

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 полюсу 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*, ... *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.

Опыт Тиндаля проводят со стержнями из олова и железа. На прогрев стержня из железа на одно и то же число градусов требуется большее количество теплоты, чем стержня из олова. (Для олова: $0,230 \text{ Дж}/(\text{г}\cdot^\circ\text{C}) \cdot 7,28 \text{ г}/\text{см}^3 = 1,64 \text{ Дж}/(\text{см}^3\cdot^\circ\text{C})$; для железа: $0,460 \text{ Дж}/(\text{г}\cdot^\circ\text{C}) \cdot 7,85 \text{ г}/\text{см}^3 = 3,61 \text{ Дж}/(\text{см}^3\cdot^\circ\text{C})$.) Какой из стержней прогреется быстрее? Ответ поясните.