Государственная корпорация по космической деятельности Роскосмос

Министерство просвещения Российской Федерации

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**УРОКА №46**

по программе

**Аэродинамика и баллистика**

На тему:

«Межорбитальные переходы»

г. Москва, 2020 г.

***Пояснительная записка***

Выводится формула зависимости скорости спутника на круговой орбите от высоты орбиты. Дается определение первой космической скорости.

Анализируется зависимость полной удельной энергии спутника от высоты его орбиты. Объясняется парадокс с определением потенциальной энергии.

Вводится понятие «Гравитосфера».

Во время урока предусмотрено использование различных приемов обучения, современных ТСО, наглядности, презентации MicrosoftPowerPoint.

***ТЕМА УРОКА***:Межорбитальные переходы.

***ЦЕЛИ УРОКА:***

* Рассмотреть понятие «Первая космическая скорость».
* Рассмотреть зависимость полной удельной энергии спутника на круговой орбите от высоты орбиты.

***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 о движении спутника.Ожидаемые ответы:

* с ростом высоты орбиты скорость спутника уменьшается;
* потенциальная энергия растет с ростом высоты;
* спутник надо разгонять для увеличения высоты орбиты и тормозить для ее уменьшения.

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. Можно ли рассматривать систему Коперника как частный случай системы Кеплера?
2. В чем «революционность» законов Кеплера?
3. Какие факторы не учитывались Кеплером?
4. *ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА*(25 минут)

Переходим к разделу нашего курса, посвященному межорбитальным переходам. Для начала поговорим о параметрах движения спутника. Для простоты изложения будем рассматривать круговые орбиты. Согласно первому закону Ньютона, тело сохраняет положение покоя или прямолинейного равномерного движения, если на него не действуют силы или действие этих сил скомпенсировано. Соответствует ли этому закону движение планеты вокруг Солнца или движение спутника вокруг планеты? Космонавты на МКС живут в состоянии невесомости, т.е. там нет выделенной массовой силы. При этом движение самой станции не прямолинейно. Ньютон ошибся? (мини опрос).

Рассмотрим упрощенную систему сил, действующую на спутник на круговой орбите. Чтобы высота полета оставалась постоянной, силы, направленные вдоль вертикали (в нашем случае развернутой горизонтально), должны быть равны друг другу. Поскольку они действуют на одну и ту же массу, будем рассматривать только вызываемые ими ускорения.

Ускорение, центростремительное в инерциальной системе координат и центробежное в системе координат, связанной со спутником, можно найти как отношение квадрата скорости спутника к радиусу орбиты. Оно вызвано так называемой «силой инерции».

В сторону Земли направлено ускорение, которое мы привыкли именовать ускорением свободного падения. Только это не привычные нам 9.8 м/с2, а значение, определяемое из закона всемирного тяготения.Для этого постоянную всемирного тяготения перемножаем на массу Земли и делим на квадрат радиуса орбиты спутника. Приведенное значение справедливо только для нулевой высоты.

Поскольку из условия равновесия спутника следует равенство этих двух ускорений, приравниваем правые части. Из полученного уравнения выражаем скорость спутника. Выведенная формула показывает, что с ростом радиуса орбиты скорость спутника должна уменьшаться.Соответствующая нулевой высоте орбитальная скорость получила название «Первая космическая».

Гагарин облетел Землю за 108 минут, а Луна затрачивает на это 28 суток не только потому, что орбита Луны длиннее орбиты корабля «Восток», но и потому, что она движется намного медленнее.А теперь вопрос: если скорость спутника при увеличении высоты его орбиты должна уменьшаться, то при переводе спутника с низкой орбиты на более высокую его нужно разгонять или тормозить? (мини опрос)

«Здравый смысл» подсказывает, что с высотой должна расти потенциальная энергия (mgh). Этот рост приводит к росту полной энергии спутника, несмотря на уменьшение его скорости. Проверим это предположение.

Итак, в левом верхнем углу заданы значения массы Земли, постоянной всемирного тяготения и радиуса нашей планеты. Сверху по центру заданы зависимости орбитальной скорости и ускорения свободного падения от радиуса орбиты. Справа приведены формулы определения удельных (для массы в 1 кг) потенциальной и кинетической энергии спутника. Складываем их и строим график зависимости полной удельной энергии спутника от высоты его орбиты.

Вместо ожидаемого монотонного возрастания видим парадоксальную картину. Энергия растет до высоты порядка 2120 км, а потом начинает снижаться. Если продлить график вправо, то он будет, как говорят математики, асимптотически стремиться к нулю. Работающий на разгон двигатель может только увеличить полную энергию, но никак ее не уменьшить. Что же получается? До 2120 км спутник надо разгонять, а потом для увеличения высоты требуется торможение? Где мы ошиблись? (мини опрос)

Чтобы ответить на этот вопрос, нужно разобраться с таким понятием, как энергия. Дело в том, что механическая энергия не является характеристикой материальной точки, т.е. тела, размерами которого можно пренебречь в данной задаче. Поэтому определить механическую энергию спутника невозможно. Энергия определяется только для связки Земля – спутник. В данном случае мы сталкиваемся с границами действия притяжения планеты. Зону, в которой планета способна влиять на движение других тел называют грависферой. Теоретически гравитация действует на любом расстоянии от тела. Только эффект от такого действия на некотором расстоянии принимает, как говорятматематики, «второй порядок малости», т.е. в расчетах им можно пренебречь. Пространство, внутри которого им пренебрегать нельзя, и получило название грависфера. Почему именно сфера? Потому, что гравитационное взаимодействие не зависит от направления.

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

Учитель задает контрольные вопросы:

1. Что такое «грависфера»?
2. При переводе спутника на более высокую орбиту двигатель работает на разгон, а скорость при этом уменьшается. Почему?
3. *ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ* (5 минут)

По завершению урока учитель объясняет ход выполнения домашнего практического задания для закрепления изученного теоретического материала. Задание №49 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.