

материала по данной теме. В таблице сравниваются разновидности физически ДЗ (т. е. связанных гравитационно) с точки зрения аккреции вещества, при этом  $R_s$  – радиус Солнца, а.е. – астрономическая единица.

Таблица – Разновидности двойных систем (ДС)

Тип	Широкие ДС	Тесные ДС	Сталкивающиеся ДЗ
Характеристика			
Расстояние между звездами	От $3 \cdot 10^3 R_s$ до $10^4$ а.е.	От $10^9$ см до $3 \cdot 10^3 R_s$	До $10^9$ см
Форма звезд	Сферическая	Несферическая	Несферическая
Наличие аккреции	Нет	Да	Да
Слияние двух звезд воедино	Нет	Нет	Да
Примеры	$\alpha$ Центавра АВ	Барстеры, новые	Столкновение двух нейтронных звезд

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физическая энциклопедия : в 5 т. / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др]. – М. : Совет. Энцикл., 1988. – Т. 1 : Ааронова – Бома эффект – Длинные линии. – 704 с.
2. Физическая энциклопедия : в 5 т. / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др]. – М. : Большая Рос. Энцикл., 1998. – Т. 5 : Стробоскопические приборы – Яркость. – 691 с.
3. Клищенко, А. П. Астрономия : учеб. пособие / А. П. Клищенко, В. И. Шупляк. – М. : Новое знание, 2004. – 224 с. : ил.
4. Юдина, А. Сталкивающиеся нейтронные звезды могут раскрыть тайны расширения Вселенной [Электронный ресурс] / А. Юдина. – Режим доступа: <https://scientificrussia.ru/articles/stalkivayushchiesya-nejtronnye-zvezdy-mogut-raskryt-tajny-rasshireniya-vselennoj>. – Дата доступа: 05.04.2021.

**А. И. СЕРЫЙ**

Беларусь, Брест, УО «БрГУ имени А. С. Пушкина»

#### **О ПРИБЛИЖЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ В ЗАДАЧАХ ПО АСТРОНОМИИ ОЛИМПИАДНОГО УРОВНЯ**

В современной школьной программе по математике не уделяется столь заметного внимания приближенным вычислениям, как это было в прежние годы. Эти трудности методического характера во многом связаны с гораздо более слабым владением современными учащимися такой важнейшей операцией, как дифференцирование (не говоря уже о знании формулы Тейлора – Маклорена и ее конкретного вида для основных известных функций).

Иллюстрирующим примером, предполагающим владение приближенными вычислениями, является следующая задача, по уровню соответствующая астрономическим олимпиадам [1, с. 81].

На квазаре произошла вспышка, зарегистрированная земным наблюдателем. Двойник, возникший благодаря галактике, расположенной на расстоянии  $l = 1.00 \cdot 10^9$  световых лет от Земли, «мигнул» с запозданием примерно в двое суток ( $\tau = 1.73 \cdot 10^5$  с). Угловое расстояние между квазаром и двойником  $\alpha = 3.00 \cdot 10^{-6}$  рад. Определить расстояние  $d$  до квазара.

Решение, приведенное в [1, с. 113–114] (и более детально разобранный в [2, с. 24–25]), приводит к следующему ответу:

$$d = \frac{l^2 \sin^2 \alpha - (c\tau + l(\cos \alpha - 1))^2}{2(c\tau + l(\cos \alpha - 1))} + l \cos \alpha. \quad (1)$$

Все величины, стоящие в правой части (1), известны, поэтому остается только подставить численные данные.

При разборе этой задачи на тренировочных сборах при подготовке к заключительному этапу Республиканской олимпиады по астрономии среди учащихся общеобразовательных школ в 2021 г. в г. Бресте некоторые участники рассуждали следующим образом.

Поскольку угол  $\alpha$  мал, то можно приближенно положить

$$\cos \alpha \approx 1, \cos \alpha - 1 \approx 0, \sin \alpha \approx 0. \quad (2)$$

В результате формула (1) упрощается, и можно получить

$$d \approx l - \frac{c\tau}{2}. \quad (3)$$

Численно это дает (если принять  $c = 3.00 \cdot 10^5$  км/с, 1 световой год =  $9.46 \cdot 10^{12}$  км [3, с. 28])  $d \approx l = 9.46 \cdot 10^{21}$  км, т. е. с учетом точности исходных данных можно пренебречь вычитаемым в правой части (3).

Если же вместо (2) использовать более точные разложения (в чем, как оказалось, современные учащиеся выпускных классов общеобразовательных школ не сильны)

$$\cos \alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2}, \cos \alpha - 1 \approx -\frac{\alpha^2}{2}, \sin \alpha \approx \alpha, \quad (4)$$

то упрощение формулы (1) приводит к результату

$$d \approx \frac{l^2 \alpha^2 - \left(c\tau - l \frac{\alpha^2}{2}\right)^2}{2\left(c\tau - l \frac{\alpha^2}{2}\right)} + l. \quad (5)$$

Численные расчеты показывают, что вычитаемым в числителе первого слагаемого правой части (5) можно пренебречь, но благодаря слагаемому  $l^2\alpha^2$  оказывается, что значением всей дроби по сравнению с  $l$  пренебрегать нельзя. В результате получаем  $d \approx 52.62 \cdot 10^{21}$  км  $\approx 5.56 \cdot 10^9$  св. лет.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белонучкин, В. Е. Кеплер, Ньютон и все-все-все... / В. Е. Белонучкин. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 128 с.
2. Серый, А. И. О нелинейных алгоритмах в задачах по астрономии / А. И. Серый, З. Н. Серая // Астрофизические исследования в БрГУ имени А. С. Пушкина : сб. материалов науч.-метод. семинара, Брест, 11 апр. 2017 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. В. С. Секержицкого. – Брест : БрГУ, 2017. – С. 24–25.
3. Клищенко, А. П. Астрономия : учеб. пособие / А. П. Клищенко, В. И. Шупляк. – М. : Новое знание, 2004. – 224 с. : ил.

#### А. И. СЕРЫЙ

Беларусь, Брест, УО «БрГУ имени А. С. Пушкина»

#### О РАЗНОВИДНОСТЯХ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ В ФИЗИКЕ

Такое важнейшее понятие, как замкнутая (изолированная) система, встречается в разных разделах физики, приобретая в каждом из них свое смысловое содержание и свои сопутствующие законы сохранения. В связи с этим представляет интерес сравнительная характеристика основных вариантов смыслового содержания указанного понятия (таблица).

Таблица – Разновидности замкнутых систем

Замкнутая система	Раздел физики		
	Механика	Термодинамика	Электродинамика
Смысл замкнутой системы	Система тел, настолько удаленных от всех остальных тел, что эти остальные тела не оказывают никакого действия на рассматриваемую систему [1, с. 68]	Система тел, которые не могут обмениваться энергией и веществом с окружающими телами [2, с. 15]	Система тел, которые не могут обмениваться электрическими зарядами с окружающей средой
Что сохраняется в такой системе	Импульс	Энергия	Заряд [3, с. 16]