

От атома до галактики - 2018

# В поисках четвертой красавицы Эйлера

**Авторы:** Филатова Варвара Андреевна, Зверева Полина Олеговна,  
Козин Николай Сергеевич

Г. Москва  
СОШ №1324

**Научный руководитель:** Горелик Иван Юрьевич

- Эйлер утверждал, что давление в центрах Солнца или Земли стремятся к нулю.
- Уравнение гидродинамики, которым пользуются физики, связано с именем Эйлера.
- Вопрос, а каким уравнением гидростатического равновесия пользовался сам Леонард Эйлер.
- Эйлера называют гением, а его утверждение о полой Земле, вызывает усмешку и у простых грешных, и у выдающихся ученых.
- Нашей задачей на будущие годы предстоит найти, а какое же уравнение гидростатического равновесия использовал Леонард Эйлер, если он пришел к таким безумным выводам.

# Леонард Эйлер

- Леонард Эйлер ( 15 апреля 1707, Швейцария – 18 сентября 1783, Российская империя, Санкт-Петербург) — швейцарский, немецкий и российский математик и механик, внёсший фундаментальный вклад в развитие этих наук. Эйлер — автор более чем 850 работ.



# Первая красавица

Тождество Эйлера является следствием формул Эйлера, связывающих экспоненту комплексного числа с тригонометрическими функциями. Эта формула является основной для экспоненциального представления комплексных чисел и формул Муавра для выражения синусов и косинусов кратных углов. Именно это тождество было признано участниками опыта самым красивым.

$$1 + e^{i\pi} = 0$$

Тождество Эйлера

# Вторая красавица

В простейшем случае эта формула связывает между собой количество вершин ( $V$ ), ребер ( $E$ ) и граней ( $F$ ) произвольного выпуклого многогранника.

$$V - E + F = 2$$

Формула для Эйлеровой характеристики

# Третья красавица

Тождество Эйлера является частным случаем, если вместо  $x$  подставить «пи».

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x$$

Формула Эйлера

Мы предполагаем ,что эта формула – 4 красавица Эйлера

$$dp/dr = -\rho * g + 2p/r$$

Где  $2p/r$  – мы назовем слагаемым Эйлера.

# Выводы

- 1. Мы получили расширенную теорему о вириале.
- 2. Мы заметили, что при изменении радиуса температура в центре изменяется во столько же раз, во сколько был изменен радиус. То есть температура обратна пропорциональна радиусу.
- 3. Мы заметили, что при уменьшении градиента температур масса стягивается к центру.
- 4.



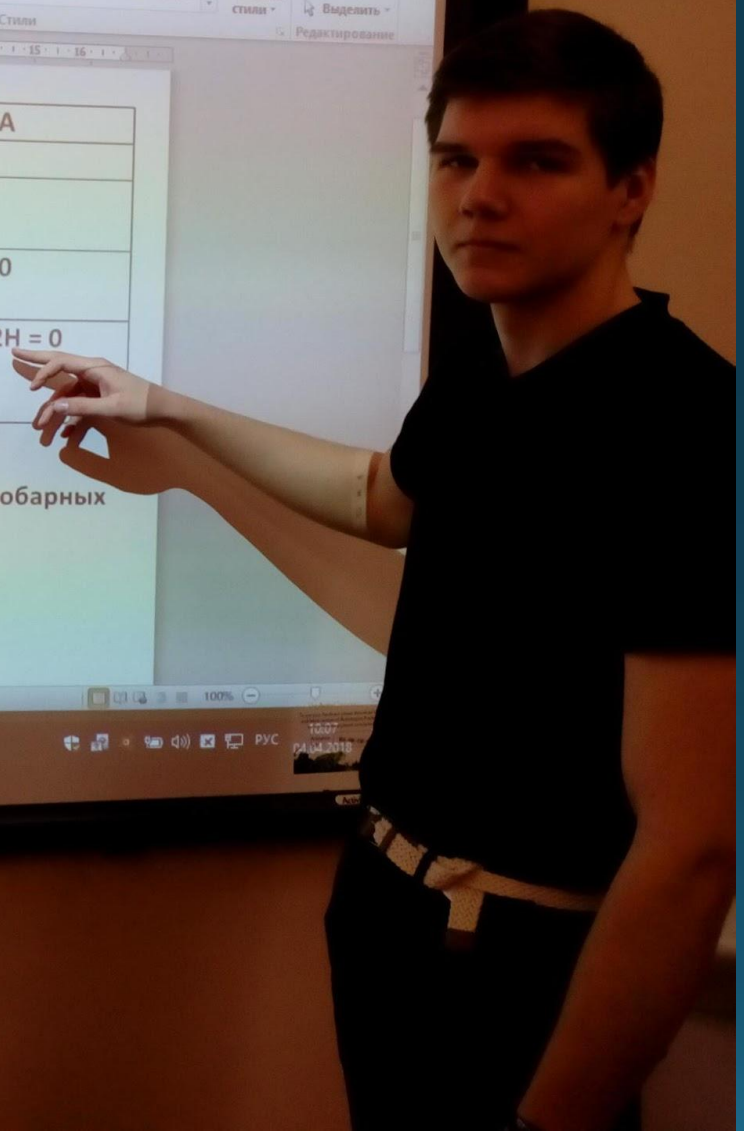
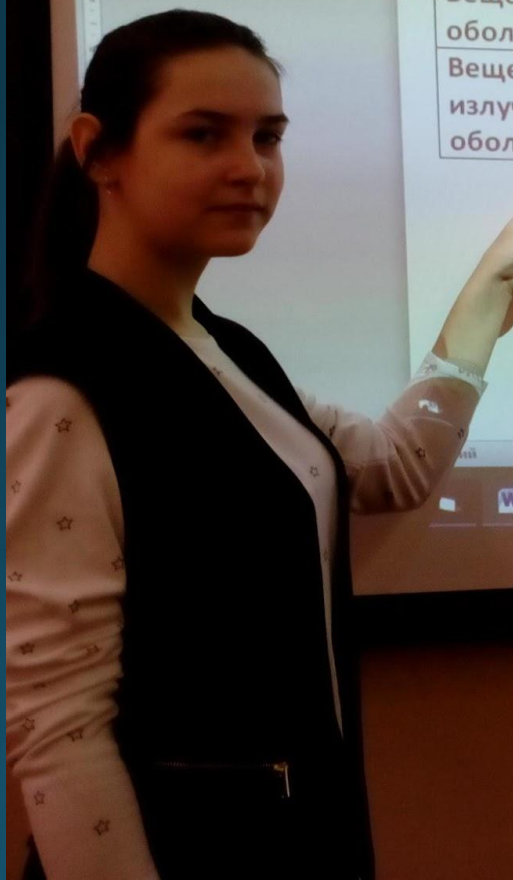
Темы для конференции.docx - Microsoft Word

Calibri (Осно - 18)

	ОБЩЕПРИНЯТОЕ	+ ЭФФЕКТ ЭЙЛЕРА
Вещество	$P + 2U = 0$	$P + 2H = 0$
Вещество + излучение	$P + L + 2U = 0$	$P + L + 2H = 0$
Вещество в оболочке	$P + P_{\text{обол}} + 2U = 0$	$P + P_{\text{обол}} + 2H = 0$
Вещество + излучение в оболочке	$P + P_{\text{обол}} + L + 2U = 0$	$P + P_{\text{обол}} + L + 2H = 0$

— энтальпия, играет роль внутренней энергии в изобарных процессах.

$H = U + pV$ . Сумма полойно  $(dH = dU + pdV)$ .



# Теорема о вириале

	ОБЩЕПРИНЯТОЕ	+ ЭФФЕКТ ЭЙЛЕРА
Вещество	$P + 2U = 0$	$P + 2H = 0$
Вещество + излучение	$P + L + 2U = 0$	$P + L + 2H = 0$
Вещество в оболочке	$P + P_{\text{обол}} + 2U = 0$	$P + P_{\text{обол}} + 2H = 0$
Вещество + излучение в оболочке	$P + P_{\text{обол}} + L + 2U = 0$	$P + P_{\text{обол}} + L + 2H = 0$

$H$  – энтальпия, играет роль внутренней энергии в изобарных процессах.

$H = U + pV$ . Сумма посылно ( $dH = dU + pdV$ ).

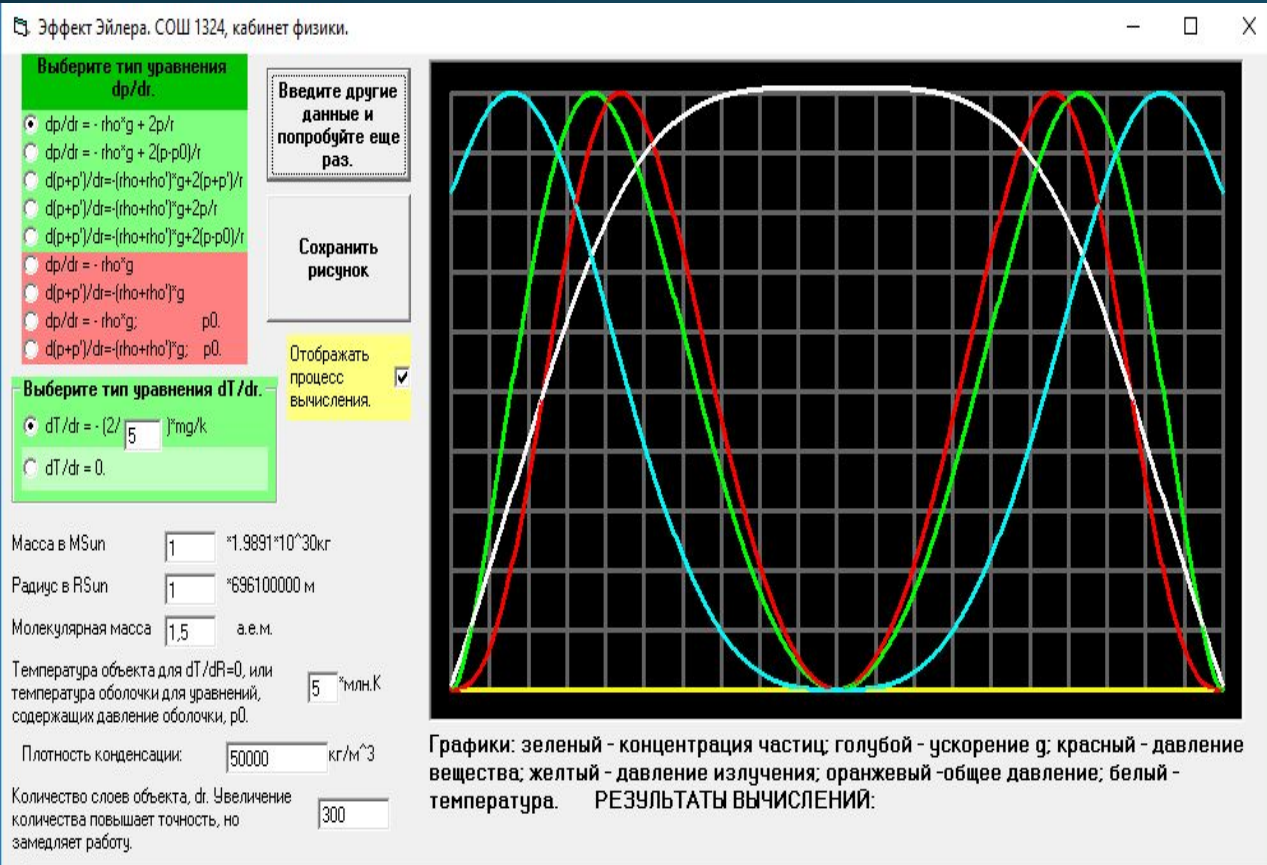
Клаузиус:  $P + 2K = 0$  для звезд.

Перенесено на газ:  $P + 2U = 0$ .



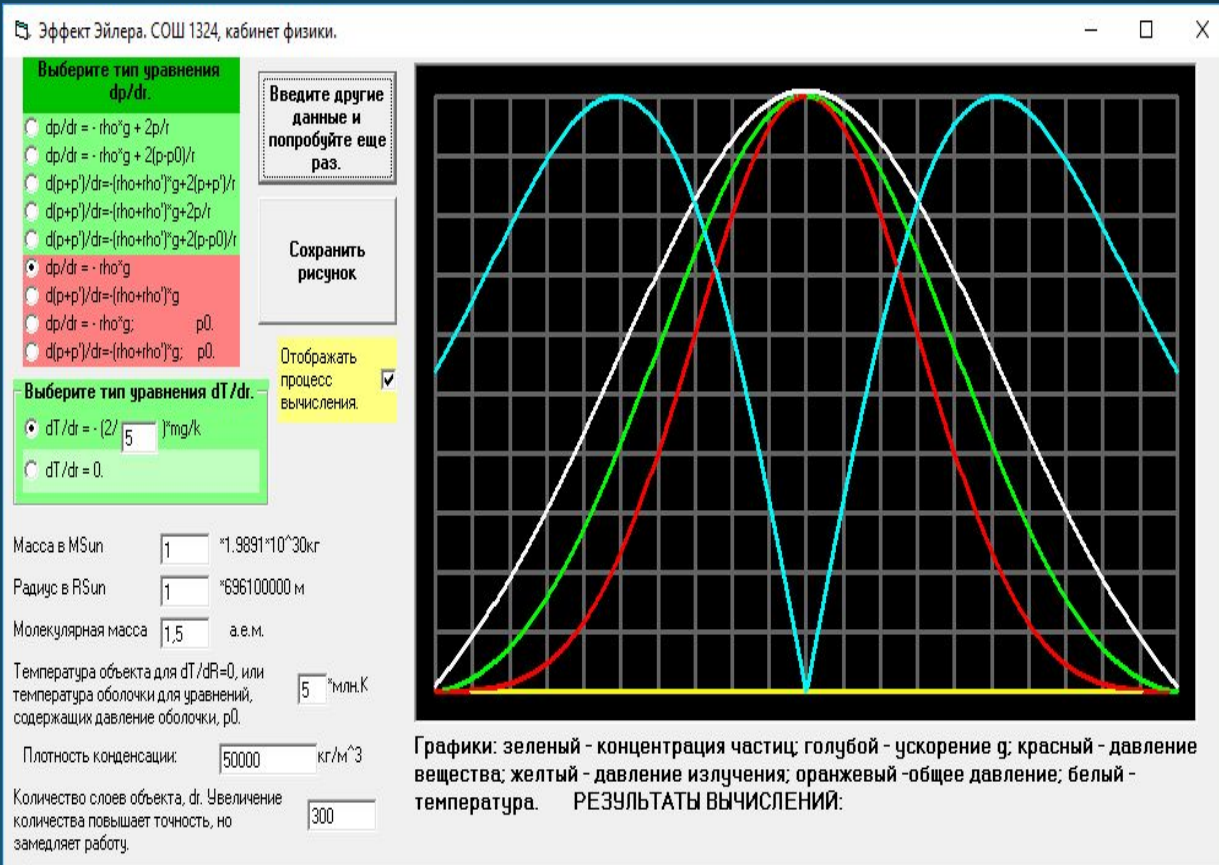
# Новое уравнение гидростатического равновесия для идеального газа

# Стандартное уравнение гидростатического равновесия для идеального газа



Одно из новых вириальных соотношений:  $(-P)/(2N)=1.001112$   
 Следовательно:  $P + 2N = 0$ .  $N=U+pV$  - энтальпия, просуммированная послойно:  $dN=dU+pdV$ .  
 Кин. энергия всех частиц объекта:  $K=7.53172989309068E+40$  Дж. Она же внутренняя энергия газа:  $U=K$ .  
 Грав. потенц. энергия всех частиц:  $P=-2.51336892681412E+41$  Дж.

Температура на глубине  $R/600$  равна 22.93215 тыс.К.  
 Температура в центре,  $T_{max}=7.63925937559346$  млн К.  
 99.99999999942% массы объекта выработано в слое под №300 из 300 заданных.  
 Максимальное давление газа  $8.326262E+08$  атм при  $r=0.56R$ .  
 Максимальная плотность  $m \cdot n=2546.142$  кг/м<sup>3</sup> при  $r=0.63R$ .



Классический вириал:  $-P/(2U)=0.996834$   
 Кин. энергия всех частиц объекта:  $K=1.63135510523216E+41$  Дж. Она же внутренняя энергия газа:  $U=K$ .  
 Грав. потенц. энергия всех частиц:  $P=-3.25238059138617E+41$  Дж.

Температура на глубине  $R/600$  равна 22.93215 тыс.К.  
 Температура в центре,  $T_{max}=18.5837191536931$  млн К.  
 99.999999931058% массы объекта выработано в слое под №300 из 300 заданных.  
 Максимальное давление газа  $8.614789E+09$  атм при  $r=0R$ .  
 Максимальная плотность  $m \cdot n=8446.756$  кг/м<sup>3</sup> при  $r=0R$ .

# Изменение температуры в центре с увеличением радиуса для уравнений с учетом Эйлера

Эффект Эйлера. СОШ 1324, кабинет физики.

Выберите тип уравнения  $dp/dr$ :

- $dp/dr = -\rho \cdot g + 2p/r$
- $dp/dr = -\rho \cdot g + 2(p-p_0)/r$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g + 2(p+p')/r$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g + 2p/r$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g + 2(p-p_0)/r$
- $dp/dr = -\rho \cdot g$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g$
- $dp/dr = -\rho \cdot g$ ;  $p_0$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g$ ;  $p_0$

Введите другие данные и попробуйте еще раз.

Сохранить рисунок

Отображать процесс вычисления.

Выберите тип уравнения  $dT/dr$ :

- $dT/dr = -(2/5) \cdot \text{мг/к}$
- $dT/dr = 0$ .

Масса в MSun:  \*1.9891\*10<sup>30</sup>кг

Радиус в RSun:  \*696100000 м

Молекулярная масса:  а.е.м.

Температура объекта для  $dT/dR=0$ , или температура оболочки для уравнений, содержащих давление оболочки,  $p_0$ :  \*млн.К

Плотность конденсации:  кг/м<sup>3</sup>

Количество слоев объекта,  $dl$ . Увеличение количества повышает точность, но замедляет работу.

Графики: зеленый - концентрация частиц; голубой - ускорение  $g$ ; красный - давление вещества; желтый - давление излучения; оранжевый - общее давление; белый - температура. РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ:

Одно из новых вириальных соотношений:  $(-P)/(2N)=1.001112$   
 Следовательно:  $P + 2N = 0$ .  $N=U+pV$  - энтальпия, просуммированная послойно:  $dN=dU+pdV$ .  
 Кин. энергия всех частиц объекта:  $K=7.53172989309085E+41$ Дж. Она же внутренняя энергия газа:  $U=K$ .  
 Грав. потенц. энергия всех частиц:  $P=-2.51336892681418E+42$ Дж.

Температура на глубине  $R/600$  равна 22.93215 тыс.К.  
 Температура в центре,  $T_{max}=7.63925937663821$  млн К.  
 99.999999999369% массы объекта выработано в слое под №300 из 300 заданных.  
 Максимальное давление газа 8326263атм при  $g=0.56R$ .  
 Максимальная плотность  $m \cdot n=25.46142$ кг/м<sup>3</sup> при  $g=0.63R$ .

Эффект Эйлера. СОШ 1324, кабинет физики.

Выберите тип уравнения  $dp/dr$ :

- $dp/dr = -\rho \cdot g + 2p/r$
- $dp/dr = -\rho \cdot g + 2(p-p_0)/r$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g + 2(p+p')/r$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g + 2p/r$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g + 2(p-p_0)/r$
- $dp/dr = -\rho \cdot g$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g$
- $dp/dr = -\rho \cdot g$ ;  $p_0$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g$ ;  $p_0$

Введите другие данные и попробуйте еще раз.

Сохранить рисунок

Отображать процесс вычисления.

Выберите тип уравнения  $dT/dr$ :

- $dT/dr = -(2/5) \cdot \text{мг/к}$
- $dT/dr = 0$ .

Масса в MSun:  \*1.9891\*10<sup>30</sup>кг

Радиус в RSun:  \*696100000 м

Молекулярная масса:  а.е.м.

Температура объекта для  $dT/dR=0$ , или температура оболочки для уравнений, содержащих давление оболочки,  $p_0$ :  \*млн.К

Плотность конденсации:  кг/м<sup>3</sup>

Количество слоев объекта,  $dl$ . Увеличение количества повышает точность, но замедляет работу.

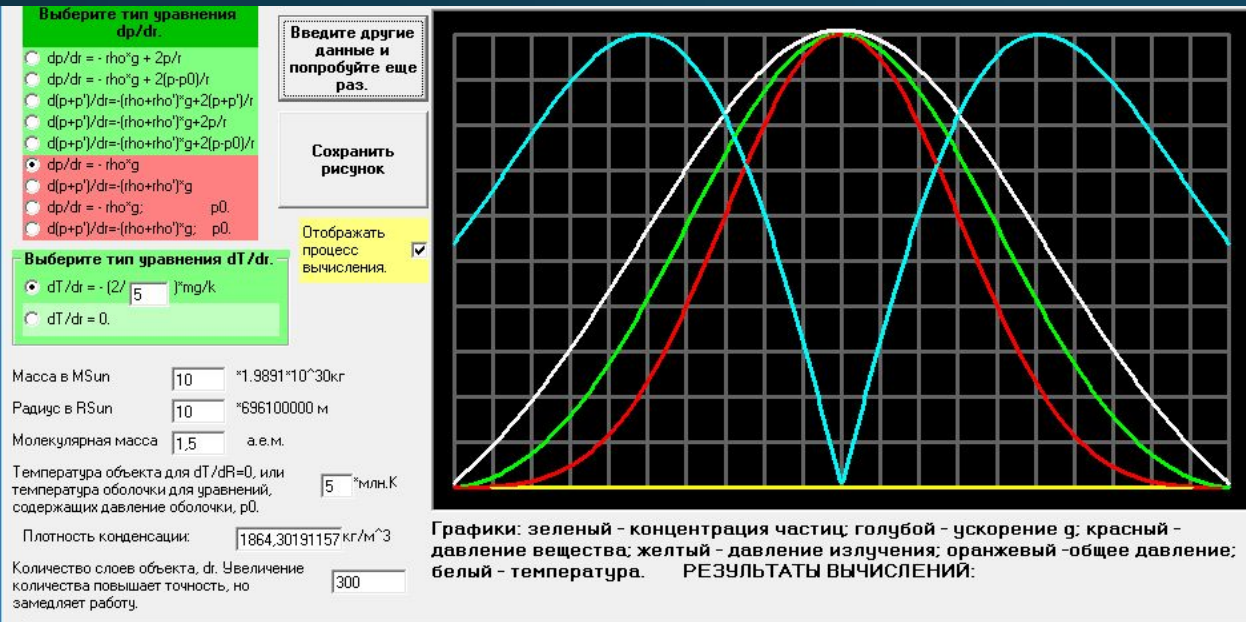
Графики: зеленый - концентрация частиц; голубой - ускорение  $g$ ; красный - давление вещества; желтый - давление излучения; оранжевый - общее давление; белый - температура. РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ:

Одно из новых вириальных соотношений:  $(-P)/(2N)=1.001112$   
 Следовательно:  $P + 2N = 0$ .  $N=U+pV$  - энтальпия, просуммированная послойно:  $dN=dU+pdV$ .  
 Кин. энергия всех частиц объекта:  $K=7.53172989309087E+40$ Дж. Она же внутренняя энергия газа:  $U=K$ .  
 Грав. потенц. энергия всех частиц:  $P=-2.5133689268142E+41$ Дж.

Температура на глубине  $R/600$  равна 2.293215 тыс.К.  
 Температура в центре,  $T_{max}=0.763925937679496$  млн К.  
 99.999999999362% массы объекта выработано в слое под №300 из 300 заданных.  
 Максимальное давление газа 832.6263атм при  $g=0.56R$ .  
 Максимальная плотность  $m \cdot n=2.546142E-02$ кг/м<sup>3</sup> при  $g=0.63R$ .

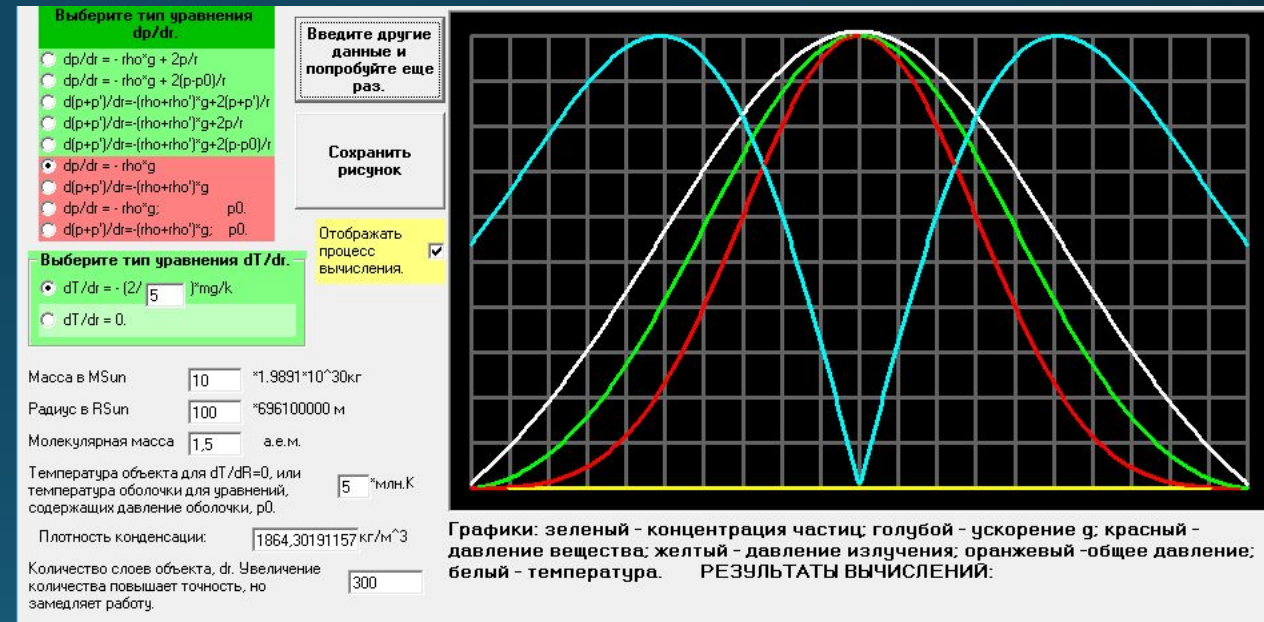


# Изменение температуры в центре с увеличением радиуса для общепринятых уравнений



Классический вириал:  $-P/(2U)=0.996834$   
 Кин. энергия всех частиц объекта:  $K=1.63135523746367E+42$  Дж. Она же внутренняя энергия газа:  $U=K$ .  
 Грав. потенц. энергия всех частиц:  $P=-3.25238085281059E+42$  Дж.

Температура на глубине  $R/600$  равна 22.93215 тыс.К.  
 Температура в центре.  $T_{max}=18.5848833656112$  млн К.  
 99.9999938840374% массы объекта выработано в слое под №300 из 300 заданных.  
 Максимальное давление газа  $8.616137E+07$  атм при  $r=0R$ .  
 Максимальная плотность  $m \cdot n = 84.47549$  кг/м<sup>3</sup> при  $r=0R$ .



Классический вириал:  $-P/(2U)=0.996834$   
 Кин. энергия всех частиц объекта:  $K=1.6313552374637E+41$  Дж. Она же внутренняя энергия газа:  $U=K$ .  
 Грав. потенц. энергия всех частиц:  $P=-3.25238085281065E+41$  Дж.

Температура на глубине  $R/600$  равна 2.293215 тыс.К.  
 Температура в центре.  $T_{max}=1.85848833656718$  млн К.  
 99.9999938840371% массы объекта выработано в слое под №300 из 300 заданных.  
 Максимальное давление газа  $8616.137$  атм при  $r=0R$ .  
 Максимальная плотность  $m \cdot n = 8.447549E-02$  кг/м<sup>3</sup> при  $r=0R$ .

# Стягивание массы при уменьшении градиента температур с учетом Эйлера

Эффект Эйлера. СОШ 1324, кабинет физики.

**Выберите тип уравнения dp/dr.**

- $dp/dr = -\rho \cdot g + 2p/r$
- $dp/dr = -\rho \cdot g + 2(p-p_0)/r$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g + 2(p+p')/r$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g + 2p/r$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g + 2(p-p_0)/r$
- $dp/dr = -\rho \cdot g$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g$
- $dp/dr = -\rho \cdot g; \quad p_0.$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g; \quad p_0.$

**Введите другие данные и попробуйте еще раз.**

**Сохранить рисунок**

**Выберите тип уравнения dT/dr.**

- $dT/dr = -(2/5) \cdot mg/k$
- $dT/dr = 0.$

Масса в MSun:  \*1.9891\*10<sup>30</sup>кг

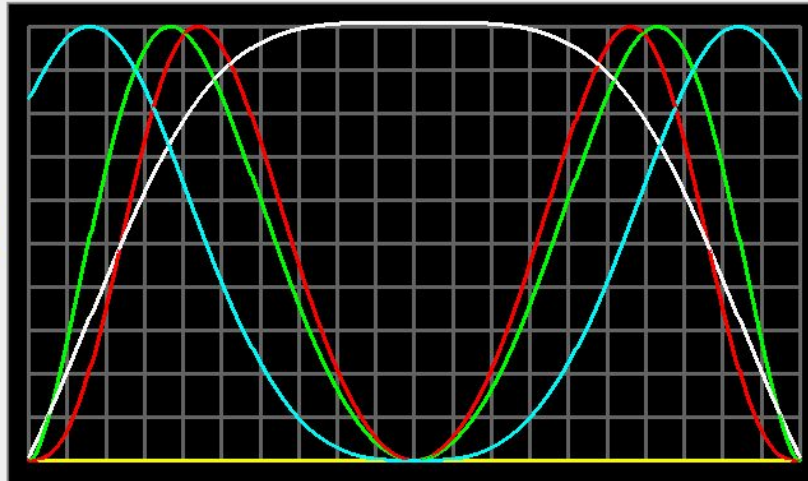
Радиус в RSun:  \*696100000 м

Молекулярная масса:  а.е.м.

Температура объекта для dT/dR=0, или температура оболочки для уравнений, содержащих давление оболочки, p0.  \*млн.К

Плотность конденсации:  кг/м<sup>3</sup>

Количество слоев объекта, dr. Увеличение количества повышает точность, но замедляет работу.



Графики: зеленый - концентрация частиц; голубой - ускорение g; красный - давление вещества; желтый - давление излучения; оранжевый - общее давление; белый - температура. РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ:

**Выберите тип уравнения dp/dr.**

- $dp/dr = -\rho \cdot g + 2p/r$
- $dp/dr = -\rho \cdot g + 2(p-p_0)/r$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g + 2(p+p')/r$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g + 2p/r$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g + 2(p-p_0)/r$
- $dp/dr = -\rho \cdot g$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g$
- $dp/dr = -\rho \cdot g; \quad p_0.$
- $d(p+p')/dr = -(\rho + \rho') \cdot g; \quad p_0.$

**Введите другие данные и попробуйте еще раз.**

**Сохранить рисунок**

**Выберите тип уравнения dT/dr.**

- $dT/dr = -(2/10) \cdot mg/k$
- $dT/dr = 0.$

Масса в MSun:  \*1.9891\*10<sup>30</sup>кг

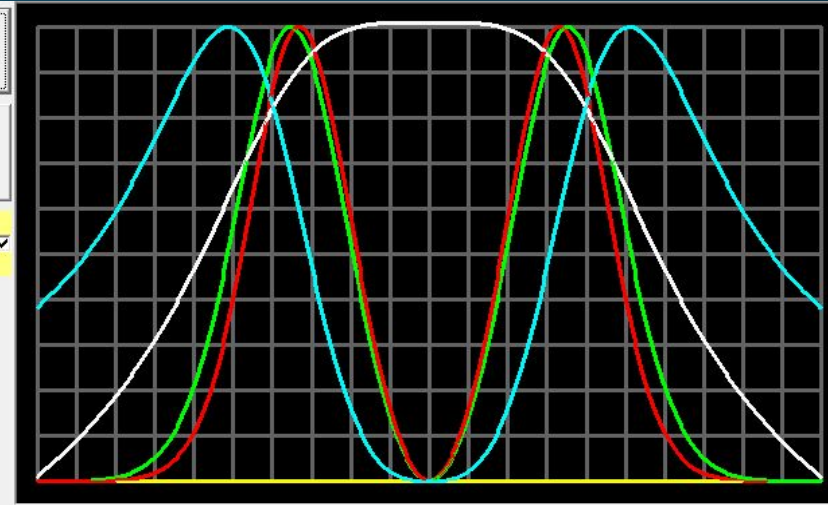
Радиус в RSun:  \*696100000 м

Молекулярная масса:  а.е.м.

Температура объекта для dT/dR=0, или температура оболочки для уравнений, содержащих давление оболочки, p0.  \*млн.К

Плотность конденсации:  кг/м<sup>3</sup>

Количество слоев объекта, dr. Увеличение количества повышает точность, но замедляет работу.



Графики: зеленый - концентрация частиц; голубой - ускорение g; красный - давление вещества; желтый - давление излучения; оранжевый - общее давление; белый - температура. РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ:

Одно из новых вириальных соотношений:  $(-P)/(2H)=1.001675$   
 Следовательно:  $P + 2H = 0$ .  $H=U+pV$  - энтальпия, просуммированная послойно:  $dH=dU+pdV$ .  
 Кин. энергия всех частиц объекта:  $K=1.12604434546654E+41$  Дж. Она же внутренняя энергия газа:  $U=K$ .  
 Грав. потенц. энергия всех частиц:  $P=-3.75976797616117E+41$  Дж.

Температура на глубине  $R/600$  равна 11.46607 тыс.К.  
 Температура в центре.  $T_{max}=9.73327709546098$  млн К.  
 99.999999994746% массы объекта выработано в слое под №300 из 300 заданных.  
 Максимальное давление газа  $4.377841E+09$  атм при  $g=0.3333333R$ .  
 Максимальная плотность  $m^*n=9231.604$  кг/м<sup>3</sup> при  $g=0.3533333R$ .

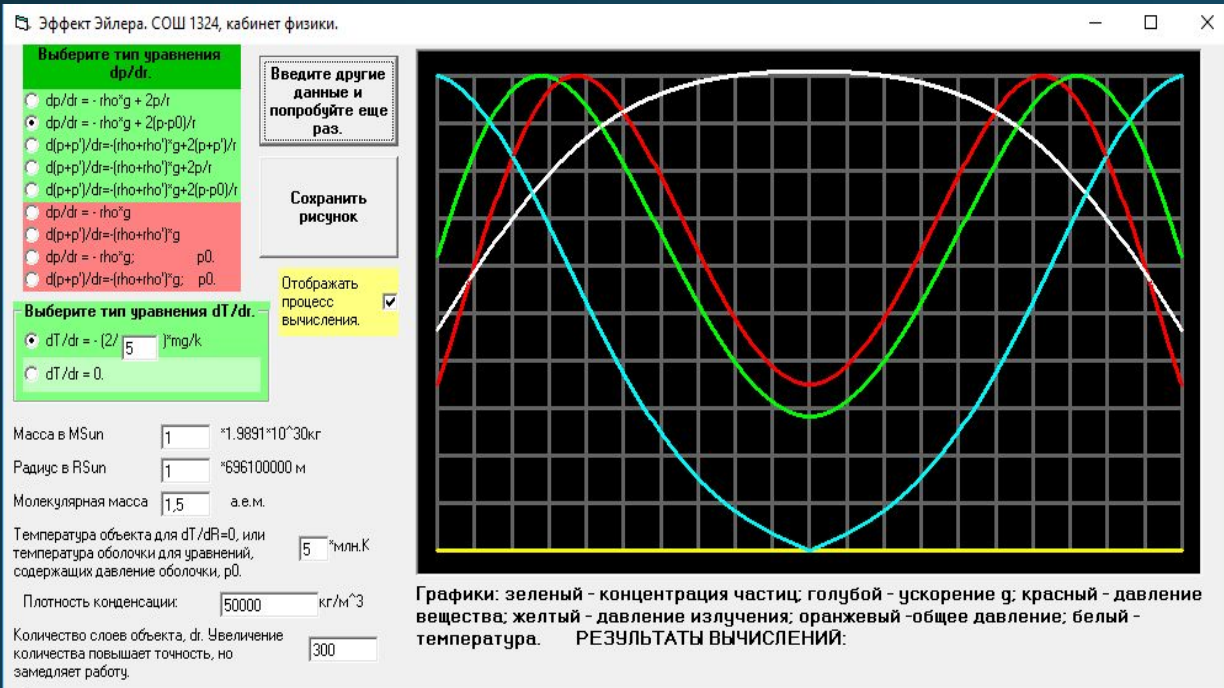
Одно из новых вириальных соотношений:  $(-P)/(2H)=1.001112$   
 Следовательно:  $P + 2H = 0$ .  $H=U+pV$  - энтальпия, просуммированная послойно:  $dH=dU+pdV$ .  
 Кин. энергия всех частиц объекта:  $K=7.53172989309068E+40$  Дж. Она же внутренняя энергия газа:  $U=K$ .  
 Грав. потенц. энергия всех частиц:  $P=-2.51336892681412E+41$  Дж.

Температура на глубине  $R/600$  равна 22.93215 тыс.К.  
 Температура в центре.  $T_{max}=7.63925937559346$  млн К.  
 99.99999999942% массы объекта выработано в слое под №300 из 300 заданных.  
 Максимальное давление газа  $8.326262E+08$  атм при  $g=0.56R$ .  
 Максимальная плотность  $m^*n=2546.142$  кг/м<sup>3</sup> при  $g=0.63R$ .



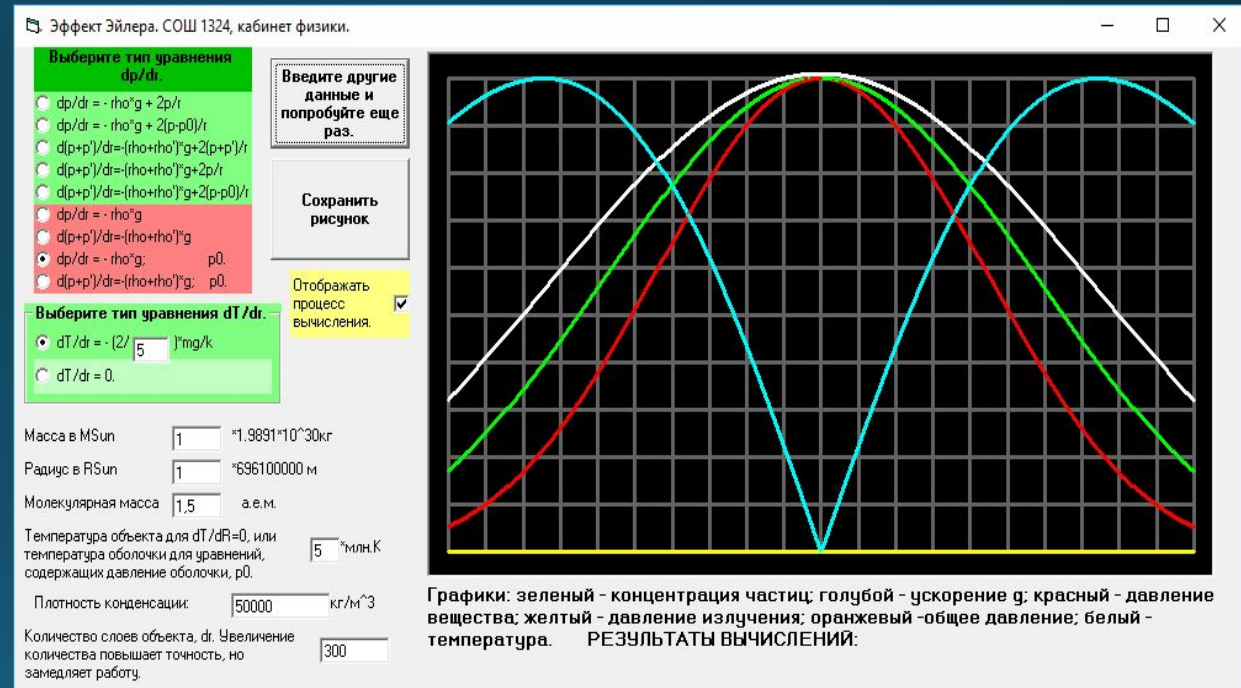
# Новое уравнение с учётом оболочки

# Стандартное уравнение с учётом оболочки



Одно из новых вириальных соотношений:  $-\rho/(2H-2H_0)=1,001051$   
 Следовательно:  $P + P_{обол} + 2H = 0$ .  $P_{обол} = -2H_0$ .  $H=U+pV$  - энтальпия, просуммированная по слою:  $dH=dU+pdV$   
 Кин. энергия всех частиц объекта:  $K=1,28348082134897E+41$ Дж. Она же внутренняя энергия газа:  $U=K$ .  
 Грав. потенц. энергия всех частиц:  $P=-2,26817032789024E+41$ Дж.

Температура на глубине  $R/600$  равна 5022,932 тыс.К.  
 Температура в центре,  $T_{max}=10,9837743067625$  млн К.  
 99,9999999510937% массы объекта выработано в слое под №300 из 300 заданных.  
 Максимальное давление газа 8,068714E+08атм при  $r=0,6233333R$ .  
 Максимальная плотность  $m \cdot n=1659,75$ кг/м<sup>3</sup> при  $r=0,72R$ .

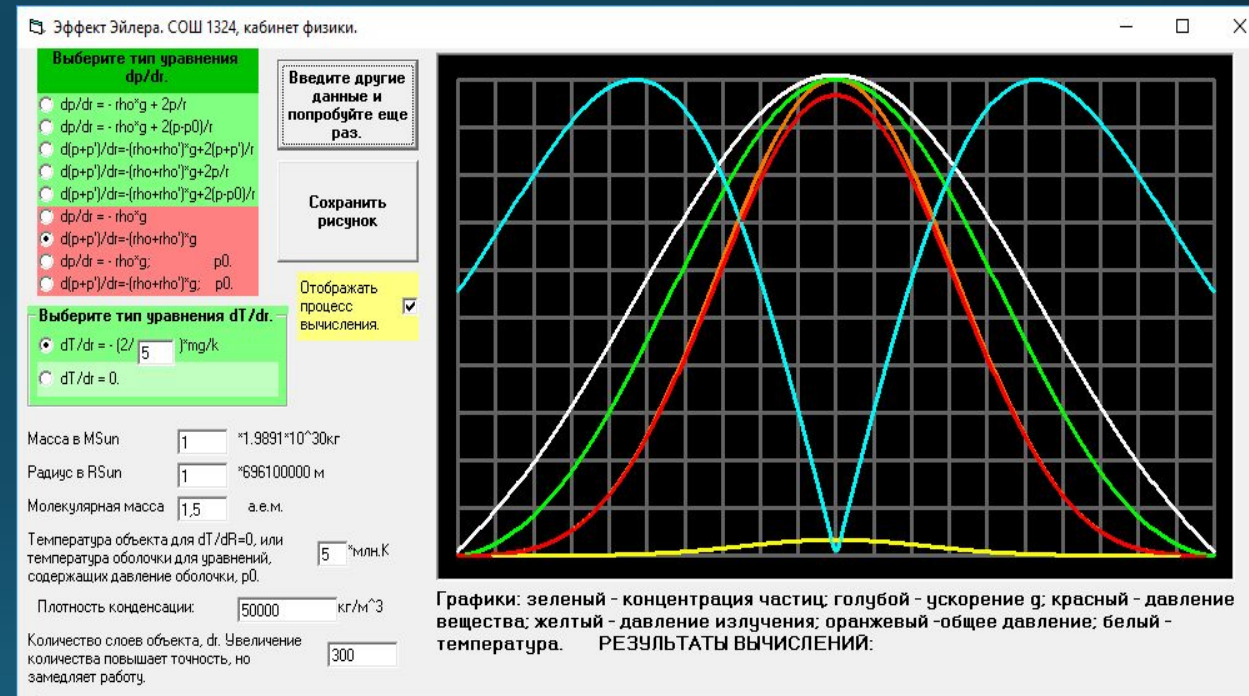
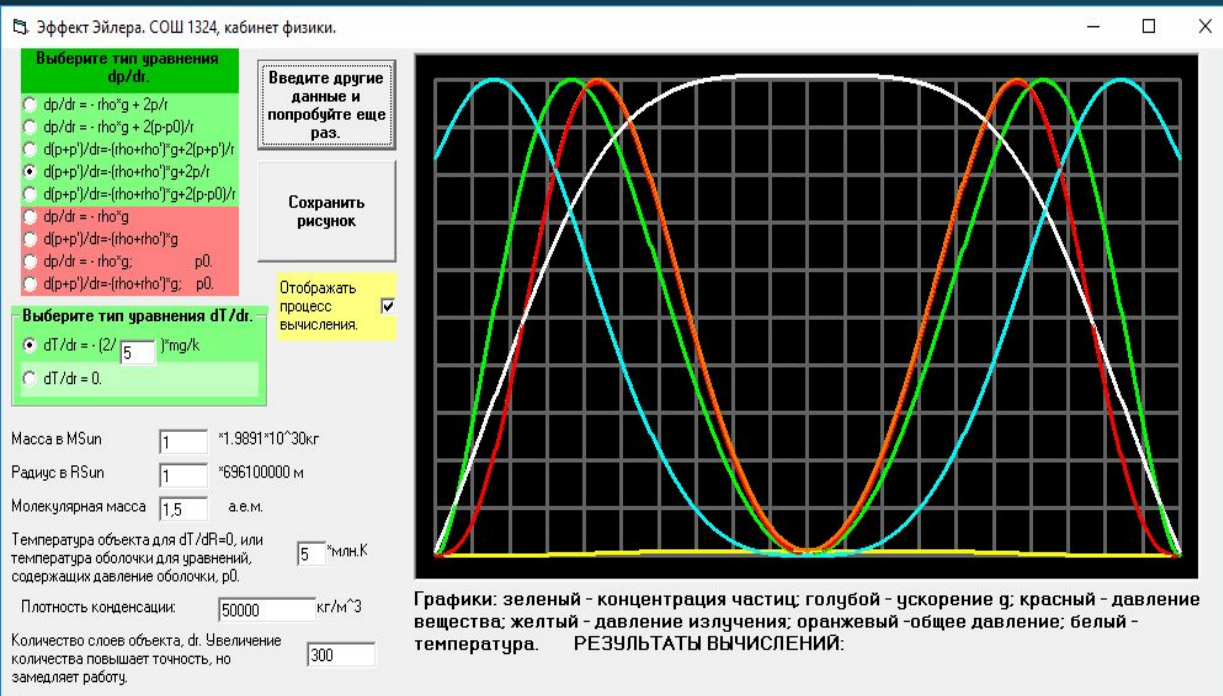


Одно из новых вириальных соотношений:  $-\rho/(2U-2U_0)=0,9975771$   
 Следовательно:  $P + P_{обол} + 2U = 0$ .  $P_{обол} = -2U_0$ .  
 Кин. энергия всех частиц объекта:  $K=1,63625634631994E+41$ Дж. Она же внутренняя энергия газа:  $U=K$ .  
 Грав. потенц. энергия всех частиц:  $P=-2,5684878412394E+41$ Дж.

Температура на глубине  $R/600$  равна 5022,932 тыс.К.  
 Температура в центре,  $T_{max}=16,0804794661811$  млн К.  
 99,9999991767373% массы объекта выработано в слое под №300 из 300 заданных.  
 Максимальное давление газа 3,059286E+09атм при  $r=0R$ .  
 Максимальная плотность  $m \cdot n=3466,563$ кг/м<sup>3</sup> при  $r=0R$ .

# Ассиметричное уравнение в последнем слагаемом нет $p'$

# Стандартное уравнение с учётом излучения



Одно из новых вириальных соотношений:  $(-P-L)/(2H)=1,001103$   
 Следовательно:  $P + L + 2H = 0$ .  $H=U+pV$  - энтальпия, просуммированная послойно:  $dH=dU+pdV$ .  
 Кин. энергия всех частиц объекта:  $K=7,50424959918926E+40$ Дж. Она же внутренняя энергия газа:  $U=K$ .  
 Грав. потенц. энергия всех частиц:  $P=-2,51105112083077E+41$ Дж.  
 Энерг.излучения,внутри\_объекта:  $L=6,87550698800315E+38$ Дж.

Температура на глубине  $R/600$  равна 22,93215 тыс.К.  
 Температура в центре,  $T_{max}=7,61039788167294$  млн К.  
 99,999999999628% массы объекта выработано в слое под №300 из 300 заданных.  
 Максимальное давление газа 8,309999E+08атм при  $r=0,56R$ .  
 Максимальная плотность  $m \cdot n=2542,559$ кг/м<sup>3</sup> при  $r=0,6333333R$ .

Одно из новых вириальных соотношений:  $(-P-L)/(2U)=0,9968299$   
 Следовательно:  $P + L + 2U = 0$ .  
 Кин. энергия всех частиц объекта:  $K=1,58317246672686E+41$ Дж. Она же внутренняя энергия газа:  $U=K$ .  
 Грав. потенц. энергия всех частиц:  $P=-3,21193148968692E+41$ Дж.  
 Энерг.излучения,внутри\_объекта:  $L=5,56240831041178E+39$ Дж.

Температура на глубине  $R/600$  равна 22,93215 тыс.К.  
 Температура в центре,  $T_{max}=18,0253352970425$  млн К.  
 99,9999941705449% массы объекта выработано в слое под №300 из 300 заданных.  
 Максимальное давление газа 7,978735E+09атм при  $r=0R$ .  
 Максимальная плотность  $m \cdot n=7798,986$ кг/м<sup>3</sup> при  $r=0R$ .



# Новое уравнение с учётом излучения и оболочки

# Стандартное уравнение с учетом излучения и оболочки

