

1:

КРАЙНИЙ КОСМОС

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ: СУШИН АНДРЕЙ

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ: А. С. БАЙГАШОВ



- [HTTPS://SPACEGID.COM/GRAVITATIONNOE-LINZIROVANIE.HTML](https://spacegid.com/gravitatsionnoe-linzirovanie.html)
- [HTTPS://NAKED-SCIENCE.RU/ARTICLE/ASTRONOMY/GRAVITACIONNYE-LINZY-NA-SLUZHBE](https://naked-science.ru/article/astronomy/gravitacionnye-linzy-na-sluzhbe)
- [HTTPS://ZEN.YANDEX.RU/MEDIA/ITMENTOR/POCHEMU-SVET-OTKLONIAETSIA-VBLIZI-MASSIVNYH-TEL-5FFAB6FFD1A90641CA65BCA0](https://zen.yandex.ru/media/itmentor/pochemu-svet-otkloniaetsia-vblizi-massivnyh-tel-5ffab6ffd1a90641ca65bca0)
- Эйнштейн А. Основы общей теории относительности // Собрание научных трудов в 4 томах. Том 1. — М.: Наука, 1965. — С. 503.
- Ч. Китель, У. Найт, М. Рудерман Берклевский курс физики. Т. 1. Механика. — М.: Наука, 1975. — С. 445.
- Гинзбург В. Л. "Экспериментальная проверка общей теории относительности"
- Критика теории относительности. Отклонение лучей света вблизи массивных тел

2:

АННОТАЦИЯ:

В работе представлено движение луча света в безвоздушном пространстве под действием гравитации массивных тел. На основе данных, найденных мною, была построена математическая модель. В модели представлено движение



пучка света и последующее изменение траектории его движения после взаимодействия с гравитационным полем массивного тела, в зависимости от угла, под которым свет двигался изначально и массы объекта.

ВВЕДЕНИЕ:

Один из способов изучения вселенной основан на наблюдении за поведением света, проходящего вблизи массивных объектов, и называется «гравитационным линзированием». Представьте объект, являющийся источником света. Если на прямой линии между нами и объектом в космосе будет расположен другой объект, то он заслонит от нас источник света. Однако если объект-препятствие достаточно массивный, то он будет играть роль гравитационной линзы. Его сильное гравитационное притяжение будет изгибать световые лучи от источника, идущие мимо него в других направлениях. Те фотоны, которые изменяют свою траекторию под влиянием такой гравитационной линзы и направляются в сторону Земли, сформируют для наблюдателя изображение объекта.

Предположение о том, что свет может отклоняться в поле тяготения массивного объекта, впервые было высказано Альбертом Эйнштейном в Общей теории относительности.

Сегодня гравитационное линзирование используется для изучения многих явлений и объектов в дальних уголках Вселенной

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ:

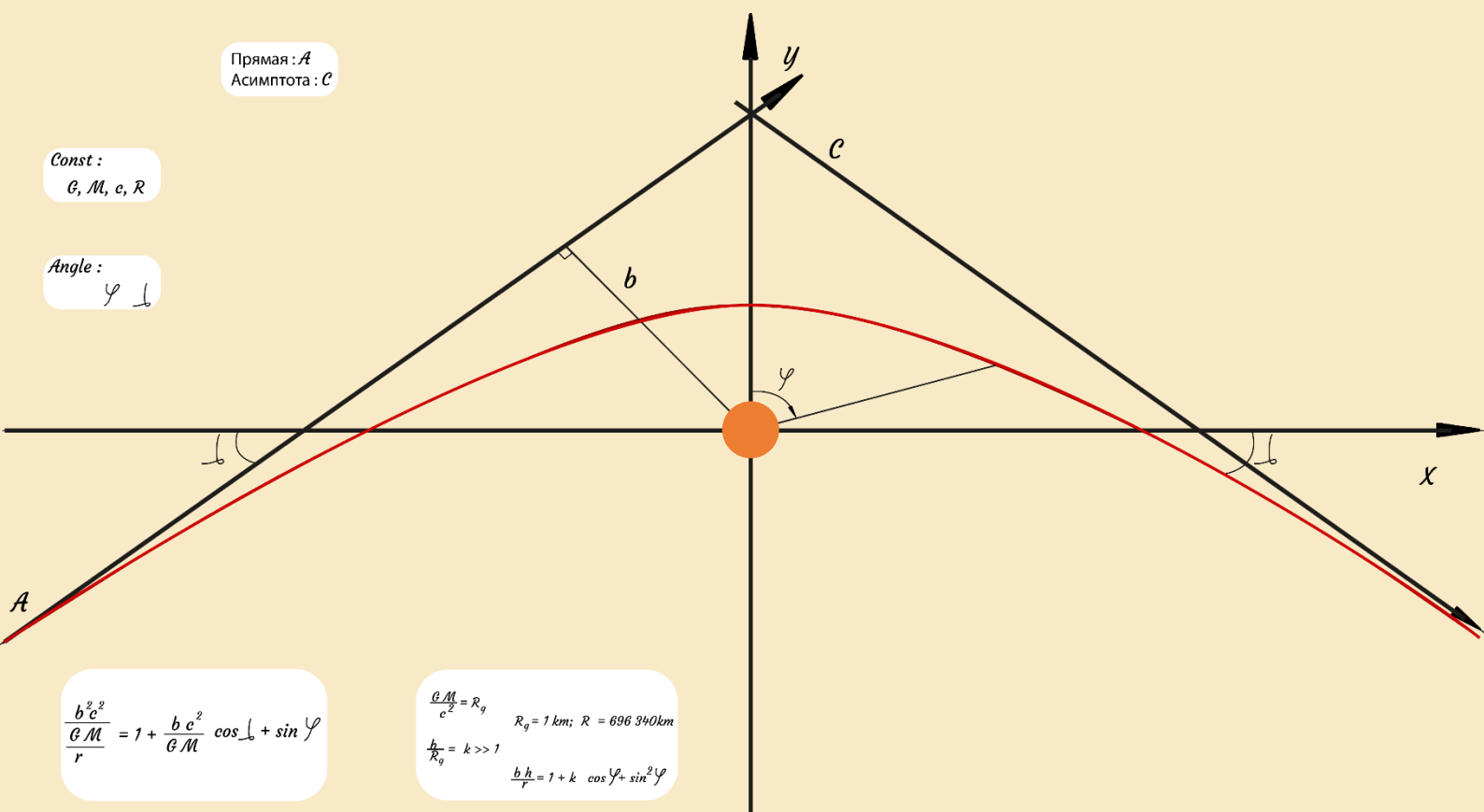
Рассмотрим явление преломления света. Свет находится в безвоздушном пространстве. Система замкнута. После запуска модели, через некоторое время мы заметим, что свет изменил свою траекторию. Гравитационное отклонение света — изменение направления распространения света в гравитационном поле. Является следствием принципа эквивалентности.

Как вы уже могли догадаться, целью этой работы является - моделирование фотона попадающего в гравитационное поле массивного объекта.

- Нарисуем систему координат, обозначим оси как X & Y
- Предлагаю ввести полярную систему координат для дальнейшего удобства
- Обозначим угол между осью X и прямой A прямой проходящей через начало движения фотона за α
- Пусть b – расстояние от начала координат до прямой A
- Угол, на который повернётся фотон обозначим за φ (отсчитывать от Y)
- r – радиус (от начала координат до фотона)
- Введём константы

5:

НАЧАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ:



Параметры объекта, возле которого пролетает фотон:

- Sun / Mass: 1.989×10^{30} кг
- Radius: 1 км (т.к. иначе мат. модель не будет иметь смысла)

Параметры фотона:

- Speed of light = 299.792.458 meters per second

Возможно, у вас возникает резонный вопрос. Почему на свет действует гравитация, если он не имеет массы? Ответ прост. В рамках классической механики объяснить это явление не представляется возможным.

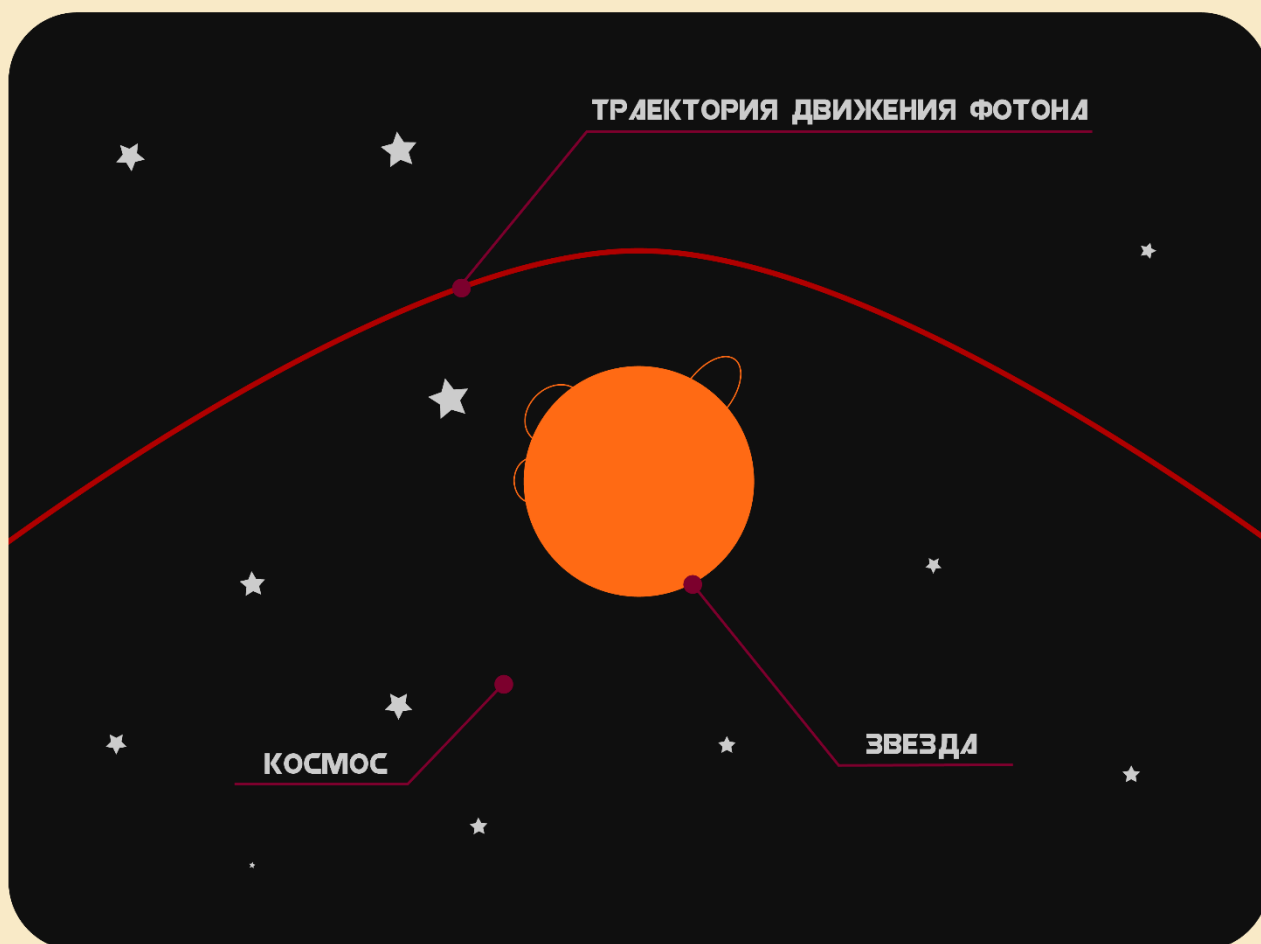
6:

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧИ:

Результаты представлены в графическом виде.

К сожалению, гравитационная линза ведет себя не столь «идеально», как оптическая. Изображение увеличивается неравномерно и по-разному искривляется в зависимости от типа объекта, проявляющего свойства линзы, и направления световых лучей, идущих мимо него.

Наиболее часто встречающиеся конфигурации – это двойные или множественные изображения одного и того же объекта



7:

ПРИЛОЖЕНИЯ:

Листинг

кода

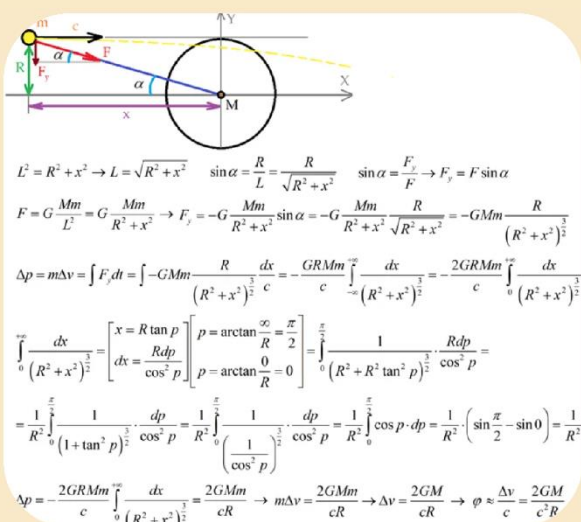
и

механика

Ньютона:

Отклонение световых лучей в поле Солнца (теоретическое значение $\alpha_{\text{нак}} = 1'',75$)

Наблюдатели	Год	Угол отклонения	Ссылка на литературу
Кромелен и Дейвидсон	1919	$1'',98 \pm 0'',18$	14
Эддингтон и Коттингам	1919	$1'',61 \pm 0'',45$	14
Кемпбелл и Трюмплер	1922	$1'',78 \pm 0'',17$	14
Дауделл и Кеннеди	1922	$1'',77$	27
Фрейндлих	1929	$2'',24$	27
Михайлов	1936	$2'',73 \pm 0'',31$	28
Ван-Бисбрук	1947	$2'',01 \pm 0'',27$	29
Ван-Бисбрук	1952	$1'',70 \pm 0'',10$	30
Среднее		$1'',98 \pm 0'',12$	
Среднее без наибольшего значения		$1'',87 \pm 0'',08$	

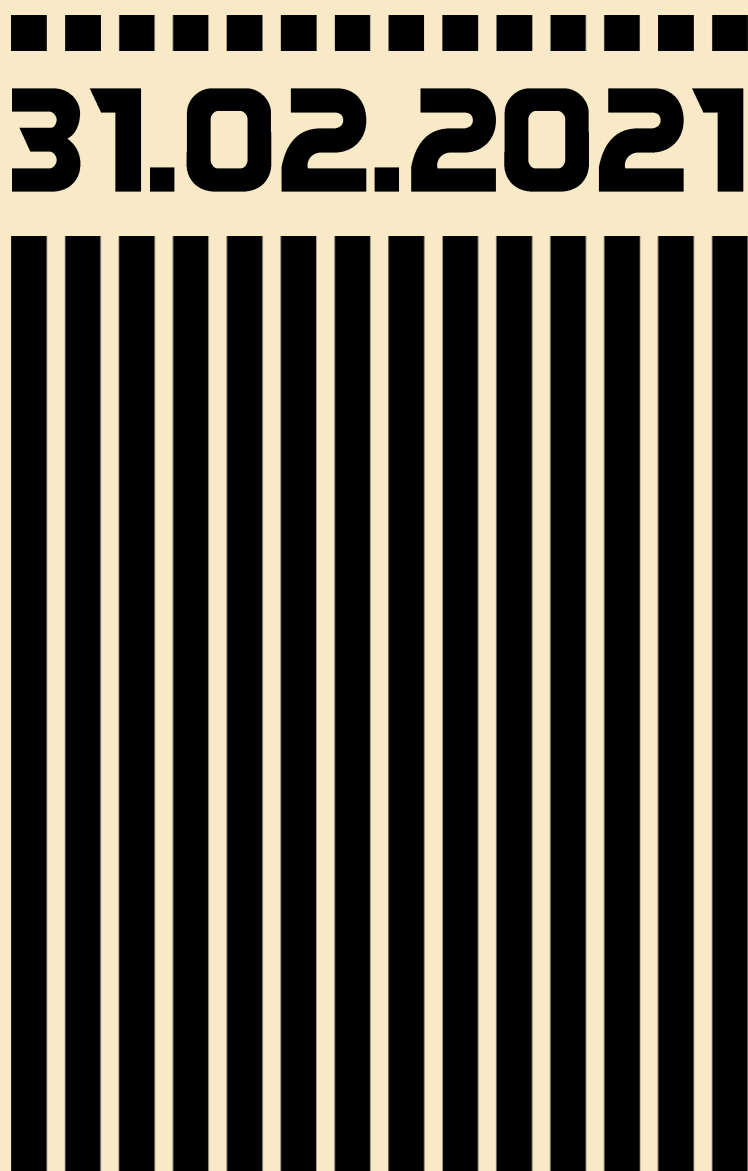


```

15 ax.legend('Phi')
16 ax.tick_params(labelcolor='maroon')
17 ax.set_ylabel('Coord: y', color='darkgray')
18 ax.set_xlabel('Coord: x', color='darkgray')
19 plt.grid()
20 plt.title('Гравитационная линза')
21 plt.axis('equal')
22 ax.set_xlim(low_l, low_h)
23 ax.set_ylim(low_l, low_h)
24
25 # координаты массивного тела (в будущем координаты фотона)
26 coord1 = 100
27 coord2 = 110
28
29 # параметры прямой фотона
30 p1 = 1
31 p2 = 0
32 n = 1
33
34 # distance
35 b = 50**0.5
36 # константы
37 M = 0.7*10**27
38 G = 6.67*10**(-11)
39 c = 299792458
40 k = b/((c**2)/(G*M))
41
42 xdata, ydata = [], []
43
44 def muweng(t):
45     y0 = (-p1/n)*t - p2/n
46     r = b*k / (1 + k*np.cos(t) + (np.sin(t))**2)
47     x2 = r*np.cos(np.pi/2 + t)
48     y2 = r*np.sin(np.pi/2 + y0)
49     xdata.append(x2)
50     ydata.append(y2)
51
52 # plt.plot(alpha, r)
53 def update(frame):
54     muweng(frame)
55     anim_object.set_data(xdata, ydata)
56     return anim_object,
57
58 anim = FuncAnimation(fig, update, frames=frames, interval=3)
59 plt.show()

```

8:



AUTHOR: ANDREW SUSHIN
[© 2021 THE ASTROMODEL]