**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T\_i,i=¯(1,N ) 在其体积中。 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=〖λ\_ij S〗\_ij , S\_ij- 分离单元的截面积i-th和j-th FE，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=-ε\_i S\_i C\_0 (T\_i/100)^4是有限元表面的总热辐射通量，根据Stefan-Boltzmann定律计算，这里ε\_i是灰体的发射率（发射率）程度，S\_i为元素的表面积，C\_0 \u003d 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 (t) 是由于内部源（代表某个给定函数）而由 CE 接收或放出的热通量。**

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.

**2.1。 输入是一个 .obj 文件，该文件已经被划分为 FE。 每个对象/几何图形对应一个 FE。 有必要使用其中提供的信息加载文件并确定 CE。**

* 1. По представленной в варианте модели определить параметры , .

**2.2 根据变体中提供的模型，确定参数 S\_i、S\_ij。**

* 1. По заданной в варианте задания информации проинициализировать параметры, отвечающие тепловым характеристикам КЭ: , , ,:

**2.3根据设置选项中指定的信息，初始化CE的热特性对应的参数：**

* + 1. Сохранить указанные выше параметры в .csv или .json файл

**2.3.1。 将上述选项保存到 .csv 或 .json 文件**

* + 1. 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。**

* + 1. Считать значения из файла и проинициализировать параметры.

2.3.3。 从文件中读取值并初始化参数。

* 1. 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）**

* 1. С помощью scipy.odeint решать систему ОДУ последовательно на каждом небольшом временном отрезке из общего времени.

**2.5. 使用 scipy.odeint，在总时间的每个小时间间隔上按顺序求解 ODE 系统。**

* 1. В качестве начальных значений температур взять стационарные решения полученной системы ОДУ.

**2.6. 取得到的 ODE 系统的平稳解作为温度的初始值。**

* 1. 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.

**2.7. 在热计算的同时，可视化 FE 的温度：显示具有最低和最高温度的颜色条，并且对于每个 FE，使用基于颜色条的颜色显示其温度。**

* 1. Параллельно тепловому расчету сохранять значение температур КЭ и время, в которое оно было получено, в .csv файл.

**2.8. 在进行热计算的同时，将 FE 的温度值及其接收时间保存在 .csv 文件中。**

* 1. 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。**

* 1. 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,

**2.10.1。 系统中带有 PQ 温度值的 .csv 文件的位置，**

* + 1. .csv/.json файла с температурными коэффициентами,

**2.10.2。 带有温度系数的 .csv/.json 文件，**

* + 1. общим временем теплового расчета или вариантом бесконечного расчет времени

**2.10.3。 总热量计算时间或无限时间计算选项**

* + 1. другими параметрами