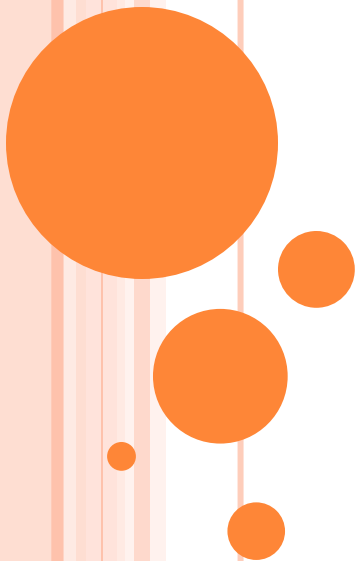


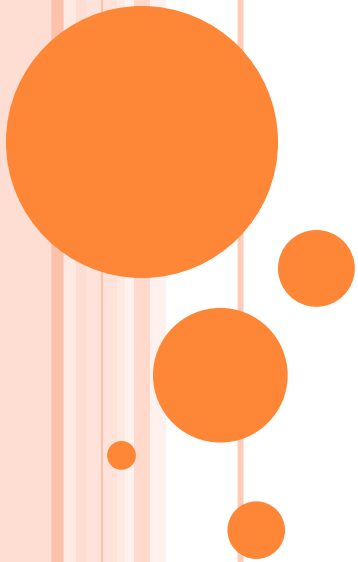
# *Воронка и шарик*

*Команда  
9-х классов  
гимназии № 35  
г. Минска*



# *Условие задачи*

*Лёгкий шарик (например, для пинг-понга), можно удерживать в воронке, продувая через неё воздух. Объясните явление и исследуйте существенные для него параметры.*



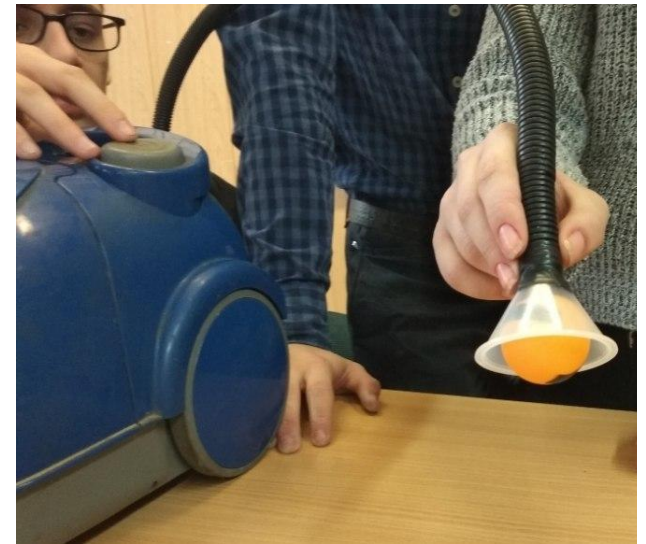
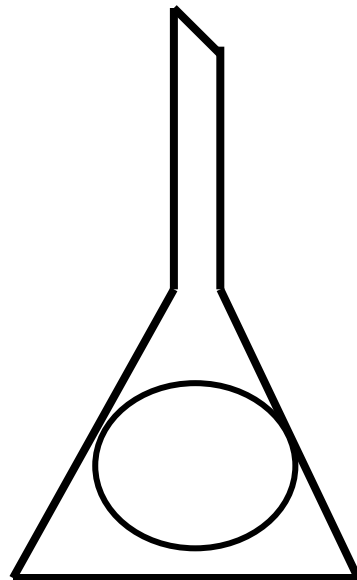
**Цель:** *объяснить и исследовать явление удерживания шарика в воронке при продувании через нее воздуха.*

**Задачи**

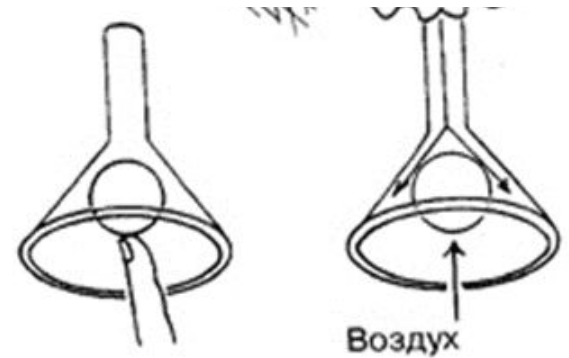
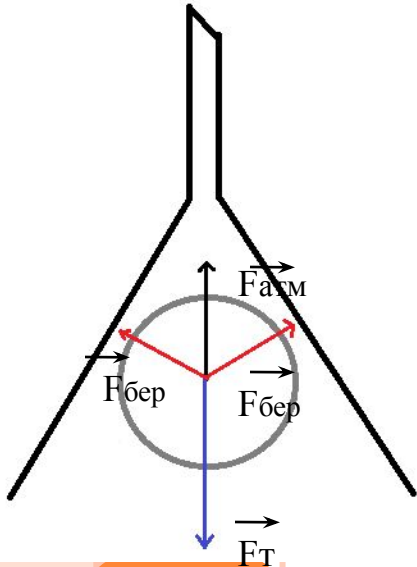
- *собрать экспериментальную установку для проведения опыта*
- *изучить теоретический материал по теме исследования*
- *исследовать зависимость поведения шарика от:*
  - формы воронки*
  - материала воронки*
  - размеров воронки*
  - интенсивности воздушного потока*
  - положения воронки*
  - массы шарика*

# Оборудование и установка

1. Теннисные шарики разной массы, из различных материалов.
2. Воронки разных геометрических размеров из различных материалов (стекло, пластмасса).
3. Пылесос (модернизирован на выдув)
4. Гофрированный шланг.
5. Транспортёр.



# Описание явления



Когда шарик прижат пальцем к перевернутой воронке, на него действуют силы тяжести и сила давления воздушной струи.

После того, как палец убран, шарик начинает движение вниз под действием этих сил. При этом образуется зазор между шариком и воронкой, куда проникает поток воздуха. Согласно закону Бернулли, в этом

зазоре давление меньше атмосферного, которое действует на поверхность шарика, расположенную снаружи.

Возникает равнодействующая сил, направленная в сторону узкого основания воронки. Если она больше силы тяжести, шарик начинает двигаться вверх. Он снова закрывает зазор.

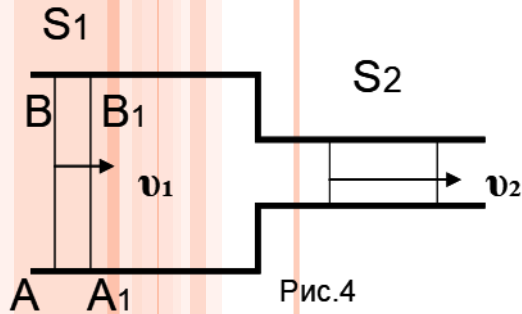
Процесс повторяется снова. Шарик совершает колебательное движение малой амплитуды, не покидая воронку.

# *Наблюдение явления*

- *Перевернув воронку узким основанием вверх, поместили внутрь воронки шарик.*
- *Направили на шарик воздушную струю следующими способами: с помощью выдыхания воздуха, пылесосом на различных скоростях.*
- *Наблюдали, что в некоторых случаях шарик не падал, а оставался внутри воронки*



# Теоретические сведения



$$p_1 - p_2 = \rho/2 \cdot (v_2^2 - v_1^2)$$

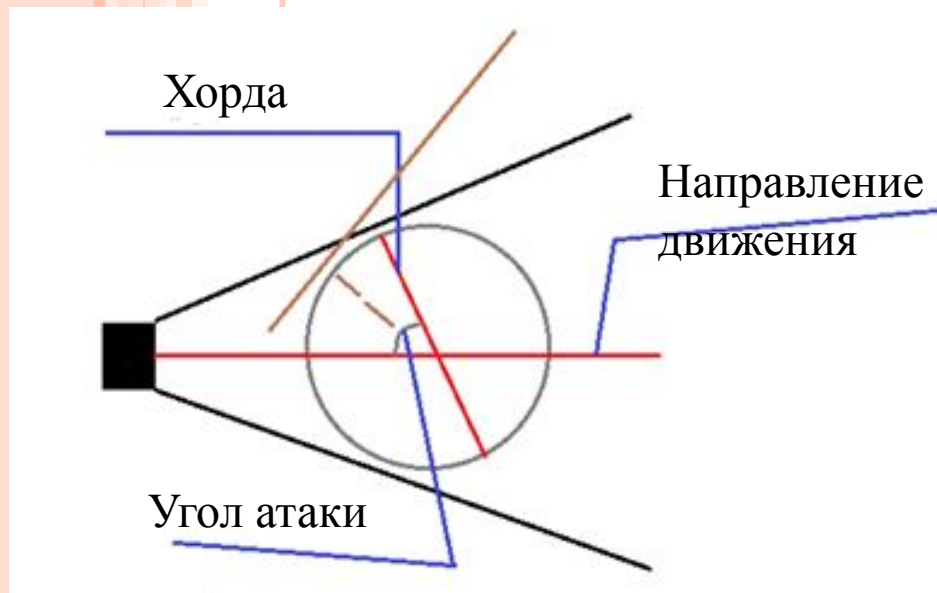
*Давление<sup>1</sup> внутри потока жидкости или газа обратно пропорционально скорости этого потока (закон Бернулли)*

*Чем быстрее мимо мяча проходит воздух, тем меньшее давление он оказывает на мяч. Давление воздуха над мячом гораздо меньше, чем под ним, поэтому мячик поддерживается находящимся под ним воздухом.*

# Теоретические сведения

*В месте сближения шарика с воронкой возникает подъемная сила. Она пропорциональна углу атаки  $\alpha$ .*

*Угол атаки – угол между направлением движения шарика и хордой, направленной на узкую щель между шариком и воронкой.*



*Чем больше угол раскрытия воронки, тем меньше угол атаки. Следовательно, удержание шарика должно зависеть от угла раскрытия воронки.*



# Результаты эксперимента

Измерение и расчет производительности пылесоса на выдув



Измеряем производительность ( $\Pi$ ) пылесоса на выдув с помощью воздушного шарика.

$\Pi = 1$  литр в секунду или  $0,001 \text{ м}^3/\text{с}$

$$\Pi = V/\Delta t, \text{ где } V = 4\pi r^3/3$$

# Результаты эксперимента

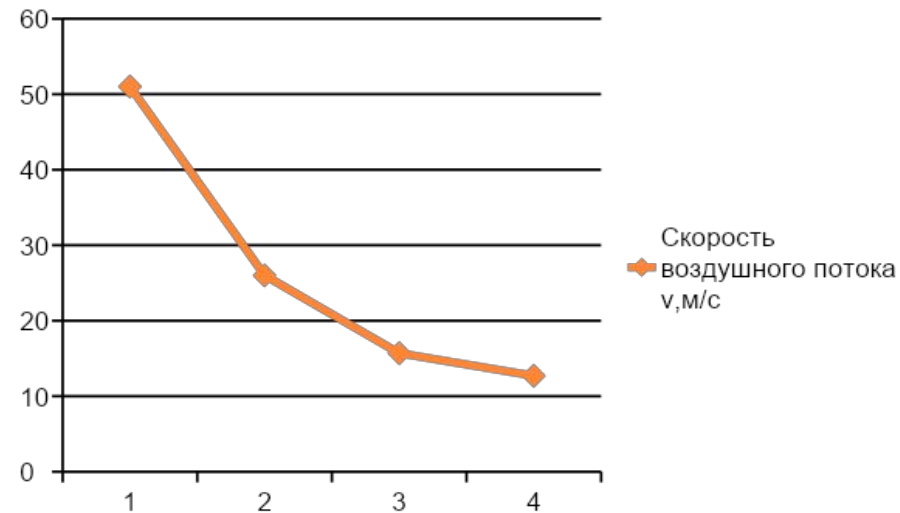
Измерение и расчет скорости воздушного потока для воронок с разной площадью входного отверстия

$$v = \Pi/S \quad S = \pi d^2/4$$

$v$  – скорость воздушного потока, выходящего из узкого основания воронки

$S$  – площадь сечения узкого основания воронки.

№ опыта	Диаметр узкого основания воронки $d, \text{м}$	Площадь сечения узкого основания воронки $S, \text{м}^2$	Скорость воздушного потока $v, \text{м/с}$
4	0,010	0,0000785	12,7
3	0,009	0,0000635	15,7
2	0,007	0,0000384	26,0
1	0,005	0,0000196	51,0



## Вывод:

чем меньше размеры входного отверстия воронки, тем больше скорость воздуха в ее основании.

# *Результаты эксперимента*

*Исследование поведения шарика от материала воронки и массы шарика ( $d=0,007$  м,  $\alpha=60^\circ$ )*

№ опыта	Материал воронки	Поведение шарика $m_1=2,7$ г	Поведение шарика $m_2=3,2$ г
1	стекло	удерживался	упал
2	пластмасса	удерживался	удерживался

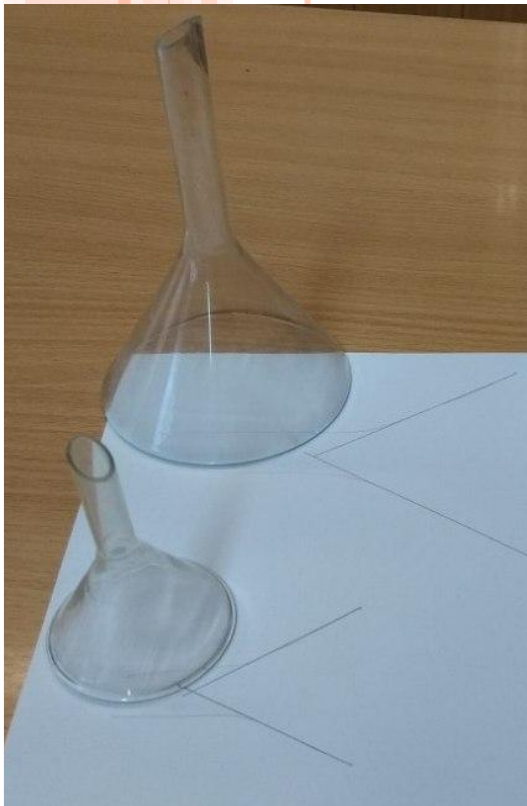


## ***Выводы:***

- материал воронки влияет на поведение шариков в ней*
- шарик большей массы удерживается хуже*

# Результаты эксперимента

Исследование поведения шарика от скорости потока воздуха в стеклянной воронке ( $\alpha=60^\circ$ ,  $m_{ш} = 2,7г$ )



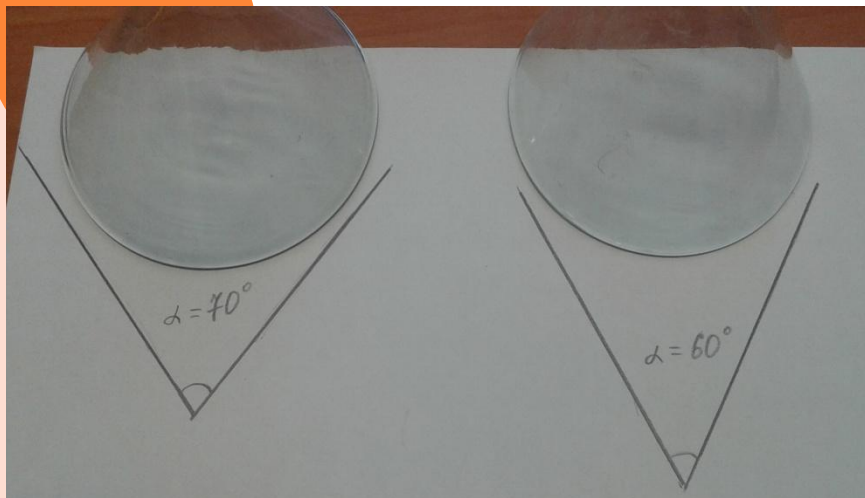
№ опыта	Диаметр узкого основания воронки d, м	Скорость воздушного потока v, м/с	Поведение шарика
1	0,010	12,7	не удерживается в воронке
2	0,007	26,0	удерживается в воронке

**Вывод:** поведение шарика в воронке зависит от скорости воздушного потока. Чем меньше скорость, тем сложнее удержат шарик.

# Результаты эксперимента

Исследование поведения шарика от угла раскрытия стеклянных воронок ( $m_{ш} = 2,7 \text{ г}, d = 0,007 \text{ м}$ )

№ опыта	Угол раскрытия воронки $\alpha, ^\circ$	Поведение шарика
1	60	удерживается
2	70	падает



**Вывод:** при увеличении угла раскрытия воронки, уменьшается угол атаки, что, в свою очередь, приводит к уменьшению подъемной силы. Следовательно, шарик будет удерживаться хуже

# Результаты эксперимента

*Исследование поведения шарика в пластмассовой воронке от материала шарика ( $m = 3 \text{ г}$ ,  $\alpha = 60^\circ$ ,  $d = 0,007 \text{ м}$ )*

№ опыта	Материал шарика	Поведение шарика
1	пластмассовый	удерживается
2	оклеенный льняной тканью	падает



**Вывод:** *поведение шарика в воронке зависит от материала шарика при прочих равных условиях. Предполагаем, что ворсинки ткани (шероховатость поверхности) приводят к уменьшению скорости воздушного потока)*

# Результаты эксперимента

*Исследование зависимости поведения шарика от угла отклонения оси стеклянной воронки относительно вертикали*

№ опыта	Угол отклонения оси воронки относительно вертикали $\beta, ^\circ$	Поведение шарика
1	0	слабо удерживается
2	30	удерживается
3	60	хорошо удерживается
4	90	отлично удерживается



**Вывод:** *на поведение шарика влияет положение оси воронки от вертикали.*

# Выводы

1. Динамика движения шарика объясняется законом Бернулли.

2. Удержание шарика зависит от:

- ✓ скорости воздушного потока - чем меньше скорость, тем сложнее удержать шарик;
- ✓ угла раскрытия воронки – при увеличении угла удержание шарика хуже;
- ✓ материала, из которого изготовлен шарик - пластмассовый шарик удерживается лучше;
- ✓ материала, из которого изготовлена воронка – в стеклянной воронке удержание хуже;
- ✓ массы шарика – при увеличении массы шарика удержание ухудшается;
- ✓ угла наклона воронки – при возрастании угла удержание улучшается.





*Спасибо за внимание*

