



Астрономическое
образование

2026, № 1

Астрономия и школа

Ключевые слова:

физика, межпредметные связи,
гравитация, приливы,
среднеквадратичная скорость,
космические скорости,
диссипация атмосферы

Сокращения:

ФГОС — федеральный государственный
образовательный стандарт

*irina.kozlova270@mail.ru

Решение задач по физике как способ развития метапредметных навыков старшеклассников

И. С. Козлова*

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Аннотация

Несмотря на то, что астрономия не входит в перечень школьных учебных предметов, формирование представлений о ней и преподавание её базовых понятий вполне посильны учителям, в особенности учителю физики. В статье рассмотрены примеры получения и применения элементов астрономических знаний на уроках физики. На примере задачи о приливах и задачи о расчёте скоростей молекул показано, как физические задачи помогают раскрыть межпредметные связи астрономии с другими науками.

Введение

Развитие метапредметных навыков как необходимого условия формирования способности к самообразованию и самообучению важно для каждого учителя-предметника.

ФГОС третьего поколения включает в метапредметные результаты освоение обучающимися межпредметных понятий — понятий, используемых в нескольких предметных областях и позволяющих связывать знания из различных учебных предметов, курсов, модулей в целостную научную картину мира [1]. При достижении подобных результатов учащиеся развивают метапредметные навыки — учебные умения и действия, применяемые при изучении нескольких предметных областей. Эти навыки важны для образования старшеклассников и помогают им самостоятельно повышать его уровень.

Исходя из вышесказанного, сформулируем цель статьи — рассмотреть примеры задач по физике межпредметного содержания, использование которых способствует развитию метапредметных навыков старшеклассников и популяризации астрономических знаний. Возможным продолжением работы может стать составление задачника по физике и астрономии. Материалы статьи могут быть полезны учителям физики для использования при работе с учащимися классов разного профиля.

Основная часть

Учитель физики потенциально обладает значительным инструментарием для развития метапредметных способностей учащихся. Многие задачи по физике охватывают различные предметные области, имеют межпредметное содержание. Их решение способствует формированию у учащихся целостной картины мира.

Приливы и отливы

При изучении закона всемирного тяготения полезно рассмотреть приливные явления. Это будет способствовать пониманию влияния небесных тел на нашу планету, проявляющегося как на учебном уровне (например, при обсуждении приливов на уроках географии), так и в быту (многие учащиеся наблюдали приливы и отливы в жизни).

Поступило в редакцию 01.12.2025
После доработки 04.02.2026
В печать 18.02.2026
Опубликовано 20.03.2026

ISSN 3033-7917
journal.astroedu.ru

Приливные силы возникают в протяжённых телах, свободно движущихся в неоднородном силовом поле. Наиболее известный для учащихся пример действия приливных сил — приливы и отливы на Земле, периодические колебания уровня океана или моря, возникающие вследствие гравитационного притяжения Луны и Солнца.

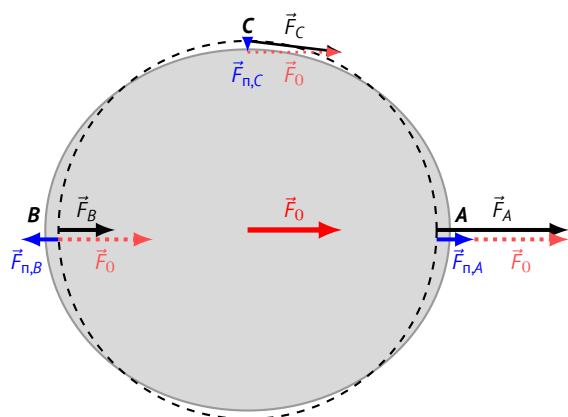


Рис. 1. Действие неоднородного гравитационного поля. Тяготеющая масса находится справа, «за кадром»

Согласно закону всемирного тяготения гравитационная сила обратно пропорциональна квадрату расстояния между телами. Силы гравитационного тяготения максимальны для частей тела, расположенных ближе к тяготеющей массе (точка **A** на рис. 1), и минимальны для удалённых частей (точка **B**). Следовательно, будут различаться и ускорения, вызванные действием этой силы. На рис. 1 стрелками показаны векторы соответствующих сил в некоторых точках на поверхности планеты.

Приливной силой $\vec{F}_{n,X}$ в заданной точке **X** называют разность сил гравитационного поля, действующих в данной точке ($\vec{F}_X$) и на центральную точку тела ($\vec{F}_0$), выступающую в роли точки приложения совокупной силы притяжения; приливым ускорением — соответствующую разность ускорений:

$$\vec{F}_{n,X} = \vec{F}_X - \vec{F}_0; \quad (1)$$

$$\vec{a}_{n,X} = \vec{a}_X - \vec{a}_0. \quad (2)$$

Для формирования ясного представления о природе приливных явлений важно отметить, что приливные явления на Земле вызваны не только тяготением Луны (что чаще всего указывается при описании этого явления), но и тяготением Солнца. Высота приливов различается в зависимости от взаимного расположения Луны, Солнца и наблюдателя. Если все три тела расположены вдоль одной прямой, «солнечное» и «лун-

ное» приливные ускорения складываются, вызывая наибольшие — *сизигийные* приливы. Ещё полководец Гай Юлий Цезарь замечал, что приливы особенно сильны в *полнолуние*, что может показаться парадоксальным: Луна и Солнце «тянут» в разные стороны! При новолунии высота приливов столь же велика.

Наконец, из курса географии известно, что высоты приливов могут достигать значительных величин. Например, в Охотском море наблюдаются приливы до 13 м. Однако приливные силы действуют не только на гидросферу планеты, а на тело Земли целиком, слегка изменяя его форму. Об этом нечасто упоминается в научно-популярной литературе и даже в школьных учебниках. Приливы в земной коре достигают 0.5 м, и эти смещения можно измерять методами радиоинтерферометрии. Обсуждение этого вопроса возможно, например, в рамках внеклассных факультативных занятий, что усилит межпредметные связи по данной теме [2].

После обсуждения природы и действия приливных сил можно перейти к количественным вопросам.

Задача 1

Определите отношение «лунного» и «солнечного» приливого ускорения на поверхности Земли в точке, находящейся на линии Земля — Луна (Земля — Солнце). Считайте, что расстояния от Земли до Луны и от Земли до Солнца много больше радиуса Земли.

Решение. Ускорения свободного падения в гравитационном поле Луны в подлунной точке на поверхности Земли, в противоположной ей точке земного шара и в центре Земли можно записать в виде:

$$a_A = \frac{Gm_L}{(l - R_3)^2}; \quad a_B = \frac{Gm_L}{(l + R_3)^2}; \quad a_0 = \frac{Gm_L}{l^2}. \quad (3)$$

Здесь m_L — масса Луны, l — расстояние между центрами Земли и Луны, R_3 — радиус Земли.

Приливное ускорение в каждой из точек на поверхности вычислим как разность между ускорением на поверхности и ускорением для центра Земли:

$$a_A - a_0 = \frac{Gm_L}{(l - R_3)^2} - \frac{Gm_L}{l^2} = + \frac{(2lR_3 - R_3^2)Gm_L}{(l - R_3)^2 l^2} \approx + \frac{2R_3 Gm_L}{l^3}; \quad (4)$$

$$a_B - a_0 = \frac{Gm_L}{(l + R_3)^2} - \frac{Gm_L}{l^2} = - \frac{(2lR_3 + R_3^2)Gm_L}{(l + R_3)^2 l^2} \approx - \frac{2R_3 Gm_L}{l^3}. \quad (5)$$

Приливные ускорения в противоположных точках **A** и **B** одинаковы по модулю и противоположно направлены.

Итак,

$$a_{\text{пр, лун}} \approx \frac{2R_3 G m_{\text{Л}}}{L^3}. \quad (6)$$

Аналогично для «солнечных» приливных ускорений:

$$a_{\text{пр, солн}} \approx \frac{2R_3 G m_{\text{С}}}{L^3}, \quad (7)$$

где $m_{\text{С}}$ — масса Солнца, L — расстояние от Земли до Солнца.

Значения масс и расстояний для вычислений необходимо взять из справочных данных. Искомое отношение равно

$$\frac{a_{\text{пр, лун}}}{a_{\text{пр, солн}}} = \frac{m_{\text{Л}}}{m_{\text{С}}} \left(\frac{L}{l} \right)^3 \approx 2.2. \quad (8)$$

В курсе математики учащиеся знакомятся с векторами и действиями с ними, поэтому оценить величину приливных сил они могут не только в точках **A** и **B**, расположенных вдоль линии, соединяющей центры Луны и Земли, но и в других точках на поверхности планеты, например в точке **C**. Этот случай более уместен для уроков в 10 классе или для профильных классов; соответствующее вычисление предлагаем читателям выполнить самостоятельно.

Диссипация атмосферы

Обсудим ещё одну задачу с межпредметным содержанием, которая позволяет объяснить отсутствие сколь-нибудь заметной атмосферы у большинства объектов Солнечной системы, помогает повторить основные соотношения молекулярной физики и увидеть их практическое применение, а также вспомнить понятия и способы вычисления космических скоростей.

Задача 2

Определите среднеквадратичную скорость молекул водорода у поверхности на дневной стороне Меркурия. Температура поверхности Меркурия достигает 427 °С. Сравните полученную скорость с первой космической скоростью для этой планеты [3].

Решение. Среднеквадратичная скорость рассчитывается по формуле

$$v = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.31 \times 700}{2 \cdot 10^{-3}}} \approx 3.0 \cdot 10^3 \text{ м/с}. \quad (9)$$

где R — универсальная газовая постоянная, $T = 700 \text{ К}$ — абсолютная температура, $\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ — молярная масса молекулярного водорода.

Первая космическая скорость для планеты

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}, \quad (10)$$

где G — гравитационная постоянная, M — масса планеты, r — радиус планеты. Для рассматриваемого случая $v_1 \approx 3.0 \cdot 10^3 \text{ м/с}$, то есть среднеквадратичная скорость частиц по порядку сопоставима с первой космической скоростью для этой планеты.

Но речь идёт о средней скорости. Это означает, что в состоянии термодинамического равновесия в газе найдутся частицы, движущиеся заметно быстрее, в том числе быстрее второй космической скорости $v_2 = \sqrt{2}v_1$. Отсюда следует вывод о неустойчивости атмосферы Меркурия, что подтверждается астрономическими наблюдениями.

Заключение

Рассмотренные в статье вопросы позволяют продемонстрировать на уроках физики сразу несколько межпредметных связей: действия с векторами (геометрия), приближённые вычисления и запись числа в стандартном виде (алгебра), представления о приливах (география) и, конечно, связь с астрономией.

При решении задач, приведённых в статье, развиваются познавательные (логические) и регулятивные (прогнозирование, коррекция, оценка) универсальные учебные действия. Кроме того, у учащихся формируется целостное научное представление об окружающем мире и о сущности происходящих в нём явлений.

Список литературы

- [1] Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования : приказ Минобрнауки России от 17.05.2012 № 413 (ред. от 11.12.2020) / Образовательная информационная система ФГОС. URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-soo/> (дата обр. 25.12.2025).
- [2] Радиointерферометр с разрешением в 0,001 угловой секунды / М. Коуи [и др.] // Успехи физических наук. 1970. Янв. Т. 100, вып. 1. URL: https://ufn.ru/ufn70/ufn70_1/Russian/r701d.pdf.
- [3] Баренбойм Р. М. Занимательные астрономические задачи // Физика в школе. 1965. № 5. С. 87.

Астрономическое образование, 2026. Материал предоставлен на условиях лицензии Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 (С указанием авторства — С сохранением условий). Разрешено свободно делиться (обмениваться) — копировать и распространять материал на любом носителе и в любом формате в любых целях, включая коммерческие; адаптировать (создавать производные материалы) — делать ремиксы, видоизменять и создавать новое, опираясь на этот материал в любых целях, включая коммерческие; при условии обеспечения соответствующего указания авторства, предоставления ссылки на лицензию и обозначения изменений, если таковые были сделаны. Производные материалы должны распространяться на таких же условиях.