Государственная корпорация по космической деятельности Роскосмос

Министерство просвещения Российской Федерации

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**УРОКА №51**

по программе

**Аэродинамика и баллистика**

На тему:

«Межпланетные перелеты»

г. Москва, 2020 г.

***Пояснительная записка***

Вводится понятие «третья космическая скорость». Объясняется геометрическое отличие этой скорости от второй космической скорости для Солнца.

Рассматривается пертурбационный маневр и его использование для ускорения и замедления межпланетных аппаратов. Объясняется источник энергии для разгона аппарата таким способом.

Во время урока предусмотрено использование различных приемов обучения, современных ТСО, наглядности, презентации Microsoft Power Point.

***ТЕМА УРОКА***: Межпланетные перелеты.

***ЦЕЛИ УРОКА:***

* Изучить физический смысл третьей космической скорости.
* Рассмотреть механизм изменения скорости аппарата за счет пертурбационного маневра.

***НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ***: презентация.

***ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА***:компьютер, проектор, экран.

***ВИД УРОКА***:урок «открытия» нового знания.

***ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ УРОКА:*** 45 минут.

***ХОД УРОКА***:

1. *ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ МОМЕНТ* (5 минут)

Учитель приветствует учащихся.

Учитель побуждает к предположениям о предстоящей теме урока,задавая наводящие вопросы оспособах разгона и торможения межпланетных аппаратов.Ожидаемые ответы:

* можно использовать долго работающие двигатели малой тяги (ионные, электроракетные);
* для внутренних по отношению к Земле планет можно разгонять аппарат в сторону, противоположную движению планеты, для внешних – наоборот.

Учащиеся определяют тему и цели урока, а также личностное отношение к предлагаемой теме.

1. *ПОВТОРЕНИЕ ПРОЙДЕННОГО МАТЕРИАЛА* (5 минут)

Учитель проводит устный опрос учащихся по домашнему заданию:

1. Почему второй космической скорости недостаточно для покидания грависферы Земли?
2. Почему каменные планеты ближе к Солнцу, чем гиганты?
3. Требуется ли вторая космическая скорость для полета к Луне?
4. *ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА*(25 минут)

Нам осталось рассмотреть вопросы, связанные с отправкой аппаратов к другим планетам Солнечной системы и в межзвездное пространство. За прошедшее время, среди прочих, были отправлены два аппарата, которые должны покинуть Солнечную систему. Это аппараты «Вояджер». Рассмотрим баллистическую задачу по их запуску.

Чтобы покинуть Солнечную систему, аппараты должны, после выхода из грависферы Земли, развить скорость, являющуюся второй космической для Солнца. Определить эту скорость в окрестности нашей планеты можно по уже известной нам формуле. На этот раз в нее подставим массу Солнца и средний радиус земной орбиты. Получаем скорость чуть больше 42 км/с.

Для ракетной техники такие скорости пока недосягаемы. Но ведь Вояджеры летят! Как удалось запустить эти аппараты? (мини опрос)

Когда автор был студентом, ему говорили, что вывод спутника на низкую круговую орбиту – предел возможности одноступенчатой ракеты. Этот предел до сих пор не был реализован. Все современные носители – либо двух, либо трехступенчатые ракеты. При этом в качестве перспективных проектов рассматриваются идеи «воздушного старта», когда функцию первой ступени выполняет самолет – носитель. В случае отправки межпланетных станций, что может служить таким носителем?

До сих пор мы рассматривали Землю как неподвижный объект. Но ведь она не только вертится, из-за чего подавляющее большинство спутников запускаются на восток, но еще и движется вокруг Солнца. Т.е. наша «первая ступень» для Вояджера уже имеет орбитальную скорость, равную 29,78 км/с. Значит нам нужно «доразогнать» станцию на «каких-то» 12,34 км/с.

Это было бы так, если бы не требовалось выйти из грависферы Земли. Скорость такого выхода для Земли является второй космической и равна 11,2 км/с. Так насколько пришлось разогнать Вояджеры? Закон сохранения энергии говорит, что суммировать надо не скорости, а соответствующие энергии. Таким образом получаем необходимое приращение скорости, равное 16,65 км/с. Это значение принято именовать третьей космической скоростью.

С ним многоступенчатые ракеты «потягаться» уже могут. Но даже до этой скорости необязательно разгонять аппарат ракетой. От ракеты потребуется только превысить 11,2 км/с. Что же делать дальше?

Из законов Кеплера следует, что и траектория, и скорость движения по ней, должны обладать «зеркальной симметрией». Т.е. при облете неподвижного центра тяготения скорость подлета равна скорости отлета, что отображает левый рисунок. Для простоты взятполуэллипс, т.к. в этом случае векторы скорости подлета и отлета параллельны.

Эта симметрия сохраняется и в случае движения центрального тела. Только в этом случае скорость подлета представляет собой сумму скоростей аппарата и планеты, а скорость отлета – их разность. Отсюда получаем, сто после такого облета планеты аппарат получит приращение к скорости, равное удвоенной скорости планеты. Это для идеального случая, когда все рассматриваемые векторы скоростей параллельны друг другу. Если такая параллельность не соблюдается, прибавка скорости будет меньше, но она будет!

Откуда эта прибавка берется? Ведь ее, вроде бы, запрещает самый фундаментальный закон природы – закон сохранения энергии. Мы уже сталкивались с причудами этого закона, когда рассматривали межорбитальные переходы. «Никогда такого не было и вот опять»? За счет чего разгоняется аппарат? (мини опрос)

Разгоняя межпланетную станцию таким образом, мы фактически тормозим планету. Конечно, из-за колоссальной разницы масс аппарата и планеты, замедление последней ничтожно. Но если такие маневры совершать постоянно, то планета может затормозиться настолько, что ее орбита изменится. А изменение орбиты любой большой планеты может привести к глобальной перестройке всей Солнечной системы. Поэтому таким маневром нельзя пользоваться бесконечно.

Мы рассматривали вариант, при котором изначально аппарат и планета двигались навстречу друг другу. Что будет происходить, если аппарат будет догонять планету? (мини опрос)

Получится ли использовать такой маневр, получивший название «пертурбационный», многократно? Можно ли проложить траекторию межпланетного аппарата таким образом, чтобы несколько раз у различных планет повышать скорость? Все планеты вокруг Солнца движутся в одном направлении, значит, летя навстречу первой планете, вторую придется догонять и т.д. Только половина встреченных планет будет разгонять наш аппарат. Но это в случае «полного разворота». Поворачивая на меньший угол, мы будем получать меньшее изменение скорости.

1. *ЗАКРЕПЛЕНИЕ ИЗУЧЕННОГО МАТЕРИАЛА И ОТРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ УМЕНИЙ*(5 МИНУТ)

Учитель задает контрольные вопросы:

1. Зависит ли приращение скорости в ходе пертурбационного маневра от расстояния, на котором аппарат облетает планету?
2. Какое преимущество имеет траектория вывода на геостационарную орбиту с облетом Луны?
3. Влияет ли на значение второй космической скорости ее направление?
4. *ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ* (5 МИНУТ)

По завершению урока учитель объясняет ход выполнения домашнего практического задания для закрепления изученного теоретического материала: Задание №54 в рабочей тетради.

Опорный конспект

* 1. Организационный момент (5 минут).
  2. Повторение пройденного материала (5 минут)
  3. Изучение нового материала (25 минут).
  4. Закрепление изученного материала и отработка практических умений (5 минут).
  5. Домашнее задание (5 минут).

## Список литературы

## Основная литература

1. Мхитарян, А.М. Аэродинамика/ А.М. Мхитарян. - ЭКОЛИТ, 2012.
2. Бережко Е.Г. Введение в физику космоса/ Е.Г. Бережко. - ФИЗМАТЛИТ, 2014.
3. Хомич Е.О. Космос/ Е.О. Хомич. - АСТ, 2016.
4. Авдеев Ю.Ф. Космос, баллистика, человек/ Ю.Ф.Авдеев. - Высшая школа, 2013.
5. Граве И.П. Внутренняя баллистика. Пиродинамика/ И.П. Граве. - 2014.
6. Дэвис Л., Внешняя баллистика ракет / Л.Девис, Дж. Фоллин, Л. Блитцер. - Воениздат, 2000.