



1302675341901

Титульный лист

Направление ☐ анализ данных ☐ информатика ☐ история
☐ математика ☐ обществознание ☐ русский язык
☒ физика ☐ химия

Класс ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☒ 11

Фамилия СЕРЕБРЕННИКОВ

Имя ПАВЕЛ

Отчество МАКСИМОВИЧ

Дата рождения 16 12 2007

Город участия ЕКАТЕРИНБУРГ

Аудитория И - 527Б

Телефон 89122555406

Дата 01 02 2025

Подпись

Пример
заполнения

А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф
Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0



1302675341901

Проверочный лист

Заполняется участниками

Направление ☐ анализ данных ☐ информатика ☐ история
☐ математика ☐ обществознание ☐ русский язык
☒ физика ☐ химия

Класс ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☒ 11

Город участия ЕКАТЕРИНБУРГ

Заполняется организаторами

Количество доп. листов

Количество черновиков к проверке

Время выхода с

до

Протокол проверки

Заполняется жюри

Номер задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Балл члена жюри №1	12	3	10	///						
Балл члена жюри №2	12	3	10	—						

Итоговый балл 25

Подпись
члена жюри №1

Подпись
члена жюри №2

Пример
заполнения

А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф
Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

N^o 1

Дано

$$M = 2 \cdot 10^{31} \text{ кг}$$

$$\gamma_{\text{ЧД}} = 20 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

$$R_{\text{грав}} = 300000 \text{ м}$$

$$G = 6,6743 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$$

$$n = 10^4 \frac{\text{частиц}}{\text{см}^3} = 10^{10} \frac{\text{частиц}}{\text{м}^3}$$

$$L = 1 \text{ св} \approx$$

$m_{\text{Н}_2}$ - ?

1) Чёрная дыра (ЧД) - материальная точка, т.к. движется прямолинейно

$$\gamma_{\text{ЧД}} = \text{const}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} - \text{скорость света}$$

$$\mu_{\text{Н}_2} = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

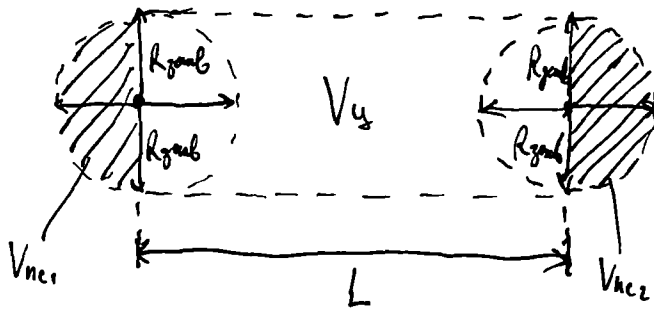
$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{\text{частиц}}{\text{моль}}$$

2) $L = c \cdot t$ - расстояние, которое свет прошёл за год ($t = 1 \text{ год}$)

$$t = 1 \text{ г} = 365 \text{ дн} \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} = 31536000 \text{ с}$$

$$L = 3 \cdot 10^8 \cdot 31536 \cdot 10^3 = 94608 \cdot 10^{11} \text{ м} = 9,4608 \cdot 10^{15} \text{ м}$$

3)



Если рассмотрим ситуацию, когда ЧД не движется, то объём положительной материи равен объёму шара с радиусом $R_{\text{грав}}$. Но т.к. ЧД прошла расстояние L , то объём всей положительной материи равен сумме объёмов 2-х полушаров $V_{\text{нс1}}$ и $V_{\text{нс2}}$ и цилиндра между ними $V_{\text{ц}}$, с образующей L .

$$V_{\text{нс1}} = V_{\text{нс2}} = \frac{4}{3} \pi R_{\text{грав}}^3 \quad 2 = \frac{2}{3} \pi R_{\text{грав}}^3$$

$$V_{\text{ц}} = \pi R_{\text{грав}}^2 L$$

$$V_{\Sigma} = 2 V_{\text{нс1}} + V_{\text{ц}} = \frac{4}{3} \pi R_{\text{грав}}^3 + \pi R_{\text{грав}}^2 L = \pi R_{\text{грав}}^2 \left(\frac{4}{3} R_{\text{грав}} + L \right)$$

4) $n = \frac{N}{V_{\Sigma}}$, N - кол-во частиц H_2 , которые были поглощены ЧД за все время

$$N = n V_{\Sigma} = n \pi R_{\text{грав}}^2 \left(\frac{4}{3} R_{\text{грав}} + L \right)$$

5) Для 1 ~~молекулы~~ молекулы H_2 $m_{\text{Н}_2} = \mu_{\text{Н}_2}$

$$\mu = \frac{m_{\text{Н}_2}}{N_A} = \frac{1}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,166 \cdot 10^{-24} \text{ моль}$$

$$m_{\text{Н}_2} = 0,166 \cdot 10^{-24} \text{ моль} \cdot 2 \cdot 10 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 0,332 \cdot 10^{-24} \text{ кг}$$

6) Потенциальная энергия молекулы H_2 массы $m_{\text{Н}_2}$ равна $E_{\text{пот}} = -G \frac{M m_{\text{Н}_2}}{R}$, где R - расстояние до центра ЧД

Тогда потенциальная энергия всех молекул H_2 , попавших в ~~центр~~ ЧД равна

$$E_{\text{пот} \Sigma} = -N G \frac{M m_{\text{Н}_2}}{\bar{R}}, \text{ где } \bar{R} - \text{среднее квадратичное расстояние до центра ЧД}$$

(из распределения Максвелла)

$$\bar{R} = \sqrt{\frac{R_{\Sigma}^2 + R_{\text{грав}}^2}{2}} = \sqrt{\frac{0 + R_{\text{грав}}^2}{2}} = \frac{R_{\text{грав}}}{\sqrt{2}}$$

7) no 3C9

$$\frac{M v_{40}^2}{2} - E_{\text{потен}} = \frac{(M + m_{\text{мол}}) v_{40}^2}{2} \quad - \text{для 4D}$$

$$\frac{M v_{40}^2}{2} - \left(-NG \frac{M m_H}{R} \right) = \frac{(M + m_{\text{мол}}) v_{40}^2}{2} \quad | : 2$$

$$\cancel{M v_{40}^2} + 2n\pi R_{\text{гала}} \left(\frac{4}{3} R_{\text{гала}} + L \right) G \frac{M m_H}{R_{\text{гала}}} \sqrt{2} = \cancel{M v_{40}^2} + m_{\text{мол}} v_{40}^2$$

$$m_{\text{мол}} = \frac{2\sqrt{2} n\pi R_{\text{гала}} \left(\frac{4}{3} R_{\text{гала}} + L \right) G M m_H}{v_{40}^2}$$

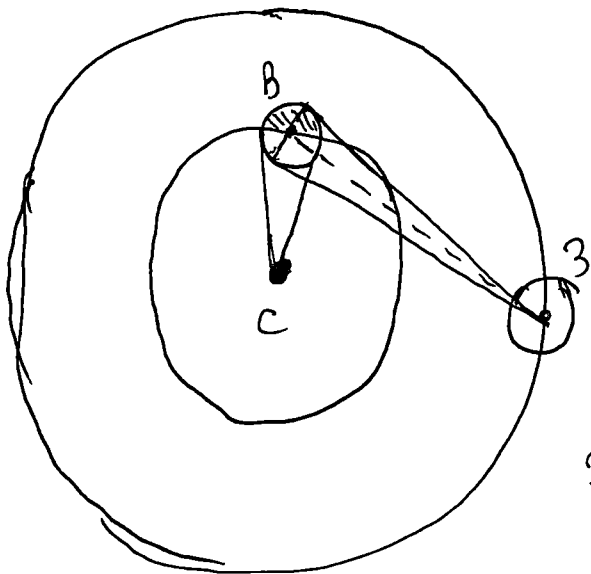
$$m_{\text{мол}} = \frac{2\sqrt{2} \cdot 10^{10} \pi \cdot 300000 \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{100000}{300000} + 9,4608 \cdot 10^{15} \right) 6,6743 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{31} \cdot 0,332 \cdot 10^{-27}}{400 \cdot 10^6}$$

$$m_{\text{мол}} = 279,42 \cdot 10^{15} \text{ кг}$$

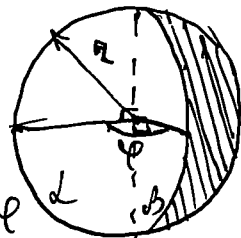
$$\text{Объем } 279,42 \cdot 10^{15} \text{ кг}$$

N°2

Земля (З) и Венера (В) вращаются вокруг Солнца (С) по круговым орбитам $R_З = 147 \cdot 10^6 \text{ км}$, $R_В = 108 \cdot 10^6 \text{ км}$. Пусть эрность обозначается за σ , $\sigma = kS$, где k - коэффициент пропорциональности, а S - освещенная плоскость диска В



Когда мы смотрим на диск Венеры с Земли, то мы видим освещенную и темную часть. Это можно представить в виде пересечения двух плоскостей L и B , проходящих через центр сферы Венеры с радиусом диска Венеры r . А пересекаются эти пл-сти под углом φ .



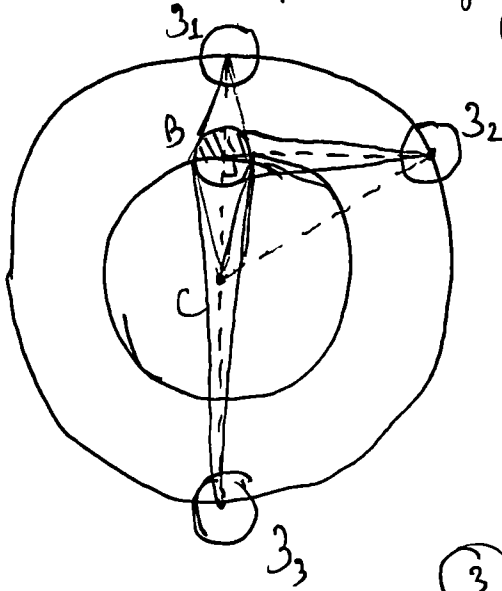
Задача: зависимость площади освещенной части от угла φ

$$S = \pi r^2 \frac{(1 - \cos \varphi)}{2}$$

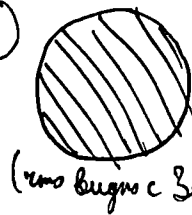
Продолжение на следующем листе $\longrightarrow$

Бланк ответов

Рассмотрим 3 случая расположения Земли относительно Венеры
Самецем можем пренебречь

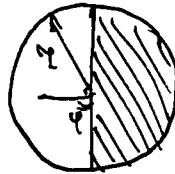


①



минимально возможное расстояние r_1
 $r_1 = R_3 - R_5 = 147 \cdot 10^6 - 108 \cdot 10^6 = 39 \cdot 10^6 \text{ км}$
(что видно с Земли) $\varphi = 0, \cos \varphi = 1 \Rightarrow S = \pi r^2 \cdot \frac{0}{2} = 0, \sigma = 0$

②



Случай, когда площадь освещенной части
равна площади теневой

$$r_2 = \sqrt{R_3^2 - R_5^2} = \sqrt{147^2 \cdot 10^{12} - 108^2 \cdot 10^{12}} = 99,7 \cdot 10^6 \text{ км}$$

$$\varphi = 90^\circ, \cos \varphi = 0 \Rightarrow S = \pi r^2 \cdot \frac{1}{2} = \frac{\pi r^2}{2}, \sigma = \frac{k \pi r^2}{2}$$

③



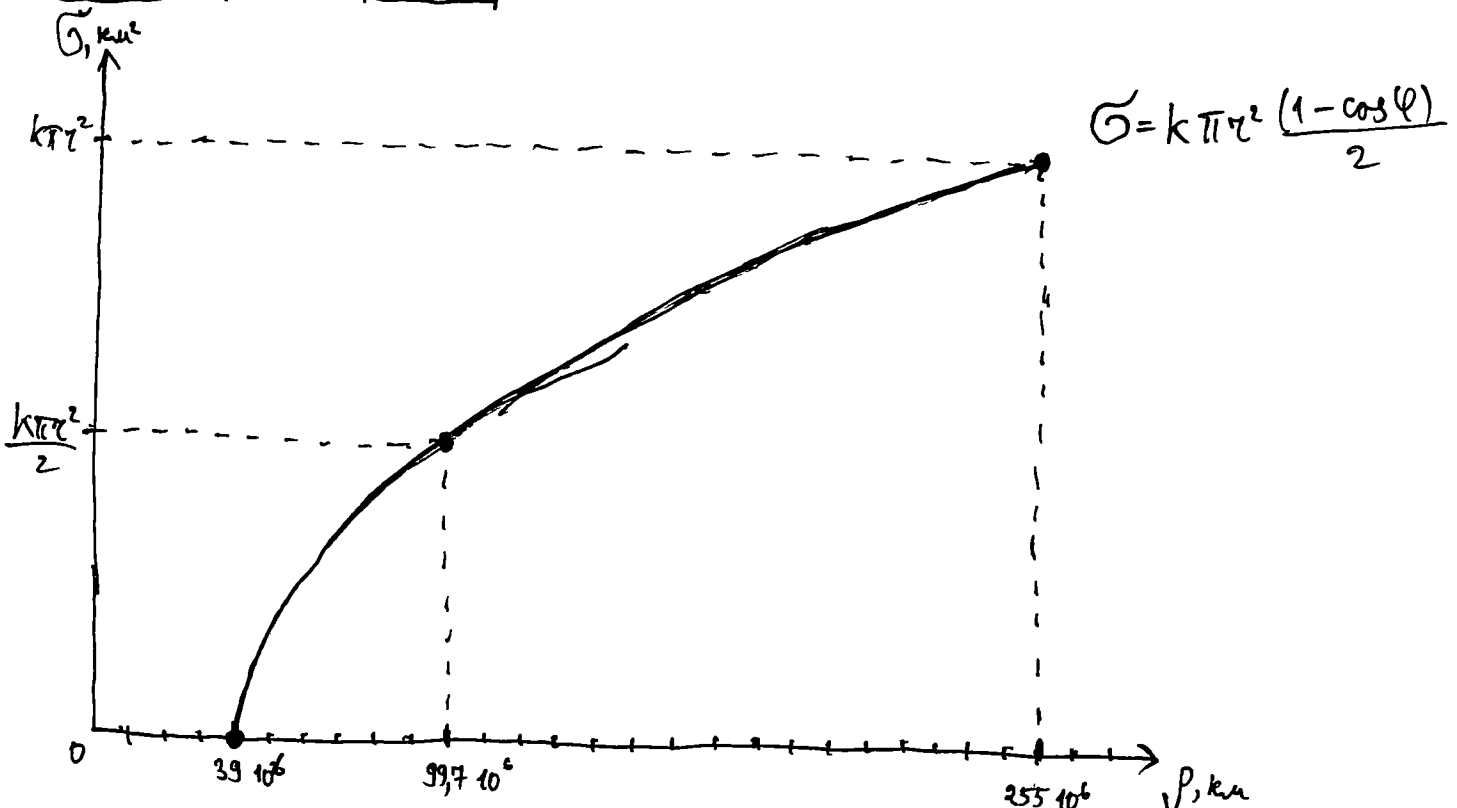
максимально возможное расстояние, когда площадь
диска полностью освещена

$$r_3 = R_3 + R_5 = 147 \cdot 10^6 + 108 \cdot 10^6 = 255 \cdot 10^6 \text{ км}$$

$$\varphi = 180^\circ \Rightarrow \cos \varphi = -1 \Rightarrow S = \pi r^2 \cdot \frac{2}{2} = \pi r^2, \sigma = k \pi r^2$$

Составим данные в таблицу для
постройки графика зависимости яркости Венеры, от её расстояния до Земли

$r \cdot 10^6 \text{ км}$	39	99,7	255
σ	0	$k \frac{\pi r^2}{2}$	$k \pi r^2$



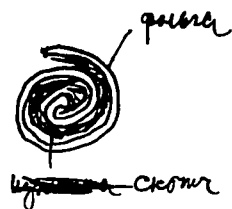
Nº3

Dados
 $\epsilon_b = 1$ $\epsilon_{ar} = 2,25$
 $C_{max} = 0,2 \mu F$

$C_{max} = 2 \mu F$
 $f_0 = 2,854 \cdot 10^6 \text{ Hz}$

$C' = 9$ $C_{max} = 9$
 $\epsilon = 9$

$$1) C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{2,25 \epsilon_0 S}{d} = 19,9215 \frac{S}{d}$$



Бланк ответов

