**27.03**

**Урок 21-22 Искусственные тела солнечной системы.**

**Первые искусственные небесные тела**

Быть может, уже много тысяч лет назад, глядя на ночное небо, человек мечтал о полете к звездам. Мириады мерцающих ночных светил заставляли его уноситься мыслью в безбреж­ные дали Вселенной, будили воображение, за­ставляли задумываться над тайнами мирозда­ния. Шли века, человек приобретал все боль­шую власть над природой, но мечта о полете к звездам оставалась все такой же несбыточной, как и тысячи лет назад. Легенды и мифы всех народов полны рассказов о полете к Луне, Солнцу и звездам. Средства для такого полета, предлагавшиеся народной фантазией, были при­митивны: колесница, влекомая орлами, крылья, прикрепленные к рукам человека.

В XVII в. появился фантастический рас­сказ французского писателя Сирано де Бержерака о полете на Луну. Герой этого рассказа добрался до Луны в железной повозке, над которой он все время подбрасывал сильный магнит. Притягиваясь к нему, повозка все выше поднималась над Землей, пока не достиг­ла Луны. «Из пушки на Луну» отправились ге­рои Жюля Верна. Известный английский писа­тель Герберт Уэллс описал фантастическое путешествие на Луну в снаряде, корпус кото­рого был сделан из материала, не подвержен­ного силе тяготения.

Предлагались разные средства для осуще­ствления космического полета. Писатели-фан­тасты упоминали и ракеты. Однако эти ракеты были технически не обоснованной мечтой. Ученые за многие века не назвали единственного на­ходящегося в распоряжении человека средства, с помощью которого можно преодолеть могу­чую силу земного притяжения и унестись в межпланетное пространство. Великая честь от­крыть людям дорогу к другим мирам выпала на долю нашего соотечественника К. Э. Циол­ковского.

Скромный калужский учитель сумел рас­смотреть в известной всем пороховой ракете прообраз могучих космических кораблей буду­щего. Его идеи еще долго будут служить осно­вой в освоении человеком космического про­странства.

Много веков прошло с тех пор, как был изобретен порох и созданы первые ракеты, применявшиеся главным образом для увеселительных фейерверков в дни больших торжеств. Но только Циолковский показал, что единственный летательный аппарат, спо­собный проникнуть за атмосферу и даже на­всегда покинуть Землю,— это ракета.

В 1911 г. К. Э. Циолковский произнес свои вещие слова: «Человечество не останется вечно на земле, но, в погоне за светом и простран­ством, сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а затем завоюет себе все околосол­нечное пространство».

Сейчас мы становимся свидетелями того, как начинает сбываться это великое проро­чество. Начало проникновению человека в кос­мос было положено 4 октября 1957 г. В этот памятный день вышел на орбиту запущенный в Советском Союзе первый в истории человечества искусственный спутник Земли. Он весил 83,6 кГ. Прорвавшись сквозь земную атмос­феру, первая космическая ласточка вынесла в околоземное пространство научные прибо­ры и радиопередатчики. Они передали на Землю первую научную информацию о космическом пространстве, окружающем Землю.

Первый спутник начал обращаться вокруг Земли по эллиптической орбите. Крайние теч­ки ее подъема — наибольшего (апогей) и наи­меньшего (перигей) — располагались соответственно на высоте 947 и 228 км. Наклон пло­скости орбиты к экватору составлял 65°. Свой первый оборот спутник совершил за 1 час 36,2 минуты и делал за сутки немногим менее 15 оборотов.

Сравнительно низкое расположение пери­гея орбиты вызывало торможение спутника в разреженных слоях земной атмосферы и со­кращало период его обращения на 2,94 секун­ды в сутки. Такое незначительное сокращение времени обращения говорит о том, что спутник снижался очень медленно, причем сначала уменьшалась максимальная высота его орбиты (апогей), а сама орбита постепенно приближа­лась к круговой.

Через 20 дней после запуска космический первенец умолк — иссякли батареи питания его передатчиков. Раскаляемый Солнцем и за­мерзающий в земной тени, он безмолвие кру­жился над пославшей его планетой, отражая солнечные лучи и импульсы радиолокаторов. Постепенно опускаясь, он просуществовал еще около двух с половиной месяцев и сгорел в нижних, более плотных слоях атмосферы.

Полет первого спутника позволил получить ценнейшие сведения. Тщательно изучив посте­пенное изменение орбиты за счет торможения в атмосфере, ученые смогли рассчитать плотность атмосферы на всех высотах, где пролетал спут­ник, и по этим данным более точно преду­смотреть изменение орбит последующих спут­ников.

Определение точной траектории искусст­венного спутника позволило провести ряд гео­физических исследований, уточнить форму Зем­ли, точнее изучить ее сплюснутость, что дает возможность составлять более точные геогра­фические карты.

Отклонения действительной траектории спутника от вычисленной говорят о неравно­мерности поля земного тяготения, на ко­торое влияет распределение масс внутри Земли и в земной коре. Таким образом, изучив дви­жение спутника, ученые уточнили сведения о поле земного тяготения и о строении земной коры.

Такие вычисления делались и раньше на основании изучения движения Луны, но спутник, летящий на высоте всего несколь­ких сот километров над Землей, сильнее реа­гирует на ее поле тяготения, чем Луна, находя­щаяся от Земли на расстоянии почти 400 тыс. км.

Очень большое значение имело изучение прохождения радиоволн через ионосферу, т. е. через наэлектризованные верхние слои земной атмосферы. Радиоволны, посланные со спут­ника, как бы насквозь прощупывали ионо­сферу. Анализ этих результатов позволил существенно уточнить строение газовой оболочки Земли.

Второй советский спутник был выведен на более вытянутую орбиту 3 ноября 1957 г. Если ракета первого спутника позволила под­нять его на 947 км (апогей), то ракета второго спутника была более мощной. При почти той же минимальной высоте подъема (перигей) апогей орбиты достиг 1671 км, и спутник весил значительно больше первого — 508,3 кГ.

Третий спутник поднялся еще выше — на 1880 км и был еще тяжелее. Он весил 1327 кГ.

Вслед за советскими спутниками вышли на свои орбиты американские спутники. Свою программу ракетных исследований по плану Международного геофизического года амери­канцы начали практически осуществлять поз­же. Только 31 января 1958 г. после нескольких неудачных попыток американцам удалось вы­вести на орбиту свой первый искусственный спутник Земли «Эксплорер-1» («Исследова-тель-1»). Он весил 13,96 кГ и был оборудован аппаратурой для изучения космических лучей, микрометеоритов, а также для измерения тем­пературы оболочки спутника и газа, заполняв­шего его внутренний объем.

Следующий спутник американцев — «Аван­гард» весил 1,5 кГ. Он не имел на борту вообще никакой научной аппаратуры и был предназ­начен только для испытаний радиопередатчи­ков и солнечных батарей.

Оба эти американских спутника не могут идти ни в какое сравнение с первыми совет­скими спутниками. Позднее американцы вывели на орбиты несколько десятков спутников. Вес их колебался от нескольких десятков до не­скольких сотен килограммов. С их помощью американским ученым удалось получить ряд важных данных о строении верхней атмосферы и околоземного пространства. Эти результаты могли бы быть более значительными, если бы все американские спутники направлялись с це­лью изучения космоса. Но при запуске многих из них преследовались военные цели.

С каждым годом растет число спутников, запущенных советскими и американскими уче­ными. Усложняется и становится более много­образной и научная аппаратура — в космос посылаются целые лаборатории. Орбиты спут­ников, как обручи, опоясали земной шар во всех направлениях — от экваториальных (па­раллельных экватору) до полярных (проходя­щих через полюсы Земли). Ученые кропот­ливо изучают поступающую со всех широт и высот научную информацию (сообщения от установленных на спутниках приборов).

2 января 1959 г. умчалась в сторону Луны и вышла на околосолнечную орбиту советская космическая ракета «Луна-1». Она стала спут­ником Солнца. На Западе ее назвали лунни­ком. Запуском ее была прослежена вся толща околоземного космического пространства. За 34 часа полета ракета прошла 370 тыс. км, пересекла орбиту Луны и вышла в околосол­нечное пространство. После этого еще около 30 часов велось наблюдение за ее полетом и принималась с установленных на ней прибо­ров ценнейшая научная информация. Впер­вые приборы, посланные человеком, изучали космическое пространство на протяжении 500 тыс. км от Земли.

Сведения, полученные в этом полете, суще­ственно дополнили наши сведения об одном из важнейших открытий первых лет космической эры — открытии околоземных поясов радиации (см. ниже). Кроме различных измерений, на про­тяжении 500 тыс. км полета велись наблюдения

В околоземное пространство был запущен первый в истории человечества искусственный спутник Земли.

Внешний вид первой автоматической межпланетной станции, запущенной в СССР.

Советский вымпел, посланный на Луну.

газового состава межпланетной среды, наблю­дения метеоритов, космических лучей и др.

Не менее изумительным был полет второй советской космической ракеты «Луна-2», за­пущенной 12 сентября 1959 г. Приборный контейнер этой ракеты 14 сентября в 00 часов 02 минуты 24 секунды коснулся поверхности Луны! Впервые за всю историю аппарат, со­зданный руками человека, достиг другого небес­ного тела и доставил на безжизненную планету памятник великому подвигу советского народа — вымпел с изображением Герба СССР. «Луна-2» установила, что у Луны нет магнитного поля и поясов радиации в пределах точности приборов.

Не успела весть об этом событии как сле­дует дойти до сознания людей, как наша страна поразила мир новым удивительным достиже­нием: 4 октября 1959 г., в день второй годов­щины запуска первого советского спутника Земли, в Советском Союзе была запущена третья космическая ракета — «Луна-3». Она отделила от себя автоматическую межпла­нетную станцию с приборами. Контейнер был направлен так, что, обогнув Луну, он вер­нулся обратно в район Земли. Установленная в нем аппаратура сфотографировала и пере­дала на Землю изображение не видимой нами обратной стороны Луны.

Этот блестящий научный эксперимент инте­ресен не только беспримерным фактом полу­чения первой фотографии, сделанной в космо­се, и передачи ее на Землю, но и осуществле­нием чрезвычайно интересной и сложной орбиты.

«Луна-3» должна была оказаться над обратной стороной Луны, а система ориента­ции должна была развернуть контейнер так, чтобы его фотоаппараты были направлены на Луну. Для этого по команде с Земли весь контейнер привели во вращение, и, когда в фото­элементы, расположенные на нижнем днище контейнера, попали яркие лучи Солнца, вы­званный ими в этих фотоэлементах ток послу­жил сигналом, по которому контейнер прекра­тил вращение и, остановившись, как заворо­женный, стал смотреть на Солнце. (От слабого отраженного света Земли и Луны фотоэлемен­ты — датчики солнечной ориентации — сра­ботать не могли.) Фотоаппараты и лунные дат­чики, расположенные на противоположном верхнем днище контейнера, оказались смотря­щими в сторону Луны. В начале работы вы­брали такое взаимное расположение Земли, Луны и Солнца, при котором Земля была в стороне от линии, соединяющей Луну и Солнце. Поэтому Земля — светило значительно более яр­кое, чем Луна,— не могла попасть в объективы датчиков лунной ориентации, так как находи­лась в другом секторе неба.

После того как освещенная Солнцем обрат­ная сторона Луны оказалась в поле зрения лунных датчиков, солнечные датчики отключи­лись, станция более точно «довернулась» по лун­ным датчикам и началось фотографирование.

Итак, при подлете контейнера к Луне тре­бовалось, чтобы он, Луна и Солнце оказались на одной прямой. Кроме того, притяжение Луны должно было так искривить орбиту «Луны-3», чтобы она вернулась к Земле со сто­роны северного полушария, где расположены все советские наблюдательные станции.

Стартовав из северного полушария, «Луна-3» как бы поднырнула под Луну — прошла с ее южной стороны, — затем отклонилась вверх, пол­ностью обогнув Луну, и вернулась к Земле, как и было рассчитано, со стороны северного полушария.

Автоматические устройства на борту кон­тейнера в космосе проявили пленку и с по­мощью электронной техники по радио пере­дали фотографии на Землю.

Фотографирование обратной стороны Луны представляет собой первый активный шаг в практике «внеземной» астрономии. Впервые изучение другого небесного тела велось не наблюдением с Земли, а непосредственно из кос­мического пространства вблизи этого тела.

Наши астрономы получили уникальную фотографию обратной стороны Луны, по кото­рой смогли составить атлас лунных гор и «мо­рей». Названия, присвоенные открытым горным образованиям и равнинам, навечно утвердили славу родины первооткрывателей, пославших

чудесное автоматическое устройство — прооб­раз будущих космических обсерваторий.

Американским ученым после многих неудач­ных попыток также удалось получить серию снимков поверхности Луны. Ракета серии «Рейнд­жер» мчалась навстречу Луне и непрерывно вела телевизионную передачу изображений лун­ной поверхности. Фотографии изображений, пе­реданных с минимальных расстояний (в послед­ние мгновения, перед тем как космический аппарат разбился о поверхность Луны), позволяли различать детали размером около 50 м.

Прочно овладев техникой запуска автома­тических аппаратов, советские ученые приступили к созданию космического корабля для по­летов человека.

Десятки неразрешенных вопросов стояли перед наукой. Надо было создать во много раз более мощные ракеты-носители для выве­дения на орбиту космических кораблей, в не­сколько раз более тяжелых, чем самые тяже­лые искусственные спутники, запущенные ранее. Нужно было сконструировать и по­строить летательные аппараты, не только пол­ностью обеспечивающие безопасность космо­навта на всех этапах полета, но и создающие необходимые условия для его жизни и работы. Необходимо было разработать целый комплекс специальной тренировки, который позволил бы организму будущих космонавтов заранее при­способиться к существованию в условиях пере­грузок и невесомости. Надо было разрешить очень много и других вопросов.

Несмотря на всю сложность этой грандиоз­ной проблемы, советская наука и техника бле­стяще справились с ее решением.

После ряда пробных запусков, когда места в кабине спутника занимали различные живые существа — от грибков и бактерий до извест­ных всему миру Белки и Стрелки,— конструк­ция космического корабля со всеми его слож­ными системами выведения на орбиту, стабили­зации полета и обратного спуска на Землю была полностью отработана.

В исторический день 12 апреля 1961 г. ушел

в космос корабль «Восток» с первым в истории человечества летчиком-космонавтом на борту Юрием Алексеевичем Гагариным. Облетев зем­ной шар, он через 1 час 48 минут благопо­лучно приземлился в заданном районе Совет­ского Союза.

Слава о новом беспримерном подвиге совет­ского народа в деле освоения космического пространства громовым эхом прокатилась по всему миру. Она вызвала радость и восхище­ние в сердцах наших друзей и зависть и злобу в стане наших врагов.

Прошло всего несколько месяцев, и 6 авгус­та того же года стартовал космический корабль «Восток-2» с летчиком-космонавтом Германом Степановичем Титовым. «Восток-2» сделал 171/2 витков вокруг Земли и пробыл в космическом полете 25 часов 18 минут.

Тщательное изучение научных данных, полученных в этих двух полетах, позволило уже через год — в августе 1962 г.— сделать новый большой шаг вперед. Стартовавшие один за другим (с интервалом в одни сутки) косми­ческие корабли «Восток-3» и «Восток-4» с летчи­ками-космонавтами Андрияном Григорьевичем Николаевым и Павлом Романовичем Попо­вичем совершили первый групповой полет в космос.

«Восток-3» сделал более 64 оборотов вокруг Земли и находился в космическом полете 95 ча­сов. «Восток-4» сделал более 48 оборотов и

Внешний вид космического ко­рабля «Восток», выведенного на орбиту 12 апреля 1961 г..

Разрез земной атмосферы и высоты, достигнутые различными летатель­ными аппаратами. До 12 км подни­маются обычные самолеты, до 16—29 км — специальные самолеты, до 30 км — стратостаты, до 40 км — шары-зонды, до 200—500 км — специ­альные исследовательские ракеты, от 250 км и выше пролегают орбита искусственных спутников Земли, ав­томатических межпланетных стан­ций и космических ракет. На высоте 80—120 км светятся метеоры, 100— 1000 км — северные сияния, от 100 до 400 км высоты простирается ионосфера.

Первый космонавт Ю. А. Гагарин в кабине космического корабля.

Вид на поверх­ность Земли с орбиты космического корабля. Земля покрыта барашкообразными белыми облаками. Снимок сделан космонавтом Г. С. Ти­товым с космического корабля «Восток-2». На фото — автограф Г. С. Титова.

пробыл в космическом полете 71 час. Этот полет доказал, что разработанная нашими учеными система подготовки космонавтов позволяет им выработать такие физические качества, которые обеспечивают нормальную жиз­недеятельность и полную работо­способность в условиях длитель­ного космического полета. В этом состоял главный итог полета.

По сравнению с полетами на­ших космонавтов более чем скромными кажутся первые робкие прыжки в космос аме­риканских космонавтов Шепарда и Гриссома, один из ко­торых чуть было не кончил­ся трагично. По сравнению с полетами Ю. А. Гагарина и Г. С. Титова это были всего лишь «подпрыгивания» над на­шей планетой.

По сообщению корреспон­дента газеты «Нью-Йорк Тайме» 15-минутный прыжок Аллана Шепарда был осуществлен с по­мощью ракеты, мощность кото­рой составляла «всего лишь од­ну десятую мощности советской ракеты, а вес капсулы состав­лял лишь одну пятую веса кабины корабля «Восток».

Только 20 февраля 1962 г., после предварительных запус­ков по проекту «Меркурий» двухтонной кабины с роботом и обезьянами, американцам уда­лось осуществить первый кос­мический полет Джона Гленна. Этот полет был совершен на ко­смическом корабле «Френдшип-7» весом около полутора тонн. Джон Гленн совершил на своем корабле три витка вокруг Земли и опустился в Атланти­ческий океан. Но его полет про­текал не совсем благополучно.

Внешний вид автоматической межпланет­ной станции «Венера», запущенной в Советском Союзе 12 февраля 1961 г.

Внешний вид автоматической межпланет­ной станции «Марс-1», запущенной в СССР 1 ноября 1962 г.

Во время полета обнаружились неисправности в системах автоматического управления косми­ческим ^кораблем, и после первого витка Гленну пришлось перейти на ручное управление. Отка­зала также на некоторое время система охлаждения, и в кабине сильно повысилась температура. На втором и третьем витках по­лет продолжался только благодаря энтузиаз­му, выдержке и мужеству космонавта.

Второй космический день Америки — 24 мая 1962 г.— был омрачен большими волне­ниями за судьбу второго космонавта — Маль­кольма Скотта Карпентера.

Полет Карпентера был еще более драматич­ным, чем полет Джона Гленна. Неполадки об­наружились опять в системе управления и терморегулирования кабины и скафандра. Кос­монавт приводнился в Атлантическом океане в 350 км от предполагаемого района посадки корабля. 20 морских кораблей и 70 самолетов и вертолетов в течение часа разыскивали от­важного космонавта. Одна шведская газета на­звала этот полет «космической драмой между жизнью и смертью».

Третий космический день Америки был 3 октября 1962 г. В этот день в США с мыса Кеннеди на полуострове Флорида стартовал двухтонный космический корабль-спутник «Сигма-7», пилотируемый летчиком-космонавтом Уолтером Ширрой.

Космический корабль сделал 6 витков во­круг Земли и благополучно приводнился в центральной части Тихого океана. Неисправ­ности системы регулирования температуры внутри скафандра, омрачившие и этот полет, удалось быстро исправить непосредственно на орбите, и дальнейший полет продолжался бла­гополучно.

Наряду с полетами космических кораблей в СССР и США были осуществлены и пробные запу­ски ракет к планетам. 12 февраля 1961 г. с борта искусственного спутника Земли в сторону Венеры стартовала советская автоматическая межпланетная станция «Венера». Вслед за ней к Венере была запущена американская авто­матическая станция «Маринер-II».

1 ноября 1962 г. в сторону Марса стартовала советская космическая ракета «Марс-1». Ее ор­бита была самой протяженной по сравнению с орбитами всех предыдущих полетов косми­ческих аппаратов. Вытянувшись по эллипсу от Земли, она коснулась орбиты Марса. Семь с половиной месяцев длился полет только до встречи с Марсом: 500 млн. км прошел за это время «Марс-1».

На значительных расстояниях от Земли сократилось число регистрируемых микроме­теоров. Они, по-видимому, концентрируют­ся вблизи Земли, до 40 тыс. км от ее по­верхности.

Так закончилась первая космическая пяти­летка. Но космические события следуют с кос­мической быстротой.

14 июня 1963 г. вышел на орбиту косми­ческий корабль «Восток-5» с летчиком-космо­навтом Валерием Федоровичем Быковским, а вслед за ним корабль-спутник «Восток-6», пилотируемый первой в мире женщиной-кос­монавтом Валентиной Владимировной Тереш­ковой. Пять суток пробыл в космосе Валерий Быковский, за 119 часов он 81 раз облетел Землю. Первая в мире женщина-космонавт про­была в космосе 71 час и совершила 48 оборотов вокруг Земли. Своим полетом она убедительно доказала равные возможности женщины в та­ком трудном и сложном деле, каким является освоение космоса.

Новым этапом в исследовании необъятных просторов Вселенной явился запуск 12 октября 1964 г. в СССР трехместного корабля «Восход». Экипаж корабля состоял из трех человек: ко­мандира корабля инженер-полковника Владими­ра Михайловича Комарова, научного сотрудника кандидата технических наук Константина Петро­вича Феоктистова и врача Бориса Борисовича Егорова. Три специалиста разного профиля про­вели обширные исследования космоса. Корабль «Восход» существенно отличается от кораблей типа «Восток». Его орбита пролегала выше, кос­монавты впервые совершали полет без скафанд­ров, а приземлились, не покидая кабину, кото­рая системой «мягкой посадки» была плавно спущена и буквально мягко «поставлена» на по­верхность Земли. Новая система телевидения передавала с борта корабля не только изображе­ние космонавтов, но и картину наблюдений.

С каждым годом ширится фронт мирных исследований космического пространства. Вслед за спутниками, «жестко» привязанными к своим орбитам, в космос вышли аппараты, способные осуществлять достаточно широкое маневриро­вание.

Советские космические аппараты «Полет-1» и «Полет-2», маневрируя в космосе, переходили с орбиты на орбиту, меняя не только высоту, но и плоскость наклона орбиты. Это первые шаги на пути соединения, или, как говорят инженеры, стыковки, космических кораблей непосредственно в космосе, на орбите. Причаливая к кораблю, ракеты-заправщики смогут перегружать на него горючее и строительные детали. Из конструкций, доставленных на орбиту, космонавты смонтируют сначала космические лаборатории, а потом, навер­ное, и целые научные города...

Мирным целям успешно служат и некоторые американские спутники. С помощью метеороло­гических спутников американцам удалось забла­говременно предупредить население о приближе­нии нескольких тайфунов — сильнейших разру­шительных ураганов, очень часто проносящихся над Америкой.

Спутники «Телестар-1» и «Телестар-2» успешно перекинули телевизионный «мост» между Евро­пой и Америкой, ретранслируя из Америки в Европу телевизионные программы.

Проведен первый международный космичес­кий эксперимент: радиоволны, посланные из английской обсерватории Джоурелл Бенк, отра­зившись от огромного надутого металлизирован­ного шара — американского спутника «Эхо-2»,— были приняты в Советском Союзе под Горьким, в Зименках. Были переданы радиотелеграммы, фототелеграммы и радиотелефонный разговор.

30 января 1964 г. в СССР был произведен запуск интереснейших спутников — «Электрон-1» и «Электрон-2». С одной ракеты были запущены сразу два спутника, один на более высокую, другой на более низкую орбиту.

Ценность такого запуска заключается в том, что одновременные измерения на разных вы­сотах позволят лучше исследовать пространствен­ную структуру поясов радиации и их изменение во времени. Запущенные через полюсы «Электрон-3» и «Электрон-4» продолжили одновременно комплексное исследование верхних слоев атмо­сферы.

После неудачных попыток в выведении тяже­лых кораблей-спутников американцам в 1964 г. удалось запустить два многотонных спутника. Это первые удачные запуски по рассчитанной на многие годы программе, которая предусматривает вначале облет, а затем и высадку космонавтов на Луне.

Тем же задачам посвящены и продолжающие­ся в СССР исследования окололунного прост­ранства. Очередная станция «Луна-4» прошла в непосредственной близости от нашего естествен­ного спутника. Непрерывно ведется изучение и дальнего космоса. 2 апреля 1964 г. отправилась в глубины космоса очередная советская автома­тическая станция «Зонд-1». Ее задача прозонди­ровать многие миллионы километров околосол­нечного пространства и передать на Землю науч­ную информацию. Покорение космоса продол­жается.

Законы движения искусственных небесных тел

В конце XVII столетия Исаак Ньютон сфор­мулировал закон всемирного тяготения — ос­новной закон, которому подчиняется движение всех небесных тел (см. стр. 38). В свободном орбитальном полете, т. е. в полете по своей орбите без двигателей, космические ракеты и спутники полностью подчиняются законам небесной механики1, поэтому теория движения искусственных небесных тел — по существу новый раздел небесной механики — играет огромную роль в освоении космического прост­ранства.

Вспомним, как движется брошенное тело под действием сил земного притяжения. Зако­ны «бросания» тел изучает баллистика — нау­ка, название которой напоминает о грозном когда-то военном метательном орудии — бал­листе. Одна из основных задач баллистики заключается в том, чтобы найти такой угол наклона ствола орудия, при котором, при про­чих равных условиях, дальность выброшен­ного орудием снаряда будет наибольшей.

Задача создателей космических ракет куда сложнее — они должны так бросить свой сна­ряд, чтобы он не упал обратно на Землю, а вышел на точно определенную космическую орбиту.

Всем нам по опыту известно, как ведет себя брошенный камень — он всегда падает на Зем­лю под действием притяжения Земли. Ну а если бросать не камень, а выстрелить из пушки сна­рядом? Если ствол пушки установлен верти­кально, то и снаряд будет двигаться вверх вдоль земного радиуса, и чем больше скорость, с которой снаряд покидал ствол пушки, тем выше он поднимется над Землей. Когда вся энергия, полученная снарядом при выстреле, будет израсходована на преодоление земного тяготения, снаряд остановится и начнет падать обратно.

Но можно сделать и так, что снаряд не упа­дет на Землю. Важно знать, как его бросить!

Давайте проследим за полетом снаряда, выброшенного из орудия, ствол которого рас­положен наклонно к линии горизонта.

Небесная механика утверждает, что под дей­ствием тяготения одно тело описывает относи­тельно другого одну из трех кривых — эллипс, параболу или гиперболу. Так, например, все планеты обращаются вокруг Солнца по эллип­сам, причем само Солнце располагается в одном из фокусов эллиптической орбиты планеты. Так же и в системе «Земля — снаряд» центр Земли будет всегда в одном из фокусов эллипса, по которому движется снаряд. Поэтому если выстрелить наклонно, то чем больше будет уве­личиваться скорость, тем все дальше и дальше будет падать снаряд. Чем больше будет его ско­рость, тем больший эллипс он опишет в прост­ранстве, но на обратном пути к точке бросания он обязательно должен пройти «сквозь Землю», так как может двигаться только по эллипти­ческой траектории, часть которой, как видно из рисунка, всегда проходит «внутри Земли». Итак, наклонный выстрел мало что даст — снаряд в любом случае должен пройти «сквозь Землю». Попробуем теперь установить наше орудие на горе и стрелять горизонтально (для простоты мы не будем учитывать влияние зем­ной атмосферы и вращение Земли). При неболь­ших скоростях снаряды «по эллипсу» будут падать на Землю. Но чем больше скорость, тем

больше эллипс будет приближаться к окруж­ности с центром в центре Земли. При скорости, которую принято называть первой космиче­ской или круговой, снаряд уже не упадет на Землю, а, если мы успеем убрать орудие, пролетит с той же скоростью через точку выст­рела и будет бесконечно обращаться вокруг Земли по круговой орбите, т. е. станет искус­ственным спутником Земли.

Первая космическая скорость у поверх­ности Земли составляет примерно 7,9 км/сек. Такую огромную скорость не может сообщить снаряду ни одна пушка — это под силу только ракетам.

Дальнейшее увеличение скорости будет вы­тягивать окружность в эллипсы, с той только разницей, что второй фокус каждого эллипса будет перемещаться все дальше и дальше от центра Земли в сторону, противоположную точке бросания, или точке старта.

При скорости 11 км/сек ракета удалится на расстояние больше половины пути до Луны, а при скорости 11,1 км/сек обогнет Луну и сно­ва вернется к Земле.

При дальнейшем увеличении скорости до 11,2 км/сек эллиптическая орбита «разорвется» и превратится в разомкнутую кривую — пара­болу, по которой ракета навсегда покинет Землю. Скорость 11,2 км/сек называется второй космической скоростью, или скоростью отры­ва, или, наконец, параболической скоростью.

Ракета или снаряд, получившие такую ско­рость на поверхности Земли, покинет ее на­всегда как при вертикальном, так и при наклон­ном или горизонтальном полете. При такой скорости в любом случае орбита не будет эллипсом.

Если еще больше увеличить скорость, раке­та полетит уже по гиперболе, причем чем выше скорость, тем больше будет «раскрываться» гипербола. Но, превысив вторую космическую скорость и преодолев земное притяжение, ракета останется в солнечной системе. Она превра­тится в спутника Солнца — искусственную пла­нету — и будет обращаться вокруг него по эллип­тической орбите.

Первым таким спутником Солнца стала со­ветская космическая ракета ,«Луна-1», старто­вавшая 2 января 1959 г. по направлению к Луне. Ракета удалилась от Земли по гипер­болической орбите, так как превысила вторую космическую скорость. Но через 5—6 дней она вышла из зоны действия земного тяготения, и ее полет всецело стал определяться при­тяжением Солнца. Скорость, которой обладала ракета, была недостаточной, чтобы совсем преодолеть притяжение Солнца, и ракета стала по эллипсу обращаться вокруг этого раска­ленного светила.

Какие же основные закономерности харак­теризуют движение тел но эллиптическим ор­битам? Ответ на этот вопрос также дает не­бесная механика.

Наблюдения астрономов за движениями пла­нет дали возможность австрийскому ученому Иоганну Кеплеру в начале XVII в. сформулиро­вать три закона движения тел в солнечной си­стеме еще до открытия закона тяготения.

Первый из них утверждает, что каждая пла­нета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце. Из второго закона вытекает, что планеты движутся по своим эллиптическим орбитам неравномерно: при при­ближении к Солнцу — быстрее, при удалении от него — медленнее. Так движутся и спутники вокруг Земли. Приближаясь к Земле, они как бы разгоняются, а наименьшую скорость имеют в самой дальней от Земли точке орбиты — апогее. И наконец, третий закон устанавли­вает связь между периодом (временем) обраще­ния планеты вокруг Солнца и средним расстоя­нием от него.

Законы Кеплера являются следствием более общего закона природы — закона всемирного тяготения, который составляет основу небес­ной механики. Они позволяют полностью опре­делить картину движения планеты.

Простейшая задача небесной механики на­зывается «задачей двух тел». Что же требуется решить в этой задаче? А вот что. Если известны массы двух тел, их скорости в какой-то момент времени, а также взаимное расположение, то нужно найти положение этих двух тел в про­странстве в любой момент времени, т. е. рас-

Планеты могут двигаться только по эллипсу, в одном из фо­кусов которого находится Солнце. По своим орбитам небесные тела движутся неравномерно. Размеры стрелок на рисунке пропорциональны скорости движения (v1>v2>v3).

Только пустив ракету параллельно земной поверхности, можно вывести ее на орби­ту и сделать спутником Земли.

считать, как будут двигаться два таких тела в пространстве.

Ньютон решил эту задачу. Он математиче­ски доказал, что если любое тело (не обяза­тельно Солнце) считать неподвижным, то другое тело под действием их взаимного тяготения, в зависимости от начальных условий задачи (масс, скоростей и расположения), будет дви­гаться относительно его по эллипсу (или окруж­ности), параболе или гиперболе.

В солнечной системе, например, взаимное притяжение планет ничтожно мало по сравнению с притяжением их Солнцем, поэтому можно считать, конечно, только приблизитель­но, что любое тело солнечной системы притя­гивается только Солнцем и движется по эллип­су. Небольшие отклонения в движении планет от движения точно соответствующего законам Кеплера, конечно, есть, но учесть их чрезвы­чайно трудно.

Масса любой ракеты ничтожно мала по срав­нению с Землей и Луной (или Солнцем). И это позволяет произвести достаточно точный расчет ее орбиты.

Как выглядят орбиты спутников, можно представить себе на примерах возможных трасс полетов в район Луны (см. стр. 163). Из одного примера видно, что посланная в район Луны ракета притянется ею, обогнет Луну и снова вернется к Земле, описав в пространстве замыс­ловатую восьмерку. Для такой траектории не­обходимо, чтобы, во-первых, ракета прошла на определенном, достаточно близком расстоянии от Луны и, во-вторых, в момент сближения с Луной обладала вполне определенной, срав­нительно малой скоростью. Примерно такой вид имела орбита космической ракеты «Луна-3», сфотографировавшей обратную сторону Луны. По-видимому так могут выглядеть орбиты и при полетах к другим планетам. Но если при­ближаться, например, к Марсу или Венере на «почтительное» расстояние, где сила при­тяжения планеты сказывается еще незначи­тельно, то орбиты будут представлять собой эллипсы, размеры которых определяются ско­ростью при взлете с Земли.

Для полета на Марс, как и на любую дру­гую планету, наиболее выгодной является эл­липтическая траектория, касательная к орбите планеты. В этом случае скорость отлета с Земли минимальна (11,6 км/сек), минимальна и ско­рость, с которой ракета подойдет к Марсу (5,7 км/сек). Последнее немаловажно в случае посадки на Марс, так как меньше будет израс­ходовано топлива для торможения двигателями ракеты. Но за экономию топлива приходится платить временем. Такой полет будет длиться 259 суток, т. е. 81/2 месяцев. Если сократить срок полета до 5 месяцев, то необходимо будет развить скорость отлета с Земли до 14,3 км/сек, а при 4 месяцах полета начальная скорость должна составлять 15,9 км/сек. По кратчайшей траектории полет продлился бы 85 суток, но разогнать корабль нужно было бы до скорости 39 км /сек.

Для полета космонавтов придется выбирать другие траектории: ведь в этом случае важно не только пролететь мимо Марса, но и вер­нуться обратно на Землю! Трудность состоит в том, что, когда ракета вернется в точку старта, Земли там уже не будет — она уйдет на зна­чительное расстояние по своей орбите. Удобнее всего было бы задержаться на Марсе или на орбите возле Марса, выждать опять наиболее благоприятное взаимное расположение планет и тогда стартовать обратно к Земле.

Уже рассчитано много подобных траекто­рий. Можно облететь Марс за 2 года. Для этого потребуется начальная скорость 12,3 км/сек, а если стартовать так, как стартуют советские космические ракеты,— с тяжелого спутника, то всего 4,3 км/сек. Если стартовать со спутника со скоростью 8,2 км/сек под значительным углом к орбите Земли, то срок облета можно сократить до одного года.

Интересно отметить, что проще всего совер­шить полет по касательному эллипсу в сторону Марса, когда планета находится дальше всего от Земли. Если в таком же полете увеличить скорость на 3,2%, то продолжительность по­лета сократится на 42%, т. е. незначительное увеличение скорости даст большой выигрыш во времени. Эта замечательная особенность будет заметнее всего ощущаться тогда, когда ракеты будут обретать все большие и большие скорости. Не менее неожиданные особенности у «внутренних» маршрутов — при полетах к Венере и Меркурию. Действительно, по наи­выгоднейшей касательной эллиптической траек­тории полет к более близкой Венере будет длиться дольше, чем к Меркурию!

Странно, не правда ли — наивыгоднейшая траектория, а к более далекому Меркурию она доводит ракеты быстрее!

На «внутренних» трассах проявляется еще одна интересная особенность — чем меньше скорость ракеты, тем быстрее она достигает цели. В самом деле, чтобы с орбиты Земли приблизиться к Солнцу, нужно взлететь про­тив движения Земли, чем погасить ее орби­тальную скорость. Если погасить ее пол­ностью, то скорость ракеты относительно Солнца будет равна нулю, и она по наикрат­чайшему пути будет падать на Солнце, за­тратив на свой путь минимальное время. А чем больше скорость относительно Солнца, тем бо­лее «окольным» путем движется ракета и тем дольше она в пути.

Траектория полета с Земли на Марс.

Будущие астронавты смогут выбирать мно­гочисленные интересные орбиты, когда за один полет можно «убить несколько зайцев». Суще­ствует, например, возможность за один год (а это важно, чтобы при возвращении застать Землю на «ее месте») облететь вокруг Солнца и за этот полет пролететь как мимо Марса, так и мимо Венеры. Такое удачное расположение планет бывает, конечно, далеко не каждый год — по расчетам, такой момент наступит только в 1971 г. Кто знает, может быть, уда­стся использовать этот редкий случай, и авто­матическая станция за свой полет передаст на Землю фоторепортаж с двух наших ближай­ших планет-соседок.

А теперь несколько примеров для люби­телей математики. Каждому, очевидно, инте­ресно знать, почему нужно сообщить телу ско­рость именно 8 км/сек, чтобы оно стало спут­ником Земли? Почему при скорости 11,2 км /сек ракета может вырваться из оков земного тяго­тения?

Посмотрим, как рассчитываются эти скорости.

Мы уже говорили, что основой небесной механики является закон Ньютона. Матема­тически он выражается так: F=-f(m1m2)/r2

где m1 и m2 — массы двух тел, r — расстоя­ние между ними, f — коэффициент пропорцио­нальности, называемый обычно ньютоновской гравитационной постоянной. Знак «минус» по­казывает, что сила тяготения стремится умень­шить расстояние между телами.

Для случаев, когда одно тело (ракета) имеет массу m2, пренебрежимо малую по сравнению с массой m1 центрального тела (Земли, Солнца), принято вводить коэффициент К =m1•f, тог­да F=-Кm2/r2. Для Земли этот коэффициент поля тяготения равен КЗ=3,9•105 км3/сек2, для Солнца КС=132,3•109 км31сек2.

Чтобы ракета стала искусственным спут­ником Земли и могла, не снижаясь, обращаться вокруг Земли по круговой орбите, необходимо

приравнять центробежную силу F1=m2v2/r

силе притяжения F, тогда

сократив обе части равенства на m2/r, получим:

Подставив значение К, равное КЗ, и радиу­са Земли r=6371 км, получим величину кру­говой скорости, при которой тело будет удер­живаться на круговой околоземной орбите:

Если мы подставим вместо К значение КЗ, а вместо r расстояние от Земли до Солнца (при­нятое здесь за 149 900 000 км), то получим ско­рость, с которой Земля должна вращаться вокруг Солнца, чтобы удержаться на своей орбите:

Именно с такой скоростью наша Земля дви­жется вокруг Солнца.

Первая космическая скорость, точнее ее теоретическое значение, рассчитана нами для высоты полета над Землей, равной нулю, т. е. у поверхности Земли.

При высоте полета, например, h = 500 км в формулу вместо r придется подставить r=r0+h (где r0 — радиус Земли). В этом случае Vкр = 7,61 км/сек.

При увеличении высоты орбиты скорость движения постепенно убывает, стремясь в бес­конечности к нулю. На высоте 384 тыс. км, т. е. на орбите Луны, Vкр »1 км/сек. Это и есть скорость движения Луны на ее орбите вокруг Земли.

Но для того чтобы запустить искусственный спутник, нужно затратить на подъем какую-то энергию и, кроме того, сообщить ему необходи­мую круговую скорость. Хотя круговая ско­рость с высотой уменьшается, энергия, затра­чиваемая на подъем, растет. Поэтому общий рас­ход энергии на подъем и разгон ракеты с высотой растет. Этот расход энергии принято характеризовать так называемой характери­стической скоростью VX. Определяется она следующей формулой:

где Vкр0 — круговая скорость у поверхности Земли, r0 — радиус Земли, r — расстояние от центра Земли до орбиты искусственного спутника Земли.

Минимальное значение VX принимает при r =r0. Тогда VX=Vкр0, так как никаких затрат энергии на подъем не требуется. Максимальное — при r=¥ (бесконечности).

8 этом случае VX=11,2 км /сек, т. е.. тело, получившее такую скорость у поверхности Земли, удалится от нее на бесконечно большое расстояние — навсегда покинет Землю.

Это и есть вторая космическая скорость — скорость отрыва.

В реальных условиях требуются еще допол­нительные затраты энергии на преодоление со­противления воздуха и на преодоление силы земного тяготения в период работы двигателя. Это несколько увеличивает значение характе­ристической скорости. Если для подъема спут­ника на 200 км требуется VX»8 км/сек, то в реальных условиях необходимо около

9 км/сек. Эта последняя величина и опреде­ляет практически затрату энергии, необходи­мой для запуска «простейшего» искусственного спутника Земли.

Изучение околосолнечного пространства

Задачи, которые стоят перед исследовате­лями космического пространства, чрезвычайно разнообразны, и исследования в космосе ведут не только астрономы. Их ведут и геофизики, и биологи, и физики, и инженеры различных отраслей техники.

Астрономов интересуют состав межпланет­ного газа, магнитные поля других планет, мете­орное вещество. Они изучают планеты солнеч­ной системы, их магнитные поля, состав атмос­феры, детали поверхности и т. п.

Радиоастрономы изучают космическое ра­диоизлучение во всех диапазонах радиоволн и уже сейчас пытаются уловить на фоне косми­ческих шумов сигналы от разумных существ других миров.

Запросы геофизиков более скромны. Их ин­тересует сама Земля, ее внешние оболочки: атмосфера, ионосфера и магнитосфера — магнитное поле Земли и пояса радиации, связан­ные с ним.

Радиационные пояса в неменьшей степени волнуют и биологов — полеты людей и созда­ние будущих космических станций-спутников не могут проводиться без учета влияния радиа­ции. Защита от нее — одна из серьезнейших проблем космонавтики.

Сложнейшие эксперименты проводят на спут­никах физики. Они изучают таинственные кос­мические лучи и тщательно исследуют излуче­ние Солнца.

Особенное значение для всех исследований имеет создание тяжелых спутников-платформ, о необходимости которых говорил еще Циол­ковский. Запущенные на орбиты за предела­ми земной атмосферы, они будут практически вечно обращаться вокруг Земли. К этим по­стоянным спутникам-платформам, а в даль­нейшем, может быть, и спутникам-городам (!) смогут пришвартовываться для дозаправки топ­ливом космические корабли, стартующие к дру­гим планетам.

Возможность пополнения топливных запа­сов и старт с движущегося спутника увеличи­вают радиус действия, грузоподъемность и воз­можности маневров в космосе.

На тяжелых спутниках смогут долгое время «гостить» ученые и вести с них исследования космоса. Создание таких спутников открывает особые перспективы для астрономов. Разместив на спутниках телескопы большой мощности, они смогут получать особенно четкие изображе­ния небесных тел и деталей их поверхности. В космосе резко возрастет разрешающая спо­собность телескопа, потому что вся толща зем­ной атмосферы с ее пылью и водяными парами останется внизу. Спадет, так сказать, туман­ная пелена, веками застилавшая объективы телескопов.

Изучение и освоение космоса обогащают не только астрономию, но и другие науки. Спутники открывают широкие возможности для решения чисто технических задач. С помощью спутни­ков можно создать радионавигационные систе­мы, охватывающие всю нашу планету. Метео­рологи смогут наблюдать за движением облач­ных масс, за возникновением и движением цик­лонов и бурь сразу на всем земном шаре. И, на­конец, с помощью спутников уже сейчас начала решаться задача создания сети всемирного теле­визионного вещания.

За пределами тропосферы

Первые сведения о составе верхних слоев атмосферы Земли, ее плотности и других харак­теристиках были получены косвенными мето­дами: наблюдениями за свечением ночного неба, полярными сияниями, серебристыми облаками, вспышками метеоров и другими явлениями, происходящими в верхних слоях воздушной оболочки Земли.

Затем появились методы зондирования, «про­щупывания» атмосферы радиоволнами. Пронизывая атмосферу, радиоволны по-разному отра­жаются от различных ее слоев и, возвращаясь обратно в виде слабого радиоэха, позволяют по степени отражения их судить о плотности, составе и электрических свойствах верхних слоев атмосферы.

Развитие ракетной техники дало в руки ученых новое мощное средство для научных исследований. Высотные ракеты позволили под­нимать различные физические приборы непо­средственно в верхние слои атмосферы и прово­дить измерения, так сказать, «на месте».

Величины, измеренные «на небе», приборы запоминают и записывают, а потом с помощью так называемой системы радиотелеметрии пере­дают на Землю.

Исследования верхних слоев атмосферы при помощи ракет, систематически проводимые со­ветскими учеными, дали ценные научные резуль­таты. Но все же ракеты приносят довольно огра­ниченные сведения. Дело в том, что, подни­маясь вертикально вверх, ракета позволяет как бы осуществить вертикальный разрез атмо­сферы. По существу измеряются данные об атмосфере только над одной точкой земного шара и за очень небольшой отрезок времени, так как ракета находится в полете всего не­сколько минут. А свойства верхних слоев атмо­сферы сильно изменяются в зависимости от ши­роты и долготы места, от времени суток и года, поэтому одновременно охватить измерениями весь земной шар можно только при помощи искусственных спутников Земли.

С помощью спутников удалось особенно под­робно исследовать ионосферу — слой сильно ионизованного воздуха, окружающего нашу планету на высоте от 70—80 до 400—500 км. До запуска спутников свойства ионосферы изу­чались по отражениям и преломлениям радио­волн, посылаемых с Земли. Направление радио­волн со спутников в ионосферу позволило глуб­же и точнее исследовать ее свойства.

Много интересных сведений дали также физические приборы, непосредственно измеря­ющие концентрацию заряженных частиц (элек­тронов и положительных ионов). Оказалось, что ионосфера простирается значительно выше, чем предполагалось ранее. До последнего вре­мени считалось, что концентрация электронов на высотах более 300—400 км быстро падает. Однако непосредственные измерения, прове­денные на спутниках, показали, что даже на высотах порядка 800—1000 км концентрация электронов очень велика и только в 10 раз меньше наибольшей концентрации, наблюдаемой на высоте 300 км. Столь существенное уточ­нение данных о слоях ионосферы, лежащих выше слоя с максимальной концентрацией, объясняется тем, что эта область недоступна для наблюдений наземными средствами радио­зондирования и сведения о ней могли принести только спутники и космические ракеты.

Результаты ракетных исследований ионо­сферы полностью подтвердили, что состояние этого слоя атмосферы всецело определяется солнечной активностью — излучением Солнца. Ионосфера как бы «дышит» в такт с горячим дыханием Солнца. Вспышки на Солнце выбра­сывают потоки корпускул — частиц солнечной материи, которые, достигая газовой оболочки Земли, непрерывно изменяют ее электрические характеристики. Не только корпускулярное, но и коротковолновое излучение Солнца непре­рывно воздействует на ионосферу. На освещен­ной Солнцем половине земного шара состояние ионосферы иное, чем на теневой.

Исследования, проведенные на спутниках, принесли ученым много неожиданностей. На­пример, плотность воздуха на высоте полета спутников оказалась в несколько раз большей, чем ожидалось. На высоте 266 км она при­мерно в 10 млрд. раз меньше, чем у поверх­ности Земли, но дальше плотность уменьшается сравнительно медленно.

Прежде условно считали, что на высоте 1 тыс. км земная атмосфера переходит в меж­планетный газ, а теперь, после проведенных исследований, ученые смогли установить, что эта граница значительно выше и достигает 2,5—3 тыс. км.

Спутники и ракеты обнаружили, что верх­ние слои атмосферы такие же неспокойные, как и нижние,— там также дуют ветры, при­чем с огромными скоростями.

Вся толща атмосферы не только неспокойна, но и неоднородна. На высотах до 100 км атмос­фера хорошо «перемешана» и ее состав при­мерно такой же, как у земной поверхности. Выше происходит расслоение — доля легких газов с высотой увеличивается. Кроме того, оказалось, что, начиная с высоты 100 км, моле­кулы кислорода распадаются на атомы и выше 150 км кислород встречается только в атомар­ном состоянии. А с высоты 250 км и выше атмосфера состоит в основном из атомов азота и кислорода.

С помощью спутников ученые узнали много нового о температуре верхних слоев газовой оболочки Земли. Было замечено, что в измене­нии температуры и плотности атмосферы имеется та же повторяемость, что и у различных видов солнечной деятельности. Особенно силь­ны воздействия Солнца на атмосферу в годы максимумов солнечной активности. Очень пока­зателен в этом смысле пример с длительностью существования третьего советского искусствен­ного спутника Земли. Спутник продержался на орбите на полгода дольше, чем было рас­считано. Оказалось, что причина этого не в ошибках расчета, а в том, что использовались данные о плотности верхних слоев атмосферы за 1957—1958 гг., когда был максимум солнеч­ной активности. В 1959 и в начале 1960 г. солнечная активность снизилась, уменьшилась плотность атмосферы и сопротивление ее дви­жению спутника; естественно, увеличился и срок жизни спутника.

**Задание: Создать презентацию по теме: «искусственные тела солнечной системы»**