С новыми пространственно-временными представлениями не согласуются при больших скоростях движения и законы механики Ньютона. Лишь при малых скоростях движения, когда справедливы классические представления о пространстве и времени, второй закон Ньютона (уравнение движения) не меняет своей формы при переходе от одной инерциальной системы отсчёта к другой (выполняется принцип относительности).

Но при больших скоростях движения этот закон в своей обычной (классической) форме несправедлив. Однако введённые в динамике основные понятия: энергия, импульс — имеют тот же физический смысл, лишь понятие массы в классической механике отличается от понятия массы в релятивистской динамике.

В природе существуют частицы, скорость которых равна скорости света. Это фотоны. Массы этих частиц равны нулю. Они не могут быть замедлены или ускорены. Поэтому во всех инерциальных системах отсчёта их импульс и энергия не равны нулю. Такие частицы называются безмассовыми (см. § 71).

Энергия и импульс таких частиц связаны соотношениями.

Эти соотношения экспериментально подтверждены.

Однако для большинства частиц масса является одной из важнейших характеристик. Эти частицы называются массовыми. Скорость таких частиц и. Массовая частица обладает собственной энергией:

Согласно формуле (8.6) тело обладает энергией и при скорости, равной нулю, — энергией покоя.

Это замечательный результат.

Любое тело уже только благодаря факту своего существования обладает энергией, которая пропорциональна его массе т.

При превращениях элементарных частиц, обладающих массой покоя т ^ 0, в частицы, у которых т = 0, их энергия покоя Е0 целиком превращается в кинетическую энергию вновь образовавшихся частиц. Этот факт является наиболее очевидным экспериментальным доказательством существования энергии покоя.

Во всех инерциальных системах отсчёта импульс частицы и её энергия связаны соотношением.

Так как величины т и с не меняются при переходе от одной системы отсчёта к другой, то, следовательно, не меняется и значение Е2 - р2с2.

Выражение (8.7) преобразуется в уравнение (8.5) при т = 0, следовательно, оно справедливо также и для безмассовых частиц.

Формула (8.7) является фундаментальным соотношением релятивистской механики.

Энергия движущейся частицы выражается через её импульс следующим образом:

Используя формулу (8.8), а также учитывая, что импульс частицы пропорционален её скорости и энергии, получаем выражения для импульса и энергии частицы:

При v « с мы получим выражение для импульса в классической механике: р\* = ти\*.

Множитель (релятивистский множитель) при малых скоростях можно преобразовать.

Подставим это выражение в формулу (8.10) и получим.

Последнее слагаемое — это выражение для кинетической энергии в классической механике.

Первое слагаемое в формуле (8.11) — это собственная энергия частицы.

Релятивистская энергия есть сумма собственной энергии частицы и релятивистской кинетической энергии Ек:

Из уравнений (8.10) и (8.12) получим выражение для релятивистской кинетической энергии массовой частицы:

Заметим, что если, что невозможно. Это означает, что скорость массовой частицы всегда меньше скорости света.

Масса частицы из формулы (8.8) имеет вид.

Если частица покоится, то.

Так как подкоренное выражение в формуле (8.14) не зависит от выбора системы отсчёта, то масса частицы не зависит от её движения и остаётся одной и той же величиной во всех инерциальных системах отсчёта.

Принцип соответствия. Законы динамики Ньютона и классические представления о пространстве и времени можно рассматривать как частный случай релятивистских законов при скоростях движения, много меньших скорости света.

Это — проявление так называемого принципа соответствия.

Принцип соответствия — принцип, согласно которому любая теория, претендующая на более глубокое описание явлений и на более широкую сферу применимости, чем старая, должна включать последнюю как предельный случай.

Принцип соответствия впервые был сформулирован Нильсом Бором для установления связи квантовой и классической теорий.