

Как исследовали теплопроводность материалов

То, что различные тела обладают разной способностью проводить тепло, т. е. разной теплопроводностью, было известно давно, однако инструментальные исследования начались лишь в конце XVIII в. Идея одного из опытов принадлежала Б. Франклину. Он предлагал покрывать полосу металла воском, а затем погружать один конец в горячее масло. Считалось, что большей теплопроводностью обладал тот металл, у которого воск за одно и то же время плавился на большей длине. Ж.-Б. Фурье предложил иной способ, показанный на рисунке: в стержне AB , один конец которого нагревался, на равном расстоянии друг от друга высверливались небольшие отверстия под термометры ($a, b, \dots f$). Вначале температура каждого термометра поднималась, но затем подъём прекращался, устанавливалось стационарное распределение температуры вдоль стержня. Используя эту идею, Г. Видеман и Р. Франц в 1835 году получили данные о теплопроводности металлов и сплавов. Результаты их опытов в относительных единицах представлены в табл. 1 (наилучшая проводимость — у серебра; наихудшая — у висмута).

Свойства металлов

| Металл | Теплопроводность, (относительные единицы) | Плотность, г/см ³ | Удельная теплоёмкость, Дж/г · °С | Температура плавления, °С |
|---------|---|------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Серебро | 100 | 10,49 | 0,239 | 961 |
| Олово | 23 | 7,28 | 0,230 | 232 |
| Железо | 13 | 7,85 | 0,460 | 1539 |
| Висмут | 2 | 9,79 | 0,142 | 271 |
| Платина | 10 | 21,40 | 0,133 | 1768 |
| Свинец | 11 | 11,34 | 0,128 | 327 |
| Золото | 59 | 19,32 | 0,129 | 1063 |
| Медь | 73 | 8,93 | 0,381 | 1083 |

Эксперимент по Фурье является физически более верным, чем эксперимент, предложенный Франклином. Дж. Тиндаль привёл такой аргумент. Возьмём два коротких стержня одинаковых геометрических размеров: один из висмута, другой из железа; покроем один торец каждого стержня воском, а другой конец поставим на крышку котла с горячей водой. Первым воск растает на стержне из висмута, значит, по Франклину, он лучший проводник тепла. Опыты же Видемана и Франца показали противоположный результат.

Тиндаль разъяснил, что на результаты опыта по Франклину влияет не только теплопроводность металлов, но и их удельная теплоёмкость. Умножив удельную теплоёмкость металла на его плотность для висмута получим:

$$0,142 \text{ Дж}/(\text{г} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 9,79 \text{ г}/\text{см}^3 = 1,39 \text{ Дж}/(\text{см}^3 \cdot ^\circ\text{C}),$$

а для железа:

$$0,460 \text{ Дж}/(\text{г} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 7,85 \text{ г}/\text{см}^3 = 3,61 \text{ Дж}/(\text{см}^3 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Следовательно, на прогрев стержня из висмута требуется меньшее количество теплоты. Сплавы металлов также обладают высокой теплопроводностью. (Например, нейзильбер — сплав меди, никеля и цинка, из которого делали столовые приборы.) Тиндаль пишет, что если взять кусочек белого фосфора, который плавится при 44 °С и загорается при 60 °С, и положить его на черенок чайной ложки из нейзильбера, опущенный в горячий чай, то фосфор расплавится. А если тот же опыт повторить с ложкой из серебра, то фосфор загорится.

Для какого из металлов (серебро, железо или висмут) в опыте Ж.-Б. Фурье различие в показаниях двух соседних термометров будет наименьшим?