

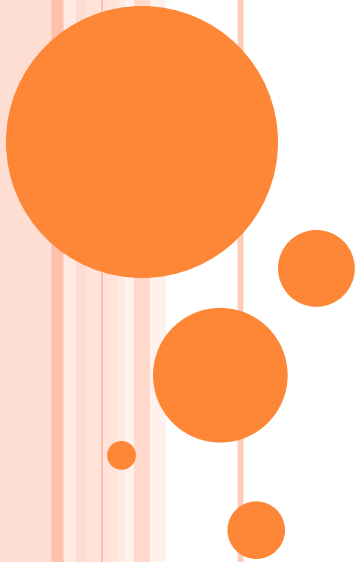
Воронка и шарик

*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.



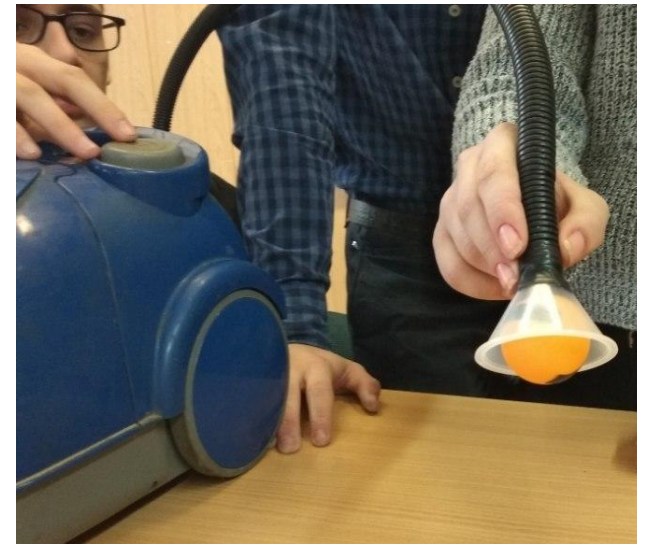
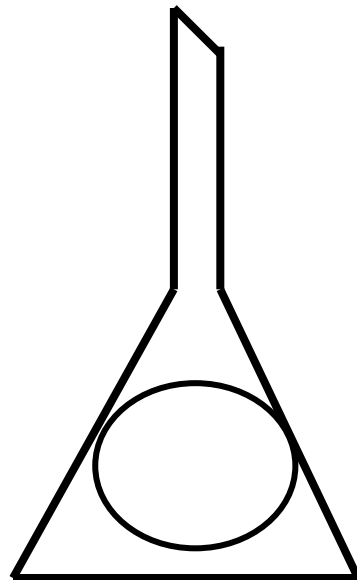
Цель: *объяснить и исследовать явление удерживания шарика в воронке при продувании через нее воздуха.*

Задачи

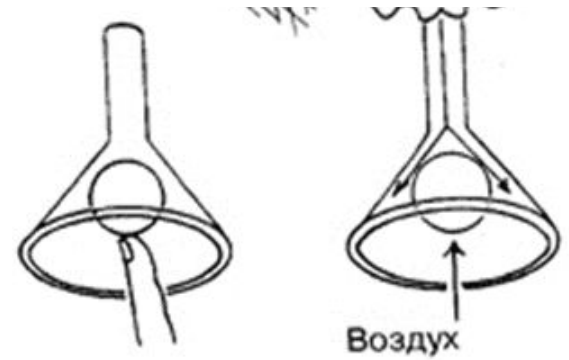
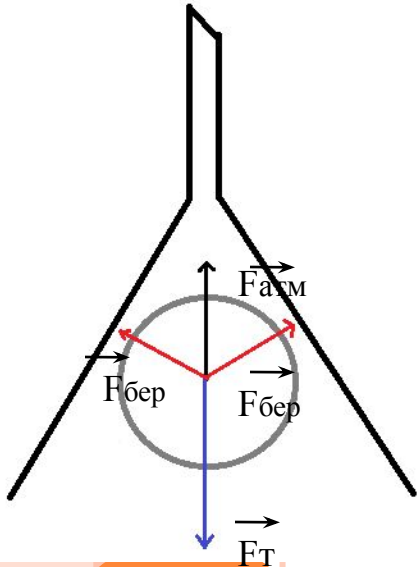
- *собрать экспериментальную установку для проведения опыта*
- *изучить теоретический материал по теме исследования*
- *исследовать зависимость поведения шарика от:*
 - формы воронки*
 - материала воронки*
 - размеров воронки*
 - интенсивности воздушного потока*
 - положения воронки*
 - массы шарика*

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.

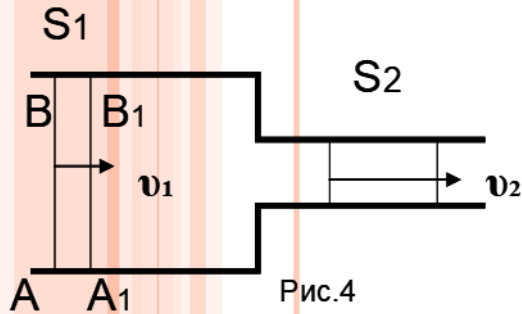
Процесс повторяется снова. Шарик совершает колебательное движение малой амплитуды, не покидая воронку.

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



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

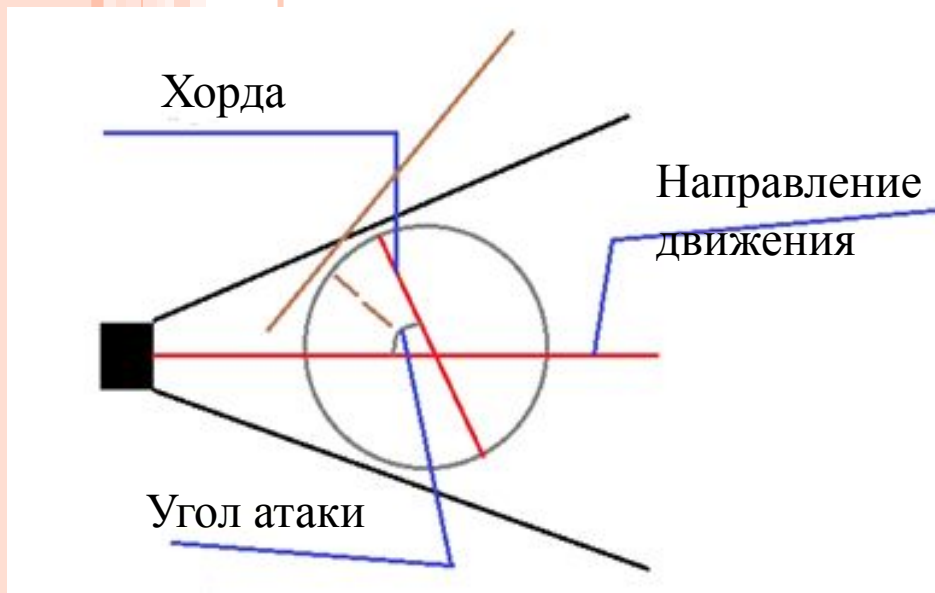
Давление внутри потока жидкости или газа обратно пропорционально скорости этого потока (закон Бернулли)

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 α .

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 (Π) 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

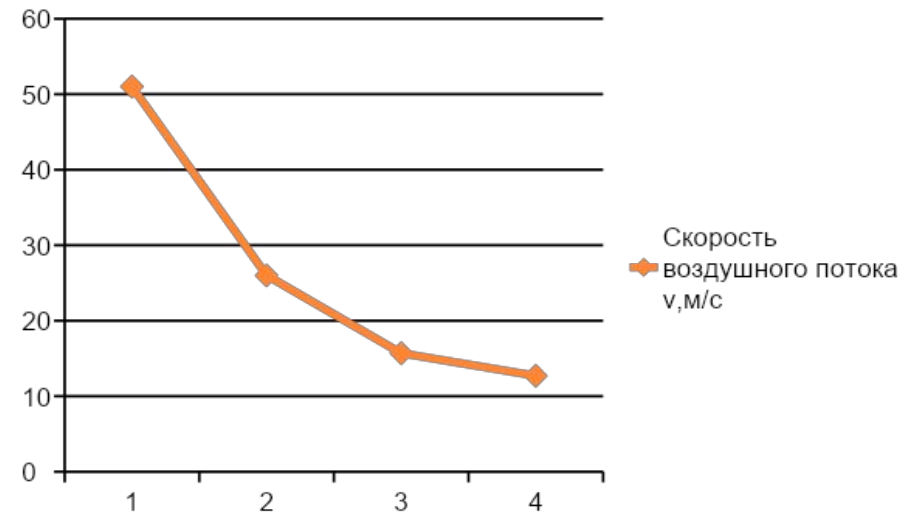
Измерение и расчет скорости воздушного потока для воронок с разной площадью входного отверстия

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

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

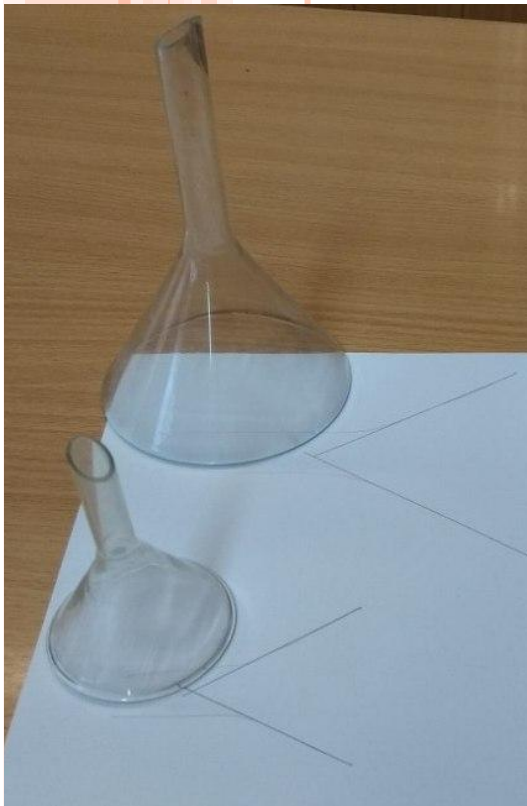


Выводы:

- 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 ($\alpha=60^\circ$, $m_{ш} = 2,7г$)



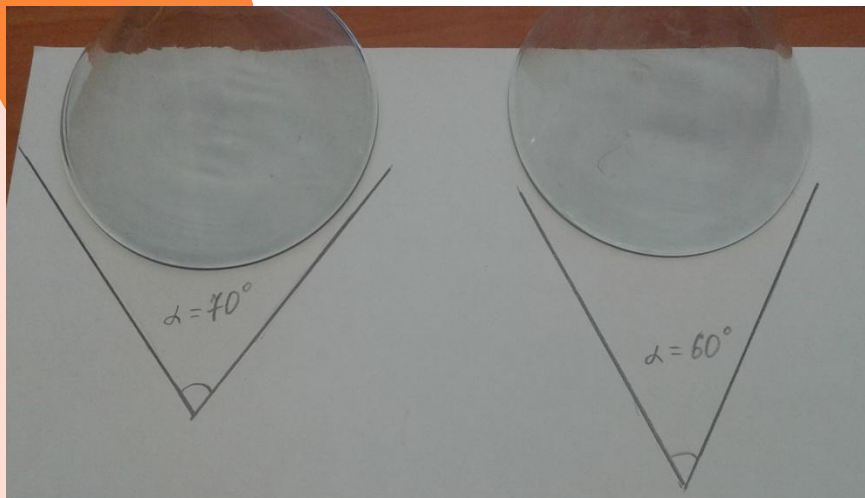
№ опыта	Диаметр узкого основания воронки d, м	Скорость воздушного потока v, м/с	Поведение шарика
1	0,010	12,7	не удерживается в воронке
2	0,007	26,0	удерживается в воронке

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

