



Рис. 2. Угол рассеяния шара 1 по отношению к исходному движению в функции прицельного расстояния  $h$  при значениях масс шара 1 и шара 2 равных  $m_1=1$  и  $m_2=10$  и значениях радиусов шаров  $R_1=2$ ,  $R_2=1$ .

**Заключение.** Таким образом, закон сохранения энергии и импульса в частном приближении центрального взаимодействия тел, может быть адаптирован для описания общей проблемы рассеяния разновеликих по массе шаров при произвольном значении прицельного параметра без привлечения сложных представлений системы центра инерции и геометрических представлений в формализме приведенной массы, где угол рассеяния в приближении точечных частиц только постулируется, но не может быть выявлен из первых принципов.



#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ландау Л.Д. Механика. Электродинамика. / Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. М., 1969 г., 272 стр. с илл.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Механика / Д.В. Сивухин. – М.: Физматлит, 2005. – 559 с. Александров, Н.В.
3. Александров Н.В. Курс общей физики: Механика / Н.В. Александров, А.Я. Яшкин. – М.: Просвещение, 2006. – 416 с.
4. Яковенко В.А. Общая физика : сборник задач : учеб. пособие / В.А. Яковенко [и др.] ; под общ. ред. В.Р.Соболя. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 455 с. : ил.

УДК: 53(076.1)(0.75.8)

**В.Р.СОБОЛЬ, С.А.КОЛБАСКО**

*Минск, Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка*

**Е.Б.ТУРЕЦ**

*Минск, УО гимн. № 20*

### ЦИФРОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ С ПЕРЕМЕННОЙ МАССОЙ В ГРАВИТИРУЮЩЕМ ПОЛЕ

**Введение.** Понятие физической системы как взаимосвязанной совокупности нескольких тел (материальных точек) актуально для описания механического движения вообще и перемещения макроскопических тел под воздействием неких внешних возмущений, которые через последующее внутреннее взаимодействие изменяют состояние всей системы. В инерциальной динамике характерное проявление третьего закона Ньютона о равенстве сил действия и противодействия иногда вызывает затруднения у студентов и учащихся при

выявлении равнодействующей сил, определяющих динамическое состояние системы, в том смысле, что заданная система эволюционирует во времени по итогам влияния на нее окружения, и в то же время сама своими силами противодействия возмущает состояние окружающей среды, на которую это противодействие направлено. Силы трения скольжения, в частности, с одной стороны препятствуют движению саней по снегу, но и пытаются увлечь снежный покров за санями. Более сложным для описания оказывается движение физической системы, у которой второй закон Ньютона требуется применять в приближении изменения со времени движущейся массы, расходуемой, например, в качестве топлива для движителя системы [1 – 4].

**Постановка задачи.** В сообщении представлены методы анализа и интерпретации известных положений уравнения Мещерского, описывающего движение некоего объекта в поле внешних сил. Анализ произведен для адекватного описания действия реактивных движителей летательных аппаратов межпланетного и галактического пространственного диапазона, равно как и устройств перемещающихся в поле сил гравитации в пределах ближнего космоса и около космического пространства. Турбореактивные двигатели, как известно, функционируют в условиях притока воздуха-окислителя и соответствующего выпуска продуктов горения с большой скоростью через хвостовые сопла. На примере уравнения Мещерского и реально достижимых скоростей истечения продуктов горения сформулированы необходимые требования по приведенному расходу топлива в единицу времени для преодоления разгоняемым летательным аппаратом сил гравитации.

**Процедура анализа, результаты, обсуждение.** Второй закон Ньютона для движения аппарата с расходуемой массой в поле сил гравитации Земли в его классическом представлении действия турбореактивного двигателя с учетом поступления воздушной массы на входе компрессора и истечения в гораздо большем количестве по массе продуктов горения, как показывает анализ, может быть сведен к формализму чисто реактивного движения в поле сил гравитации. Соотношения Мещерского для приращения скорости аппарата от истечения продукта сгорания позволяют оценить темп ускорения летательного аппарата в околоземном пространстве. В частности, применен тезис, что разгон аппарата определяется быстротой опустошения массы, вернее приведенным значением уменьшения массы за единицу времени. Среди возможных реалистичных значений быстроты уменьшения массы в одну секунду взяты величины от  $1\%m$  до  $0.01\%m$ , что отвечает длительности работы двигателя от полутора минут до трех часов. В соответствии с таким расходом топлива требуемые для преодоления гравитации скорости истечения газов при старте из состояния покоя, составляют от  $10^3$  м/с до  $10^5$  м/с. То есть, более медленное выгорание топлива при соответствующей высокой длительности действия силовой установки требует обеспечения сверхскоростей истечения продуктов горения, что с технической точки зрения обеспечить не всегда представляется возможным. Наиболее приемлемым значением скорости истечения явилась бы величина  $10^4$  м/с, что отвечало бы скорости аппарата по итогам расхода топлива за 16 минут порядка  $10^4$  м/с, то есть выше первой космической скорости. Но такие скорости истечения при существующем уровне развития технологии

материаловедения обеспечить невозможно из-за чрезмерных требований по жаропрочности камер горения и выпускных коллекторов. Дополнительным фактором ограничения является требование переноса полезной нагрузки, которая составляет хоть и малую, но конечную долю от общей массы летательного аппарата. Указанные ограничивающие обстоятельства принуждают использовать двигатели с несколькими ступенями, которые позволяют выводить на околоземную орбиту полезные массы в несколько сот килограмм. Нижние значения расхода топлива с длительностью работы реактивного двигателя порядка часа и более отвечают режимам работы турбореактивным системам с достижимыми скоростями аппаратов порядка сотен метров за секунду, то есть 400-500 м/с и более, отвечающим скоростям высотной авиации.



#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Механика / Д.В. Сивухин. – М.: Физматлит, 2005. – 559 с.
2. Стрелков, С.П. Механика / С.П. Стрелков. – М.: Лань, 2005. – 560 с.
3. Яковенко В.А. Общая физика : сборник задач : учеб. пособие / В.А. Яковенко [и др.] ; под общ. ред. В.Р.Соболя. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 455 с. : ил.
4. Александров, Н.В. Курс общей физики: Механика / Н.В. Александров, А.Я. Яшкин. – М.: Просвещение, 2006. – 416 с.

---

УДК: 537.312.62:541.123.3:548

**В.Р.СОБОЛЬ, Ч.М.ФЕДОРКОВ, Я.ЧИЧМАН**

*Минск, Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка*

**Н.Б.НИСКОВСКИХ**

*Минск, УО гимн. № 20*

### **СПОСОБЫ ОТОБРАЖЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОСТИ КОМПОНЕНТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ МАКСВЕЛЛА НА ПРИМЕРЕ ЗАКОНА СНЕЛЛИУСА**

**Введение.** При трактовке оптических явлений одним из основных положений является закон Снеллиуса, который зиждется на концепции зависимости скорости световой волны от оптической плотности прозрачной среды и характеризует углы падения и преломления на границе раздела. Установленные эмпирически соотношения преломления тесно увязываются с представлениями Максвелла, отображающими световые волны в узком диапазоне частот по спектру электромагнитного излучения. Феноменологические уравнения Максвелла в дифференциальной форме позволяют из первых принципов обосновать закон преломления света исходя из условия на границе раздела двух сред для компонент векторов электрического и магнитного поля в приближении плоской волны. Для волны, поляризованной в плоскости падения достаточно использовать непрерывность нормальных составляющих вектора электрической индукции  $\vec{D}$ , а для волны поляризованной перпендикулярно плоскости падения следует применить условие непрерывности нормальных составляющих вектора магнитной индукции  $\vec{B}$ . Для изотропных сред, у которых в материальных соотношениях связи диэлектрическая  $\epsilon$  и магнитная  $\mu$  проницаемости являются скалярами, закон преломления