

А*

164-915-647 96. $\Sigma 30$

11 класс.

ТЕТРАДЬ

для _____

учени _____ класса _____

_____ школы _____

Чистовик.
Задача №1

Как известно энергия света равна: $E = h\nu$, ν - частота
 h - постоянная
Планка.

С другой стороны энергия фотона определяется
формулой Эйнштейна:

$$E = mc^2$$

приравняем правые части:

$$mc^2 = h\nu$$

$$mc = \frac{h\nu}{c}$$

$$p = \frac{h\nu}{c}$$

$mc = p$ - импульс фотона

по условию фотон отражается
от поверхности, значит:

$$\Delta p = Ft$$

$$2p = Ft$$

$$F = \frac{2p}{t}$$

$$F = \frac{2h\nu}{ct}$$

$h\nu$ - энергия
одного
фотона.

Подавляющая сила оказываемая всеми фотонами
на данной поверхности равна:

$$\Sigma F = \frac{N \cdot 2h\nu}{t \cdot c} = k \cdot \frac{2h\nu}{c}$$

k - число фотонов приходящих на

квадратный метр за одну секунду.

I - солнечная постоянная.

$$k = \frac{I}{h\nu} = \frac{I}{hc} = \frac{I\lambda}{hc}$$

λ - длина волны света.

$$\Sigma F = \frac{I\lambda}{hc} \cdot \frac{2h\nu}{c} = \frac{2I\lambda\nu}{c^2} = \frac{2I\lambda c}{c^2\lambda} = \frac{2I}{c}$$

Давление все фотонов это отношение силы давления к площади поверхности:

$$P_{\text{света}} = \frac{\Sigma F}{S} = \frac{2I}{cs}$$

Теперь рассчитаем давление солнечного ветра:

n - концентрация частиц.

$$n \approx 1 \times 10^7 \text{ м}^{-3}$$

Упругость протонов равен

Солнечный ветер состоит в основном из протонов:

упругость протона:

$$P_p = n_p v$$

Протон отражается, значит:

$$\Delta P_p = Ft$$

$$2P_p = Ft$$

$$F = \frac{2P_p}{t}$$

n - концентрация частиц на единицу объема, тогда

концентрация частиц на единицу площади
равна

$$\left(\frac{3}{4}n\right)^2 n_s = \left(\frac{3}{4}n\right)^2 = n^{\frac{2}{2}}$$

За одну секунду на один квадратный метр
Солнца будет приходить следующее число протонов.

$$n_s \rightarrow k_p = n_s v = v n^{\frac{2}{3}}$$

$$F = \frac{2pr}{t} = 2F$$

Тогда сила от всех протонов будет равна:

$$\Sigma F = \frac{N}{t} 2pr = 2k_p r r = 2v n^{\frac{2}{3}} \cdot m_p v = 2m_p v^2 n^{\frac{2}{3}}$$

$$P_{\text{ветра}} = \frac{\Sigma F}{S} = \frac{2m_p v^2 n^{\frac{2}{3}}}{S}$$

Нам осталось сравнить величины:

$P_{\text{ветра}}$ и $P_{\text{света}}$.

Так как S — величина одинаковая, мы можем
ее сократить и сравнить

Так как, найденные ~~наши~~ силы являются удель-
ными, то есть на единицу площади, то
для нахождения полных сил их необходимо
допомножить на площадь поверхности. ~~не~~

$$p_{\text{света}} = \frac{\Sigma F_{\text{r}}}{S} = \frac{\Sigma FS}{S} = \Sigma F$$

$$p_{\text{ветра}} = \frac{\Sigma F_{\text{п}}}{S} = \frac{\Sigma FS}{S} = \Sigma F$$

$$p_{\text{света}} = \frac{2I}{c} = 9,33 \times 10^{-6} \text{ Па}$$

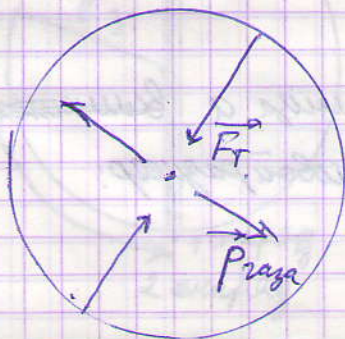
$$p_{\text{ветра}} = 2 \rho v^2 n^{\frac{2}{3}} = 3,14 \times 10^{-11} \text{ Па}$$

Как видим давление света значительно превосходит давление солнечного ветра (на 5 порядков)

Ответ: солнечный свет оказывает большее давление чем ветер.

Задача 13.

Как известно Солнце — звезда главной последовательности, значит в нём происходит ядерное горение водорода. Любая звезда — равновесная система, то есть в ней сила гравитации уравновешивается силой газового давления:



Если остановить ядерные реакции, то температура в звезде будет падать из-за высокой светимости, давление газа будет

падать, значит звезда начнет сжиматься, при этом газ будет вновь разогреваться и звезда будет вновь уравновешена. То есть звезда начнет постепенно сжиматься, чтобы поддерживать свою светимость. При этом на поддержание светимости расходуется потенциальная энергия сжатия.

$$L = \Delta E_{\text{п}}$$

$\Delta E_{\text{п}}$ — изменение потенциальной энергии за секунду.

$$L = M_0 \cdot G \frac{M_0}{R_0^2} h$$

L — светимость Солнца.

$$L = G \frac{M_0^2}{R_0^2} h$$

$$\cancel{L} t = G \frac{M_0^2}{R_0^2}$$

$$h = \frac{L R_0^2}{G M_0^2}$$

за время t H составит: $H = h \cdot t = \frac{t L R_0^2}{G M_0^2}$

$$t = \frac{H}{h} = \frac{H G M_0^2}{L R_0^2}$$

на расстоянии от Земли до Солнца a . ~~Величина~~
 φ , расстояние H будет иметь угловой размер:

$$\varphi = \frac{H}{a}$$

условие разрешения телескопа определяется как радиус кружка Эйри:

$$\varphi = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

λ - длина волны излучения.

D - апертура (диаметр объектива) телескопа.

Самый крупный телескоп - "Кек"

Его апертура равна: $D = 10$ м.

$$\frac{H}{a} = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

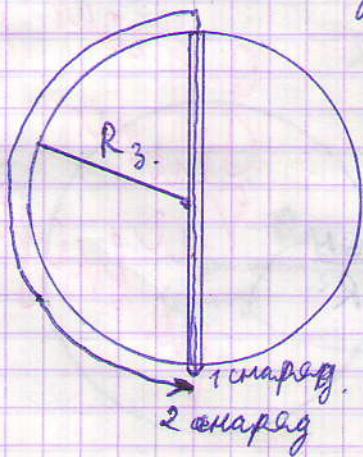
$$H = 1,22 \frac{a \lambda}{D}$$

Примем $\lambda = 550$ нм.

$$t = \frac{H}{h} = \frac{1,22 a \lambda G M_{\odot}^2}{L R_{\odot}^2 D} = 1,38 \times 10^{10} \text{ секунд} \approx 438 \text{ лет.}$$

как видно Земляне не скоро узнают о протекании ядерных реакций в Солнце.

Задача №6.



В 2 спаряд запускают на низкую околоземную круговую орбиту.

Тогда его скорость равна:

$$v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

А путь 2 спаряда равен:

$$S_2 = \pi R$$

Итого время 2 сарага:

$$t_2 = \frac{S_2}{v_2} = \frac{\pi R}{\sqrt{\frac{GM}{R}}} = \frac{\pi R \sqrt{R}}{\sqrt{GM}} = \frac{\pi R^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{GM}}$$

С 1 сарагом аналогично получим:

$$S_1 = 2R$$

Скорость падения не постоянна:

$v \neq \text{const.}$, казалось бы падение просто равноускоренно, но $g = \frac{GM}{R^2}$, а R изменяется в ходе падения.

По закону сохранения энергии:

$$E_m = \text{const.}$$

$$E_n = E_k$$

$$mgR = \frac{mv^2}{2}$$

$$gR = \frac{v^2}{2}$$

$$\frac{GM}{R} = \frac{v^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{2GM}{R}$$

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$S = \frac{v^2}{2g}$$

$$2gS = v^2$$

$$g = \frac{v^2}{2S}$$

$$g = \frac{2GM}{2R \cdot R} = \frac{GM}{R^2}$$

$$S = \frac{v^2}{2g}$$

g не const,
поэтому
не применим

$$R = \frac{\sqrt{2GM}}{2}$$

$$2R = \frac{\sqrt{2GM}}{R}$$

$$t = \frac{2R}{\sqrt{\frac{2GM}{R}}} = \frac{2R^2}{\sqrt{2GM}}$$

раз нымь падем R.

$$S = \frac{gt^2}{2}$$

$$S = \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{g}} = \sqrt{\frac{2R}{\frac{GM}{R^2}}} = \sqrt{\frac{2R^3}{GM}} = \frac{R\sqrt{2R}}{\sqrt{GM}}$$

$$t_1 = 2t = \frac{2R\sqrt{2R}}{\sqrt{GM}}$$

Сравним t_1 и t_2 .

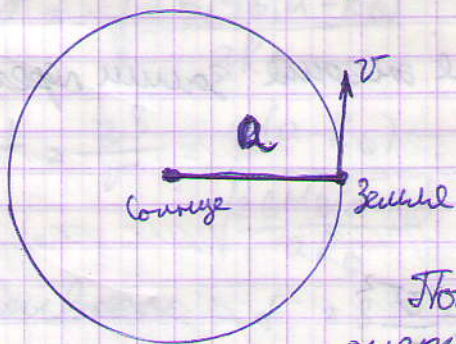
$$t_1 = \frac{2\sqrt{2} R^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{GM}} \approx 2300 \text{ c.}$$

$$t_2 = \frac{\pi R^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{GM}} \approx 2550 \text{ c.}$$

Поскольку $2\sqrt{2}$ меньше, чем π , то $t_1 < t_2$.

Ответ: $t_1 < t_2$.

Задача №2.



Земля совершает движение вокруг Солнца.

Полная механическая энергия этого движения равна:

$$E = \frac{m v^2}{2} - \frac{G M_0 m}{a} \quad E < 0.$$

Эта энергия меньше нуля, поскольку Земля вращается вокруг Солнца, а не покидает Солнечную систему.

По условию задачи Земля остановилась, значит её кинетическая энергия стала равна нулю:

$$E = \frac{m v^2}{2} - \frac{G M_0 m}{a}$$

и
0.

$$-4140,4661$$

$$+2824,4661$$

Тогда: $E = -\frac{G M_0 m}{a}$

$E < 0$, значит при такой ситуации, Земля именно упадёт на Солнце и не сможет покинуть Солнечную систему, в следствие разгона при падении.

При падении Потенциальная энергия Земли переходит в Кинетическую:

$$E_n = E_k$$

$$\frac{G M_0 m}{a} = \frac{m v^2}{2} \quad \frac{G M_0}{a} = \frac{v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2GM_0}{a}}$$

$$S = \frac{vt}{2}$$

$$t = \frac{2S}{v} = \frac{2a}{\sqrt{\frac{2GM_0}{a}}} = \frac{\sqrt{2}a^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{GM_0}} = 7,14 \times 10^6 \text{ секунд} = 82,6 \text{ дней.}$$

Звуконен
и равном
и равном

Однако, мы считали Солнце материальной точкой, если учесть радиус Солнца, то:

$$E_{\pi} = E_k + E_{\pi k}$$

$$E_{\pi} = E_k$$

$$E_{\pi} + E_{\pi k} = E_k$$

$$\frac{GM_0}{a} - \frac{GM_0}{R_0} = \frac{v^2}{2}$$

$$\frac{GM_0 R_0 - GM_0 a}{a R_0} = \frac{v^2}{2}$$

$$\frac{GM(a - R_0)}{a R_0} = \frac{v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2GM_0(a - R_0)}{a R_0}}$$

$$t = \frac{2S}{v} = \frac{2(a - R_0)}{\sqrt{\frac{2GM_0(a - R_0)}{a R_0}}} = \sqrt{\frac{2(a - R_0)a R_0}{GM_0}} = 486253 \text{ с.}$$

Отвечает: $t = 82,6 \text{ дней.}$

Задача №3 (продолжение).

Кроме того, в принципе есть ещё один способ детектировать прекращение ядерных реакций в Солнце. Дело в том, что в ходе реакций рождается нейтрино и антинейтрино, которые практически беспрепятственно покидают звезду. Если реакции прекратятся, то поток этих частиц от Солнца ослабнет и нейтринные земные телескопы определят это. Тогда время детекции составит:

$$t_{\text{дет}} = \frac{a}{c} = 498 \text{ секунд} \approx 8,3 \text{ минуты}.$$

Ответ полученный в первой части задачи составит времени обнаружения визуальных изменений на Солнце и также являющееся верным.

$$t_{\text{дет}} = 498 \text{ с}$$

Задача №4.

Каждому медленю наблюдение велось. Водно и то же время, и получалось, что каждый макро мочь перед учениками представляла

Одна и та же картина, однако это не так.

Дело в том, что волшебники считают солнечное время, а не звёздное и поэтому начинается в полночь по солнечному времени.

$$T_{\text{солн}} \approx 24 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{звезд}} \approx 23 \text{ ч } 56 \text{ м.}$$

Звёздный период Земли, или период обращения Земли вокруг оси короче на 4 минуты, это вызвано тем, что Земля совершает обращение вокруг Солнца, проходя за 1 день примерно один градус.

$$\frac{360^\circ}{365} \approx 1^\circ/\text{день} \quad \text{аналогичный результат получается и из этой формулы!}$$

$$360^\circ \cdot \frac{T_{\text{с}} - T_{\text{з}}}{T_{\text{с}}} \approx 1^\circ$$

То есть в одно и то же солнечное время, но разные дни (допустим в соседние) видимая картина неба будет отличаться на 1° .

А за неделю отличие составит: $1^\circ/\text{день} \cdot 7 \text{ дней} \approx 7^\circ$

В течение года ученики смогут изучить всё небо доступное на их широте.

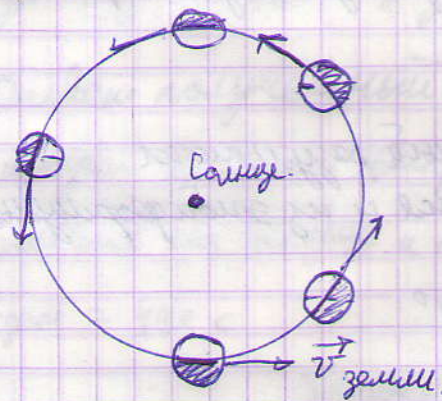
$$\varphi_{\text{полярная}} \approx 60^\circ.$$

$$\delta_{\text{мин}} = -\varphi_{\text{полярная}} - 90^\circ = -30^\circ,$$

Задача №5.

Смена дня и ночи осуществляется благодаря суточному вращению Земли. И, казалось бы, остановив суточное вращение, мы сможем остановить смену дня и ночи.

Но это не так:



Если остановить суточное вращение Земли, то из-за её годичного движения вокруг Солнца, она будет постепенно поворачиваться к Солнцу.

То одной стороной, то другой. В этом случае период смены дня и ночи будет равен периоду обращения Земли вокруг Солнца и общая продолжительность суток составит примерно

365 дней:

$$T_{\text{сут}} = T_{\text{год}} = 365 \text{ суток.}$$

8