

9.6. Тепловое расширение тел

9.6.1. При температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$ медная антенна имеет длину $l_1 = 80$ м. На сколько изменится ее длина при температуре $t_2 = -40^\circ\text{C}$?

9.6.2. При температуре $t_1 = 10^\circ\text{C}$ длина газопровода Ставрополь—Москва $l = 1300$ км. Насколько удлинился бы газопровод при изменении температуры воздуха до $t_2 = 40^\circ\text{C}$, если бы стальные трубы газопровода не были вложены в землю?

9.6.3. Колесо локомотива имеет диаметр $d = 1$ м при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Насколько отличаются расстояния, пройденные поездом за $\tau = 1$ ч зимой и летом при температурах соответственно $t_1 = -25^\circ\text{C}$ и $t_2 = +25^\circ\text{C}$, если в обоих случаях двигатель делал $n = 480$ об/мин?

9.6.4. При температуре $t_1 = 5^\circ\text{C}$ длина железной проволоки $l_1 = 100,29$ см, а длина цинковой $l_2 = 100,12$ см. До какой температуры надо нагреть проволоки, чтобы их длины стали одинаковы?

9.6.5. При изготовлении некоторого прибора оказалось необходимым обеспечить постоянство разности длин железного и медного цилиндров при любых изменениях температуры. Какую длину должны иметь цилиндры при $t_0 = 0^\circ\text{C}$, чтобы разница их длин при всех температурах была $\Delta l = 10$ см?

9.6.6. Диаметр латунного цилиндра при температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$ должен быть $d = 10$ см. Допускаемые отклонения от данного размера не должны превышать $\Delta x = 10$ мкм. При обработке на токарном станке цилиндр нагрелся до температуры $t_2 = 120^\circ\text{C}$. Следует ли учитывать тепловое расширение детали при ее измерении во время обработки?

9.6.7. Стальной стержень, имеющий площадь поперечного сечения $S = 10$ см², концами упирается в две жестко закрепленные массивные стальные плиты. С какой силой F стержень будет давить на каждую из плит, если его температура повысится на $\Delta t = 15^\circ\text{C}$? Модуль Юнга для стали $E = 206$ ГПа.

9.6.8. Однородная прямоугольная пластинка длиной a и шириной b имеет коэффициент линейного расширения α . Найдите изменение площади пластинки при повышении температуры на ΔT .

9.6.9. Медный шар радиусом $r = 5$ см нагрели от температуры $t_1 = 20^\circ\text{C}$ до $t_2 = 220^\circ\text{C}$. Насколько увеличилась площадь поверхности шара и его объем? Коэффициент линейного расширения меди $\alpha = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$.

9.6.10. Железный цилиндрический бак, диаметр основания которого $d = 20$ м, а высота $h = 8$ м, наполнили керосином при температуре $t_1 = 15^\circ\text{C}$. До какого уровня можно наливать керосин, чтобы он не перелился через край при температуре $t_2 = 55^\circ\text{C}$?

9.6.11. Какой будет разница в объеме спирта и ртути при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$, если при температуре $t_1 = 25^\circ\text{C}$ они взяты в одинаковом объеме $V = 100$ см³?

9.6.12. При температуре t_1 стержни с температурными коэффициентами линейного расширения α_1 и α_2 имеют одинаковую длину, при температуре t_2 одинаковыми оказываются их объемы. При какой температуре будут одинаковыми площади поперечного сечения стержней?

9.6.13. Определите плотность цинка при температуре $t_2 = 150^\circ\text{C}$, если его плотность при $t_1 = 0^\circ\text{C}$ равна $\rho_1 = 7$ г/см³.

9.6.14. Масса куска меди $m = 875$ г. Определите, при какой температуре этот кусок меди будет иметь объем $V = 100$ см³. При $t_0 = 20^\circ\text{C}$ плотность меди $\rho = 8,9 \cdot 10^3$ кг/м³.

9.6.15. Покажите, что изменение плотности ρ вещества при изменении температуры на ΔT определяется выражением $\Delta\rho = -\beta\rho\Delta T$, где β — коэффициент объемного расширения вещества. Чему равно относительное изменение плотности свинцового шара, температура которого понизилась от $t_1 = 30^\circ\text{C}$ до $t_2 = -30^\circ\text{C}$?

9.6.16. Кусок стекла в воздухе имеет вес $P_0 = 75,352$ Н, в воде при температуре $t_1 = 4^\circ\text{C}$ его вес $P_1 = 49,261$ Н, в воде при температуре $t_2 = 20^\circ\text{C}$ его вес $P_2 = 49,291$ Н. Коэффициент объемного расширения стекла $\beta = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$. Определите среднее значение коэффициента объемного расширения воды в интервале температур от $t_1 = 4^\circ\text{C}$ до $t_2 = 20^\circ\text{C}$.

Ответы:

9.6.7. $F = ES\alpha\Delta t = 34$ кН.

9.6.8. $\Delta S \approx 2ab\alpha\Delta T$.

9.6.9. $\Delta S = 8\pi r^2\alpha(t_2 - t_1) = 2,1$ см²;

$\Delta V = 4\pi r^3\alpha(t_2 - t_1) = 5,3$ см³.

9.6.10. До уровня 7,7 м.

9.6.11.

$\Delta V \approx \frac{V(\beta_2 - \beta_1)t_1}{1 + (\beta_1 + \beta_2)t_1} = 0,065$ см³,

где β_1, β_2 — коэффициенты объемного расширения ртути и спирта соответственно.

9.6.12. $t \approx$

$\approx \frac{\alpha_1(t_1 - 3t_2) + \alpha_2(3t_2 - t_1)}{\alpha_2 - \alpha_1}$.

9.6.13. $\rho_2 = 6,9$ г/см³.

9.6.14. $t \approx t_0 + \frac{\rho V - m}{\alpha m} = 1028,4^\circ\text{C}$.

9.6.15. $\frac{\Delta\rho}{\rho} = 3\alpha(t_1 - t_2) = 5,22 \cdot 10^{-3}$.

9.6.16. $\beta = 2 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$.

9.6.1. $\Delta l = -5,44$ см.

9.6.2. $\Delta l = 429$ м.

9.6.3. $\Delta s = \pi d\alpha(t_2 - t_1)n\tau = 49,7$ м.

9.6.4. $t = \frac{l_1(1 + \alpha_2 t_1) - l_2(1 + \alpha_1 t_1)}{l_2\alpha_2 - l_1\alpha_1} \approx$

$\approx \frac{l_1 - l_2}{l_2\alpha_2 - l_1\alpha_1} = 133,3^\circ\text{C}$, где α_1, α_2 —

коэффициенты теплового расширения железа и алюминия соответственно.

9.6.5. $l_{01} = \frac{\Delta l\alpha_2}{\alpha_2 - \alpha_1} = 29,3$ см; $l_{02} =$

$= \frac{\Delta l\alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} = 19,3$ см.

9.6.6. Абсолютное удлинение диаметра при нагревании цилиндра $\Delta l = d\alpha(t_2 - t_1) \approx 0,19$ мм;

оно превышает допустимое отклонение в $\frac{\Delta l}{\Delta x} = 19$ раз, поэтому учитывать тепловое расширение следует.