**Дата** 23.12.2020

**Группа** 20-ИСиП-1дк

**Дисциплина** Естествознание (физика)

**Тема**  **Элементы релятивистской динамики**

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)

второй закон Ньютона

не меняет своей формы при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой (выполняется принцип относительности).

Но при больших скоростях движения этот закон в своей обычной (классической) форме несправедлив. Однако введенные 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 и различного типа нейтрино. Масса этих частиц равна нулю. Они не могут быть замедлены или ускорены. Поэтому во всех инерциальных системах отсчета их импульс и энергия не равны нулю. Такие частицы называются **безмассовыми**.

Энергия и импульс таких частиц связаны соотношениями

Е = рс и Е2 - р2с2 = 0.                         (9.5)

Эти соотношения экспериментально подтверждены.

Однако для большинства частиц масса является одной из важнейших характеристик. Эти частицы называются массовыми. Скорость таких частиц υ < с.

Массовая частица обладает собственной энергией:

Е = mс2.                         (9.6)

Согласно этой формуле 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 m*.

При превращениях элементарных частиц, обладающих массой покоя m ≠ 0, в частицы, у которых m = 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 отсчета импульс частицы и ее энергия связаны соотношением:

Е2 - р2с2 = m2с4.                         (9.7)

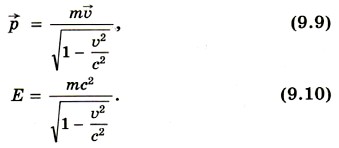
Так как величины m и с не меняются при переходе от одной системы отсчета к другой, то, следовательно, не меняется и значение Е2 - р2с2.

Выражение (9.7) преобразуется в уравнение (9.5) при m = 0, следовательно, оно справедливо также и для безмассовых частиц. Формула (9.7) является фундаментальным соотношением релятивистской механики.

Энергия частицы выражается через ее импульс следующим образом:

Энергия частицы выражается через ее импульс

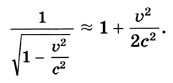
Используя формулу (9.8), а также учитывая, что импульс частицы пропорционален ее скорости и энергии, получаем выражения для импульса и энергии частицы:



При υ « с мы получим выражение для импульса в классической механике: http://xn--24-6kct3an.xn--p1ai/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0_11_%D0%BA%D0%BB_%D0%9C%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D1%88%D0%B5%D0%B2/90.4.jpg

Множитель  (релятивистский множитель)

при малых скоростях можно преобразовать:



Подставив это выражение в формулу (9.10) и получим

выражение для кинетической энергии в классической механике

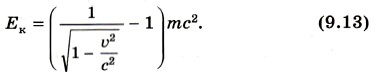
Последнее слагаемое — это выражение для кинетической энергии в классической механике.

Первое слагаемое в формуле (9.11) — это собственная энергия частицы.

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

Е = mс2 + Ек.                         (9.12)

Из уравнений (9.10) и (9.12) получим выражение для релятивистской кинетической энергии массовой частицы



Заметим, что если υ → с, то Ек → ∞, что невозможно. Это означает, что скорость массовой частицы всегда меньше скорости света.

Масса частицы из формулы (9.8) имеет вид:

Масса частицы из формулы имеет вид

Если частица покоится, то http://xn--24-6kct3an.xn--p1ai/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0_11_%D0%BA%D0%BB_%D0%9C%D1%8F%D0%BA%D0%B8%D1%88%D0%B5%D0%B2/90.10.jpg

Обратим внимание на то, что так как подкоренное выражение в формуле (9.14) не зависит от выбора системы отсчета, то масса частицы не зависит от ее движения и остается одной и той же величиной во всех инерциальных системах отсчета.

**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**, 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 применительно к связи квантовой и классической теорий.

Импульс частицы и ее энергия зависят от выбора системы отсчета, масса же всегда остается постоянной. При скоростях много меньших скорости света релятивистские выражения для импульса и энергии переходят в выражения классической механики (принцип соответствия).

**Контрольные вопросы**

1. Какие величины не изменяются при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой?

2. Какие частицы могут двигаться со скоростью света?

3. В чем состоит принцип соответствия?

Преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Исмаилова З.И.