**Задание 1  
Расчет и визуализация теплового режима космического аппарата**

**航天器热状态的计算和可视化**

1. **Общая постановка задачи**

В предлагаемой упрощенной методике теплового расчета космический аппарат (КА) представляется моделью в виде совокупности конечных элементов (КЭ или просто элементов), каждый из которых имеет по своему объему температуру . Элементы обмениваются теплом друг с другом и с внешней средой, что обеспечивается теплопроводностью материалов, тепловым излучением и массопереносом – циркуляцией теплоносителя в гидравлических контурах, тепловыми трубами и вентиляцией.

在所提出的简化热计算方法中，航天器（SC）由一组有限元（FE或简单元）形式的模型表示，每个有限元具有温度的体积。 这些元件相互之间以及与外部环境进行热交换，这是由材料的导热性、热辐射和质量传递——液压回路、热管和通风系统中的冷却剂循环来确保的。

Ключевым уравнением при решении задачи является уравнение теплового баланса конечного элемента, которое устанавливает, что рост его тепловой энергии равен сумме входящих и выходящих потоков тепла:

解决该问题的关键方程是有限元的热平衡方程，该方程确定其热能的增长等于传入和传出热通量的总和：

где

* - тепловой поток от -го элемента к -му элементу за счет теплопроводности, коэффициент тепловой связи , - площадь сечения, разделяющего -ый и -ый КЭ, - коэффициент теплопроводности материала на границе двух КЭ; ;
* Q\_{ij}^{TC}=-k\_{ij}(T\_j-T\_i) - 由于热导率从第 j 个单元到第 i 个单元的热流，热耦合系数 k\_{ij}={\lambda\_ {ij} S}\_{ij} , S\_{ij} - 第 i 个和第 j 个 FE 的截面积，λ\_{ij} - 两个 FE 边界处材料的导热系数； Q\_{ij}^{TC}=Q\_{ji}^{TC};
* - полный поток теплового излучения поверхности конечного элемента, вычисляемый по закону Стефана-Больцмана, здесь - степень черноты (коэффициент излучения) серого тела, - площадь поверхности элемента, - постоянная Стефана-Больцмана; знак минус в формуле присутствует в связи с принятым соглашением о том, что выходящий поток энергии имеет отрицательную величину;
* Q\_i^E=-\varepsilon\_iS\_iC\_0\left(\frac{T\_i}{100}\right)^4 是有限元表面的总热辐射通量，根据 Stefan-Boltzmann 定律计算，这里 \varepsilon\_i 是度数灰体的发射率（emissivity），S\_i-元素表面积，C\_0=5.67- Stefan-Boltzmann常数； 公式中的减号表示输出能量流为负值的公认协议；
* - поток тепла, получаемый или отдаваемые КЭ за счет внутреннего источника (представляет собой некоторую заданную функцию).
* Q\_i^R\left(t\right) 是有限元由于内部源而接收或放出的热通量（它是某个给定的函数）。

1. **Постановка задачи по численной реализации**Написать программу на языке python, которая будет осуществлять загрузку модели в формате .obj и тепловой расчет в соответствии с общей постановкой задачи:

**编写一个python程序，将加载.obj格式的模型并按照问题的一般陈述进行热计算：**

* 1. На вход поступает .obj файл, в котором уже произведено разделение на КЭ. Каждый объект/геометрия соответствует одному КЭ. Необходимо загрузить файл и по представленной в нем информации определить КЭ.
  2. По представленной提供的 в варианте модели определить параметры , .
  3. По заданной в варианте задания информации проинициализировать параметры, отвечающие тепловым характеристикам КЭ: , , ,:
     1. Сохранить указанные выше параметры в .csv или .json файл
     2. Реализовать возможность выбора расположения файла с указанными тепловыми характеристиками из меню пользовательского интерфейса. 2.3.2. 实现从用户界面菜单中选择具有指定热特性的文件位置的功能。
     3. Считать значения из файла и проинициализировать параметры.
  4. Задать общее время теплового расчета (\*или реализовать возможность бесконечного расчетного времени) 2.4. 设置总热计算时间（\*或启用无限计算时间）
  5. С помощью scipy.odeint решать систему ОДУ последовательно на каждом небольшом временном отрезке из общего времени.
  6. В качестве начальных значений температур взять стационарные решения полученной системы ОДУ.
  7. Параллельно тепловому расчету проводить визуализацию температур КЭ: отображать colorbar с минимальной и максимальной температурами и для каждого КЭ отображать его температуру цветом на основе colorbar’а.
  8. Параллельно тепловому расчету сохранять значение температур КЭ и время, в которое оно было получено, в .csv файл.
  9. По окончании расчета по полученному .csv файлу со значениями температур КЭ и времени построить графики изменения температур КЭ в зависимости от времени. 2.9。 计算结束时，根据收到的带有CE温度和时间值的.csv文件，绘制CE温度随时间变化的曲线图。
  10. В пользовательском интерфейсе программы реализовать меню «Настройки» с выбором

2.10。 在程序的用户界面中，使用选项实现“设置”菜单

* + 1. расположения .csv файла со значениями температур КЭ в системе,
    2. .csv/.json файла с температурными коэффициентами,
    3. общим временем теплового расчета или вариантом бесконечного расчет времени
    4. другими параметрами