Государственная корпорация по космической деятельности Роскосмос

Министерство просвещения Российской Федерации

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**УРОКА № 38**

по программе

**Аэродинамика и баллистика**

На тему:

**«Скорость Циолковского. Потери скорости»**

г. Москва, 2020 г.

***Пояснительная записка***

Рассматривается задача движения тела переменной массы. Записывается закон сохранения импульса для задачи, приводящей к уравнению И.В. Мещерского.

Анализируется отличие данной задачи от задачи, дающей формулу К.Э. Циолковского.

Рассматриваются гравитационные и аэродинамические потери тяги, не учитываемые в уравнении Циолковского.

Во время урока предусмотрено использование различных приемов и методов обучения, современных ТСО, презентации PowerPoint.

***ТЕМА УРОКА***: Скорость Циолковского. Потери скорости.

***ЦЕЛИ УРОКА:***

- выполнить практическую работу №11;

- воспитать логическое мышление, внимание, словесно-логическую память;

- развить воображение, сообразительность, познавательный интерес.

***НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ***: презентации.

***РАЗДАТОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ***: задание к уроку.

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

***ВИД УРОКА***: урок рефлексии.

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

***ХОД УРОКА***:

1. *ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ МОМЕНТ*(5 минут)

Учитель приветствует учащихся.

Учитель сообщает учащимся, что на уроке будет проводиться Практическая работа №11.

Учитель знакомит учащихся с планом предстоящего урока. Проговариваются организаторские моменты по проведению занятия: дата, время, вид урока.

Учитель побуждает на постановку целей и определение темы урока учеников, задавая наводящие вопросы.

1. *ПОВТОРЕНИЕ ПРОЙДЕННОГО МАТЕРИАЛА* (5 минут)

Учитель проводит устный опрос учащихся по домашнему заданию:

- почему закон сохранения механической энергии неприменим для определения гравитационных потерь;

- чем ограничена тяговооруженность ракет-носителей;

- что является причиной барометрических потерь.

1. *ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА* (10 минут)

Учитель объясняет материал по теме урока.

Посмотрим, как будет выглядеть формула скорости Циолковского для ракеты. Логично предположить, что конечная скорость предыдущей ступени является начальной скоростью для следующей. Конструктора скажут, что это не совсем так, ведь в процессе разделения ступеней часть скорости может теряться. Эти потери мы учитывать не будем. В этом случае конечная скорость ракеты может быть найдена как сумма конечных скоростей ее ступеней. Естественно, удельные импульсы двигательных установок ступеней, в большинстве случаев, различны. Таким образом, мы должны были остановиться, записав верхнюю строчку.

Чтобы продвинуться дальше, определяется такое эквивалентное значение удельного импульса, которое можно было бы подставить в формулу Циолковского для каждой ступени с тем, чтобы результат суммирования не изменился. Определение такого значения мы оставим за рамками курса и рассмотрим случай, при котором удельные импульсы ступеней равны. В этом случае удельный импульс выносится за скобки, а сумма логарифмов может быть заменена логарифмом произведения.

При этом надо учитывать тот факт, что мы считаем следующую ступень частью предыдущей, что позволяет более компактно записать формулы для определения относительных конечных масс ступеней.

Условиями применимости закона сохранения импульса, на основании которого было получено уравнение Циолковского, являются отсутствие перехода кинетической энергии во внутреннюю (тепло) или потенциальную.

Самый простой и очевидный подход – записать закон сохранения механической энергии, приравняв изменение потенциальной энергии к изменению кинетической. Знак «минус» в уравнении означает, что при увеличении потенциальной энергии кинетическая уменьшается и наоборот. Отсюда можно выразить поправку. Вроде бы логично, но для нашего случая не годится. Дело в том, что это соотношение действует только для вертикального полета. В нашем случае поступим иначе.

При движении по большей части траектории вектор (mg) дает проекцию на продольную ось ракеты, направленную противоположно вектору скорости. Эта проекция представляет собой ускорение. Чтобы получить потери скорости, требуется, как сказали бы в ВУЗе, «проинтегрировать» ее по времени активного участка. Этот термин означает, что время работы двигателя нужно разделить на множество коротких интервалов и для каждого из них перемножить данную проекцию на длину интервала. Полученные произведения впоследствии складываются.

Результат, естественно, растет с течением времени. Поэтому для минимизации этой потери требуется минимизировать время разгона, т.е. задать максимально возможную тяговооруженность (отношение силы тяги двигателя к весу ракеты).

1. *ЗАКРЕПЛЕНИЕ ИЗУЧЕННОГО МАТЕРИАЛА И ОТРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ УМЕНИЙ* (20 минут)

Учащиеся совместно с учителем выполняют практическую работу №11:

решение задач на определение скорости Циолковского при заданной массе, удельном импульсе, определение гравитационных потерь ракеты при заданном расходе топлива.

1. *РЕФЛЕКСИЯ* (2 минут)

Учитель проводит беседу с учащимися по пройденному материалу. Уточняет, были ли выполнены первичные цели. Правильно ли была определена тема урока. Учитель спрашивает мнение о проведенном уроке, каждый должен дать ответ в 1-2 предложения: было ему интересно, все понял или что-то вызвало трудности и т.д.

1. *ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ* (3 минуты)

По завершению урока учитель объясняет ход выполнения домашнего практического задания для закрепления изученного теоретического материала. Задание №41 в рабочей тетради.

Опорный конспект

1. Организационный момент (5 минут).
2. Повторение пройденного материала (5 минут).
3. Изучение нового материала (10 минут).
4. Закрепление изученного материала и отработка практических умений(20 минут).
5. Рефлексия (2 минуты).
6. Домашнее задание (3 минуты).

## 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.