D_0V_0 \approx DV_0$.

Từ đó suy ra : $\Delta V = \frac{3\alpha Q}{cD}$.

Thay số, ta được :

$$\Delta V = \frac{3 \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot 297 \cdot 10^3}{460.7800} \approx 2,73 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 2,73 \text{ cm}^3$$

VII.7. Muốn kéo vòng nhôm bút khỏi mặt thoáng của nước thì cần tác dụng lên nó lực F hướng thẳng đứng lên trên và có cường độ nhỏ nhất bằng tổng trọng lực P của vòng nhôm và lực căng bề mặt F_c của nước :

$$F = P + F_c$$

Vì mặt nước tiếp xúc với cả mặt trong và mặt ngoài của vòng nhôm nên lực căng bề mặt F_c có độ lớn bằng :

$$F_c = \sigma(\pi D + \pi d) \approx \sigma 2\pi D$$

với D là đường kính ngoài và d là đường kính trong của vòng nhôm mỏng. Bỏ qua độ dày của vòng nhôm và coi gần đúng :

$$d \approx D \text{ hay } D + d \approx 2D.$$

Từ đó suy ra : $F \approx P + \sigma 2\pi D$.

Thay số, ta tìm được :

$$F = 5,7 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 + 72 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \approx 74 \cdot 10^{-3} \text{ N.}$$

VII.8. Lượng nhiệt cần cung cấp để biến đổi $m = 6,0 \text{ kg}$ nước đá ở nhiệt độ $t_1 = -20^\circ\text{C}$ biến thành hơi nước ở $t_2 = 100^\circ\text{C}$ có giá trị bằng :

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

trong đó lượng nhiệt $Q_1 = c_d m(t_0 - t_1)$ cung cấp cho $m \text{ (kg)}$ nước đá có nhiệt dung riêng c_d để nhiệt độ của nó tăng từ $t_1 = -20^\circ\text{C}$ đến $t_0 = 0^\circ\text{C}$; lượng nhiệt $Q_0 = \lambda m$ cung cấp cho $m \text{ (kg)}$ nước đá có nhiệt nóng chảy riêng λ ở $t_0 = 0^\circ\text{C}$ tan thành nước ở cùng nhiệt độ; lượng nhiệt $Q_2 = c_n m(t_2 - t_0)$ cung cấp cho $m \text{ (kg)}$ nước có nhiệt dung riêng c_n để nhiệt độ của nó tăng từ $t_0 = 0^\circ\text{C}$ đến $t_2 = 100^\circ\text{C}$; lượng nhiệt $Q_3 = L m$ cung cấp cho $m \text{ (kg)}$ nước có nhiệt hoá hơi riêng L ở $t_2 = 100^\circ\text{C}$ biến thành hơi nước ở cùng nhiệt độ.

Như vậy, ta có thể viết :

$$Q = c_d m(t_0 - t_1) + \lambda m + c_n m(t_2 - t_0) + L m$$

$$\text{hay } Q = m [c_d(t_0 - t_1) + \lambda + c_n(t_2 - t_0) + L]$$

Thay số, ta tìm được :

$$Q = 6,0 \cdot [2090 \cdot (0 + 20) + 3,4 \cdot 10^5 + 4180 \cdot (100 - 0) + 2,3 \cdot 10^6]$$

$$Q \approx 186 \cdot 10^6 \text{ J.}$$

VII.9*. Vì độ ẩm cực đại A_{20} của không khí ở 20°C có giá trị bằng khối lượng riêng của hơi nước bão hòa ở cùng nhiệt độ, nên ta có : $A_{20} = 17,30 \text{ g/m}^3$, và suy ra lượng hơi nước cực đại có trong thể tích $V = 2,0 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$ của đám mây :

$$M_{20} = A_{20}V = 17,30 \cdot 10^{-3} \cdot 2,0 \cdot 10^{10} = 3,46 \cdot 10^8 \text{ kg}$$

Khi nhiệt độ không khí của đám mây giảm xuống tới 10°C thì lượng hơi nước cực đại có trong thể tích $V = 2,0 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$ của đám mây chỉ còn bằng :

$$M_{10} = A_{10}V = 9,40 \cdot 10^{-3} \cdot 2,0 \cdot 10^{10} = 1,88 \cdot 10^8 \text{ kg}$$

Như vậy khối lượng nước mưa rơi xuống bằng :

$$M = M_{20} - M_{10} = 3,46 \cdot 10^8 - 1,88 \cdot 10^8 = 1,58 \cdot 10^8 \text{ kg} = 158 \cdot 10^3 \text{ tấn.}$$

VII.10*. Giả sử vật nặng được treo tại vị trí cách đầu B của thanh rắn một đoạn x.

Khi đó ta có thể phân tích trọng lực \vec{P} tác dụng lên vật nặng thành hai lực thành phần \vec{F}_1 và \vec{F}_2 song song với \vec{P} . Lực \vec{F}_1 tác dụng lên sợi dây thép tại điểm B và làm sợi dây thép dãn dài thêm một đoạn Δl_1 , lực \vec{F}_2 tác dụng lên sợi dây đồng tại điểm D và làm sợi dây đồng dãn dài thêm một đoạn Δl_2 . Vì sợi dây thép và sợi dây đồng có độ dài ban đầu l_0 và tiết diện S giống nhau, nên theo định luật Húc, ta có :

$$F_1 = E_1 \frac{S}{l_0} \Delta l_1 \quad \text{và} \quad F_2 = E_2 \frac{S}{l_0} \Delta l_2$$

Muốn thanh rắn BD nằm ngang thì sợi dây thép và sợi dây đồng phải có độ dãn dài bằng nhau : $\Delta l_1 = \Delta l_2$. Thay điều kiện này vào F_1 và F_2 , ta được :

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

Mặt khác theo quy tắc tổng hợp hai lực song song cùng chiều, ta có :

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{a - x}{a}$$

Từ đó, ta suy ra : $x = \frac{E_2 a}{E_1 + E_2} = \frac{11,7 \cdot 10^{10} \cdot 0,80}{19,6 \cdot 10^{10} + 11,7 \cdot 10^{10}} \approx 30 \text{ cm.}$