

8.5. ОСНОВНОЙ ЗАКОН РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ДИНАМИКИ МАТЕРИАЛЬНОЙ ЧАСТИЦЫ

С уточнением понятия импульса необходимо также пересмотреть и *основной закон динамики* - второй закон Ньютона, который в нерелятивистской формулировке гласит: ускорение, приобретаемое материальной точкой m , прямо пропорционально результирующей силе, действующий на точку, и обратно пропорционально ее массе:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (8.20)$$

Если сила постоянна и масса материальной точки не меняется, то такое движение точки будет равноускоренным и ее скорость должна неограниченно возрастать. Однако мы теперь понимаем, что ее скорость не должна превышать скорость света c , и поэтому необходимо что-то исправить в уравнении (8.20).

Перепишем уравнение (8.20) в виде:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt}. \quad (8.21)$$

Рассмотрим теперь движение под действием постоянной силы с новых позиций, где под импульсом $\vec{p}$ мы будем понимать выражение (8.15).

Допустим, что материальная точка массой m начинает двигаться без начальной скорости под действием постоянной силы $\vec{F}$.

Если ось X направить вдоль силы $\vec{F}$, то векторные величины можно заменить скалярными и из (8.17) и (8.19) следует:

Так как $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \text{const}$ и $v_0 = 0$, то $p(t) = Ft$, и выражение для скорости (8.19) примет вид:

$$v(t) = \frac{pc^2}{E} = \frac{pc^2}{mc^2 \sqrt{1 + \frac{p^2}{m^2 c^2}}} = \frac{Ft}{m \sqrt{1 + \frac{F^2 t^2}{m^2 c^2}}} \quad (8.22)$$

Ускорение a точки m можно найти, продифференцировав по времени выражение (8.22):

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{F}{m \left[1 + \frac{F^2 t^2}{m^2 c^2} \right]^{3/2}} \quad (8.23)$$

Как мы видим, движение материальной точки под действием постоянной силы не является равноускоренным (равнозамедленным). Выражение (8.23) для ускорения a отличается от (8.20) и при достаточно больших временах t ($\frac{Ft}{mc} \gg 1$) ускорение точки $a \cong \frac{m^2 c^3}{F^2 t^3}$ и стремится к нулю, что правильно отражает факт стремления скорости точки к своему пределу - скорости света ($v(t) \rightarrow c; x(t) \rightarrow ct$ при $\frac{Ft}{mc} \rightarrow \infty$). В то же время для малых времен, когда скорость точки много меньше скорости света c ($\frac{Ft}{mc} \ll c$) выражения (8.22 и 8.23) переходят в нерелятивистские ($v(t) \cong at; a(t) \cong \frac{F}{m} = const$).