Государственная корпорация по космической деятельности Роскосмос

Министерство просвещения Российской Федерации

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**УРОКА №28**

по программе

**Аэродинамика и баллистика**

На тему:

«Теория полета снаряда в пустоте. Практическое применение»

г. Москва, 2020 г.

***Пояснительная записка***

Учащиеся знакомятся с теорией полета снаряда в пустоте на большие расстояния. При этом нельзя игнорировать изменение вектора ускорения свободного падения по направлению, а, в большей части случаев, и по модулю.

Рассматривается задача поиска угла, обеспечивающего требуемую дальность броска при минимально возможном модуле начальной скорости.За максимальную дальность принимается половина окружности Земли, что обеспечивает попадание в любую точку земной поверхности.

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

***ТЕМА УРОКА***:Теория полета снаряда в пустоте.

***ЦЕЛИ УРОКА:***

* Рассмотреть траекторию движения свободно брошенного тела в «центральном» поле тяготения.
* Рассмотреть задачу поиска угла бросания на требуемую дальность при минимальной скорости.

***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 ополете свободно брошенных тел.Ожидаемые ответы:

* траектория полета – дуга эллипса;
* угол, обеспечивающий минимальную скорость броска, уменьшается с ростом дальности.

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. При каких допущениях угол максимальной дальности равен 45º?
2. Для чего используются навесные траектории?
3. Что такое «прямой выстрел»?
4. *ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА*(30 минут)

Мы знаем, что ускорение свободного падения направлено к центру Земли и обратно пропорционально квадрату расстояния до этого центра. На прошлом занятии мы рассматривали упрощенную модель, которую можно использовать для доставки снаряда на небольшие расстояния. Сегодня рассмотрим более сложный случай, при котором пренебрегать сферичностью Земли и центральностью поля тяготения уже нельзя.

Центральное поле тяготения дает свое ускорение свободного падения для каждой точки траектории. Мы несколько упростим задачу, и не будем учитывать эффекты, связанные с вращением планеты и атмосферы.

В центральном поле тяготения траектория свободного полета тела, если пренебречь аэродинамическими силами, представляет собой дугу эллипса. Это, применительно к обращению планет в поле тяготения Солнца, было установлено еще Иоганном Кеплером. При рассмотрении небольшого участка вблизи габаритных точек эллипс почти не отличается от параболы.

В рассматриваемой задаче «угол максимальной дальности» зависит от модуля скорости, поэтому удобнее говорить об угле, требующем минимального модуля скорости для доставки груза в требуемую точку.

Поскольку ни стрелковое оружие, ни артиллерия не способны доставлять пулю или снаряд на сотни и тысячи километров, мы будем рассматривать в качестве средства доставки баллистическую ракету. Как уже говорили на первых занятиях, ее траектория делится на активный и пассивный участки. Мы будем рассматривать второй. Математические выкладки «эллиптической теории» опустим и приведем только конечный результат.

Начальной точкой пассивного участка является точка отключения двигателя ракеты (точка I).Соединим ее «прямой визирования» с точкой цели F. Оптимальным углом бросания θ0 является половина угла, образованного прямой визирования и радиус вектором начальной точки. Аналитически данный угол можно выразить приведенной формулой.

При малых дальностях «прямая визирования» горизонтальна, т.е. перпендикулярна радиус-вектору. Это дает уже знакомый нам угол бросания 45º. Увеличение дальности приводит к росту угла «Ф» между радиус-векторами начальной точки и цели. Это ведет к уменьшению угла между начальным радиус-вектором и прямой визирования. При Ф = 180º угол бросания принимает нулевое значение. Для б*о*льших дальностей наша вычислительная модель не работает.

Теперь для полученного угла определим взаимосвязь скорости и дальности. Согласно первому закону Кеплера, который мы будем подробно рассматривать позже, снаряд должен двигаться по эллипсу, в одном из фокусов которого находится центр Земли. В нашем случае точка, которую для орбиты мы бы назвали перигеем, находится под поверхностью планеты. В рамках рассматриваемой задачи будем называть ее перицентром, а вершину траектории – апоцентром.

Для решения данной задачи воспользуемся полярной системой координат. Определяющими величинами для нее являются радиус-вектор рассматриваемой точки (r) и центральный угол(υ).Этот угол будем откладывать от радиус-вектора перицентра. В космической баллистике его называют углом истинной аномалии.

Для учета гравитационных сил введем параметр μз, равный произведению постоянной всемирного тяготения и массы Земли. Для определения формы траектории используем две вспомогательные величины: интеграл площадей σ, и интеграл энергии h. Причем последний, для нашего случая, имеет отрицательное значение.

Введем параметры, соответствующие квадратам полуосей нашего эллипса (p иa). Для эксцентриситета эллипса получаем формулу . Из уравнения траектории выражаем угол истинной аномалии. Далее находим центральный угол нашей траектории и, зная радиус Земли, длину дуги, являющуюся ортодромной дальностью.

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

Учитель задает контрольные вопросы:

1. Как оптимальный угол бросания зависит от дальности?
2. При каких условиях можно не учитывать зависимость ускорения свободного падения от высоты?
3. Почему приведенные на уроке формулы неприменимы для дальности, превышающей половину окружности Земли?
4. *ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ* (5 минут)

По завершению урока учитель объясняет ход выполнения домашнего практического задания для закрепления изученного теоретического материала. Задание №31 в рабочей тетради.

Опорный конспект

* 1. Организационные моменты (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.