

Кафедра общей и теоретической физики

Селиверстов Александр¹

Построение 3D-карты эффективной температуры поверхности Марса по данным наблюдений его полярных шапок

(научно-исследовательская работа)

Аннотация

В данной работе сформулирован простейший теоретический алгоритм определения эффективной температуры поверхности планеты. Для этого решена задача об определении полярных углов точек орбиты, соответствующих летним солнцестояниям в южном и северном полушариях. Выполнен расчет угла падения светового луча, как функции географической широты местности, часового угла и полярного угла положения планеты на орбите. Разработаны два вспомогательных алгоритма определения географических широт границ северной и южной полярных шапок Марса. Вычислен эффективный показатель преломления грунта поверхности планеты. Выражение для эффективной температуры точки поверхности планеты представлено в компактном аналитическом виде. Построена новая компьютерная программа 3DMSET-M[2008] для быстрого создания 3D-карты эффективной температуры Марса.

Комментарии: работа выполнена под научным руководством старшего преподавателя кафедры общей и теоретической физики СамГУ, к.ф.-м.н., Филиппова Ю.П.² и отмечена на итоговой научно-практической конференции учащихся Самарской областной физико-математической школы в 2009 г дипломом победителя первой степени.



Работа выставлена на **ASTRODROME**: 27.03.2009

¹E-mail:

²E-mail:yuphil@ssu.samara.ru

Оглавление

Введение	3
1 Современные представления о природе Марса	8
1.1 Основные сведения о Марсе	8
1.2 Атмосфера и климат Марса	12
1.3 Внутреннее строение и рельеф планеты	14
1.4 Природа полярных шапок	18
2 Алгоритм построения 3D-карты	23
2.1 Определение полярных углов точек орбиты, соответствующих летним солнцесостояниям	23
2.2 Определение угла падения светового луча на поверхность планеты	25
2.3 Уравнение теплового баланса и коэффициент отражения	27
2.4 Определение географических широт границ северной и южной полярных шапок Марса	29
2.5 Определение эффективного показателя преломления поверхно- сти Марса	30
2.6 Построение 3D-карты. Визуализация результатов	31
Заключение	35
Литература	37

Введение



Рис. 1. Планета Марс.

Актуальность работы. *Марс* – это четвертая по удаленности от Солнца планета Солнечной системы. Как небесное тело, Марс был известен людям тысячи лет назад. Свое современное название эта планета получила еще во времена Древнего Рима в честь кровожадного бога войны. Причиной тому стал ее красный цвет, который ассоциировался с разрушениями и кровью. Человечество стало проявлять особый интерес к этой планете с появлением на свет первых измерительных приборов, способных помочь человеку рассмотреть

небесные тела и их движение более подробно [1].

Первым, кто с помощью точнейшего по тем временам прибора – секстанта обнаружил несоответствие движения Марса с уже имеющимися на тот момент системами движения планет, сформулированными Птолемеем и Коперником, был датский астроном Тихо Браге. Произошло это в 80-х годах XVI века.

Дальнейшее изучение, основанное на наблюдениях Браге, продолжил Иоганн Кеплер, который с помощью расчетов в 1605 году показал, что орбита Марса является эллипсом, в одном из фокусов которого находится Солнце.

Одним из первых, кто наблюдал планету в телескоп, был Г. Галилей, который установил, что Марс имеет шарообразную форму. Регулярные телескопические наблюдения планеты были начаты во второй половине XVII века, которые дали возможность определить характерные черты поверхности планеты и установить величину периода его вращения вокруг собственной оси ($T_M = 24$ часа 40 мин). В 1704 году были обнаружены полярные шапки, предположительно состоящие из льда и снега, а уже в 1837-м – составлены

первые карты.

В 1877 году итальянский астроном Дж. Скиапарелли обнаружил на поверхности планеты прямолинейные участки, которые он принял за рукотворные сооружения и назвал "каналами". Это дало повод думать, что на Марсе существует (или существовала в прошлом) разумная жизнь. Было обнаружено большое разнообразие форм рельефа Марса: кратеры, сухие русла рек, каньоны, уступы, узкие расщелины, поля дюн и барханов. С тех пор споры по поводу существования жизни на Марсе не утихают. И сегодня, Марс остается главным объектом ближнего космоса для поиска внеземной жизни [2].



Рис. 2. Спутник Марса – Фобос.

Виновником очередного марсианского бума оказался Фобос – бóльший спутник Марса. В 1945 году американский астроном Б. Шарплесс обнаружил вековое ускорение в движении Фобоса по орбите [3]. Говоря иначе, ученый выяснил, что Фобос движется по очень пологой спирали, постепенно приближаясь к поверхности Марса и в течение ближайших 15 миллионов лет он должен упасть на Марс. Почему так происходит? Пытаясь ответить на этот вопрос, известный советский астрофизик И. С. Шкловский в 1959 году попытался

рассчитать, при каких условиях торможение в самых верхних слоях атмосферы Марса, на высоте 6000 км, может привести к подобным результатам. Итог получился неожиданным: оказалось, что подобное поведение Фобоса возможно лишь в том случае, если он полый, пустой внутри, подобно искусственным спутникам Земли! Значит, Фобос – тоже искусственное небесное тело?! Но вскоре другой советский ученый, Н. Н. Парийский, выдвинул иное объяснение векового ускорения Фобоса. Согласно его мнению, подобное движение может быть вызвано и приливным торможением. Фобос хоть и невелик по размерам, но настолько близок к Марсу, что его перемещение вызывает довольно сильные приливы марсианской коры, подобно тому как на Земле существуют лунные приливы. И приливной горб, по инерции отстающий от движения Фобоса на четверть круга, притормаживает своим тяготением спутник Марса. Сегодня гипотеза Парийского является общепринятой.

С началом космической эры начался качественно новый этап изучения

красной планеты. Спектрографические исследования, а впоследствии и прямая посадка на Марс со всей очевидностью подтвердили, что в настоящее время высшей формы жизни (тем более разумной) на нем не может быть.



Рис. 3. Посадочный модуль Beagle 2 АМС Mars-Express был снабжен богатым набором измерительных средств. Они интегрированы в единый комплекс.

Причина проста: отсутствие кислорода в атмосфере, микроскопические доли водяного пара и озона, низкие температуры [1]. С другой стороны, обнаружены сухие русла древних рек, эрозия почвы, характерная для больших потоков воды, поэтому все большее число ученых склоняется к версии, что много миллионов лет назад на планете была более плотная атмосфера и, возможно, вода, а, следовательно, вполне могли существовать те или иные формы органической жизни. Из всех объектов в Солнечной системе Марс наиболее

схож с Землей по многим факторам, способствующим возникновению и развитию примитивных жизненных форм [4]. Например, 1) угол наклона оси вращения Марса к его орбитальной плоскости ($65^{\circ}04'$) приблизительно близок по значению к углу наклона земной оси ($66^{\circ}33'$) [5], а потому там, как и на Земле, происходит смена сезонов. В северном полушарии зима наступает, когда Марс проходит через перигелий своей орбиты, а в южном – когда через афелий. Из-за этого зима в южном полушарии холоднее, чем в северном. И продолжительность каждого из четырех марсианских сезонов различается в зависимости от его удаления от Солнца. А потому в марсианском северном полушарии зима коротка и относительно "умеренна", а лето длинное, но прохладное. В южном же наоборот – лето короткое и относительно теплое, а зима длинная и холодная. 2) водяного пара в марсианской атмосфере совсем немного, но при низком давлении и температуре он находится в состоянии, близком к насыщению, и часто собирается в облака, как и на Земле.

Для поиска примитивных форм жизни на Марсе важно знать эффективную температуру в разных точках поверхности планеты. Задача определения температуры точек поверхности планеты неоднократно решалась учеными. Сегодня достоверно известно, что средняя температура на Марсе значительно ниже чем на Земле, - около -40°C . При наиболее благоприятных условиях летом на дневной половине планеты воздух прогревается до $+20^{\circ}\text{C}$ – вполне

приемлемая температура для жителей Земли. Но зимней ночью мороз может достигать до -125°C . При зимней температуре даже углекислота замерзает, превращаясь в сухой лед. Такие резкие перепады температуры вызваны тем, что разреженная атмосфера Марса не способна долго удерживать тепло. Первые измерения температуры Марса с помощью термометра, помещенного в фокусе телескопа-рефлектора, проводились еще в начале 20-х годов. Измерения В. Лампланда в 1922 г. дали среднюю температуру поверхности Марса -28°C , Э. Петтит и С. Никольсон получили в 1924 г. -13°C . Более низкое значение получили в 1960г. У. Синтон и Дж. Стронг: -43°C . Позднее, в 50-е и 60-е гг. были накоплены и обобщены многочисленные измерения температур в различных точках поверхности Марса, в разные сезоны и времена суток. Из этих измерений следовало, что днем на экваторе температура может достигать до $+27^{\circ}\text{C}$, но уже к утру до -50°C . На Марсе существуют и температурные оазисы, в районах "озера"Феникс (плато Солнца) и земли Ноя перепад температур составляет от -53°C до $+22^{\circ}\text{C}$ летом и от -103°C до -43°C зимой. Т.о. Марс – весьма холодный мир, однако климат там ненамного суровее, чем в Антарктиде.

Естественным образом возникает вопрос, а нельзя ли построить новый теоретический алгоритм определения (пусть даже приближенно) температуры в разных точках поверхности планеты, по данным наблюдений его полярных шапок, орбитальных характеристик планеты с использованием результатов оптики и термодинамики? Данный алгоритм можно было адаптировать к компьютерным кодам и, практически мгновенно получать трехмерную карту эффективной температуры поверхности планеты в разные моменты времени.

В связи со сказанным главной целью настоящей работы является построение простейшего теоретического алгоритма определения эффективной температуры поверхности планеты и создание компьютерной программы для построения 3D-карты эффективной температуры 3DMSET-M[2008].

Согласно сформулированной цели основными задачами являются следующие положения:

1. Определение точек орбиты, в которых наблюдаются летние солнцестояния в южном и северном полушариях.
2. Расчет угла падения светового луча (от Солнца), как функции географической широты местности, часового угла и полярного угла положения планеты на орбите.
3. Определению эффективного показателя преломления грунта поверхности планеты. Вычисление эффективной температуры точки поверхности планеты, как функции географической широты местности, часового угла и полярного угла положения планеты на орбите.
4. Создание компьютерной программы 3DMSET-M[2008] для быстрого со-

здания 3D-карты эффективной температуры Марса.

Основными методами решения поставленных задач являются:

1. Методы геометрической оптики [6] и избранные результаты волновой оптики [7].
2. Методы плоской геометрии Евклида и небесной механики [8].
3. Элементы термодинамики.

Данная работа имеет следующую структуру.

В **первой главе** подробно изложены современные представления о природе Марса.

Во **второй главе** представлены решения поставленных теоретических задач и их анализ.

Резюме по проделанной работе представлено в **заклучении**. Финальная часть работы содержит список использованных источников и приложение.