

ное излучение: у этих организмов происходит процесс фотосинтеза, который в отличие от фотосинтеза у растений не приводит к выделению кислорода (см. гл. 7).

1.6. Единицы энергии

Согласно закону фотохимической эквивалентности, сформулированному Эйнштейном, одна молекула вступает в реакцию только при поглощении одного кванта света ($h\nu$). Поэтому один моль (грамм-молекула) вещества должен поглотить N фотонов (N — число Авогадро, равное $6,023 \cdot 10^{23}$), или $N \cdot h\nu$ энергии, для того, чтобы каждая молекула могла вступить в реакцию. Общая энергия фотонов, поглощенных одним молем вещества, называется эйнштейн¹.

Вычислим энергию моля квантов (т. е. энергию 1 эйнштейн, или $6,023 \cdot 10^{23}$ фотонов) красного света с длиной волны 650 нм ($6,5 \cdot 10^{-7}$ м). Частота ν равна скорости света, деленной на длину волны:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}}{6,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 4,61 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}. \quad (1.4)$$

Искомая энергия E равна произведению числа молекул в моле на постоянную Планка и на частоту:

$$\begin{aligned} E = N \cdot h \cdot \nu &= 6,023 \cdot 10^{23} \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 4,61 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1} = \\ &= 18,40 \cdot 10^4 \text{ Дж} = \text{Энергия 1 эйнштейн красного} \\ &\text{света, т. е.} \end{aligned} \quad (1.5)$$

$$E = 18,40 \cdot 10^4 \text{ Дж} = \frac{18,40 \cdot 10^4}{4,184 \cdot 10^3} \text{ ккал} = 43,98 \text{ ккал} \quad (1.6)$$

(одна килокалория (1 ккал) = $4,184 \cdot 10^3$ Дж). Итак, 1 моль красного света с длиной волны 650 нм содержит $18,40 \cdot 10^4$ Дж энергии.

Энергию фотонов можно выразить также и в других единицах — электронвольт. Один электронвольт, 1 эВ, — это энергия, которую приобретает электрон, прошедший

¹ В фотобиологии и фотохимии единицу измерения эйнштейн часто используют для обозначения не энергии, а количества квантов: 1 эйнштейн = 1 моль квантов (N квантов, где N — число Авогадро). — Прим. ред.

через разность потенциалов в 1 В; $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Если каждая молекула поглощает энергию 1 эВ, то общая энергия, поглощенная 1 молем вещества ($6,023 \cdot 10^{23}$ молекул), равна, как нетрудно рассчитать, $9,64 \cdot 10^4 \text{ Дж}$. Поэтому энергия 1 моля квантов света для длины волны 650 нм равна 1,91 эВ ($18,40 \cdot 10^4 / 9,64 \cdot 10^4$).

Таблица 1.1. Энергия видимого света

Длина волны, нм	Цвет	Энергия в расчете на 1 моль		Энергия 1 кванта, эВ
		Дж	ккал	
700	Красный	$17,10 \cdot 10^4$	40,87	1,77
650	Оранжево-красный	$18,40 \cdot 10^4$	43,98	1,91
600	Желтый	$19,95 \cdot 10^4$	47,68	2,07
500	Синий	$23,95 \cdot 10^4$	57,24	2,48
400	Фиолетовый	$29,93 \cdot 10^4$	71,53	3,10