

# На чем основано воздухоплавание?

На все тела в воздухе действует выталкивающая ( архимедова) сила. Чтобы найти архимедову силу, действующую на тело в воздухе, надо рассчитать ее по формуле, умножив ускорение свободного падения на плотность воздуха и на объем тела.

$$F_a = g \rho V_t$$

Если эта сила окажется больше силы тяжести, действующей на тело, то тело взлетит. На этом основано воздухоплавание.



# Как определить какой груз может поднять воздушный шар?

Чтобы воздушный шар поднимался выше, его надо наполнить газом, плотность которого меньше, чем у воздуха. Это может быть водород, гелий или нагретый воздух.

Для того чтобы определить, какой груз может поднять воздушный шар, надо знать его подъемную силу. Подъемная сила воздушного шара равна разности между архимедовой силой и действующей на шар силой тяжести.

$F_{\text{под}} = F_a - (F_t \text{ оболочки} + F_t \text{ газа внутри} + F_t \text{ груза})$



# Каким газом заполняют воздушные шары?

Чем меньше плотность газа, заполняющего воздушный шар данного объема, тем меньше действующая на него сила тяжести и потому тем больше возникающая подъемная сила. При нагревании воздуха от 0 до 100 градусов Цельсия его плотность уменьшается только в 1,37 раз. Поэтому подъемная сила шаров, заполненных теплым воздухом, оказывается небольшой. Плотность же водорода в 14 раз меньше плотности воздуха, и подъемная сила шара, наполненного водородом более чем в три раза превышает подъемную силу нагретого воздуха того же объема. Водород, однако, горит и образует с воздухом легко воспламеняющуюся смесь. Негорюч одновременно легким газом является гелий.



# Для чего нужен балласт?

**Плотность воздуха уменьшается с увеличением высоты над уровнем моря. Поэтому по мере поднятия воздушного шара действующая на него архимедова сила становится меньше.**

**После того, как архимедова сила достигнет значения, равного силе тяжести, подъем воздушного шара прекратится. Чтобы подняться еще выше, с шара сбрасывают балласт. При этом сила тяжести уменьшается, и выталкивающая сила опять оказывается вновь большей.**



# Как с высоты опуститься на землю?

Для того, чтобы опуститься на землю, выталкивающую силу надо уменьшить. Для этого можно уменьшить объем шара. В верхней части оболочки шара имеется специальный выпускной клапан, через который можно выпустить часть газа. После этого шар начнет опускаться вниз.



# Для чего нужна горелка на воздушном шаре, наполненном теплым воздухом?

Температуру теплого воздуха внутри воздушного шара можно регулировать с помощью обычно газовой горелки, установленной под оболочкой. Увеличивая пламя горелки, можно заставить шар подниматься выше и наоборот. Если подобрать такую температуру, при которой сила тяжести, действующая на шар с корзиной окажется равной силе архимеда, то шар " повиснет" в воздухе.



# Подъёмная сила воздушного шара:

$$F_{\text{п}} = F_{\text{А}} - F_{\text{тяж}}$$

$$F_{\text{А}} = \rho_{\text{возд}} g V_{\text{ш}} , \quad F_{\text{тяж}} = \rho_{\text{г}} g V_{\text{ш}}$$

$$F_{\text{п}} = (\rho_{\text{возд}} - \rho_{\text{г}}) g V_{\text{ш}}$$

Если выталкивающая сила станет больше силы тяжести, действующей на тело, то оно поднимется, оторвавшись от земли.

На этом основан принцип воздухоплавания.

Летательные аппараты, которые реализуют этот принцип называются аэростатами.



# **Составление алгоритма подсчета подъемной силы**

Какие действия надо выполнить для подсчета подъемной силы воздушного шара?

$$1) F_A = \rho_{\text{возд}} g V_{\text{ш}}$$

$$2) F_{\text{тяж}} = \rho_{\text{г}} g V_{\text{ш}}$$

$$3) F_{\text{п}} = (\rho_{\text{возд}} - \rho_{\text{г}}) g V_{\text{ш}}$$

**Работа в  
программе  
Microsoft  
Excel**

# Зависимость подъемной силы от объема воздушного шара

1	Решение задач на расчет подъемной силы воздушного шара							
2	$\rho_{\text{возд}}$	$g$	$V_{\text{ш}}$	$\rho_{\text{г}}$	$F_{\text{А}} = \rho_{\text{возд}} g V_{\text{ш}}$	$F_{\text{тяж}} = \rho_{\text{г}} g V_{\text{ш}}$	$F_{\text{п}} = (\rho_{\text{возд}} - \rho_{\text{г}}) g V_{\text{ш}}$	
3	1,2928	9,8	40	0,08987	506,7776	35,22904	471,54856	
4	1,2928	9,8	45	0,08987	570,1248	39,63267	530,49213	
5	1,2928	9,8	50	0,08987	633,472	44,0363	589,4357	
6	1,2928	9,8	55	0,08987	696,8192	48,43993	648,37927	
7	1,2928	9,8	60	0,08987	760,1664	52,84356	707,32284	
8	1,2928	9,8	65	0,08987	823,5136	57,24719	766,26641	
9	1,2928	9,8	70	0,08987	886,8608	61,65082	825,20998	



# Зависимость подъемной силы от плотности газа

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Решение задач на расчет подъемной силы воздушного шара</b>								
2		$\rho_{\text{возд}}$	$g$	$V_{\text{ш}}$	$\rho_{\text{г}}$	$F_A = \rho_{\text{возд}} g V_{\text{ш}}$	$F_{\text{тяж}} = \rho_{\text{г}} g V_{\text{ш}}$	$F_{\text{п}} = (\rho_{\text{возд}} - \rho_{\text{г}}) g V_{\text{ш}}$	
3		1,2928	9,8	40	0,08987	506,7776	35,22904	471,54856	
4		1,2928	9,8	40	0,09987	506,7776	39,14904	467,62856	
5		1,2928	9,8	40	0,10987	506,7776	43,06904	463,70856	
6		1,2928	9,8	40	0,11987	506,7776	46,98904	459,78856	
7		1,2928	9,8	40	0,12987	506,7776	50,90904	455,86856	
8		1,2928	9,8	40	0,13987	506,7776	54,82904	451,94856	
9		1,2928	9,8	40	0,14987	506,7776	58,74904	448,02856	

