

Воронежский государственный университет



Военная кафедра



Цикл стрельбы и
управления огнем
артиллерии



Учебный слайд-фильм
по дисциплине «Стрельба и
управление огнем артиллерии»

Тема 2

**Движение
снаряда в воздухе**

Учебные цели:

1. Изучить основные положения движения снаряда в воздухе и в безвоздушном пространстве, элементы траектории, виды стрельбы.
2. Научить студентов определять элементы траектории, величину деривации по таблицам стрельбы.

Учебные вопросы:

- 1. Движение снаряда в безвоздушном пространстве и в воздухе. Деривация, причины ее возникновения и ее учет.**
- 2. Элементы траектории, их определение и обозначение. Виды траекторий и виды стрельбы.**
- 3. Таблица стрельбы, их назначение и содержание. Определение величины элементов траектории по таблицам стрельбы.**

Литература:

- 1. Учебник «Подготовка стрельбы и управления огнем артиллерии», Москва, военное издательство, 1987 г. стр.90-113.**
- 2. Учебник сержанта ракетных войск и артиллерии для начальников вычислительных команд, Москва, военное издательство, 1990 г. стр. 77-83, 86-87.**

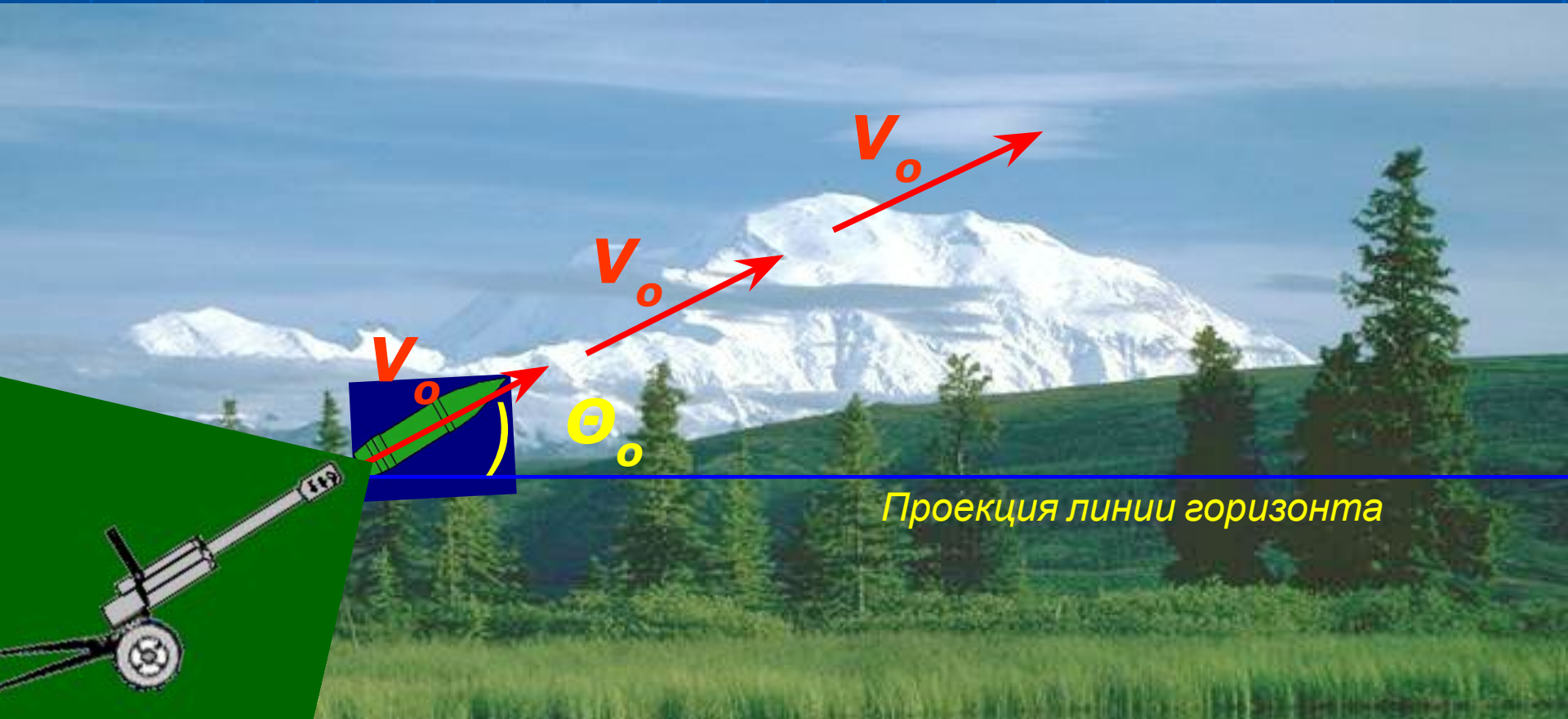
1 учебный вопрос

**Движение снаряда в
безвоздушном пространстве и
в воздухе.**

**Деривация, причины ее
возникновения и ее учет.**

Полет снаряда

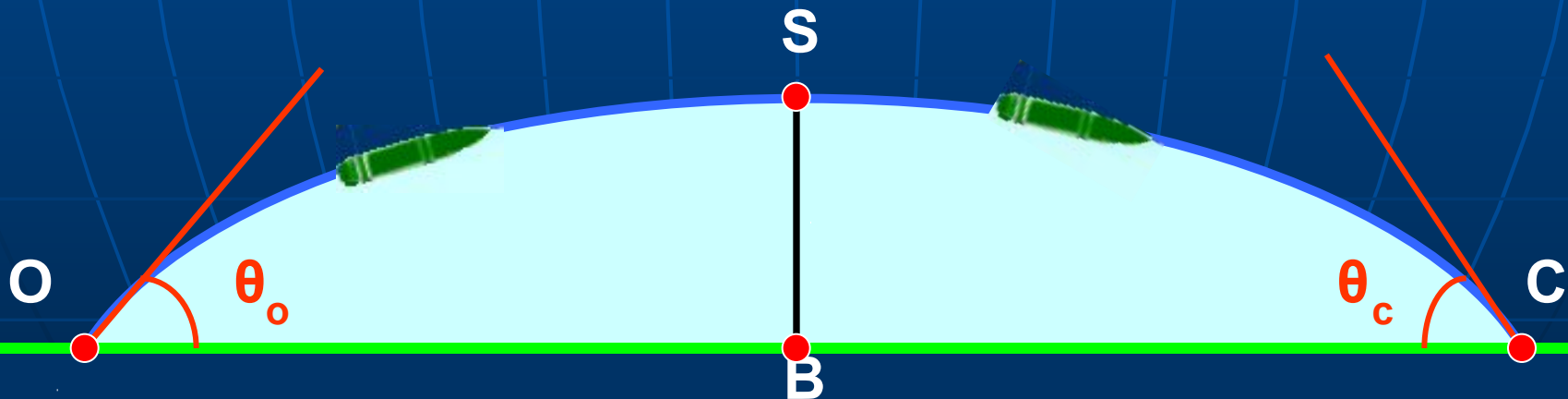
Если бы на снаряд при его полете не действовали никакие силы, то он, будучи выпущенным под некоторым углом бросания θ_0 , улетел бы в мировое пространство по прямой с постоянной скоростью v_0 .



Траектория полета снаряда в безвоздушном пространстве

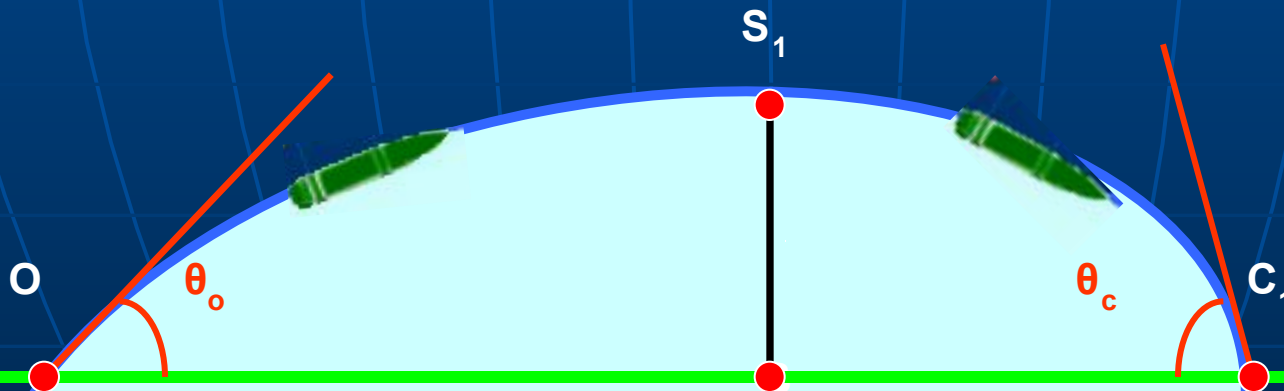
Но на снаряд в полете действует сила тяжести и сила сопротивления воздуха, поэтому траектория его полета отличается от прямой линии.

В безвоздушном пространстве (при действии только одной силы тяжести) траектория будет симметричной кривой, т.е. $\theta_o = \theta_c$; $OS = SC$; $OB = BC$ и $V_c = V_o$.



Траектория полета снаряда в воздухе

1. При полете снаряда в воздухе траектория его не будет симметричной.
2. Угол падения будет больше угла бросания ($\theta_c > \theta_o$).
3. Нисходящая ветвь траектории короче и круче восходящей ($OS_1 > S_1C_1$).
4. Скорость снаряда в точке падения меньше начальной скорости ($V_c < V_o$).



Полет снаряда в пространстве.

Горизонтальная дальность полета снаряда в пространстве зависит только от начальной скорости V_0 и угла бросания θ_0 .

Угол наибольшей дальности при стрельбе в пространстве равен 45° .

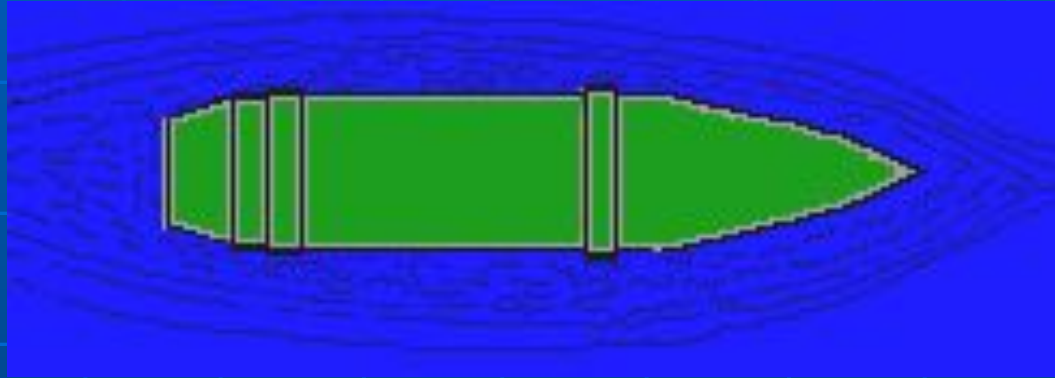
Влияние силы тяжести на полет снаряда

Сила тяжести вызывает понижение снаряда под линией бросания (искривляет траекторию) и оказывает влияние на изменение скорости движения снаряда.

Составляющие силы сопротивления воздуха

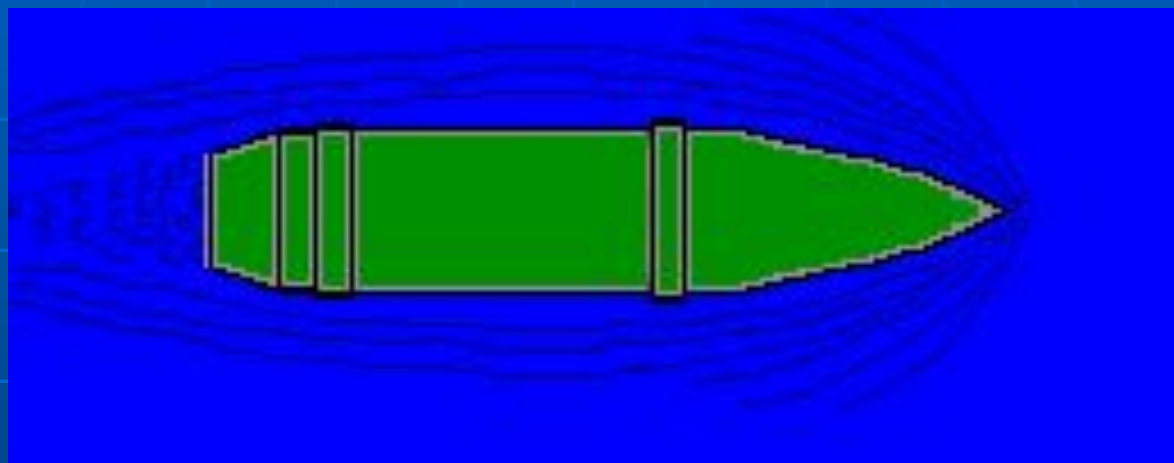


Соппротивление трения



Частицы воздуха со всех сторон прилипают к поверхности снаряда. При движении снаряда между этими частицами и прилегающими слоями воздуха создается *трение*, которое является одной из составляющих силы сопротивления воздуха.

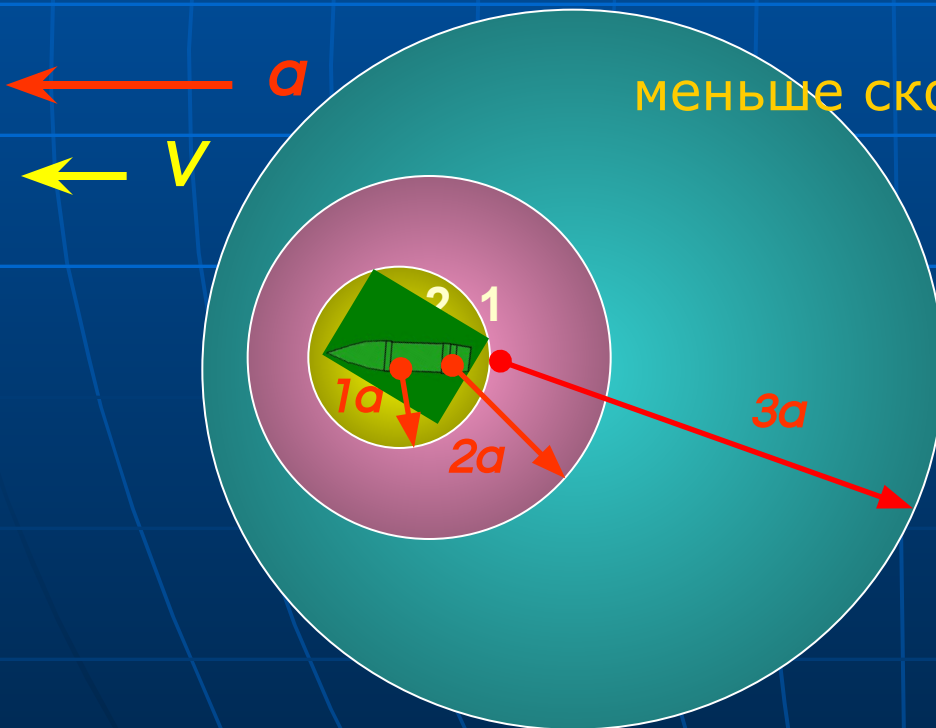
Сопротивление давления



При движении снаряда в воздухе перед его головной частью создается область повышенного давления (*уплотнение частиц воздуха*), а за дном снаряда возникает область пониженного давления (*разрежение*). Оба фактора препятствуют движению снаряда и являются *второй составляющей силы сопротивления воздуха*.

Волновое сопротивление

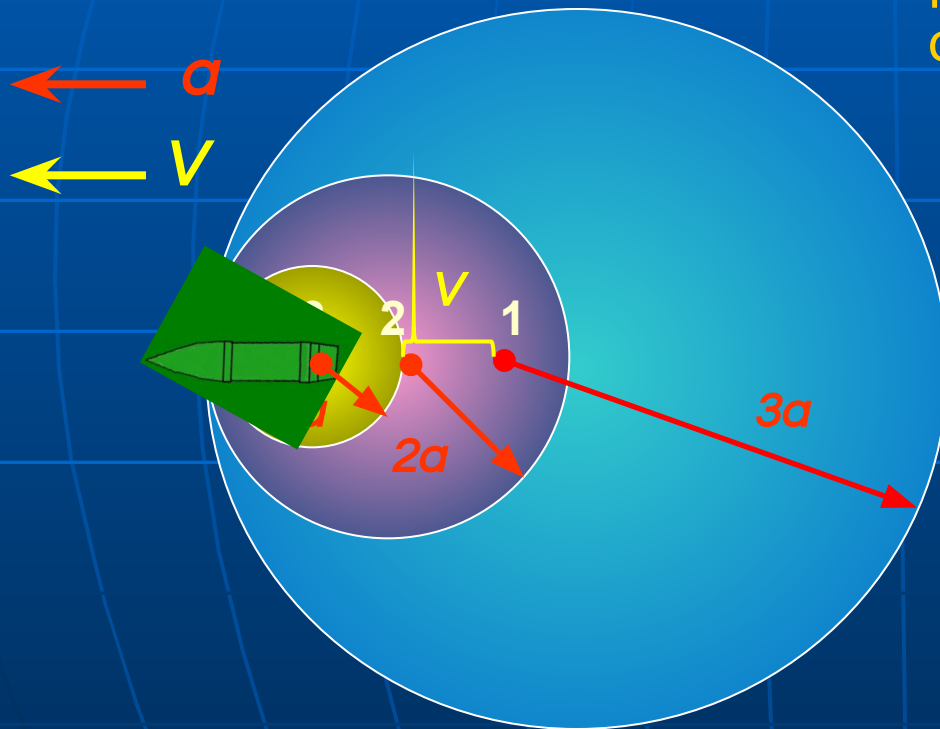
При движении снаряда в воздухе часть его кинетической энергии расходуется на колебания частиц воздуха, т.е. на образование звуковых волн.



Если скорость снаряда V
меньше скорости звука a ,

гребни звуковых волн
будут уходить вперед
и снаряду не придется
их преодолевать

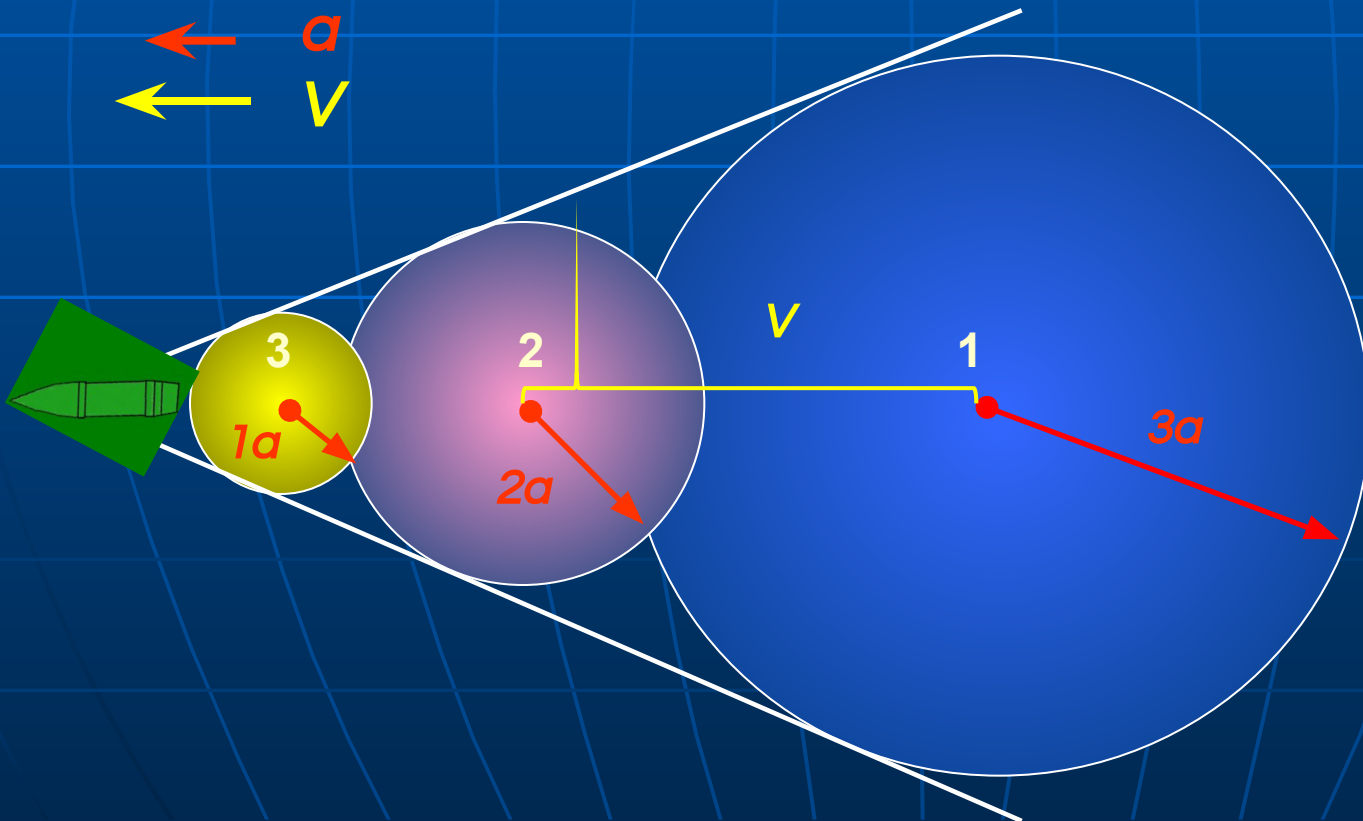
Волновое сопротивление



Если скорость снаряда V равна скорости звука a , снаряд все время движется в уплотненной среде. Сопротивление сильно возрастает.

Волновое сопротивление

Если скорость снаряда V больше скорости звука a , снаряд вынужден пробивать звуковые волны, на что расходуется значительная часть энергии.

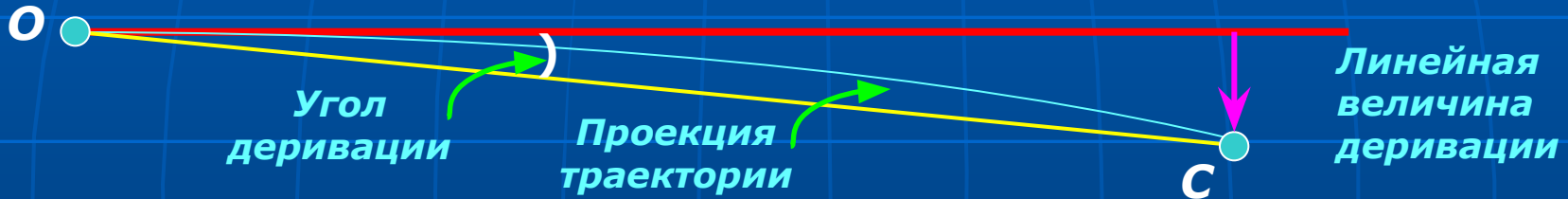


Образование и преодоление снарядом звуковых волн является третьей составляющей силы сопротивления воздуха

Деривация, причины её возникновения и учёт

Понятие о derivaции

Derivaцией называется явление отклонения снаряда от плоскости стрельбы вследствие вращательного движения снаряда в воздухе.



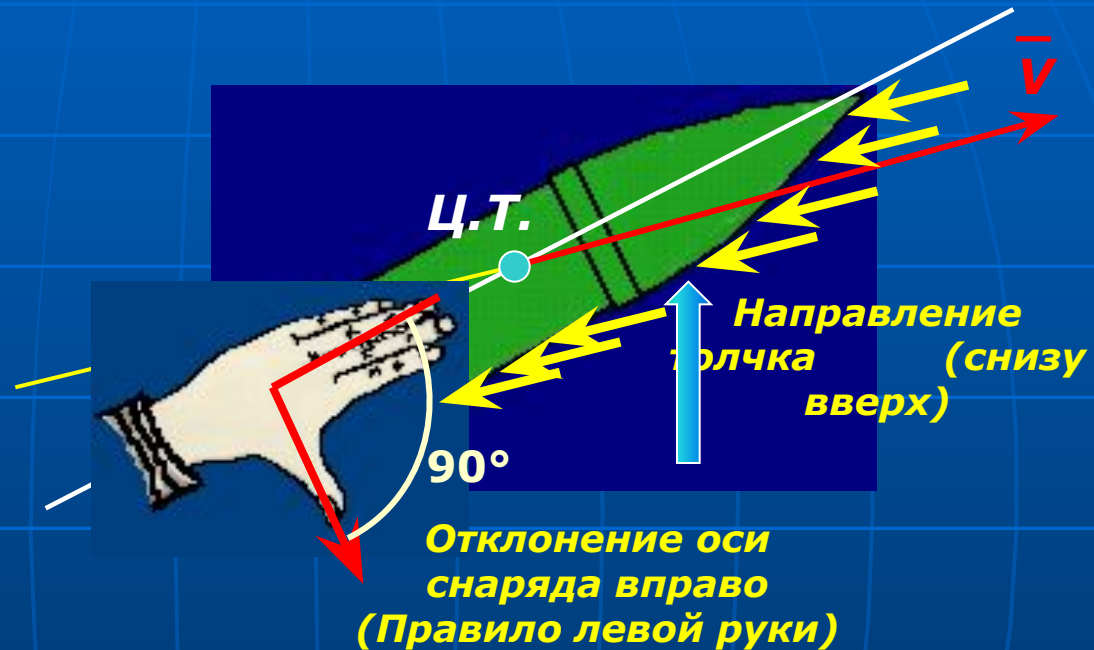
У орудий, имеющих правую нарезку, derivaция всегда вправо, а у орудий с левой нарезкой derivaция влево.



Известно, что если к какой-либо точке **T** вращающегося тела приложить силу (толчок), то ось вращения этого тела отклонится в ту сторону, куда придет эта точка через $\frac{3}{4}$ оборота.

Понятие о деривации

Вращающийся снаряд всегда летит с несколько приподнятой головной частью относительно направления своего полета, поэтому нижняя его поверхность испытывает больше толчков встречных частиц воздуха, чем другие участки поверхности, в результате чего (при вращении снаряда слева направо) ось снаряда постоянно отклоняется вправо (по правилу левой руки).



В безвоздушном пространстве или при стрельбе в зенит деривация отсутствует.

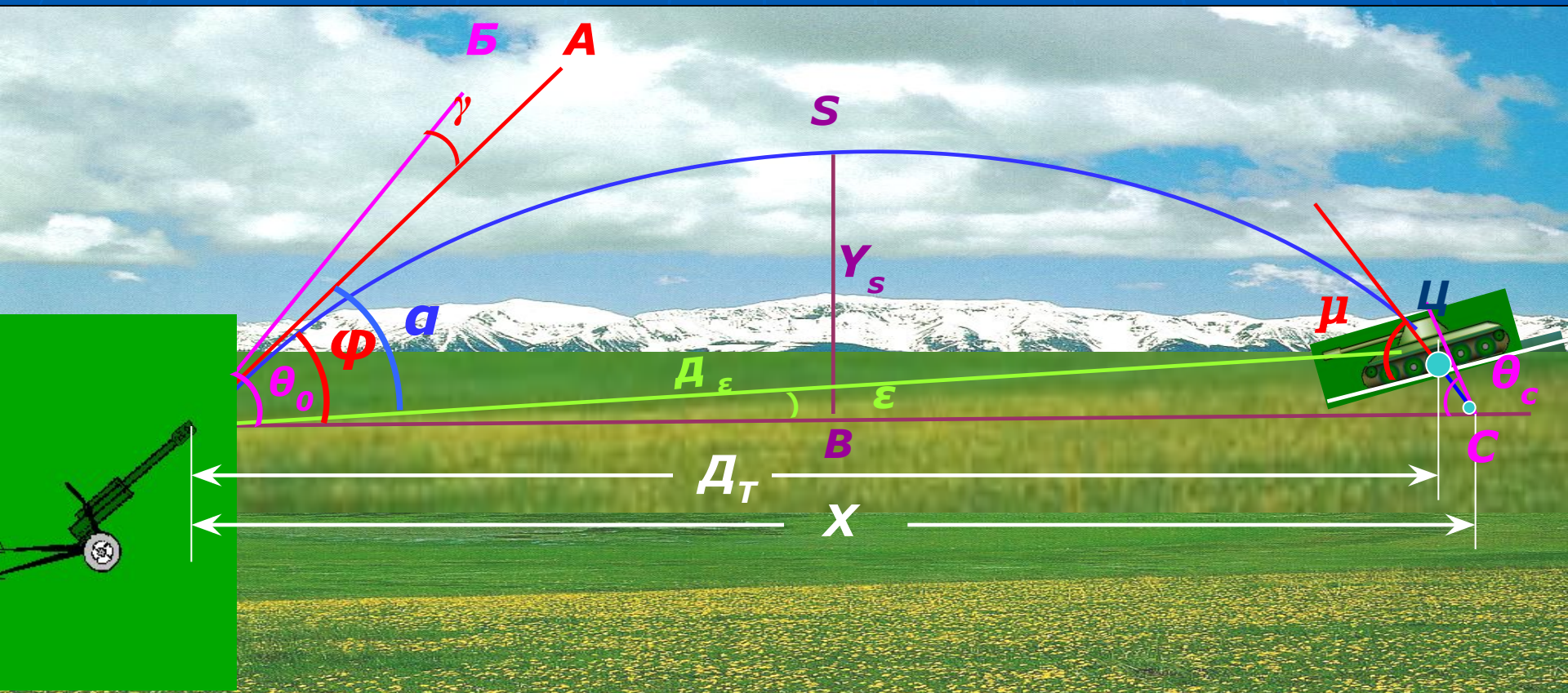
Решить несколько примеров по определению деривации на различных дальностях и для различных зарядов.

№	Заряд	Дальность
1	П	8800
2	П	14000
3	У	5000
4	У	7400
5	У	11100
6	1	4800
7	1	5800
8	2	5800
9	3	5800
10	4	5800

2 учебный вопрос

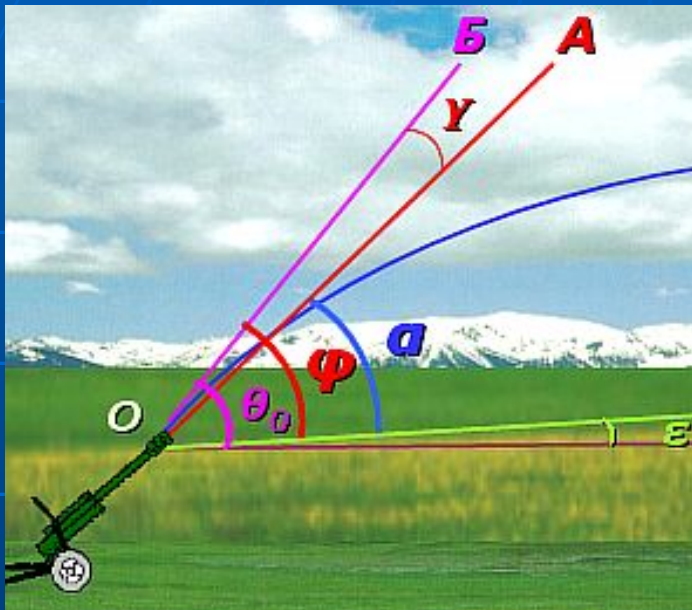
**Элементы траектории, их
определение и обозначение.
Виды траекторий и виды
стрельбы.**

Элементы траектории снаряда



Путь, проходимый центром тяжести снаряда от точки вылета до точки падения, называется **траекторией**

Элементы траектории



Точка вылета O – положение центра тяжести снаряда в момент прохождения его дном дульного среза ствола.
Горизонт орудия – горизонтальная плоскость, проходящая через точку вылета.
Линия выстрела OA – направление оси канала ствола наведенного орудия.
Линия бросания OB – направление оси канала ствола в момент вылета снаряда.
Линия цели OC – прямая, проходящая через точку вылета и цель.

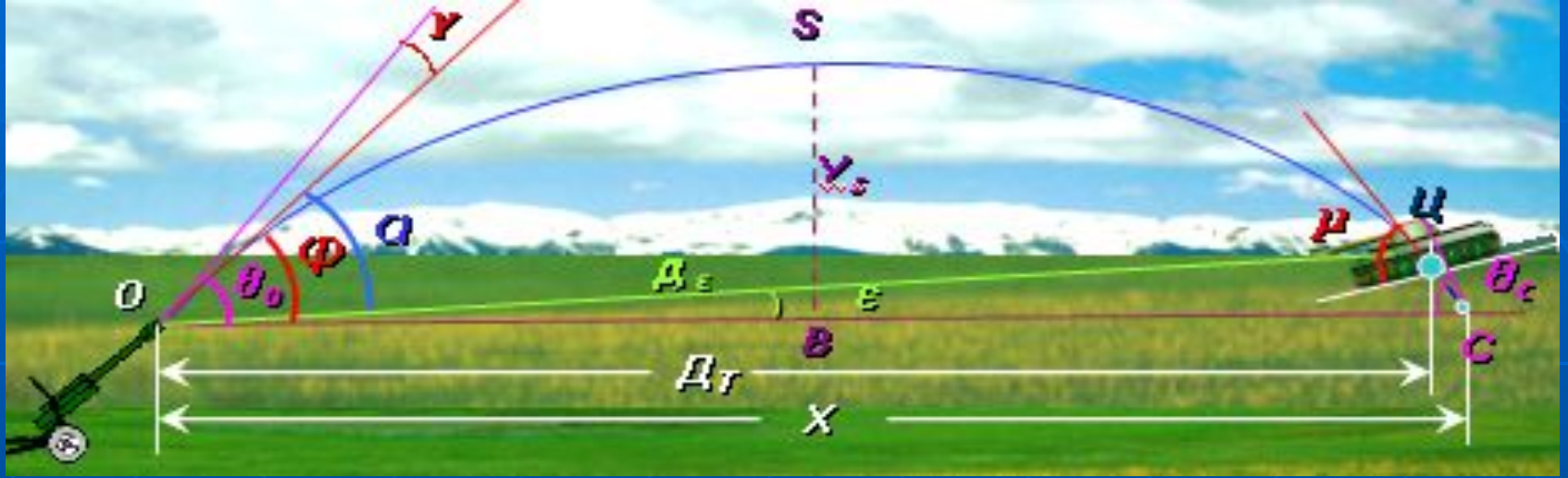
Угол прицеливания α – угол в вертикальной плоскости между линией выстрела и линией цели.

Угол возвышения φ – угол между линией выстрела и горизонтом орудия

Угол бросания θ_0 – угол между линией бросания и горизонтом орудия.

Угол места цели ε – угол между линией цели и горизонтом орудия.

Угол вылета γ – угол между линией выстрела и линией бросания в момент вылета снаряда.



Плоскость стрельбы – вертикальная плоскость, проходящая через линию выстрела.

Плоскость бросания - вертикальная плоскость, проходящая через линию бросания.

Вершина траектории S - наивысшая точка траектории над горизонтом орудия.

Высота траектории Y_s - расстояние от горизонта орудия до вершины траектории.

Восходящая ветвь траектории OS - часть траектории от точки вылета до ее вершины.

Нисходящая ветвь траектории SC - часть траектории от ее вершины до точки падения.

Наклонная дальность $D_ε$ - расстояние по линии цели от точки вылета до цели.

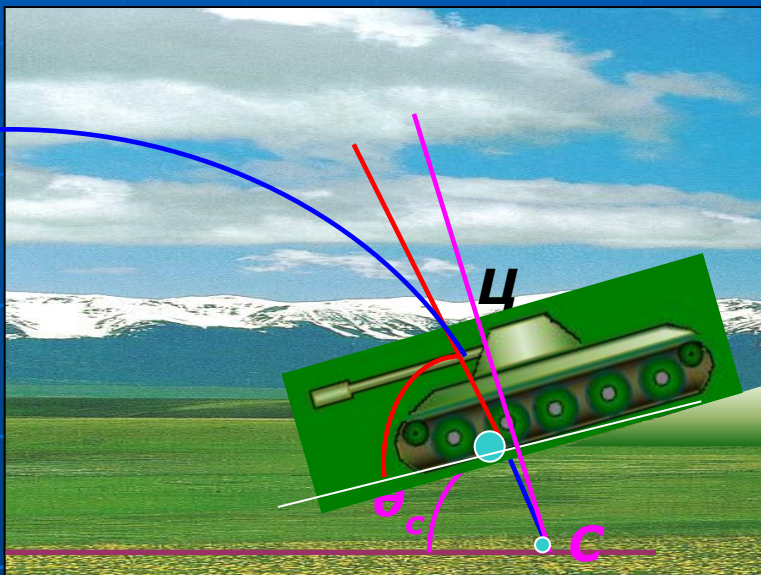
Топографическая дальность D_T - проекция наклонной дальности на горизонт орудия.

Полная горизонтальная дальность X - измеренное расстояние по горизонту от точки вылета до точки падения.

Начальная скорость V_o - скорость снаряда в точке вылета.

Окончательная скорость V_c - скорость снаряда в табличной точке падения.

Элементы траектории

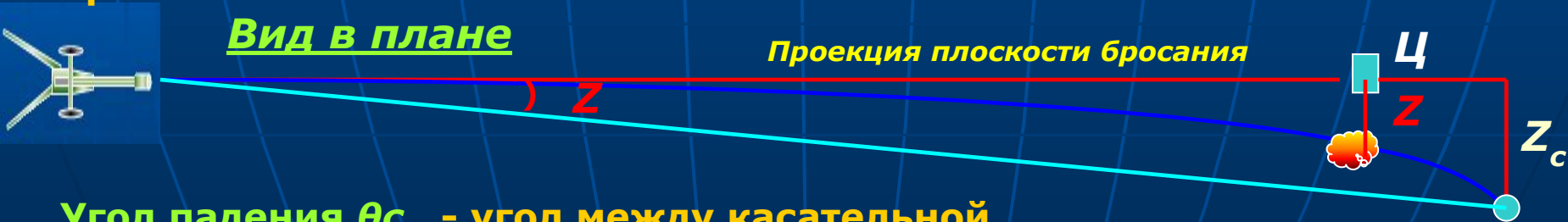


Табличная точка падения C – точка пересечения траектории с горизонтом орудия.

Точка встречи \mathcal{C} – точка, в которой снаряд встречает цель или преграду. Угол встречи μ – угол между касательной к траектории в точке встречи и плоскостью касательной к поверхности цели.

Полное время полета снаряда t_c – время движения снаряда от точки вылета до табличной точки падения.

Деривация Z – величина бокового отклонения снаряда от плоскости бросания.



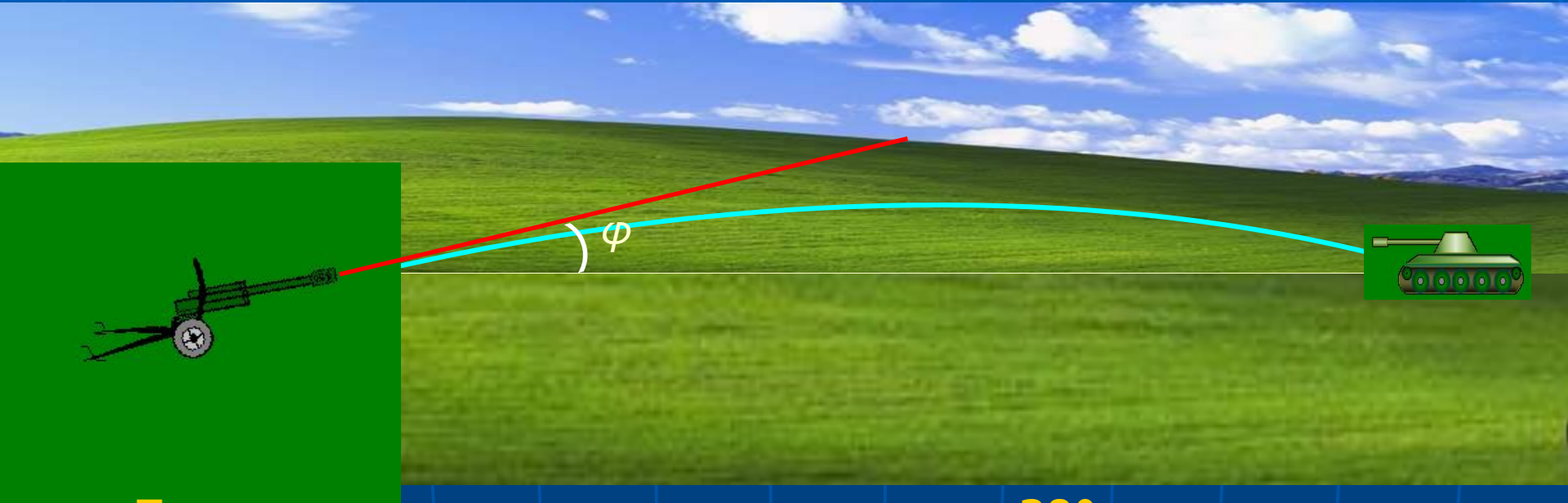
Угол падения θ_c – угол между касательной к траектории в точке падения и горизонтом орудия.

Виды траектории и виды стрельбы

Угол падения, а следовательно, и угол возвышения характеризуют крутизну траектории.

Крутизна траектории определяет вид траектории, а значит, и вид стрельбы.

Настильная стрельба



Траектория при углах возвышения до 20° называется отлогой.

Стрельба при углах возвышения до 20° называется настильной.

Настильная стрельба применяется главным образом для поражения вертикальных целей и для получения рикошетов. Настильную стрельбу на значительные дальности главным образом ведут из пушек.

Навесная стрельба



Траектория при углах возвышения свыше 20° называется *крутой*.

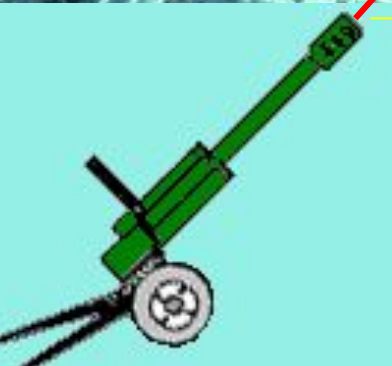
Стрельба при углах возвышения от 20° до 45° называется *навесной*.

Навесная стрельба применяется для поражения горизонтальных целей (открытая и укрытая живая сила, огневые средства, батареи, пункты управления, различная боевая техника и т.п.). Навесную стрельбу главным образом ведут из гаубиц.

Мортирная стрельба

Стрельба при углах возвышения свыше 45° называется *мортирной*.

Мортирная стрельба применяется для поражения особо прочных горизонтальных покрытий оборонительных сооружений, а также целей, расположенных за большими вертикальными преградами (в городах, на сильно пересеченной местности и т.п.). Орудия, позволяющие вести такую стрельбу, называют *мортирами*. (В настоящее время мортиры не изготавливают, так как их с успехом заменили минометы). Мортирную стрельбу можно вести из всех гаубиц.



Таким образом, обобщим в таблице сказанное о видах траектории и видах стрельбы

Категории видов	Угол возвышения		
	До 20°	От 20° до 45°	Свыше 45°
Вид траектории	Отлогая	Крутая	
Вид стрельбы	Настильная	Навесная	Мортирная

3 учебный вопрос

Таблицы стрельбы, их назначение и содержание. Определение величины элементов траектории по таблицам стрельбы.

Назначение и содержание таблиц стрельбы

Таблицы стрельбы представляют собой сборник основных величин, характеризующих баллистические свойства данного орудия (миномета, боевой машины реактивной артиллерии), а также данных для решения задач стрельбы.

- Каждая артиллерийская система имеет свои таблицы стрельбы.
- С помощью таблиц стрельбы можно:
 - выбрать заряд, вид траектории и в соответствии с дальностью назначить установку прицела;
 - рассчитать поправки на отклонение баллистических и метеорологических условий стрельбы;
 - определить поправку на превышение цели или поправку угла прицеливания на угол места цели.
- Кроме того, в таблицах стрельбы помещены указания по применению боеприпасов и по эксплуатации артиллерийской системы.
- В зависимости от полноты сведений, помещаемых в таблицах стрельбы, они могут быть полными, краткими или временными.

Полные таблицы стрельбы

- Полные таблицы стрельбы содержат, как правило, следующие разделы:
 - Основные указания.
 - Собственно таблицы стрельбы.
 - Вспомогательные таблицы.
 - Определение условий стрельбы и справочные сведения.
- В основных указаниях даны условия, при которых стрельба запрещена или в целях соблюдения мер безопасности ограничена, даны особенности стрельбы из системы и ее эксплуатации, даны указания, для каких снарядов составлены данные таблицы стрельбы, и приведены особенности стрельбы разными снарядами.

Собственно таблицы стрельбы

- Собственно таблицы стрельбы содержат данные для подготовки установок для стрельбы, а также значения основных элементов траектории при табличных условиях стрельбы, табличные поправки и характеристики рассеивания снарядов.
- Этот раздел обычно подразделяется на более мелкие по числу типов снарядов. Например, основные Таблицы стрельбы 122-мм гаубицы Д-30 включают таблицы стрельбы кумулятивным снарядом, осколочно-фугасным и дымовым снарядами со взрывателем РГМ-2 и отдельно со взрывателями В-90 и Д-1-У и таблицы стрельбы осветительным и агитационным снарядами.

- Каждый заряд имеет свою таблицу. В таблице для каждой дальности указаны: установка прицела в делениях и по шкале тысячных, срединные отклонения по дальности, высоте и направлению, поправочные коэффициенты для расчета поправок на отклонение условий стрельбы от табличных, высоты траектории и входа в бюллетень «Метеосредний» и ряд других цифровых данных.
- Например, для 122-мм гаубицы Д-30 (ТС № 145, изд. третье) для снаряда ОФ-462Ж, заряда первого, дальности 3 000 м имеем: прицел в делениях 60, в тысячных 33; $\Delta X_{тыс} = 61$ м, срединные отклонения: $V_d = 14$ м, $V_v = 0,7$ м, $V_b = 1,3$ м; поправка на деривацию минус 1 тысячная; высота траектории 35 м, высота входа в «Метеосредний» 100 м.

ТС 122 мм ГД-30 зар. Полный

Шкалы прицелов
механического Д-726-45 (Д-726-45А)
«ОФ ПОЛНЫЙ» и «ТЫСЯЧНЫЕ»,
оптического ОП4М-45, ОП4-45 (ОП4-45А)
ОФ «
» ПОЛН

ОСКОЛОЧНО-ФУГАСНЫЙ СНАРЯД . ОФ-462Ж (ОФ-462)
ОСКОЛОЧНО-ФУГАСНЫЙ СНАРЯД ОФ24Ж (ОФ24)
ДЫМОВОЙ СНАРЯД Д4 (Д4М)
Взрыватель РГМ-2

**ОФ-462Ж, ОФ-462,
ОФ24Ж, ОФ24,
Д4, Д4М**

Заряд ПОЛНЫЙ

Начальная скорость 690 м/с

Дальность прямого выстрела: 830 м при высоте цели 2 м
1010 м при высоте цели 3 м

Дальность	Прицел			Узкая вилка (4 Вд)	Изменение дальности при изменении прицела на 1 тыс.	Срединные отклонения			Поправки							Угол прицеливания	Угол падения	Окончательная скорость	Время полета	Высота входа в «Метеосредний»	Высота траектории	Дальность		
									направления		дальности													
	оптический	механический				по дальности	по высоте	бокковые	на деривацию	на боковой ветер 10 м/с	на продольный ветер скоростью 10 м/с	на изменение												
												давления воздуха на 10 мм	температуры воздуха на 10°	температуры заряда на 10°	начальной скорости на 1%								массы снаряда на один знак	
Д	П			В	$\Delta X_{тыс.}$	Вд	Вв	Вб	Z	ΔZ_{ψ}	ΔX_{ψ}	ΔX_H	ΔX_T	ΔX_{T_3}	ΔX_{v_0}	ΔX_q	α	θ_c	v_c	t_c	$Y_{бюлл.}$	Y_s	Д	
м	дел.	дел.	тыс.	тыс.	м	м	м	м	тыс.	тыс.	м	м	м	м	м	м	град. мин.	град.	м/с	с	м	м	м	
600	6	12	1	1	92	18	0,1	0,1	—	—	—	+	—	—	—	+2	0 05	0,4	644	0,9			1,0	600
800	8	16	4	1	89	18	0,2	0,2	0	1	1	0	1	12	15	+3	0 13	0,6	629	1,2			1,8	800
1 000	10	20	6	1	86	17	0,2	0,2	0	1	2	1	2	15	19	+3	0 21	0,7	614	1,5			2,9	1 000
200	12	24	8	1	83	17	0,2	0,2	0	1	2	2	3	18	22	+4	0 31	0,9	599	1,8			4,3	200
400	14	28	11	1	80	17	0,3	0,3	0	1	3	2	4	21	26	+4	0 34	1,1	585	2,1			6,1	400
600	16	32	13	1	77	16	0,3	0,4	0	1	4	3	5	23	29	+4	0 48	1,3	571	2,5	0		8,3	600
800	18	36	16	1	74	16	0,4	0,5	0	2	5	3	6	26	32	+5	0 57	1,5	557	2,9			11	800
2 000	20	40	18	1	71	15	0,4	0,6	0	2	6	4	8	28	35	+5	1 06	1,7	543	3,3			14	2 000
200	22	44	21	1	69	15	0,5	0,7	0	2	7	5	10	30	38	+5	1 16	1,9	530	3,6			18	200
400	24	48	24	1	67	15	0,5	0,8	0	2	8	5	11	33	41	+6	1 27	2,1	517	4,0			22	400
600	26	52	27	1	65	15	0,6	0,9	0	2	10	6	13	35	44	+6	1 37	2,4	504	4,4			26	600
800	28	56	30	1	63	15	0,6	1,1	1	2	12	8	15	38	47	+6	1 48	2,6	491	4,8			30	800
3 000	30	60	33	1	61	14	0,7	1,3	1	3	14	9	17	40	50	+6	2 00	2,9	478	5,2			35	3 000
200	32	64	37	1	59	14	0,7	1,5	1	3	16	10	19	42	53	+6	2 12	3,2	466	5,6			41	200
400	34	68	40	1	57	14	0,8	1,7	1	3	18	11	21	44	56	+6	2 24	3,6	454	6,0			48	400
600	36	72	44	1	55	13	0,9	1,9	1	4	20	12	24	46	58	+6	2 37	3,9	442	6,5	100		55	600
800	38	76	47	1	53	13	1,0	2,1	1	4	23	13	27	48	60	+6	2 50	4,3	430	7,0			62	800

- Для определения установки уровня служат таблицы поправок угла прицеливания на угол места цели (углы прицеливания до 45°) и таблицы поправок на превышение цели (углы прицеливания свыше 45°).
- В таблицах стрельбы углы прицеливания (установки прицела) рассчитаны для случая, когда орудие и цель расположены на одном уровне. При наличии превышения цели над огневой позицией необходимо вводить поправку на превышение в исчисленный угол прицеливания. Поправку угла прицеливания на угол места цели следует брать по углу прицеливания, соответствующему исчисленной дальности до цели.
- При пользовании таблицами поправок особое внимание необходимо уделять правильному определению знака поправки, который указан в примечаниях.

Вспомогательные таблицы

- Во вспомогательных таблицах содержится ряд таблиц, необходимых для работы старшего офицера батареи, а также таблицы перевода делений угломера в градусы и минуты, таблицы значений тригонометрических функций, таблица для разложения баллистического ветра на слагающие и другие вспомогательные таблицы.
- Последний раздел содержит данные о порядке определения условий стрельбы, указания о нормальных (табличных) условиях стрельбы, а также некоторые справочные сведения о системе, прицеле, боеприпасах и др.
- Для обеспечения безопасности стрельбы и выполнения правил эксплуатации системы, прежде чем начинать стрельбу, необходимо тщательно изучить и строго соблюдать все указания таблиц стрельбы.

Задание на самоподготовку

- 1. Правила стрельбы и управления огнем артиллерии (ПСиУО-2011), Москва 2013г. ст.6;**
- 2. Пособие по изучению правил стрельбы и управления огнем артиллерии (ПСиУО-2011), часть 1. Москва 2013г. Стр.76-82;**
- 3. Таблицы стрельбы 122-мм Г Д-30 Москва, военное издательство, 1987 г., стр.3-202;**
- 4. Учебник сержанта Ракетных Войск и Артиллерии, Москва, военное издательство, 2007 г. стр.153-155;**
- 5. По Таблицам стрельбы 122мм Г Д30 определить прицел на 6000м, 7600м и 9400м, для заряда полного.**