В наших обозначениях мы должны положить

$$\eta = \eta_0. \tag{25}$$

Вводя в правую часть равенства (23) с помощью соотношений (16в), (18в), (20) и (22) величины E_0, p_0 и V_0, получаем

$$\begin{aligned} dQ &= \sqrt{1-(q^2/c^2)}(dE_0 + p_0\,dV_0), \\ dQ &= dQ_0\sqrt{1-(q^2/c^2)}. \end{aligned} \tag{26}$$

Поскольку, согласно (24), справедливы два соотношения

$$\begin{aligned} dQ &= T\,d\eta, \\ dQ_0 &= T\,d\eta_0, \end{aligned}$$

с учетом (25) и (26) окончательно получаем

$$\frac{T}{T_0} = \sqrt{1-(q^2/c^2)}.$$

Таким образом, температура системы в движущейся системе отсчета всегда меньше, чем в покоящейся системе отсчета.

§ 16. Динамика системы и принцип наименьшего действия

В своей работе «К динамике движущихся систем» Планк исходит из принципа наименьшего действия (и из формул преобразования для давления и температуры излучения в полости) и приходит к результатам, совпадающим с нашими результатами. Поэтому возникает вопрос, какова взаимосвязь между основами его работы и настоящего исследования.

Мы исходили из закона сохранения энергии и закона сохранения количества движения. Обозначив через F_x, F_y, F_z компоненты равнодействующей всех сил, приложенных к системе, можно сформулировать эти законы для обратимых процессов и системы, состояние которой определяется переменными q, V, T, следующим образом:

$$dE = F_x\,dx + F_y\,dy + F_z\,dz - p\,dV + T\,d\eta, \tag{28}$$

$$F_x = \frac{dG_x}{dt} \quad \text{и т. д.} \tag{29}$$

Из этих соотношений, учитывая, что

$$F_x\,dx = F_x\dot{x}\,dt = \dot{x}\,dG_x = d(\dot{x}G_x) - G_x\,d\dot{x} \quad \text{и т. д.}$$

и

$$T\,d\eta = d(T\eta) - \eta\,dT,$$

получаем соотношение

$$d(-E + T\eta + qG) = G_x\,d\dot{x} + G_y\,d\dot{y} + G_z\,d\dot{z} + p\,dV + \eta\,dT.$$

Поскольку правая часть должна быть также полным дифференциалом, отсюда, учитывая соотношение (29), получаем

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial H}{\partial \dot{x}}\right) = F_x, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial H}{\partial \dot{y}}\right) = F_y, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial H}{\partial \dot{z}}\right) = F_z,$$

$$\frac{\partial H}{\partial V} = p, \quad \frac{\partial H}{\partial T} = \eta.$$

Это и есть те выводимые из принципа наименьшего действия уравнения, из которых исходил Планк.

V. Принцип относительности и тяготение

§ 17. Ускоренная система отсчета и гравитационное поле

До сих пор мы применяли принцип относительности, т. е. требование независимости законов природы от состояния движения системы отсчета, только к *неускоренным* системам отсчета. Можно ли представить себе, что принцип относительности выполняется и для систем, движущихся относительно друг друга с ускорением?

Правда, пока еще нет возможности подробно обсуждать здесь этот вопрос. Но поскольку этот вопрос должен возникнуть перед каждым, кто следил за применениями принципа относительности до настоящего времени, я не могу не высказать здесь своего мнения на этот счет.

Рассмотрим две системы отсчета Σ_1 и Σ_2. Пусть Σ_1 движется с ускорением в направлении своей оси X, и пусть ее ускорение (постоянное во времени) равно γ. Предположим, что Σ_2 покоится, но находится в однородном гравитационном поле, которое сообщает всем телам ускорение $-\gamma$ в направлении оси X.