

**Знание без Границ**

Приключения Ансельма Лантюрлю

# **Вдох на выдохе**

**или**

# **МОЖЕТ, ПОЛЕТАЕМ?**

**Жан - Пьер Пети**



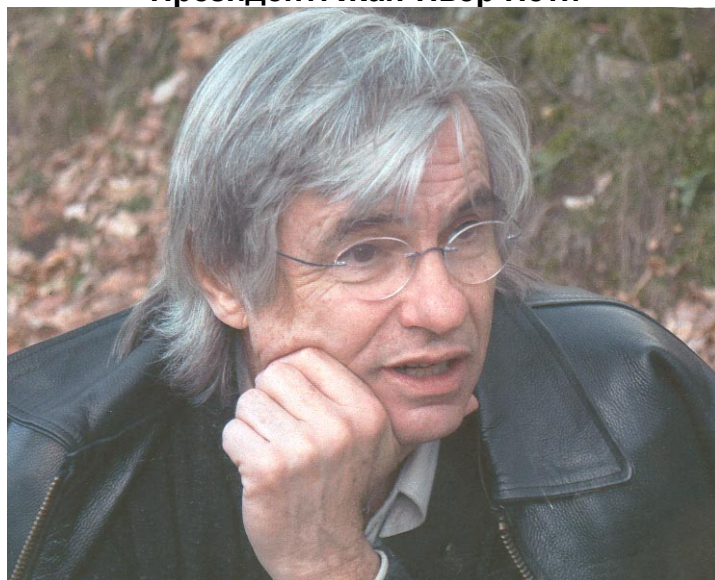
1

à Vladimir Golubev,  
mon frère

# Знание без границ

Savoir sans Frontieres  
BP 55,84122 Pertuis, France  
Site : <http://www.savoir-sans-frontieres.com>

**Президент: Жан-Пьер Пети**



**Жан-Пьер Пети:** Постоянный руководитель Национального научно-исследовательского центра, астрофизик, основатель нового жанра: научные комиксы. В 2005г. число его работ в этой области достигло двадцати, при этом к ним имеется бесплатный доступ на его сайте. Им создана ассоциация «Знание без границ», целью которой является распространение научно-технической информации в мировом масштабе. Ассоциация, которая работает благодаря пожертвованиям, оплачивает переводы в размере до 150 евро (в 2006г.), принимая на себя все банковские расходы. Благодаря работе переводчиков ежедневно увеличивается число переведенных альбомов (в 2005г.– на 18 языках, среди которых языки Лаоса и Руанды).

Файлы pdf можно свободно копировать полностью или частично, для использования преподавателями в своих лекциях, при условии, что эти действия не имеют своей целью получение прибыли. Они могут быть использованы в муниципальных, школьных и университетских библиотеках, как в печатной форме, так и через сети типа Интернет.

Автор решил дополнить эту коллекцию самыми простыми альбомами (для 12 летнего возраста). Также на уровне создания находятся «говорящие» альбомы для безграмотных и «двуязычные» для использования в изучении языков, исходя из своего родного языка.

Ассоциация постоянно ищет переводчиков на свои родные языки, обладающих достаточными техническими знаниями, которые позволили бы им делать точный перевод прилагаемых альбомов.

В равной степени приветствуются пожертвования. (В Ассоциации «Знание без границ» принимаются чеки).

Ресурсы Ассоциации в 2006г. главным образом направлены на новые переводы.

# Знание без границ

Номера в прибылях решений ассоциация создана в 2005 году и удалось с помощью двух французских ученых .  
Цель : распространять научные знания с помощью группы, взятой из бесплатных загружаемых PDF-файлов. В 2020 году : 565 переводы на 40 языков , что , таким образом , была достигнута . С более чем 500 000 загрузок .



Jean-Pierre Petit

Gilles d'Agostini

Ассоциация является Totall у добровольным .  
Деньги полностью пожертвованы переводчикам .

Чтобы сделать пожертвование,  
воспользуйтесь кнопкой PayPal  
на главной странице:

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



...понимаете  
ли Вы, что без трения  
воздуха, поток вокруг  
профиля крыла был бы  
совсем другим и не создал  
бы подъемной силы ...



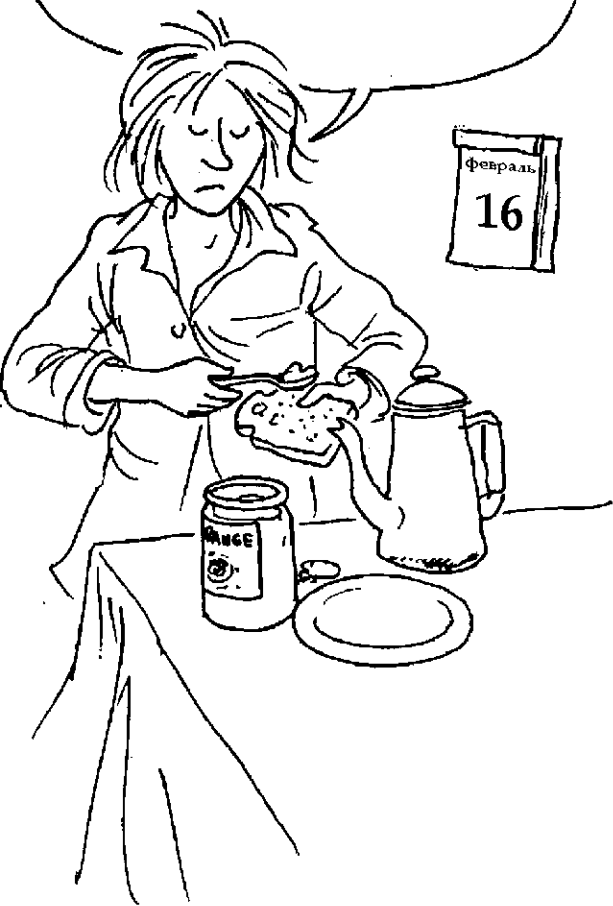
# ПРОЛОГ:

Однажды утром, Ансельм Лантюрю проснулся в совершенно мрачном настроении.



Воскресенье,  
понедельник, вторник,  
среда, четверг ...

О, дя, дя  
...

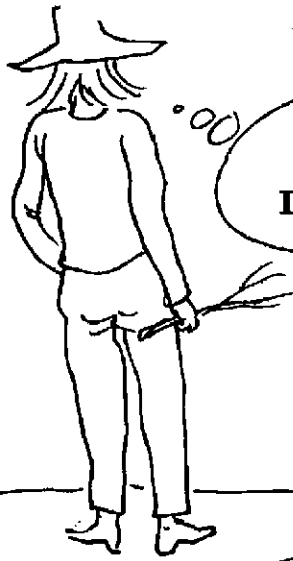


пятница, суббота,  
воскресенье ... и все  
повторяется заново.  
Какая банальность!



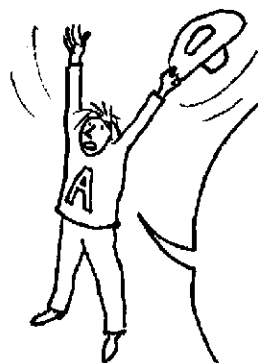
И конечно же, ...  
мой бутерброд ... падает  
маслом вниз!

Ансельм чувствовал себя грустным и опустошенным. Как никогда, Земля была плоской. Дни были похожи на капли дождя ...



Макс,  
где Макс?

Он высоко.  
Везет же ему!




**МАКС!**  
Я ТОЖЕ ХОЧУ  
**ЛЕТАТЬ!**




**Летать?  
Великий Боже!**

**Макс, ты научишь  
меня летать. Найдется  
хороший способ. Я достаточно  
поползал по этой планете!**



**Смотри, я поднимаю ногу. И если я  
достаточно быстро приподниму другую, то,  
может быть, я ...**



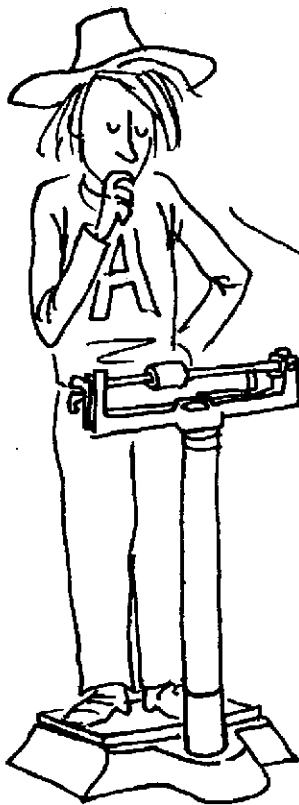
**Должно быть,  
весь этот воздух давит  
мне на плечи**



**Наоборот! Сила Архимеда  
уменьшает твой вес на восемьдесят  
граммов.**



# ОДНАЖДЫ, ОН СТАЛ АРХИМЕДОМ



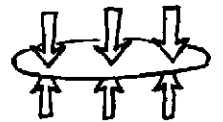
Ты хочешь сказать, что когда я взвешиваюсь, то весы не показывают мой настоящий вес из-за силы Архимеда?



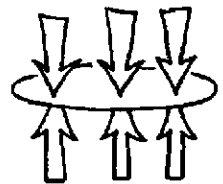
Точно, ты весишь на самом деле на 80 граммов больше.



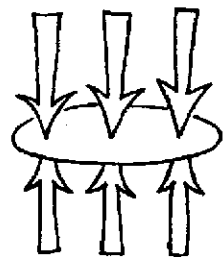
Принцип Архимеда ... о нем говорят ... говорят, ... но что это на самом деле?

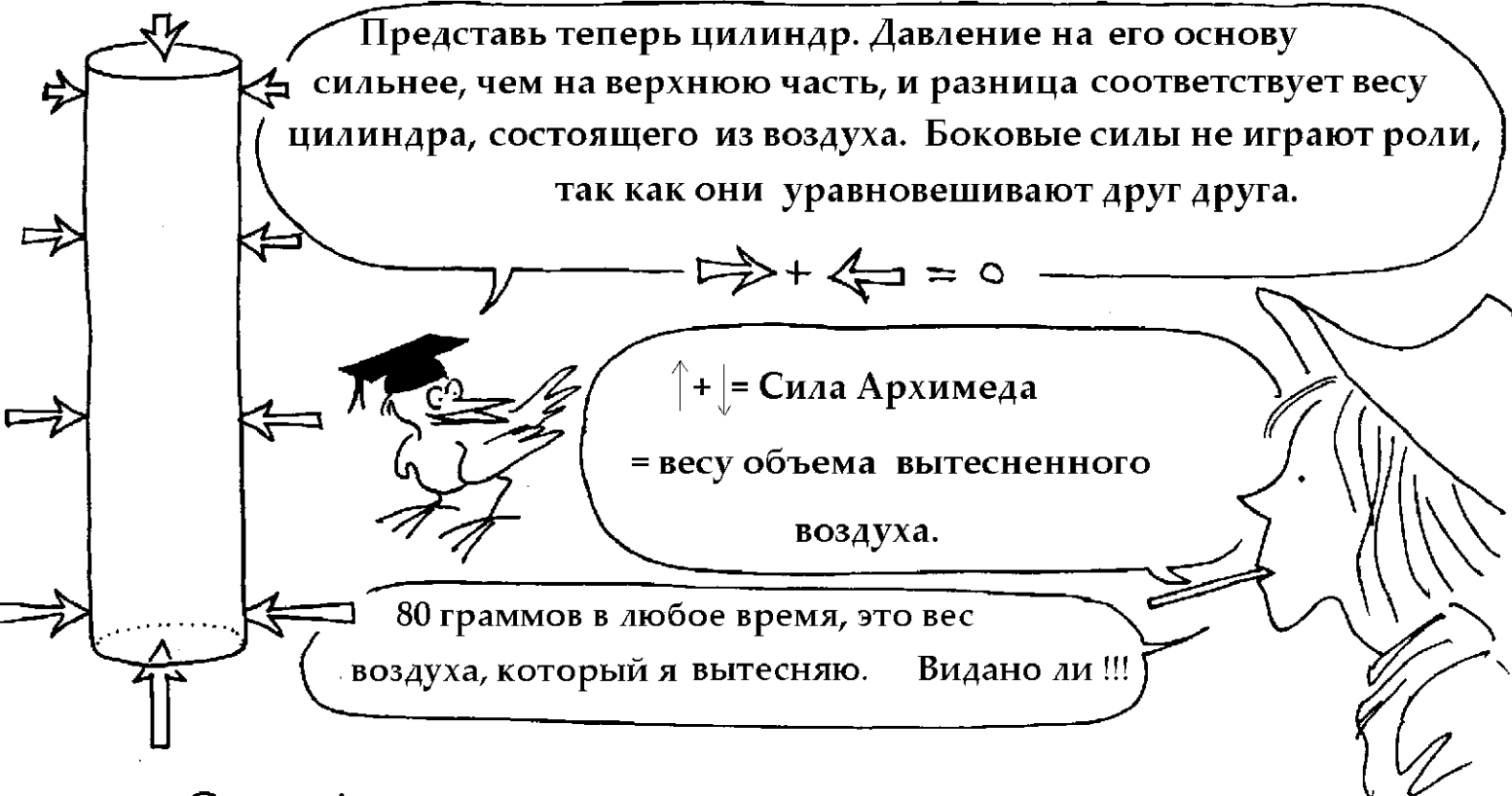


Силы, действующие на диск, погруженный в текучую среду:



Представь диск, погруженный в атмосферу. Столб воздуха сверху давит на его верхнюю поверхность. Чем выше столб воздуха, тем значительней эта сила. Но если диск бесконечно тонкий, то сумма сил на верхнюю и нижнюю поверхности равна нулю.





Силы Архимеда играют важную роль в природе:

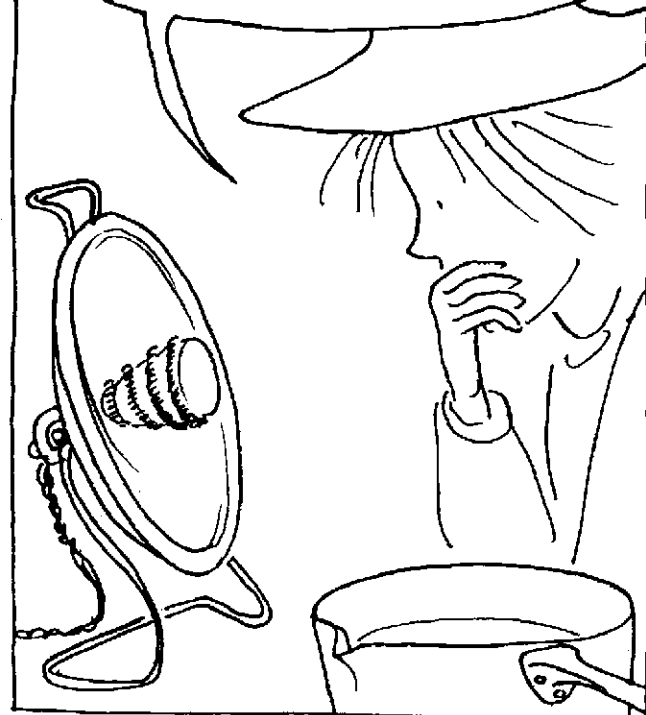
# КОНВЕКТИВНЫЕ ПОТОКИ

Восемьдесят граммов ...  
с их помощью  
не взлетишь ...

Приготовлю-ка  
себе чай



Чем я нагрею воду?  
Может, использовать  
параболический  
обогреватель?



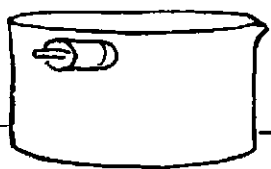


Наконец-то,  
это здорово  
действует!

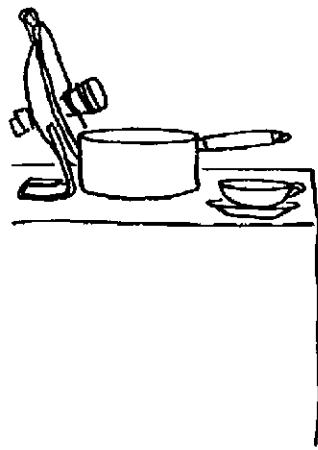
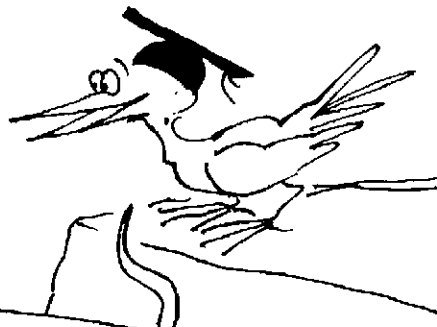


Но чай  
совсем  
ХОЛОДНЫЙ !!

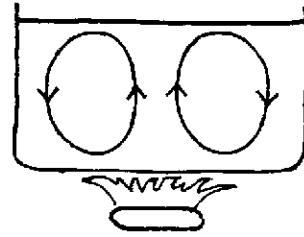
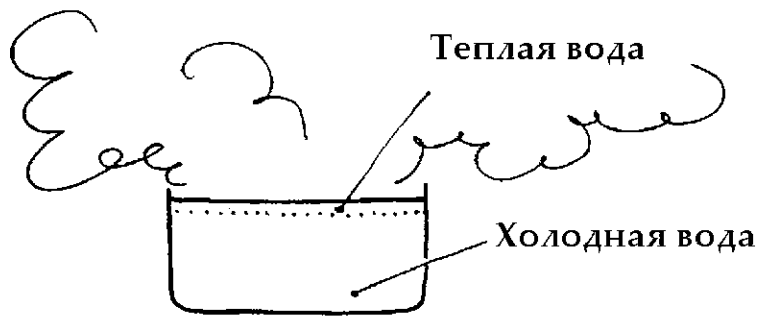
Вода в  
кастрюле тоже!!



Я не  
заблуждался! Эта  
вода кипела  
минуту!

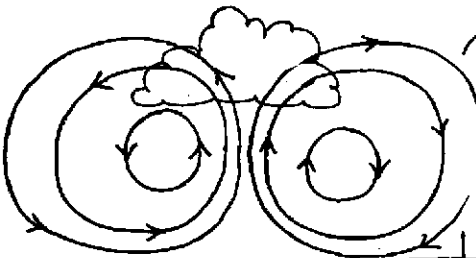
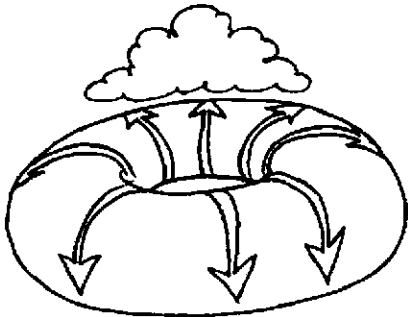


Ты нагреваешь только  
поверхностный слой, и эта  
пленка менее плотной теплой  
воды плавает сверху.  
Вот и все.



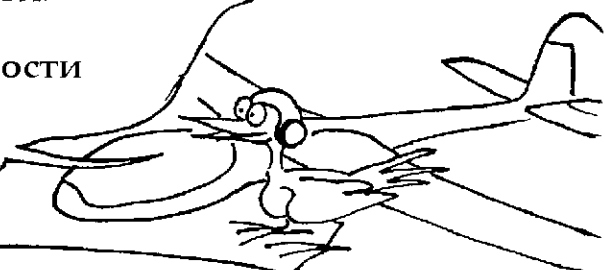
Зато, если подогревать воду снизу, вот здесь, эта вода, расширяясь, т.е. становясь менее плотной, начнет подниматься. Она охладится на поверхности, сожмется и вновь опустится вниз вдоль стенок кастрюли. Это **ЕСТЕСТВЕННАЯ КОНВЕКЦИЯ**.

В атмосфере происходит то же явление. В некоторых местах почва впитывает больше солнечного тепла. Воздух здесь переполнен влагой (чем теплее, тем больше он может содержать воды в виде пара). Более того, он увеличивается в размере и начинает подниматься. На большой высоте охлаждение вызывает конденсацию пара в виде капелек, и образуется приличное **КУЧЕВОЕ ОБЛАКО**.



**ТОЧКА ТЕПЛА**

Это явление перемешивания делает температуру воздуха более однородной. Если бы его не было, то температура на поверхности земли достигла бы сотен градусов.



Зацепившись за один из этих теплых воздушных пузырей, может быть, однажды я смогу взлететь?



Смотри под ноги, черт возьми !!



Кто  
говорит?

Вы не могли бы пойти  
размышлять в другое место!

Вы чуть было на нас не  
наступили, черт возьми!

О,  
извините

Летать?  
Как будто жизнь и так  
не достаточно сложна!

И прежде всего:  
наши ученые установили,  
что это математически  
невозможно!

И, откровенно говоря,  
неужели Вы думаете, что нет  
более серьезных вещей, которыми  
стоило бы заняться, чем ...  
летать!

Неважно  
чем!...

Нашел:  
помещу теплый  
воздушный пузырек в  
своего рода конверт.

# ЛЕГЧЕ ВОЗДУХА



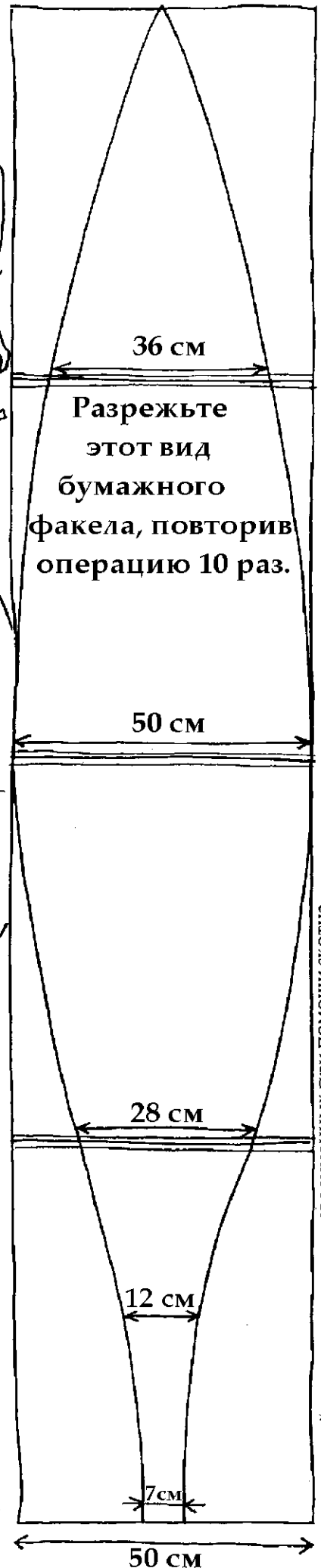
## Секрет воздушных шаров-монгольфьеров:

Чем они больше, тем лучше летают.

Вы сделаете его, используя 40 двойных листов любой из газет и прозрачный скотч.

Выкройка показана справа. Аппарат рассчитан, чтобы переносить кошку.

Нет!  
Так не  
пойдет!

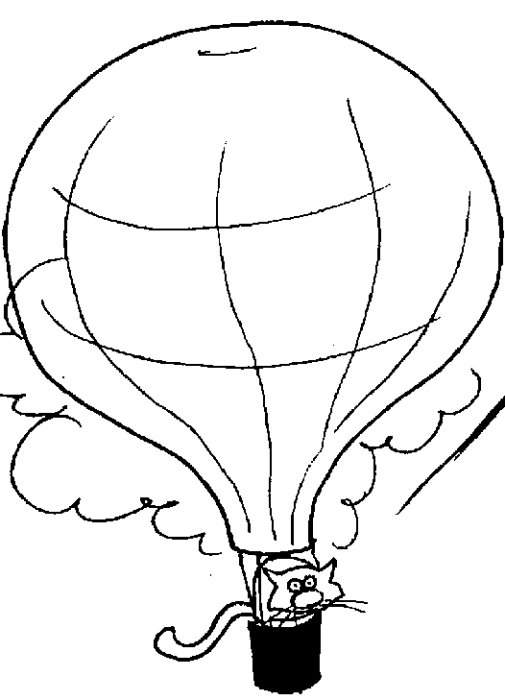


Вот как Ансельм собрал сооружение намного легче воздуха:



Я  
НЕНАВИЖУ  
физику!

Нагревайте при помощи  
походной газовой горелки,  
защищая бумагу печной  
трубой. Кошку сажайте  
только в последний  
момент.



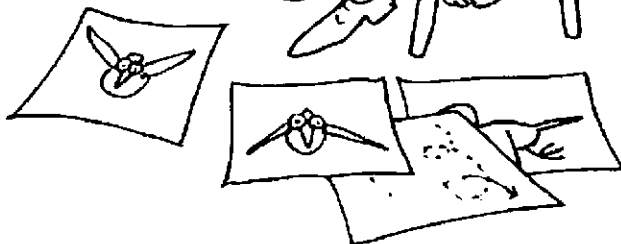
То, что делаю я,  
никакая другая кошка не  
делала никогда!



Мечтаешь о бумаге ...  
все это не доставит меня  
достаточно высоко. И потом,  
эта машина - игрушка ветров.  
Я не могу ее направлять  
туда, куда хочу...



Поторопись,  
я устал!



Секрет полета,  
что это такое?





**Ничего не поделаешь. Дело никак не идет. Есть что-то, чего я не понял!**



**Тссс ...  
Тссс ...**



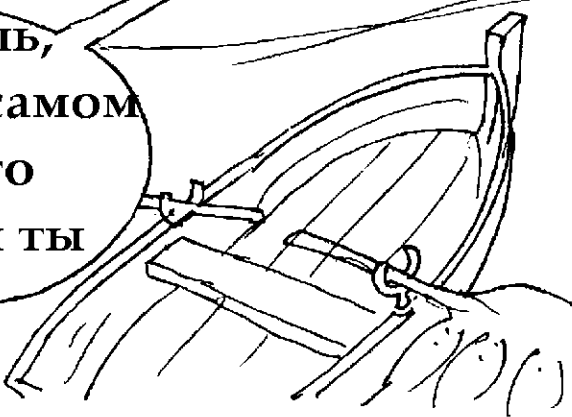
**Ансельм, чтобы летать, тебе нужно сначала стать на "ты" с МЕХАНИКОЙ ТЕКУЧИХ СРЕД. Летать, это не так просто!**

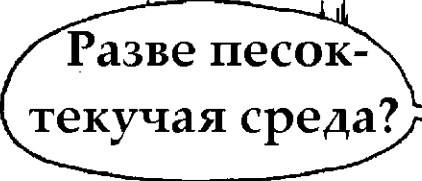
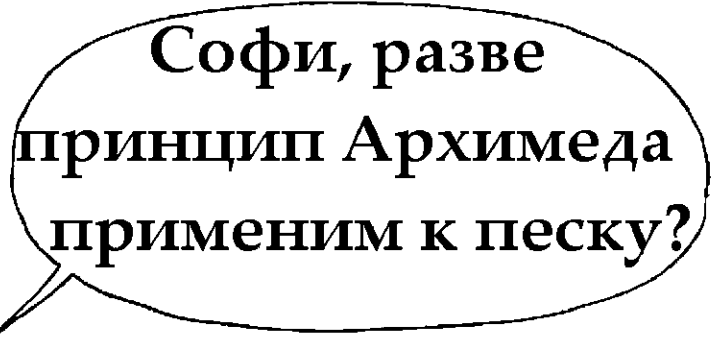
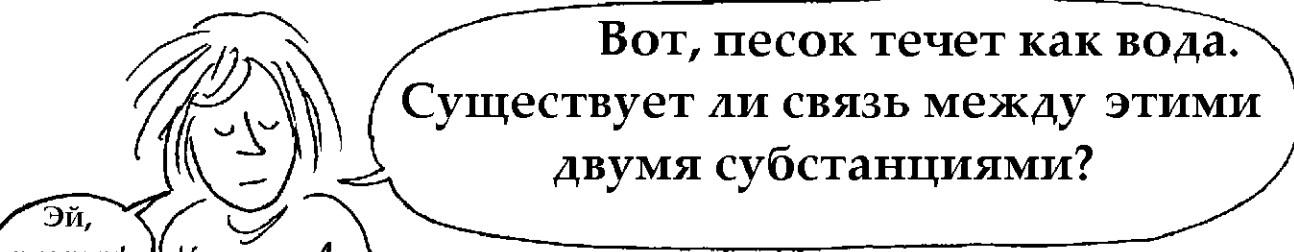


**Текучая среда, что это на самом деле? Это что-то, что течет?**

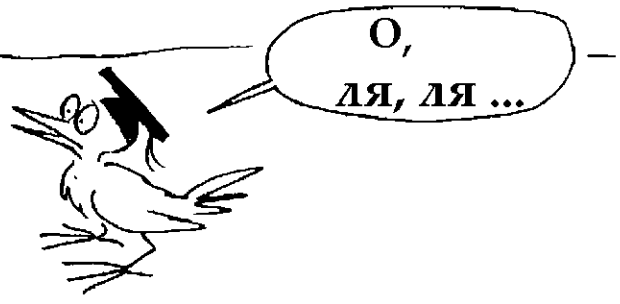
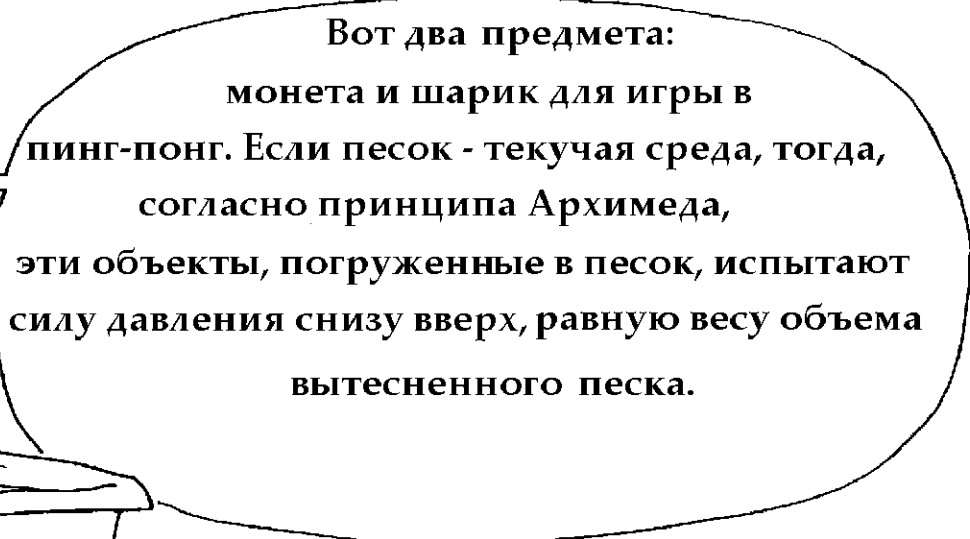
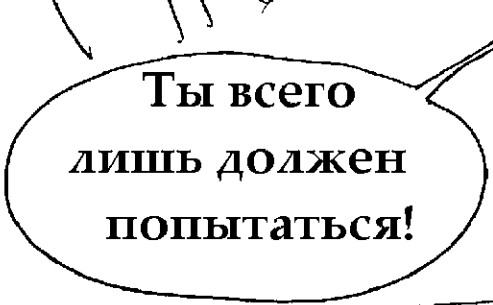


**Если хочешь, да. Но это на самом деле намного сложнее, чем ты думаешь.**





# ТЕКУЧИЕ СРЕДЫ



Я зарыл шарик и  
положил монету на  
поверхность.  
По логике, монета должна  
опуститься, а шарик  
должен подняться.

Ничего  
не  
происходит...


Может быть, это  
вопрос времени ...

Он  
обезумел, Ваш  
друг?


С физикой нужно  
быть осторожным

Что за  
отвратительная  
для меня вещь,  
подобный опыт!


С меня  
достаточно!



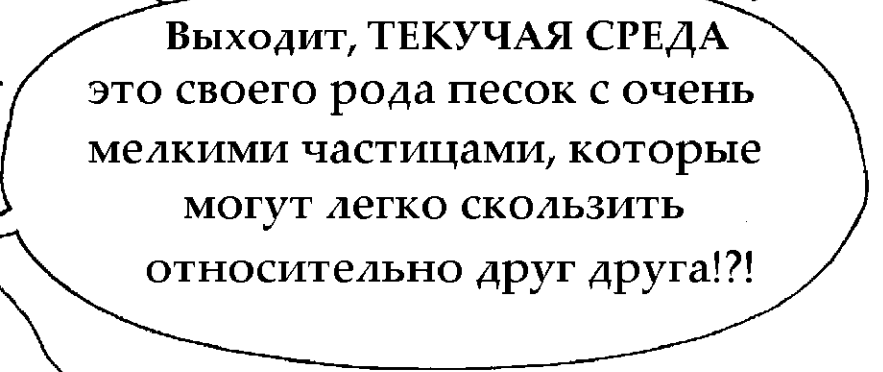
Эй, смотри,  
шарик заново  
поднялся на  
поверхность




А монета в глубине. Пока протекал  
песок, Ансельм вызвал скольжение  
одних частиц относительно других. И песок  
превратился в ТЕКУЧУЮ СРЕДУ.



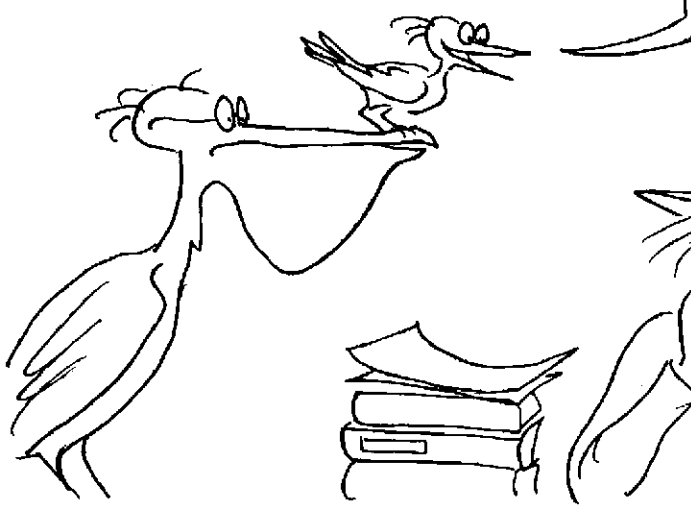
Софи сказала, что  
чем меньше частицы,  
тем быстрее происходит  
явление



Выходит, ТЕКУЧАЯ СРЕДА  
это своего рода песок с очень  
мелкими частицами, которые  
могут легко скользить  
относительно друг друга!?!

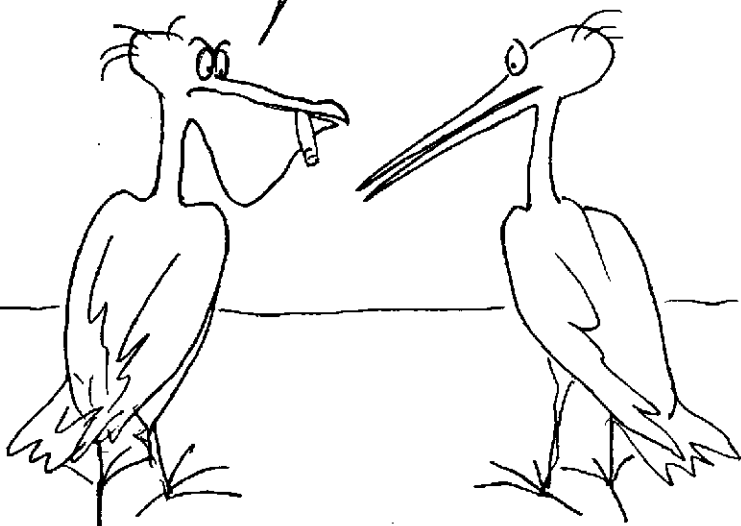


Софи нам сказала,  
что еще у Лукреция в 1 веке до  
нашей эры было "предчувствие"  
АТОМОВ ("О природе вещей")

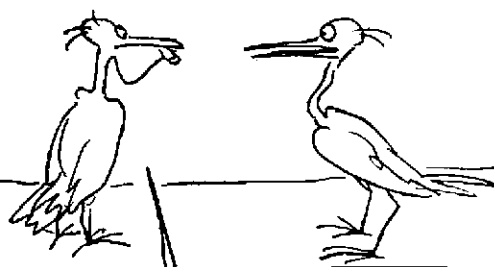


Софи всегда  
знает все на свете  
лучше, чем другие!

Таким образом,  
мой дорогой, сорта сыра  
"камамбер" были бы очень  
вязкими жидкими средами.  
И, кажется, и сам  
стакан-то (\*)




Вы хотите  
сказать, что ...  
принцип Архимеда! ...



Не заставляйте меня говорить  
то, чего я не сказал!

(\*) Действительно, стакан - это ЖИДКОСТЬ, в высшей степени вязкая.






Видишь ли, Ансельм, для того, чтобы хорошо понять текучую среду, нужно вспомнить вначале, что это совокупность молекул, которые, как маленькие шарики, сталкиваются и скользят друг о друга, что мы называем **МОЛЕКУЛЯРНЫМ ХАОСОМ**.

Пойду-ка в хаос

Двадцать миллиардов из миллиардов этих маленьких шариков содержатся в одном  $\text{см}^3$  воздуха, которым мы дышим. Эти молекулы так малы, что их невозможно было бы увидеть даже в самый мощный микроскоп.

## ПЛОТНОСТЬ

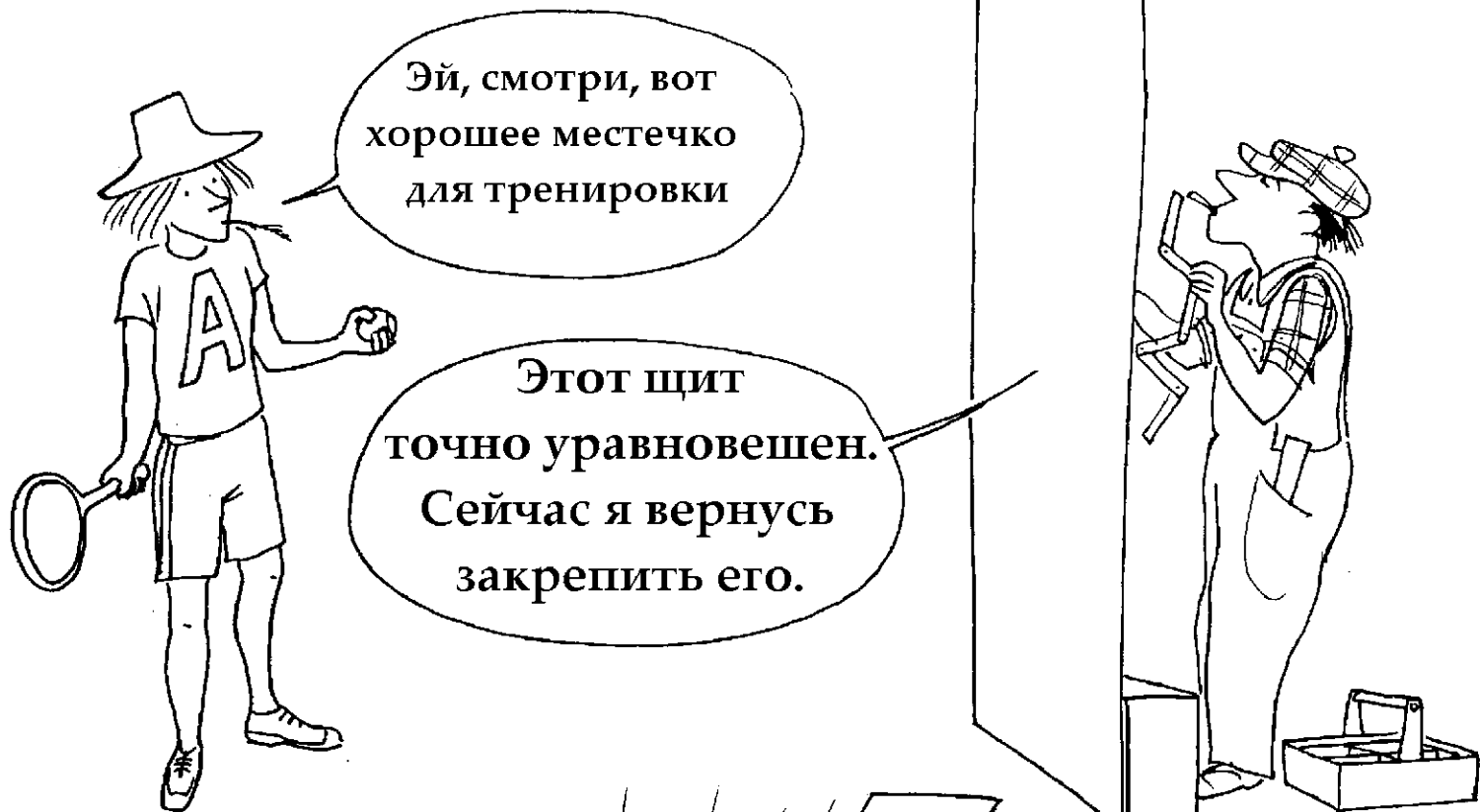


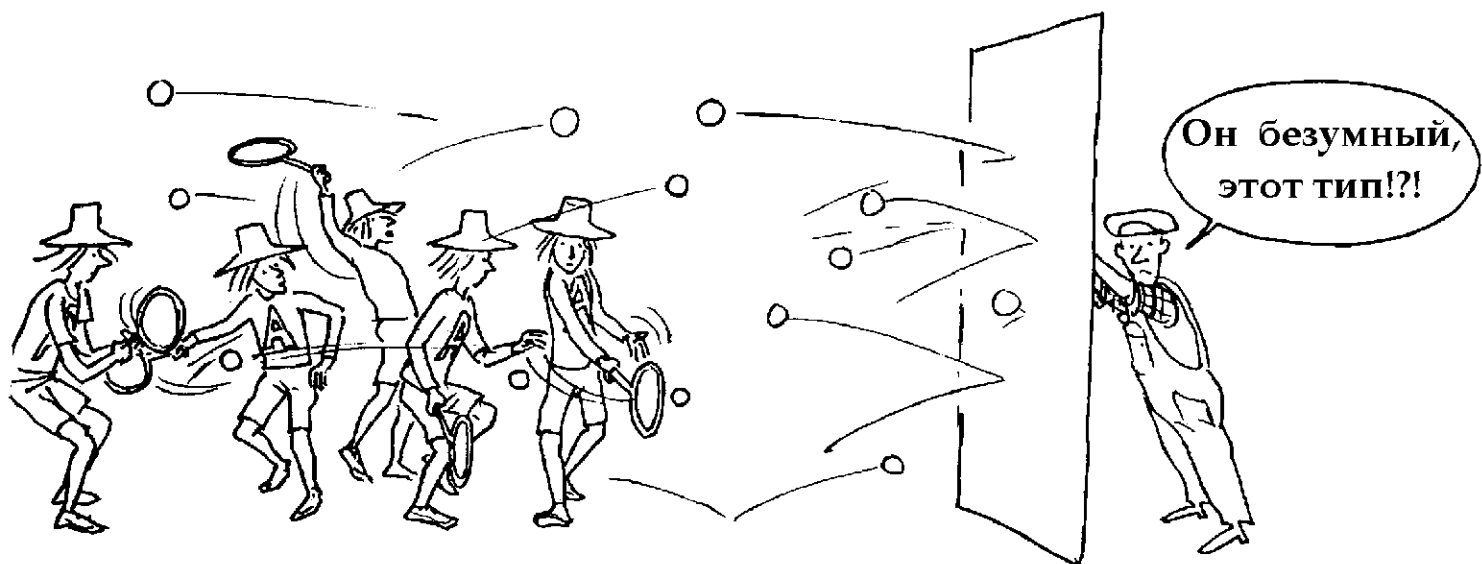
Понятие плотности настолько интуитивно, что не будем о нем говорить

Я... я не понимаю!

Это число молекул на единицу объема.

# ДАВЛЕНИЕ:





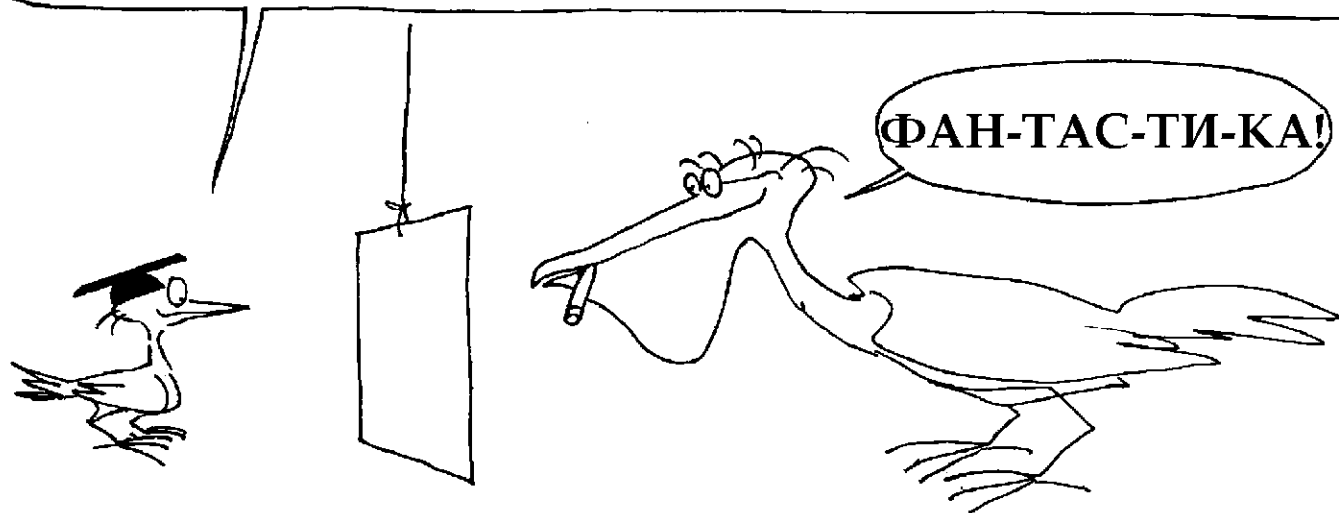
Он безумный, этот тип!?!

Это именно многочисленные молекулярные удары о перегородку создают то явление, которое называют ДАВЛЕНИЕМ.



Видите эту перегородку, расположенную в воздухе, которым мы дышим

Она остается неподвижной потому, что удары молекул, бомбардирующих ее как с одной, так и с другой стороны, уравновешивают друг друга.

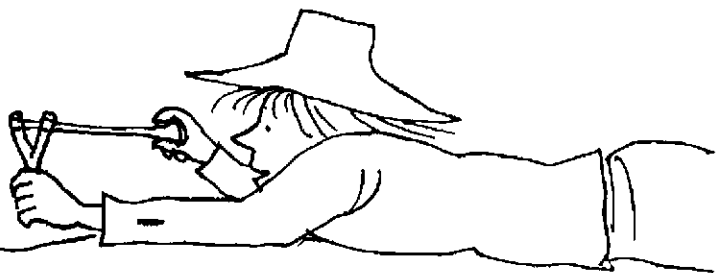


ФАН-ТАС-ТИ-КА!

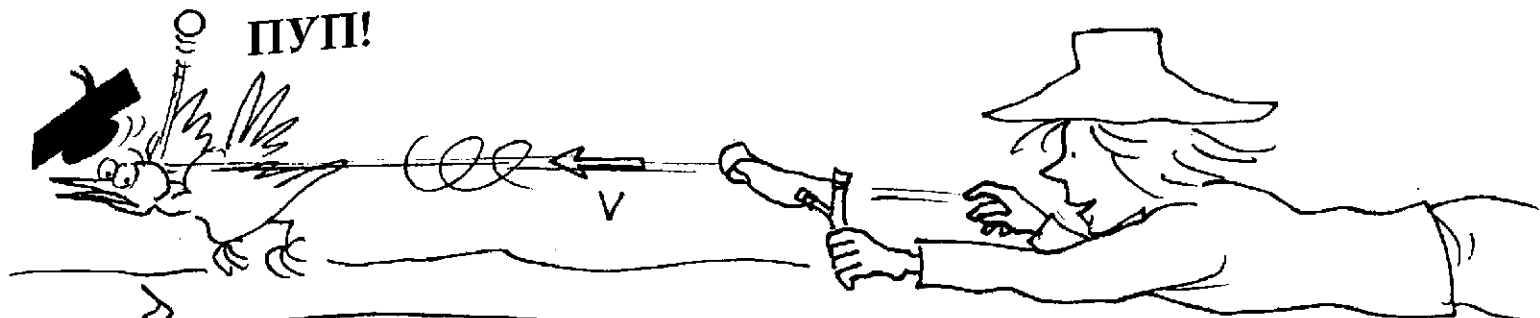


# КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ:

Объект с массой  $m$ ,  
разогнанный до скорости  $V$ ...



ПУП!



... обладает, СОГЛАСНО  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, КИНЕТИЧЕСКОЙ  
ЭНЕРГИЕЙ, равной  
 $mV^2/2$

# ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ:

Вот элемент газа. Молекулы с массой  $m$   
возбуждены здесь беспорядочным  
движением. Скорость их беспорядочного  
движения, названная скоростью ТЕПЛОВОГО  
ДВИЖЕНИЯ, равна  $V$ .



ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ любого  
элемента данной СИСТЕМЫ - это просто сумма  
кинетических энергий  $mV^2/2$  всех молекул,  
которые его составляют.



# ТЕМПЕРАТУРА:



**АБСОЛЮТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА** газа равна  $mV^2/2$  (средней кинетической энергии) **ОДНОЙ МОЛЕКУЛЫ**

**УПРАВЛЕНИЕ**



Без молекулярного движения больше нет столкновений со стенками, а, значит, и нет давления!

Еще ниже спуститься нельзя: ведь при неподвижности нет малейшего возбуждения, не так ли?

Так и есть, я понял!



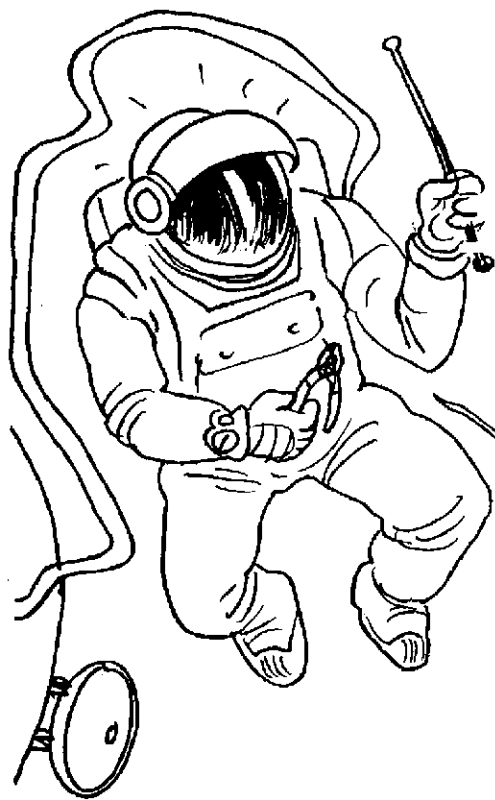
Подведем итог: чем больше молекул, чем сильнее они возбуждены, т.е. чем они теплее, тем больше газовое давление.



## ТЕПЛОТА



Объект, помещенный в текучую среду, подвержен бесконечному числу молекулярных микроударов. Таким образом, молекулы могут перемещаться, обмениваться энергией, ТЕПЛОТОЙ. Способность переносить теплоту увеличивается с плотностью текучей среды. По этой причине вода является лучшим проводником теплоты, чем воздух.



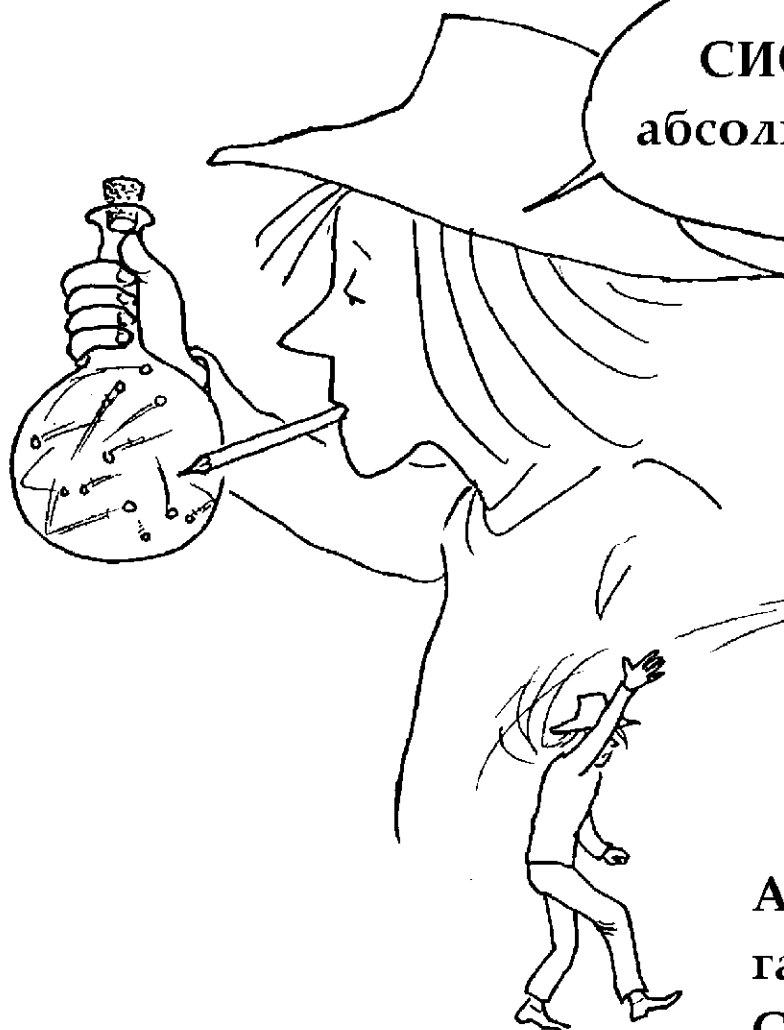
Когда космонавт "шагает" в пространстве, то он пребывает в очень разреженном воздухе (десять молекул в одном кубическом сантиметре).

Степень возбуждения молекул соответствует температуре  $2500^\circ$ . Однако, этот воздух не обжигает космонавта, потому что у него слишком слабая плотность для того, чтобы эффективно проводить теплоту.

Бррр ... 2500, и я замерзаю!

Температура высока, но поток теплоты ничтожен.

## ОБЩАЯ ЭНЕРГИЯ:



Вот набор,  
СИСТЕМА из  $N$  молекул с  
абсолютной температурой  $T$

Ансельм бросает бутылку с газом, придавая ей ОБЩУЮ СКОРОСТЬ  $v$

Этой общей скорости  $v$  соответствует ОБЩАЯ КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

$$Mv^2/2$$

$M$  - это полная масса газа, содержащегося в бутылке.



В таком случае, Вы хотите сказать, что есть два вида кинетической энергии?..



Да и нет... Набор молекул, содержащихся во флаконе, имеют ПОЛНУЮ ЭНЕРГИЮ, которая является суммой данной ОБЩЕЙ ЭНЕРГИИ и энергии теплового возбуждения

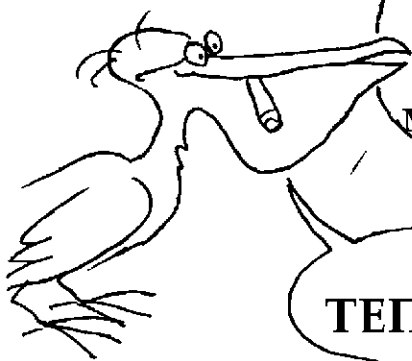
Стало быть, это чертовски сложно, механика текучих сред!

Ты хочешь летать?  
Тогда учись летать!



Хорошо. В книге говорится, что энергия теплового возбуждения системы молекул может трансформироваться в общую энергию

Иначе говоря, из ТЕПЛОТЫ - в ДВИЖЕНИЕ

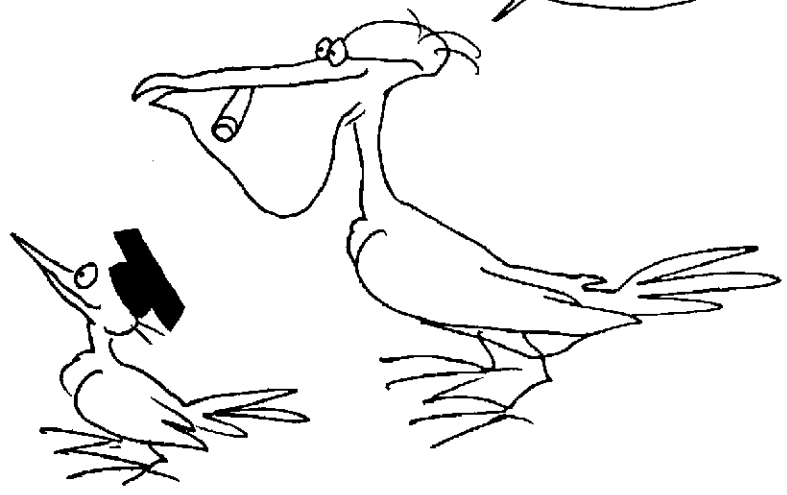




Чтобы это сделать,  
достаточно вынуть  
пробку

СИСТЕМА N МОЛЕКУЛ:  
ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ  
 $N \times mV^2/2$

Спорим!



# СОХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ:

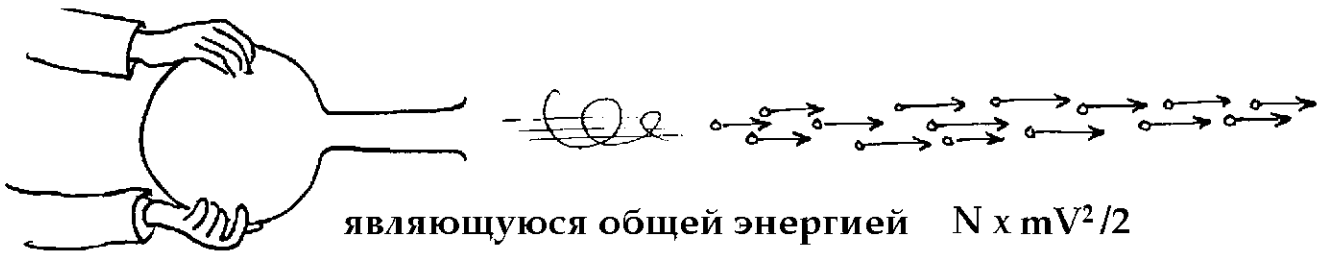


Хе!?

Проще говоря, имеется в  
виду, что это расширение  
газа происходит без  
внешнего препятствия, в  
пустоту  
Управление

V=Скорость  
беспорядочного  
движения N  
молекул

Если эта трансформация ТЕПЛОТЫ → ДВИЖЕНИЕ является полной, то все молекулы будут иметь одну скорость  $v$  (общую) и энергию системы,

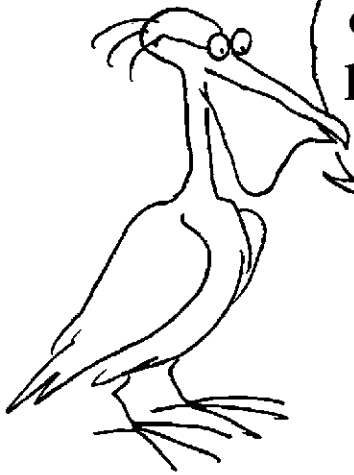


являющуюся общей энергией  $N \times mV^2/2$

Согласно ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ, полная энергия системы, то есть сумма общей энергии и кинетической (тепловой) энергии беспорядочного движения ПОСТОЯННА в этом процессе.

## УПРАВЛЕНИЕ

Скажи, если я правильно понял, в отдельном случае при этом полном расширении сохранение энергии будет  $N \times mV^2/2 = N \times mv^2/2$ , где  $v=V$ ?



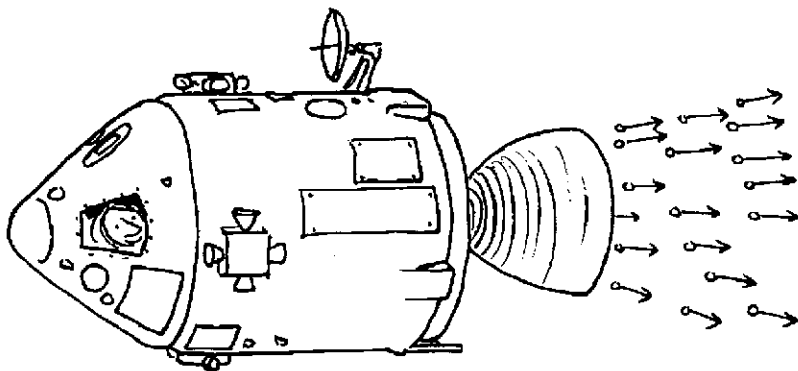
Все правильно!



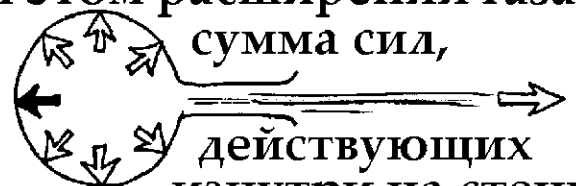
Применение этого преобразования тепловой энергии в общую кинетическую энергию набора молекул:

## РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Сопло ракетных двигателей в форме "подставки для яиц" - это геометрия, позволяющая наилучшим образом



трансформировать теплоту в скорость. Толкающая вперед сила происходит от того, что при этом расширении газа



сумма сил, действующих изнутри на стенки сосуда (или ракеты), больше не равна нулю.

Я  
понял!

Чтобы летать, очевидно,  
достаточно подуть вниз.

Попробуем  
это

Гм, не очень  
эффективно ...

ПШУФ!

Смотри, Ансельм,  
крылья птиц не имеют формы зонтов!  
Ты всегда хочешь все понять немедленно  
Нужно продолжить ...

Ты права,  
Софи

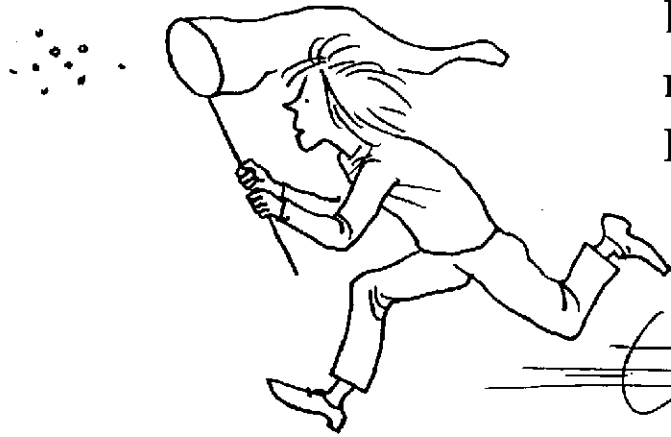
Она неплохо  
сложена!

Вы тоже неплохо  
закручены

МММ ...



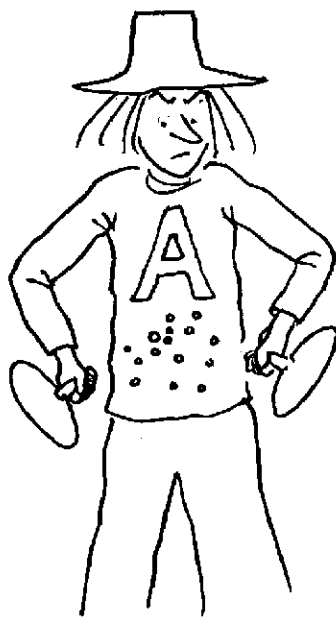
# ТЕЧЕНИЯ С ПОСТОЯННОЙ ПЛОТНОСТЬЮ



Выражение "свободный как воздух" не пустое слово.

Молекулы газа не выносят скученности. Они считают долгом поддерживать,

по-возможности, наибольшую дистанцию между собой



Запросто уплотнить воздух этим средством

Осечка!  
Ты не достаточно расторопный.

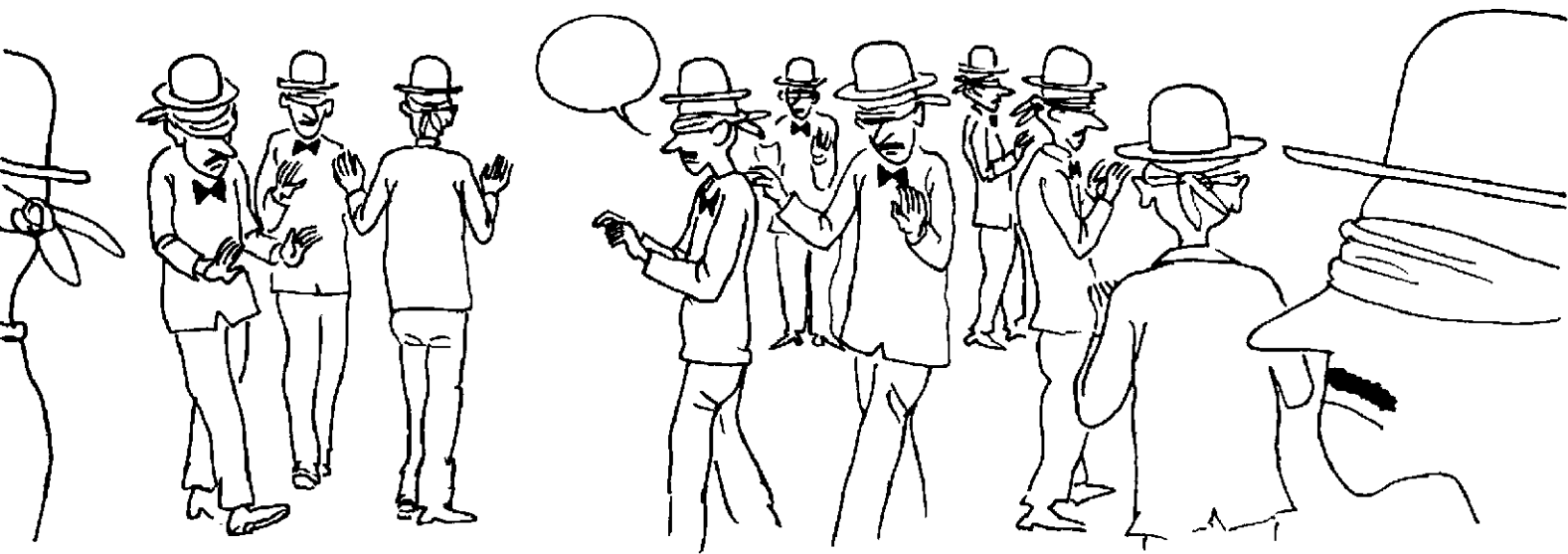
Что заставляет молекулы убежать в тот момент, когда ракетки сближаются?



Может быть, трусость?

Нужно представить площадь, на которой бродят люди с завязанными глазами.

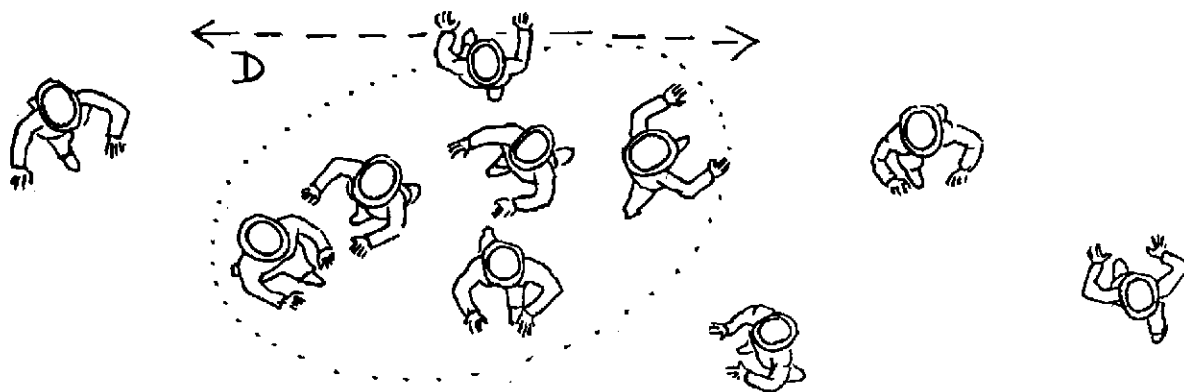
Они будут выступать в роли молекул,  
и скорость, с которой они перемещаются наугад во всех направлениях,  
будет аналогом скорости теплового беспорядочного движения  $V$ .



Они нигде не находятся наедине. Через  $t$  секунд в среднем, после прохождения пути  $l$ , они сталкиваются.  $l$  называют **СРЕДНЕЙ ДЛИНОЙ СВОБОДНОГО ПРОБЕГА** и  $t$  - **ВРЕМЕНЕМ СРЕДНЕГО СВОБОДНОГО ПРОБЕГА**.

В воздухе, которым мы дышим,  $V$ , скорость теплового движения составляет приблизительно 340 м/сек. Средний свободный молекулярный пробег близок к стотысячной доле сантиметра, тогда как время, которое проходит между двумя столкновениями одной молекулы с соседними, равно десяти тысячной части миллионной доли секунды.

Ничто не побуждает этих людей с завязанными глазами объединиться, напротив, их непрерывное беспорядочное движение приведет все скопление людей к **рассредоточению** на диаметр  $D$  за время  $D/V$ .



Это действительно то время, которое необходимо этим персонажам, чтобы пройти дистанцию  $D$ , т.е. чтобы покинуть место скопления.



Эти люди, к тому же, еще и немые, не видят ничего дальше своего носа. Если объект проникает в эту толпу со скоростью  $v$ , ниже скорости беспорядочного движения  $V$ , то персонажи смогут об этом узнать, мало-помалу сталкиваясь. Таким образом, они смогут отскочить **ВПЕРЕД**, чтобы не столкнуться с объектом. Эта информация поступает со скоростью их ходьбы, то есть со скоростью беспорядочного движения  $V$ .

**ЗВУК** представляет собой импульс давления при **ПОСТОЯННОЙ** средней **ПЛОТНОСТИ** среды. Это вид волны сжатия, которая распространяется со скоростью  $V$ .



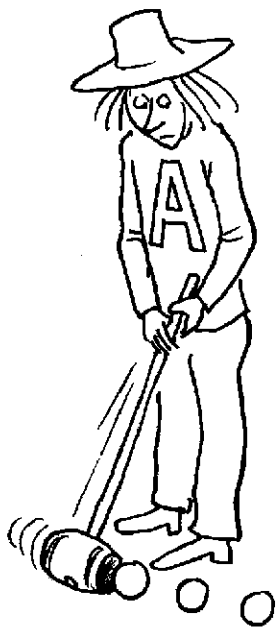
Нужно хорошо понять, что звук - это распространение импульса, а не материи.

**Звук - это  
ВОЛНА ДАВЛЕНИЯ**

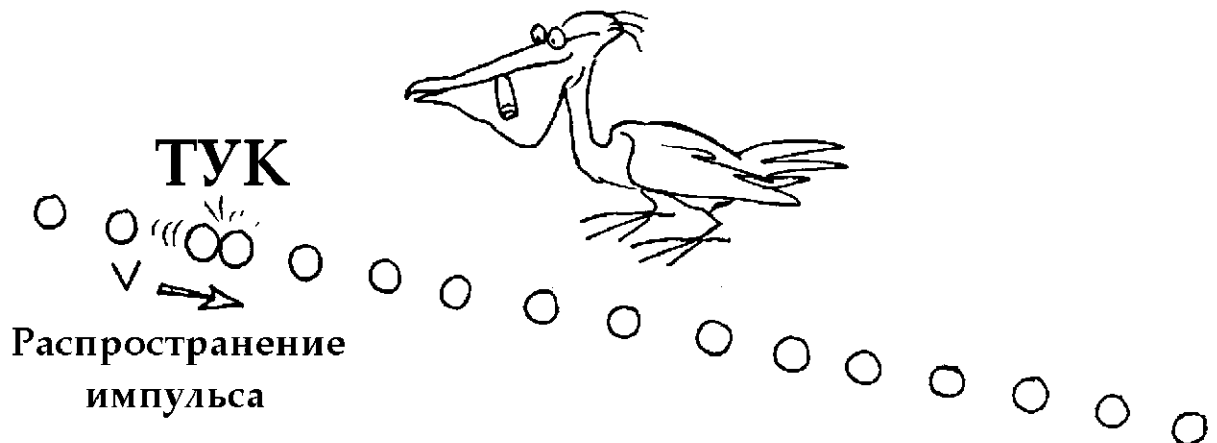


Это именно со скоростью звука молекулы предупреждаются о малейшем перемещении ракеток Ансельма. Значит, они могут легко разбежаться, поддерживая **ПОСТОЯННУЮ ПЛОТНОСТЬ**

Ансельм выстроил в ряд шарики для крокета. Он сообщает импульс первому, который передает его следующему ... и так далее:



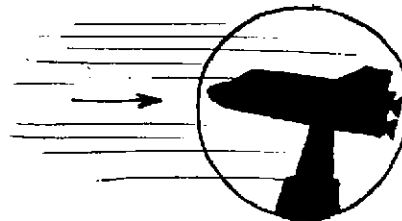
## Линейный образ распространения ЗВУКА



Понятие скорости **ОТНОСИТЕЛЬНО**. Таким образом,  $v$  будет для нас в равной мере скоростью объекта, входящего в текучую среду в спокойном состоянии или же движущуюся с общей скоростью газа, налетающего



на **ФИКСИРОВАННЫЙ** объект:



(Воздушные мехи)

ОТНОШЕНИЕ  $M=v/V$  БУДЕТ НАЗВАНО, СОГЛАСНО ОПРЕДЕЛЕНИЮ, ЧИСЛОМ МАХА.  $V$  - ЭТО СКОРОСТЬ ЗВУКА. ЕСЛИ  $v < V$ , т.е. ЕСЛИ  $M < 1$ , ТО ТЕКУЧАЯ СРЕДА ДВИЖЕТСЯ В ДОЗВУКОВОМ РЕЖИМЕ. ТЕЧЕНИЕ ОСУЩЕСТВИТСЯ ПРИ ПОСТОЯННОЙ ПЛОТНОСТИ И БУДЕТ НАЗЫВАТЬСЯ "НЕСЖИМАЕМЫМ".

## УПРАВЛЕНИЕ

# ЗАКОН БЕРНУЛЛИ

Здесь  
не очень хорошо  
пахнет!

Здесь пахнет кротом!  
А чем ты хочешь, чтобы здесь  
пахло?

Посмотрим, посмотрим,  
Даниэль Бернулли:  
швейцарский физик,  
1700 - 1782 ...

?

Вот так дело  
пойдет

Что он за  
козни строит  
там наверху?

Вот, здесь.

Здесь,  
что?!

Моя система  
автоматической  
вентиляции

Дует ветер, это хорошо!  
Ты чувствуешь всасывание  
воздуха?

?!?

Да, но почему  
воздух норы  
всасывается?

Курган - это  
препятствие прохождению  
воздуха. Чтобы его  
преодолеть, нужно ускорить  
это прохождение

Ускорить,  
почему?

## Как в стремнинах реки

Понятно!

Чтобы обеспечить постоянный расход

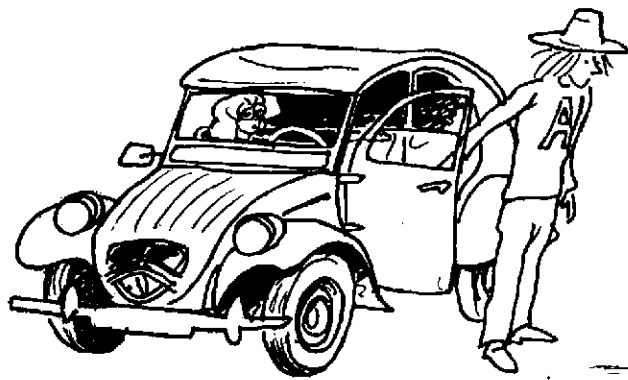
Хорошо, тут идет быстрее. Но я не понимаю, почему же идет всасывание!

Возьми элемент текучей среды (набор молекул), который проходит через сужение. Его энергия останется постоянной. Значит, ускорение приведет к уменьшению тепловой энергии, т.е. беспорядочного движения.

И если скорость беспорядочного движения понижается, то понижается и давление.

Так как давление изменяется пропорционально температуре и плотности, то оно будет падать

И вот поэтому воздух из норы будет высасываться



Но как же Вы умудряетесь  
быть таким ученым?

За то время,  
пока я строил  
нору

Что любопытно: при остановке капот был полностью расслаблен  
и провисал внутрь, а теперь, когда мы двигаемся, он весь выгнулся  
во внешнюю сторону.




Однако,  
воздух бьет  
сверху!



То же самое относится  
и к норе крота.  
Наше авто немного похоже  
на нее, не так ли?


Тогда поток воздуха  
при постоянной плотности  
должен возрасти, чтобы  
обогнуть машину.  
Температура падает, давление  
тоже, а капот втягивается кверху.  
Понятно.





Это то же самое явление, которое поднимает духи в моем флаконе-пульверизаторе

... и которое, благодаря ветру, всасывает дым в каминах




С какого же это времени каминны разговаривают?

Странно, скорее я бы подумал, что воздух уплотняется в этой воронке.

Объявляем, что по **ЗАКОНУ БЕРНУЛЛИ:** Давление и скорость изменяются в противоположных направлениях.

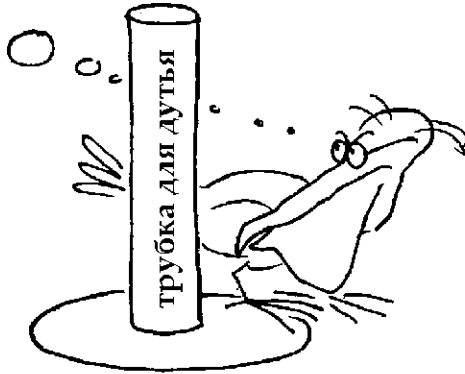
**УПРАВЛЕНИЕ**



На самом деле, механика текучих сред часто делает вызов нашей интуиции и нашему здравому смыслу.

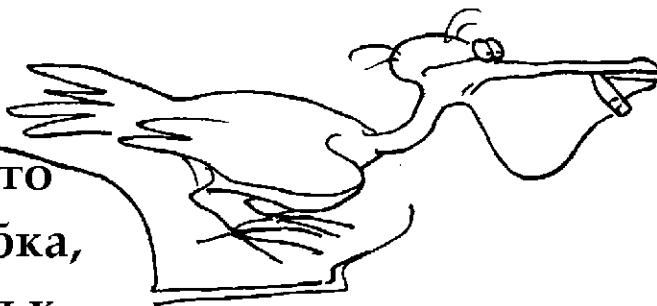
# ПАРАДОКСА, связанного с законом Бернулли:

Интуиция неприменима к опыту с диском на трубке для дутья

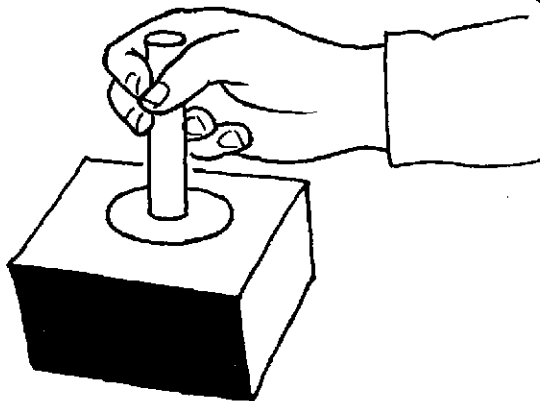


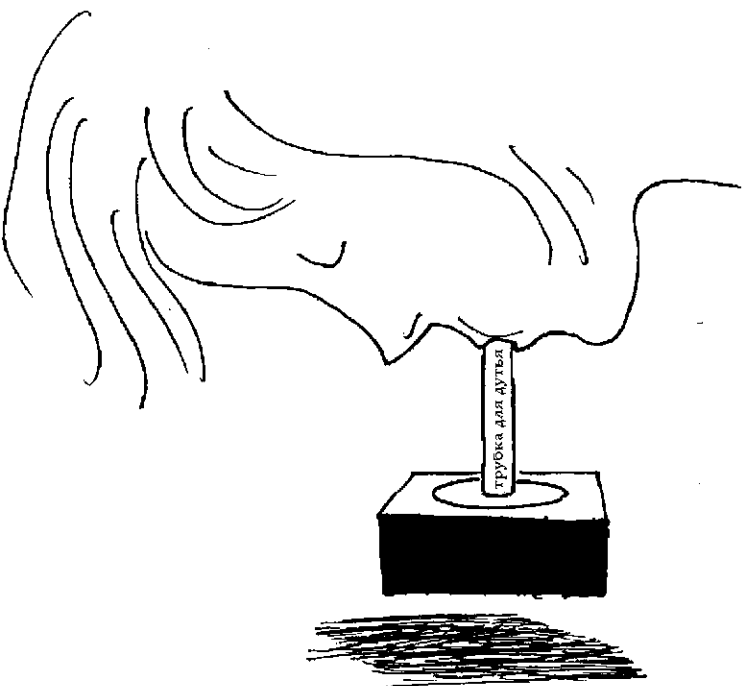
Что же это такое?  
Еще один из их трюков!

Очевидно, это простая трубка, приклеенная к диску

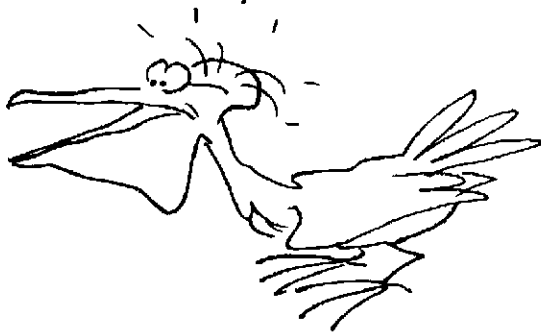


Трубка, которую он ставит на спичечную коробку!!!



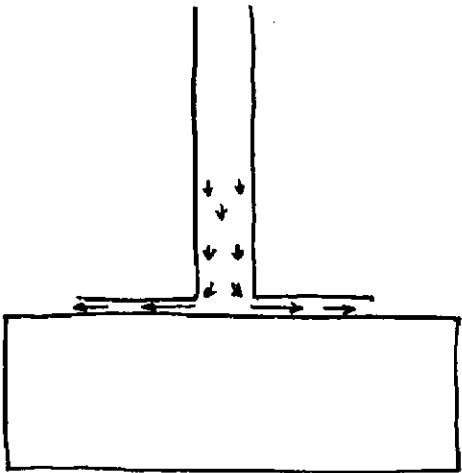


Он ... дует ...  
и приподнимает  
коробку !!!

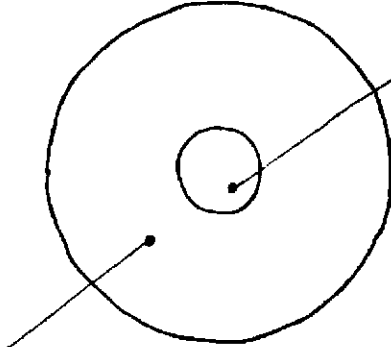


Как же можно  
втягивать воздух,  
выдувая его?

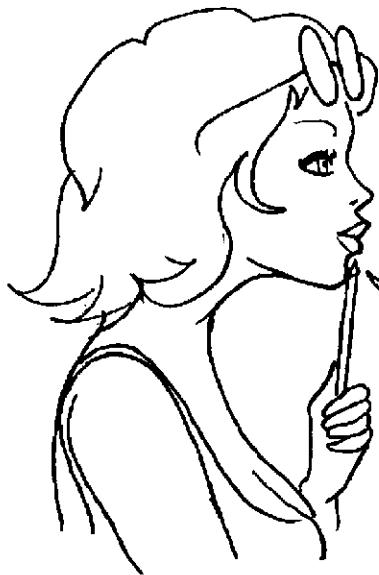
В месте крепления диска к цилиндру  
проход газа внезапно уменьшается, и  
воздух резко ускоряется. Тогда  
давление становится ниже  
атмосферного.



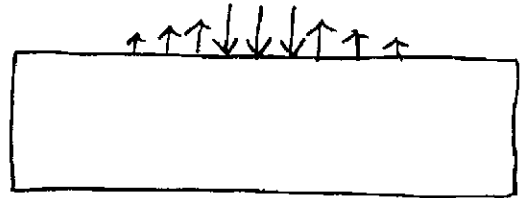
Давление в периферийной  
части ниже  
атмосферного давления



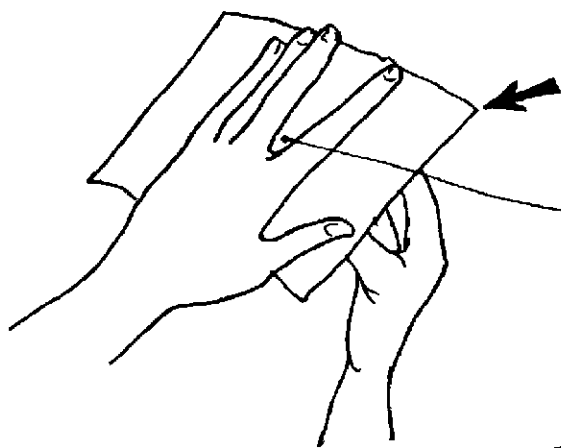
Часть стенки коробки  
напротив центрального  
канала находится в  
состоянии повышенного  
давления относительно  
давления окружающего  
воздуха



Оказывается, что результатом  
всего этого является всасывание



**Вы можете провести аналогичный опыт с обычным листом бумаги:**



**Расположите его так:**

**Подуйте здесь, очень сильно.**



**Пока Вы дуете,  
опустите лист. На короткий  
момент он останется  
приклеенным.**

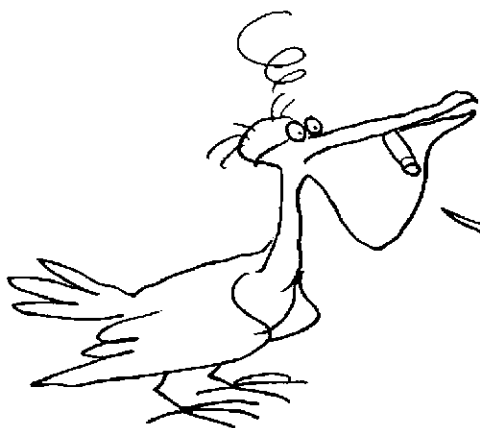
**НА ЗАМЕТКУ:**

**Дуть нужно СИЛЬНО!**

**УПРАВЛЕНИЕ**



Не собираешься  
немного полетать?



Оттого, что я  
увидел сегодня, я  
предпочитаю ходить  
пешком!

Текучая среда, плотность,  
давление, температура,  
реактивное движение, Бернулли.  
У меня есть все слова-подсказки,  
чтобы летать.




Нет, одного  
слова тебе  
не хватает



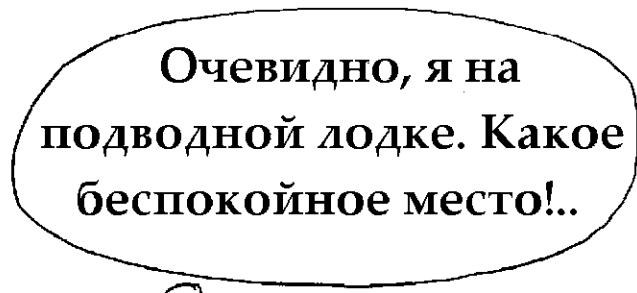
Какого?



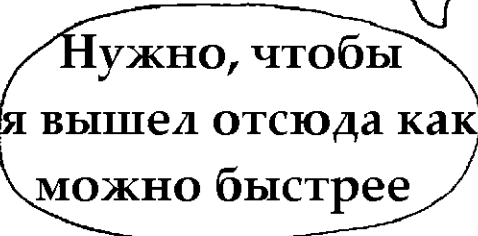
# СОН ЛАНТЮРЛЮ:



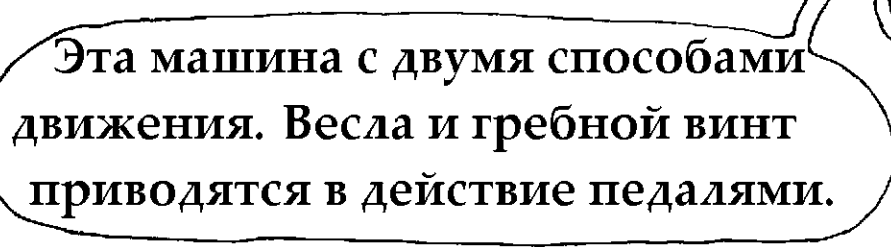
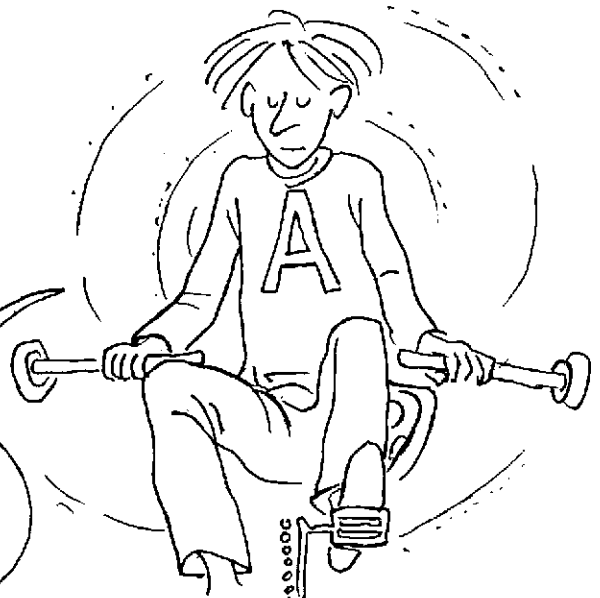
Во имя всего  
святого, где я??



Очевидно, я на  
подводной лодке. Какое  
беспокойное место!..

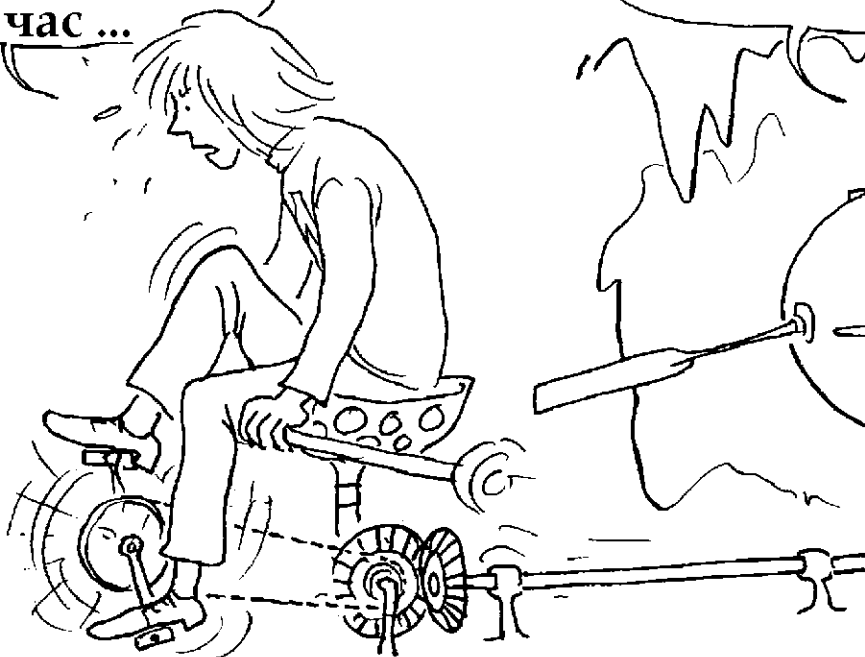


Нужно, чтобы  
я вышел отсюда как  
можно быстрее



Эта машина с двумя способами  
движения. Весла и гребной винт  
приводятся в действие педалями.

Черт, я кручу  
педалями вот уже  
час ...

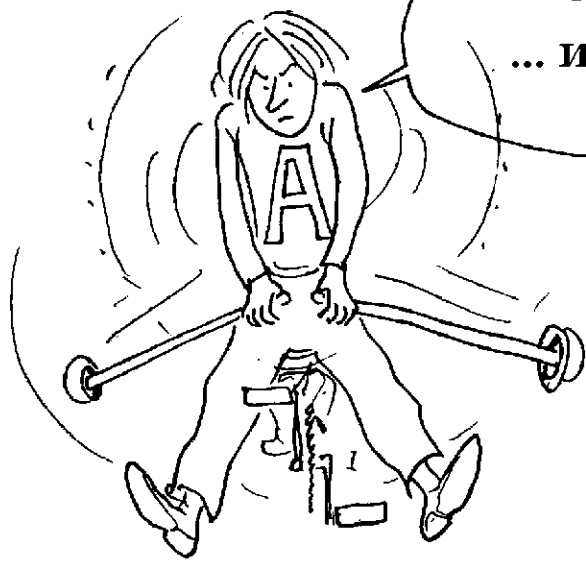


... а не продвинулся  
ни на дюйм!

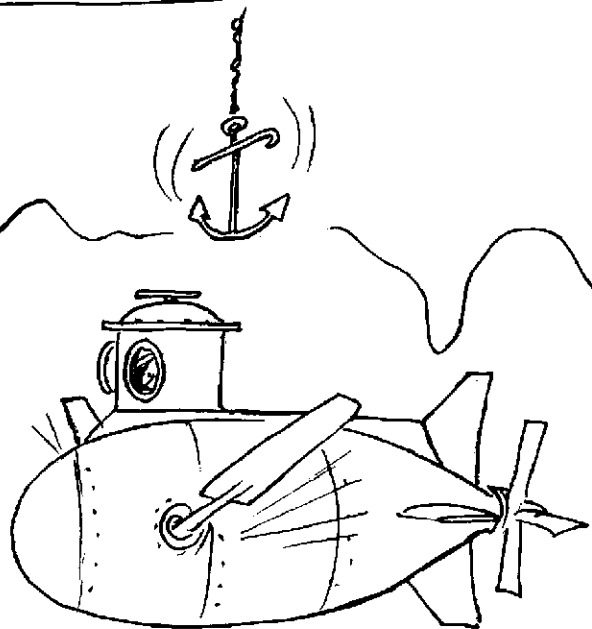
Попробуем веслами ....

Это тоже ничего не дает ...

... и я не чувствую никакого  
сопротивления !!

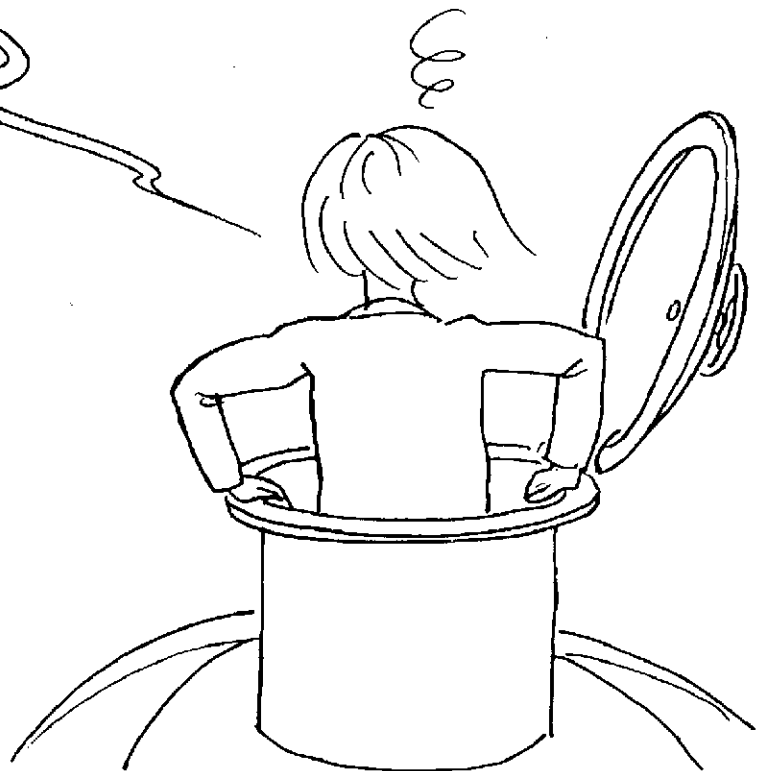


Я, наверное,  
нахожусь в пустоте?  
Но нет, если бы я был в  
пустоте, то моя подводная  
лодка не плавала бы!

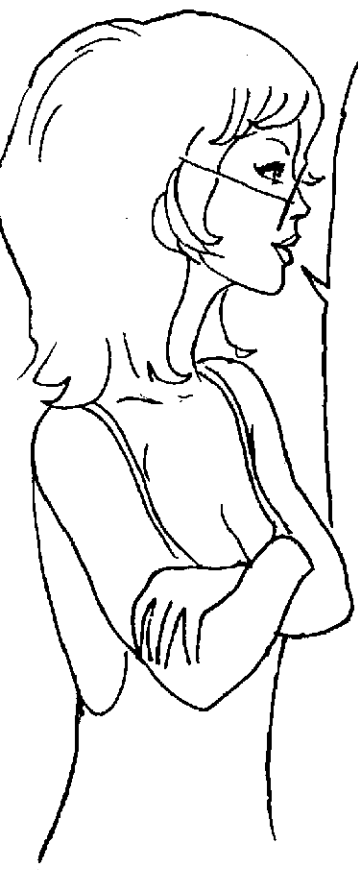




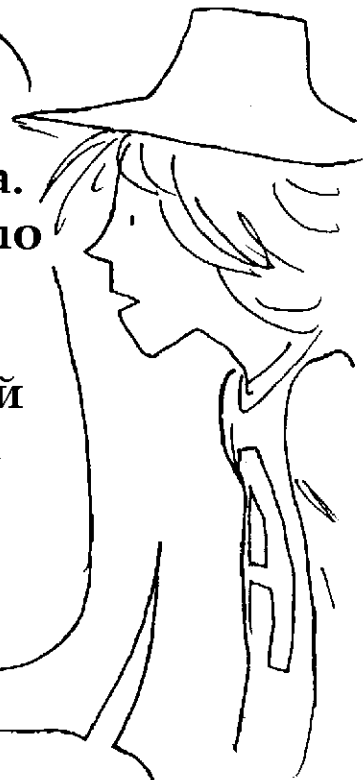
Во имя всех  
кругов ада, Софи,  
объясни мне, что все  
это значит!



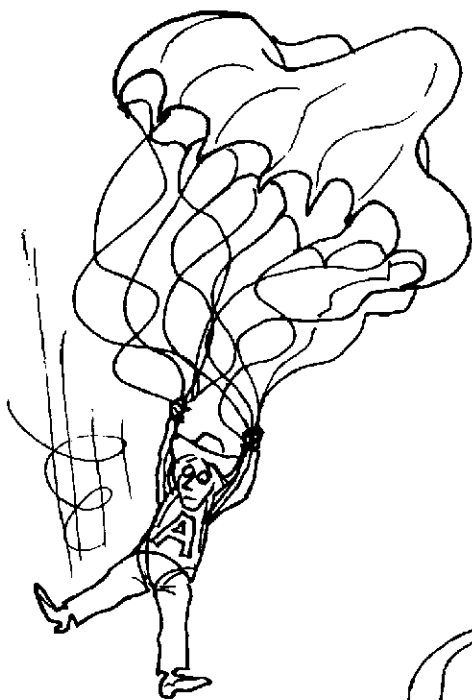




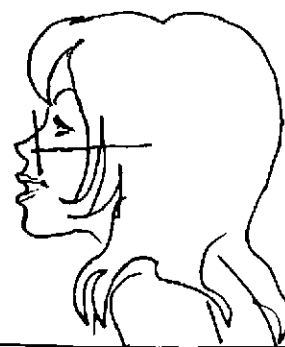
Просто ты находился в гелии, СВЕРХТЕКУЧЕЙ ЖИДКОСТИ. Вспомни историю с ящиком песка. Трение песчинок друг о друга было настолько сильным, что песок мог течь с трудом. Здесь же - все наоборот. Ниже определенной температуры, очень низкой, текучесть гелия становится бесконечной, а трение - нулевым.



Но какое отношение имеет трение к гребле, к полету, или к продвижению с помощью винта?



Ты был прав, в некотором смысле, в случае со своим зонтом. Чтобы опереться на воздух, его нужно удерживать.



Если бы воздух был СВЕРХТЕКУЧЕЙ ЖИДКОСТЬЮ, то твой парашют тебе был бы бесполезен. Хуже того, он бы не распустился, а ты бы просто упал

Первое животное, которое предприняло попытку подняться в небеса, быстро поняло, что ему нужно зацепиться тем или иным способом за эту среду.

Таким образом, полет объекта, который тяжелее воздуха, похож на непрерывное движение, с попытками опереться на без конца ускользящую, разреженную среду.



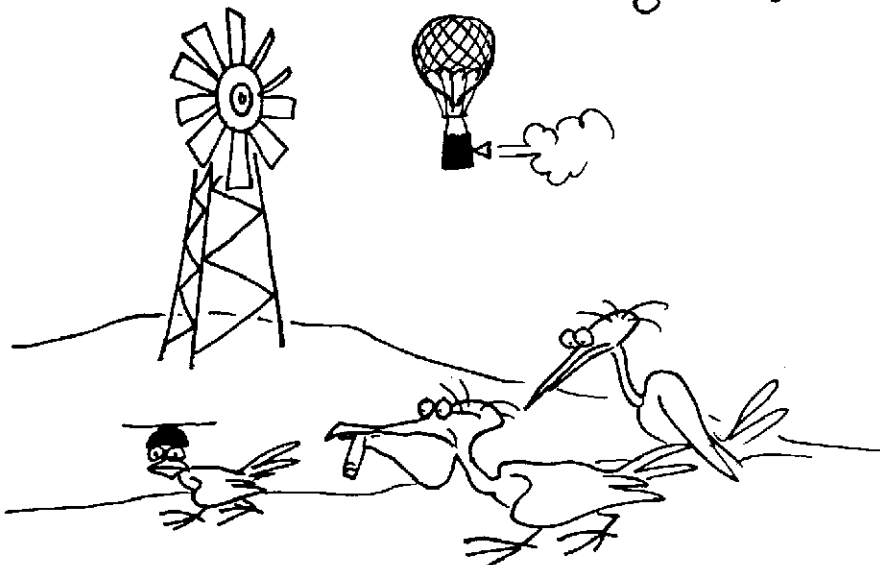
Может, еще раз попробовать найти опору в этой среде ...



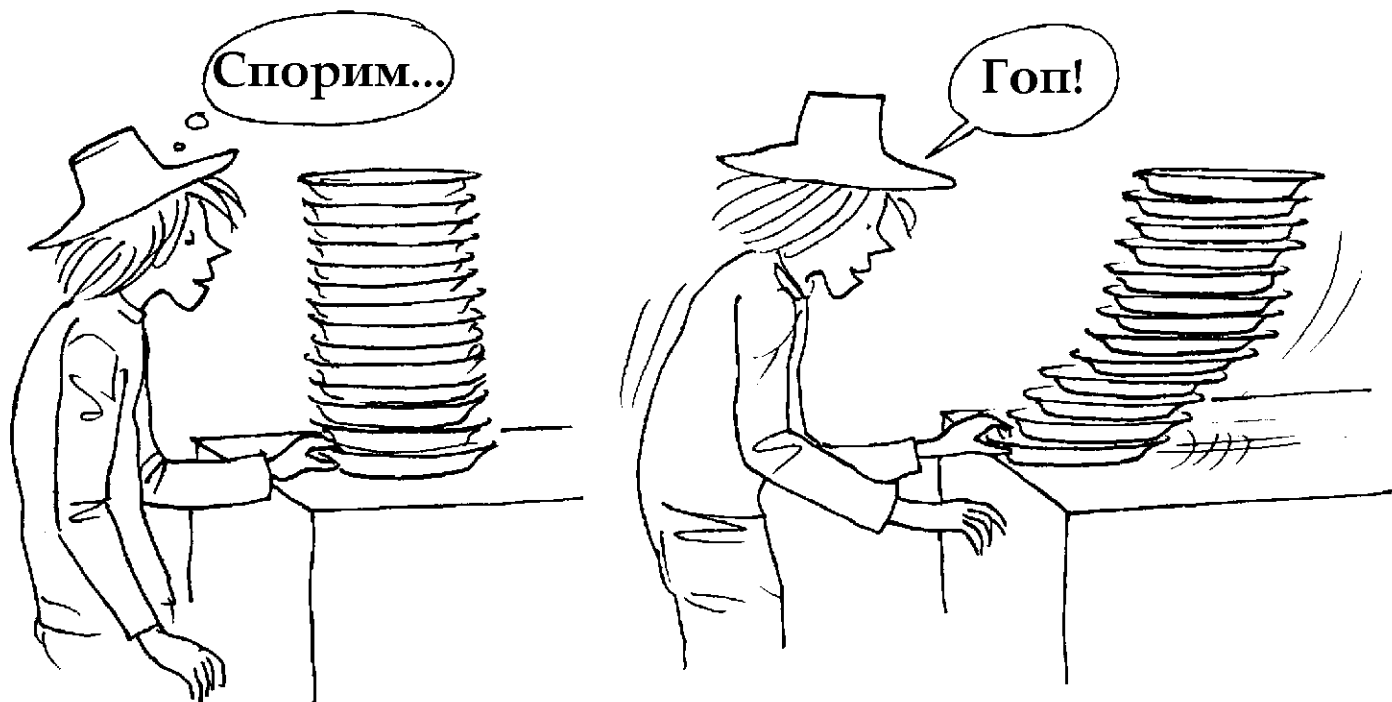
Если же это **СВЕРХТЕКУЧАЯ ЖИДКОСТЬ**, то молекулы скользят друг о друга и о предметы без всякого ТРЕНИЯ.

Тогда птицы вынуждены были бы ходить пешком, ветряные двигатели не вращались бы, а воздушный транспорт был бы возможен только как воздушные шары, приводимые в движение реактивной тягой.

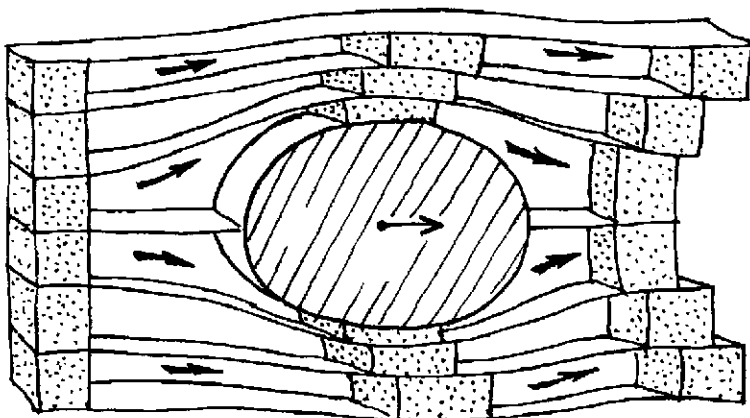
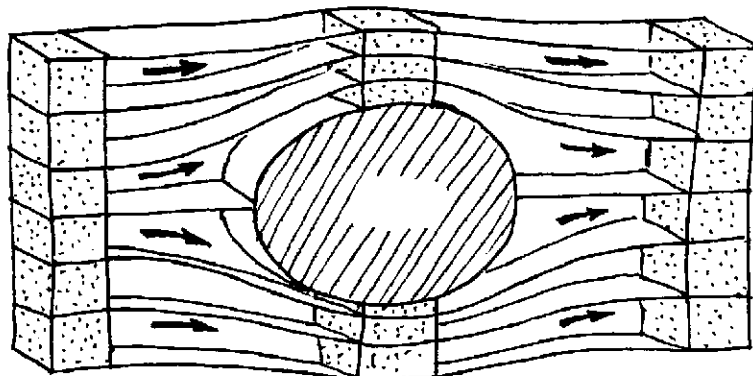
Итак, полет связан с трением газа.



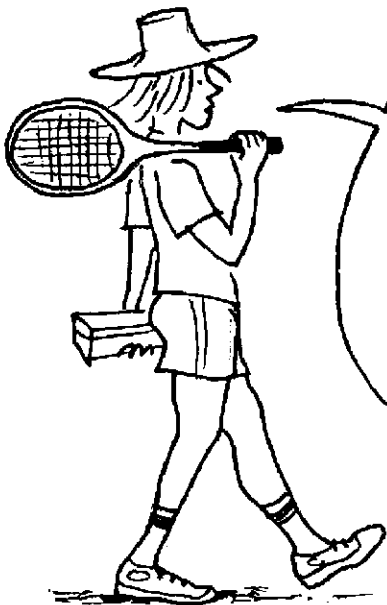
# ТЕКУЧИЕ СРЕДЫ С ТРЕНИЕМ



Также как и эти тарелки, слои газа, наложенные друг на друга, скользят друг о друга с некоторым трением.

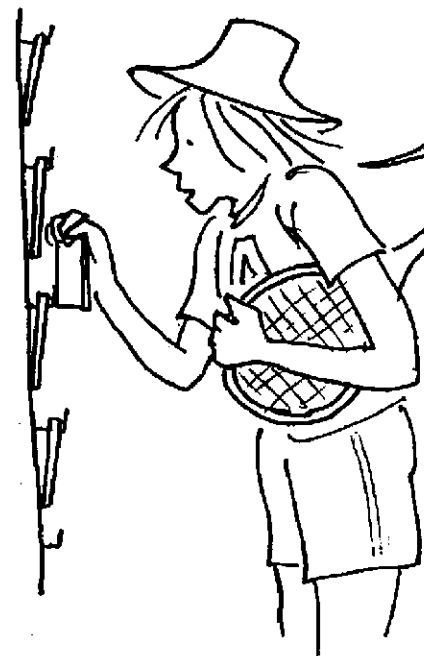


Вообразим неподвижный объект, на который налетают молекулы, которые мы представим находящимися в кубических коробочках. При отсутствии всякого трения, обогнув объект, молекулы оказываются сложенными друг с другом, как перед объектом. Зато трение замедлит молекулы, пролетавшие ближе к объекту. После объекта коробки "будут раздвинуты". Объект тормозит газ, и, взаимно, газ приложит силу  $F$  к объекту: **СОПРОТИВЛЕНИЕ ТРЕНИЯ.**



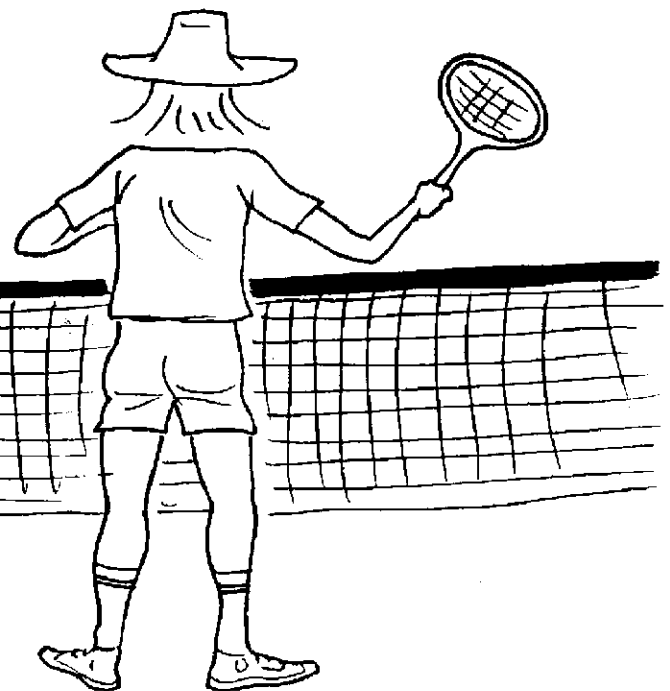
Ну да, это слишком сложно.  
Пойду разрядиться немного, поиграю в  
теннис. Тут механика, кажется, совсем  
элементарная, баллистическая. БУМ, бьют по  
мячу. И если хорошо рассчитать, то он упадет  
на корт.

## МЯЧ „ДАЕТ СВЕЧУ“



Запишусь.  
Посмотрим, вот свободное  
место. Берн Борг, ... не знаю.

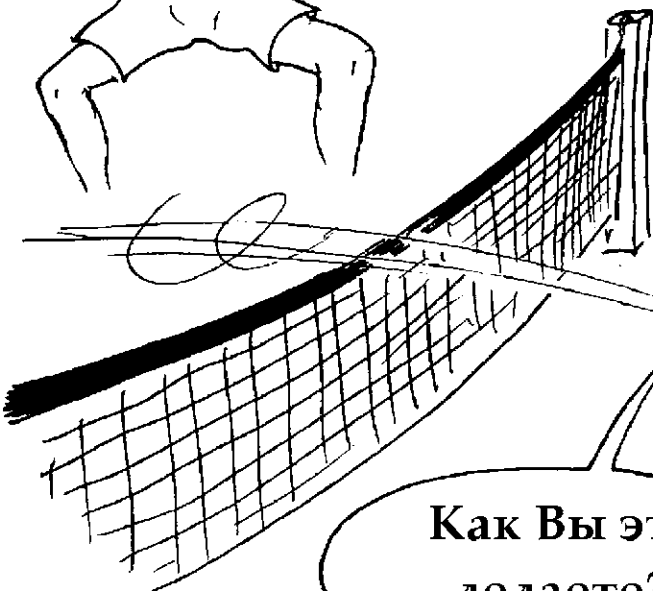
ГОТОВ?



ЧПОК!



Черт возьми, здесь у меня нет ни одного касания. У этого типа странная манера поднимать ракетку при ударе. Однако, это должно заставлять мячи взлетать.



Действительно, здесь они падают!

Как Вы это делаете?

Просто: Я подаю мяч вот так.



ЧПОК!

Он опускается. Это позволит мне бить более сильно, подавая его на короткое расстояние.

Да ... конечно

Пфффф...

6-0, 6-0, наконец ...

Ясно, как Божий день



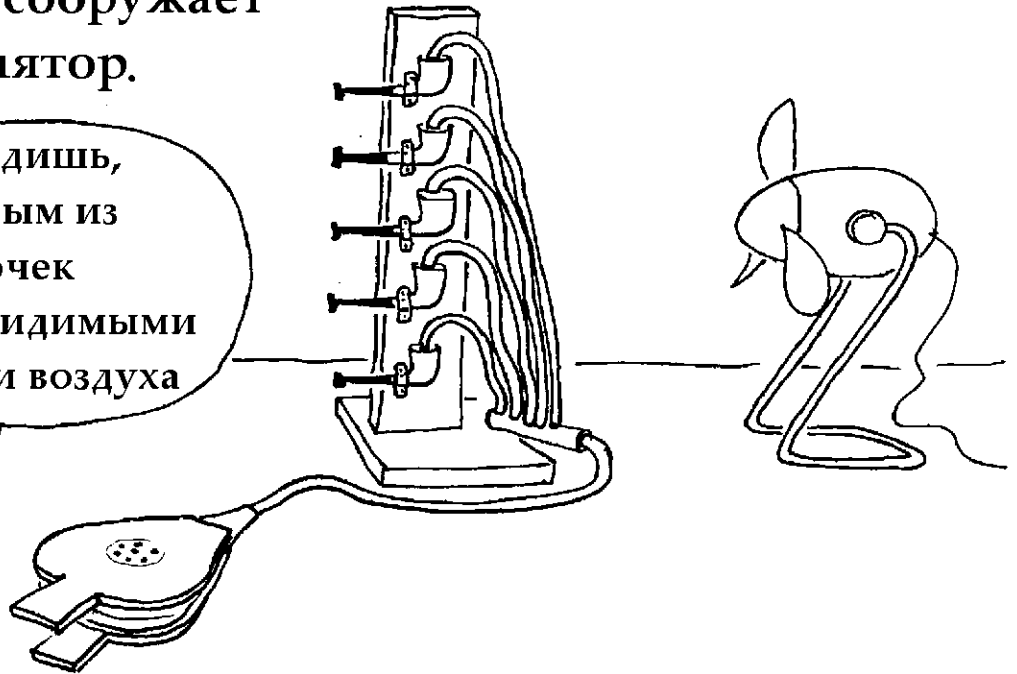


Посмотрим, Борг посылает мяч слева направо как изображено на предыдущей странице. Я подам воздух на мяч справа налево, но это опять приводит нас к тому же самому.

Ансельм сооружает вентилятор.

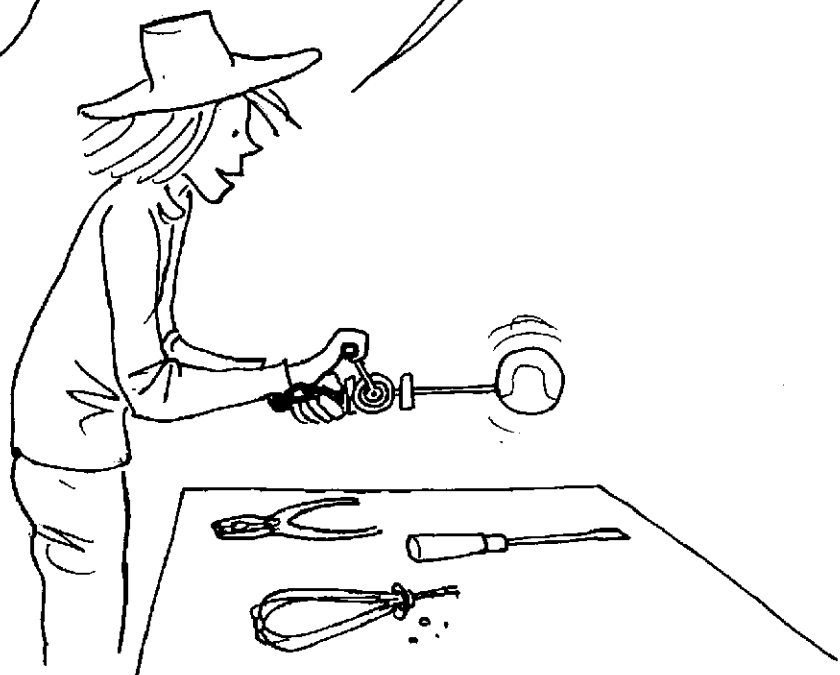



Ты видишь, Софи, дым из трубочек сделает видимыми струйки воздуха



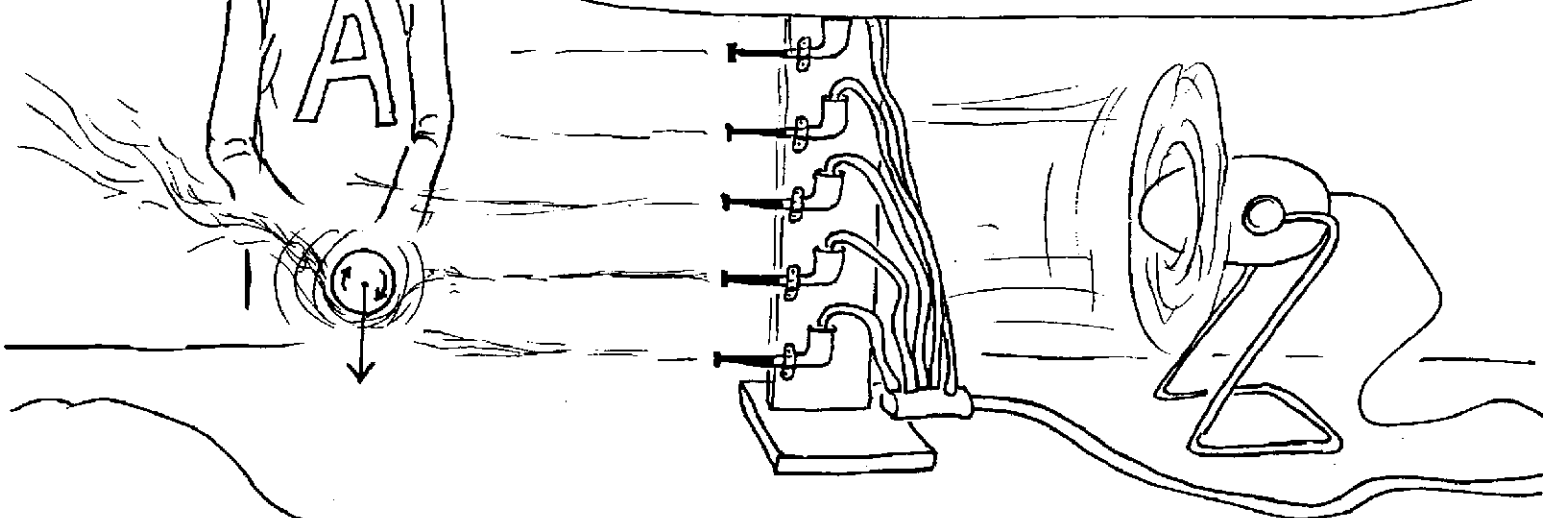
Остается обеспечить вращение мяча. Это должно подойти.

Вот, дело пошло!

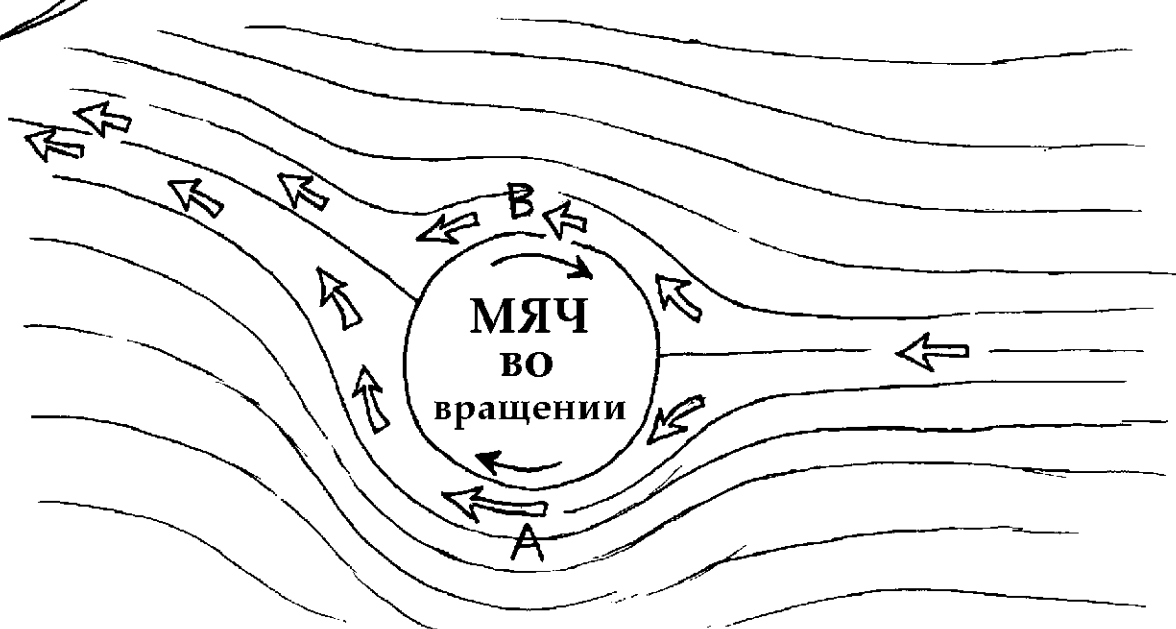




Эй, смотри, вращение мяча поднимает дым, и, в то же время я ощущаю силу, которая тянет мяч вниз.

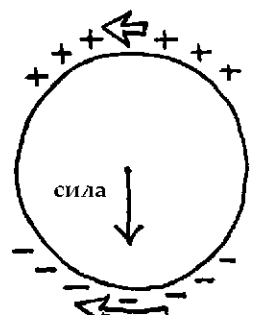


Объяснение: благодаря трению вращение мяча тянет за собой воздух. Это создает **ИЗБЫТОЧНУЮ СКОРОСТЬ** в точке А и **ПОНИЖЕННУЮ СКОРОСТЬ** в точке В.



Теперь ничего не остается, как применить закон Бернулли.

пониженная скорость - повышенное давление

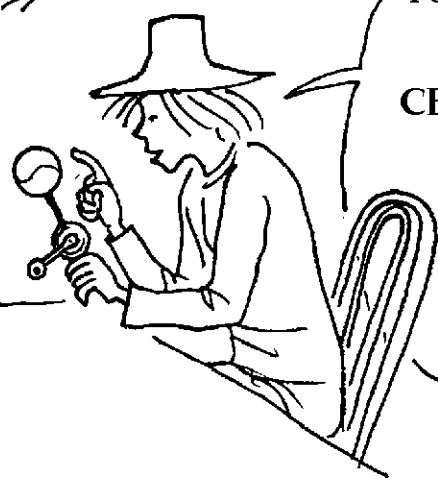


скорость воздуха



Давление и скорость меняются в противоположных направлениях. Итак, внизу = ПОНИЖЕННОЕ ДАВЛЕНИЕ. Сверху = ПОВЫШЕННОЕ ДАВЛЕНИЕ, отсюда и направление аэродинамической силы.

избыточная скорость - область пониженного давления



Все это возможно только при наличии трения воздуха о мяч. В среде СВЕРХТЕКУЧЕЙ ЖИДКОСТИ, лишенной трения, Вы не сможете "дать свечу" своими мячами.

Эй, смотри, при изменении направления вращения дым выдувается вниз, и сила меняет направление. Это даст мне ПОДЪЕМНУЮ СИЛУ.



То, что происходит со сферой, может произойти и с цилиндром при вращении?



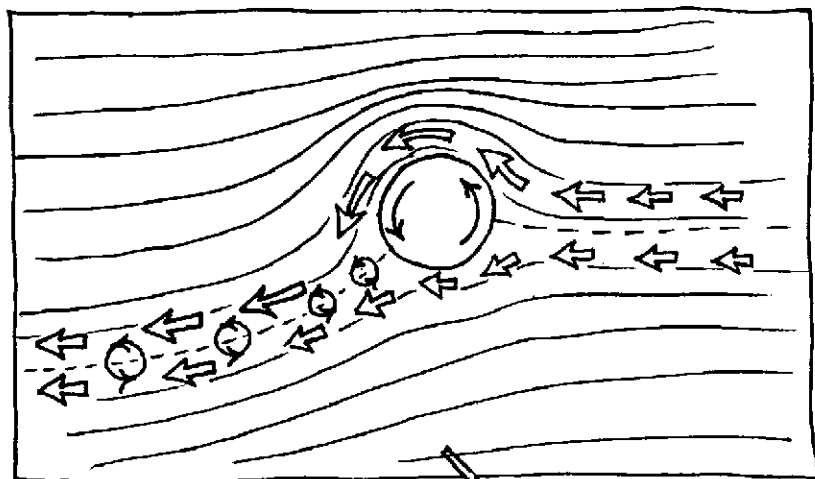
Спорим!



# РОТОР ФЛЕТНЕРА



Дорогие коллеги и друзья, рассмотрим вместе, что происходит в СПУТНОМ ТЕЧЕНИИ. Вращение цилиндра вызывает различие скоростей между верхним и нижним течениями.

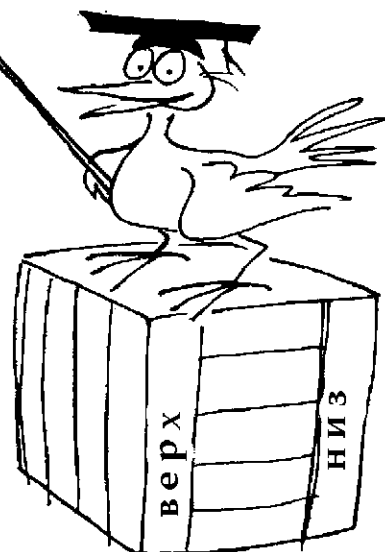


Ниже цилиндра по течению, когда соединяются два воздушных слоя, они трутся друг о друга.

В результате этого:

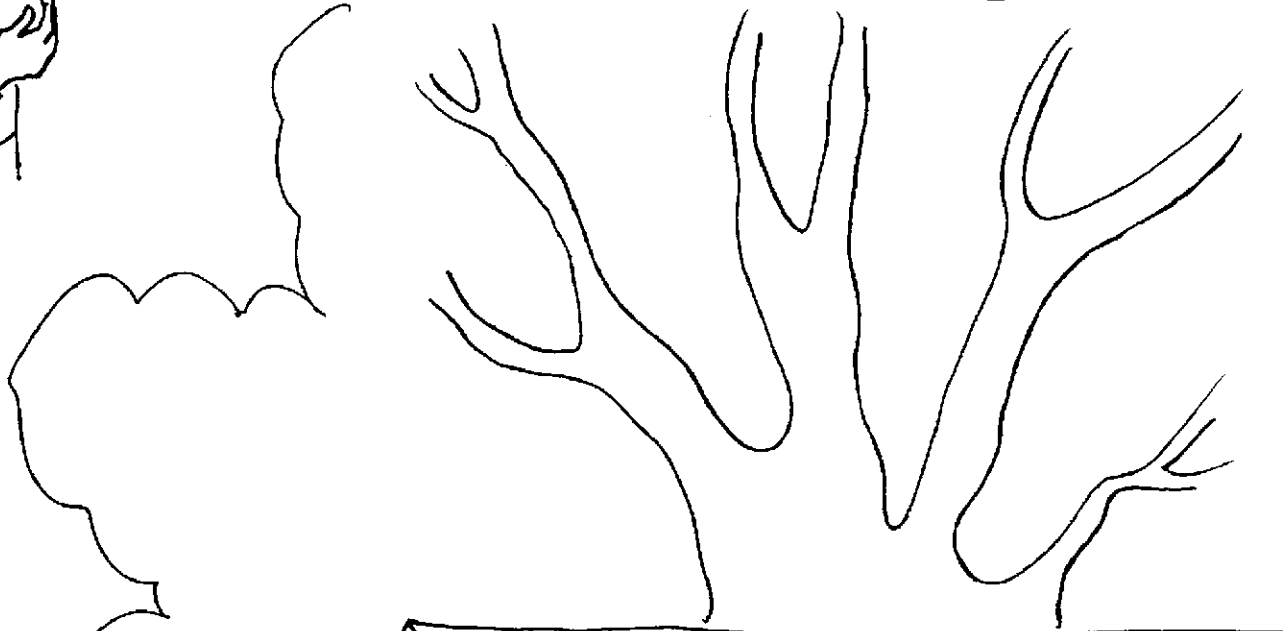
- А) Создаются микровихри;
- В) Постепенно сглаживается разница между скоростями.

Существует разница давления между верхней и нижней частями этого плоского течения, связанная с разницей между скоростями (согласно закона Бернулли). Именно это объясняет искривление струек воздуха слева от цилиндра.





Помещая в воздух вращающийся цилиндр,  
я получаю ПОДЪЕМНУЮ СИЛУ. Это приводит  
меня к мысли: я должен попробовать создать  
летающую машину.



СТУК  
СТУК  
ШВВВИИИИ

Я собираюсь  
сделать реактивный  
двигатель

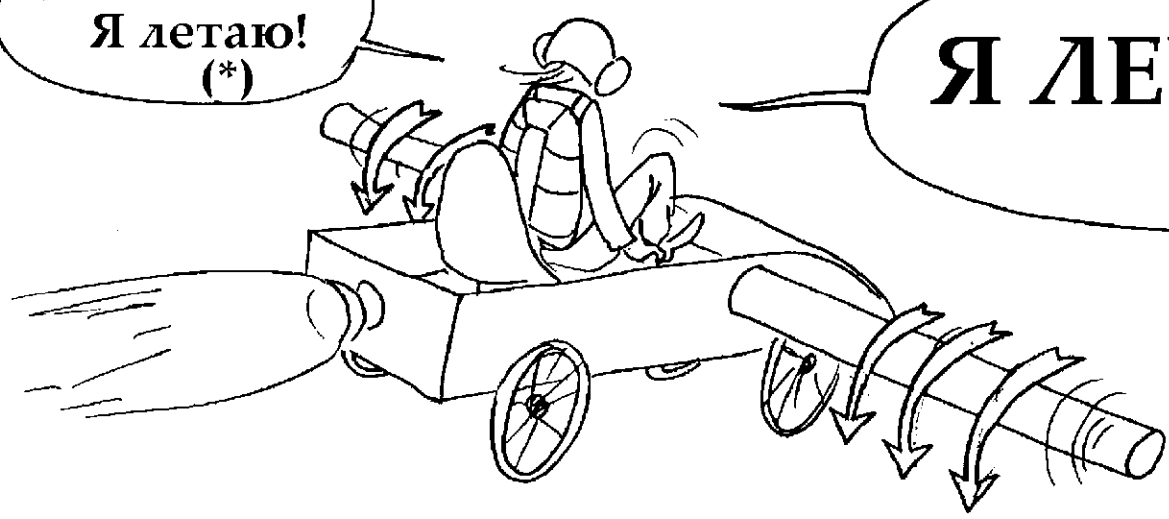
Что он  
творит?

Здесь,  
похоже,  
сложно!

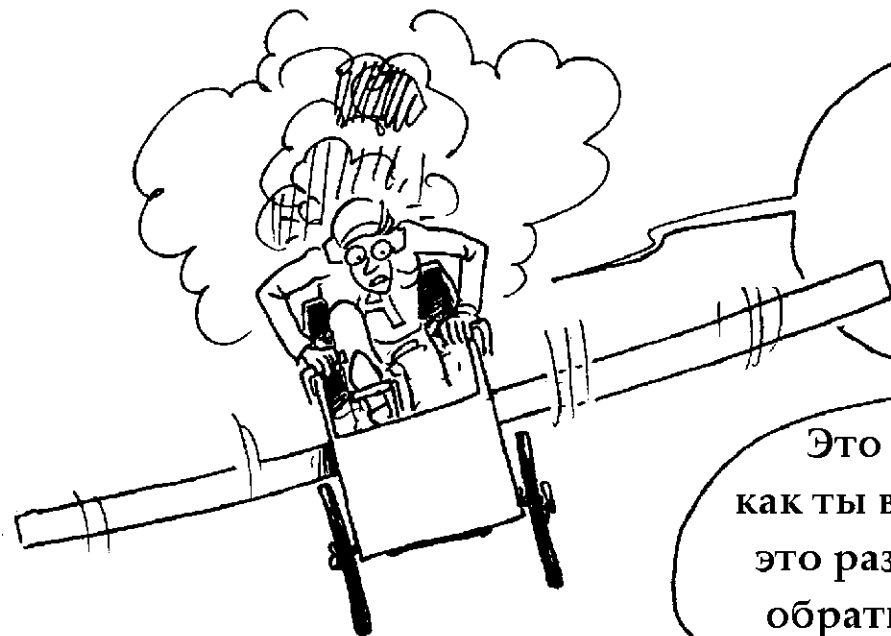


Работает!  
Я летаю!  
(\* )

**Я ЛЕТАЮ!**



(\* ) При подходящей мощности это может работать очень хорошо!

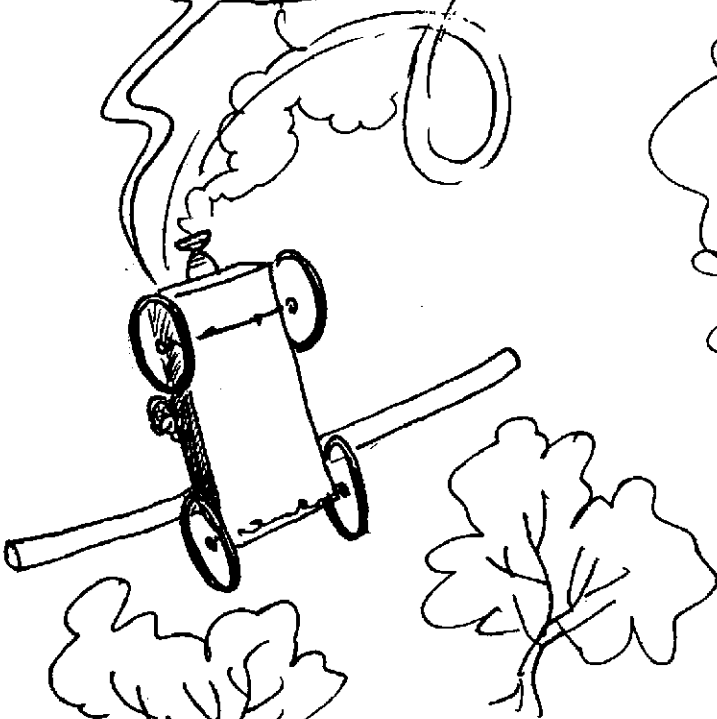


Но! ... Что происходит?!?  
Моя машина пикирует !?!

Это нормально. Так как ты вращаешь воздух, то это разворачивает тебя в обратном направлении.

Это принцип ДЕЙСТВИЯ - ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

Принцип ЧЕГО !?!



Ансельм, если бы ты меня спросил!  
Можно намного проще, но ты всегда хочешь все делать один! Спускайся, кофе готов





Ох, уж эти грамотеи!

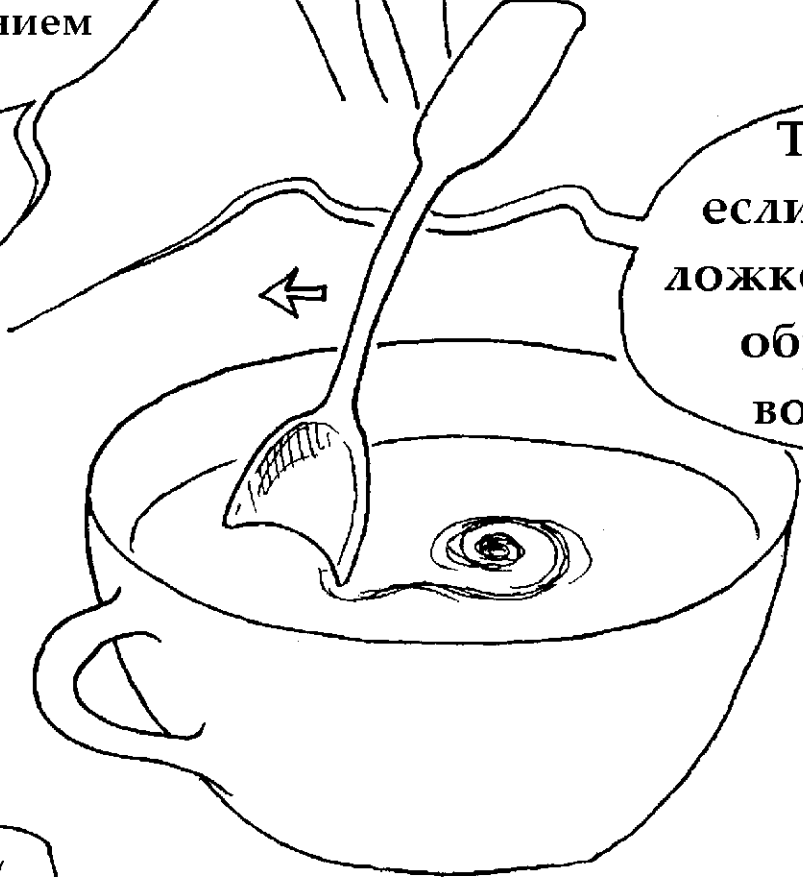
Смешно, что происходит в чашке с кофе



Ты видишь, когда я совсем медленно мешаю в чашке ложкой, то я чувствую лишь слабое сопротивление, вызванное трением

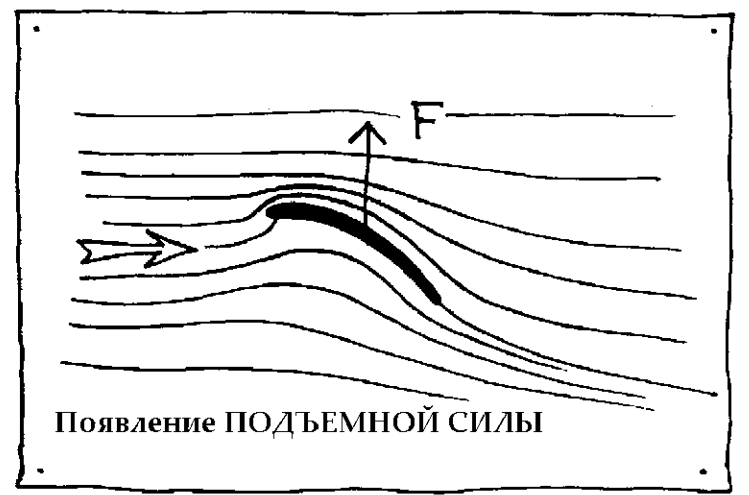
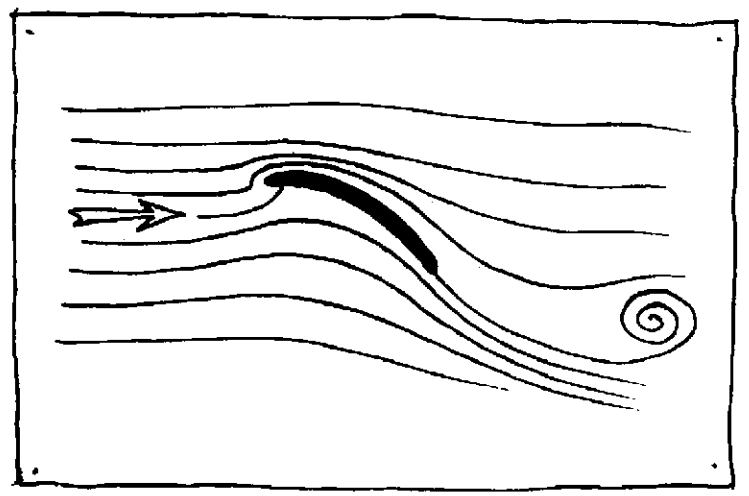
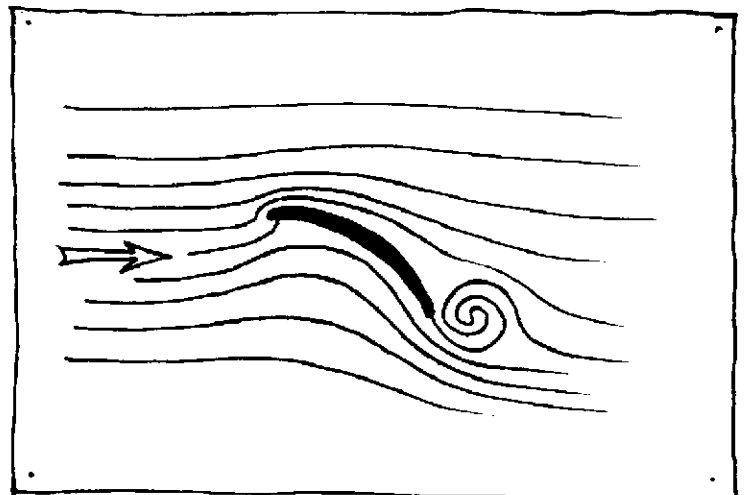


Тогда как, если я мешаю ложкой быстро - образуется водоворот



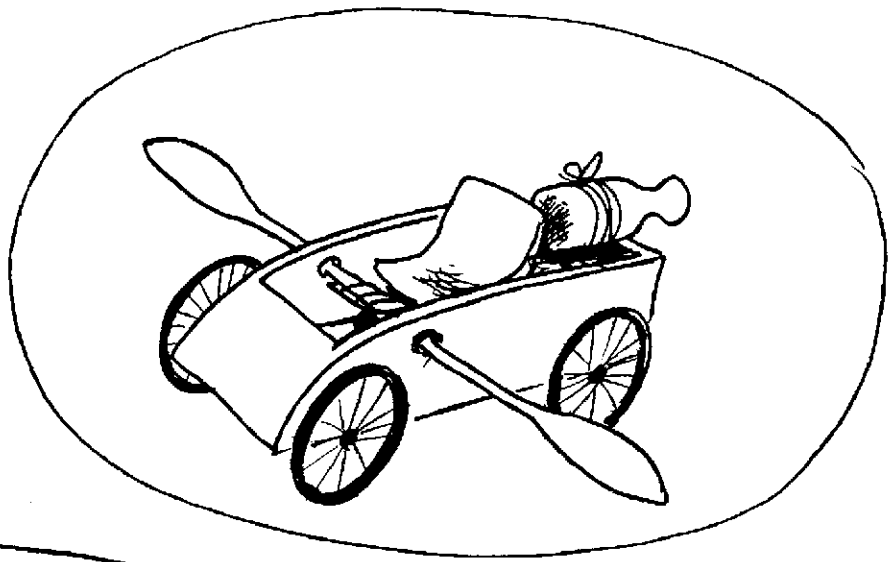


У нее очаровательные глаза



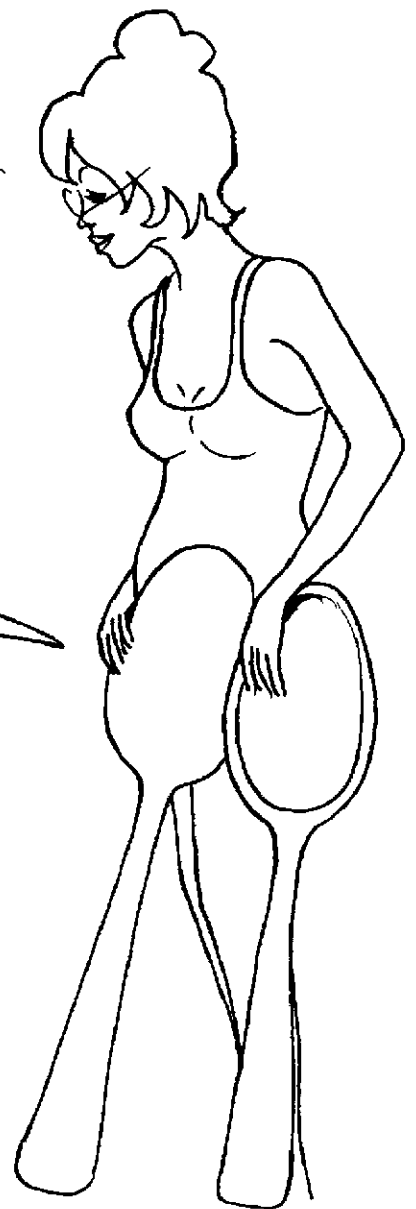
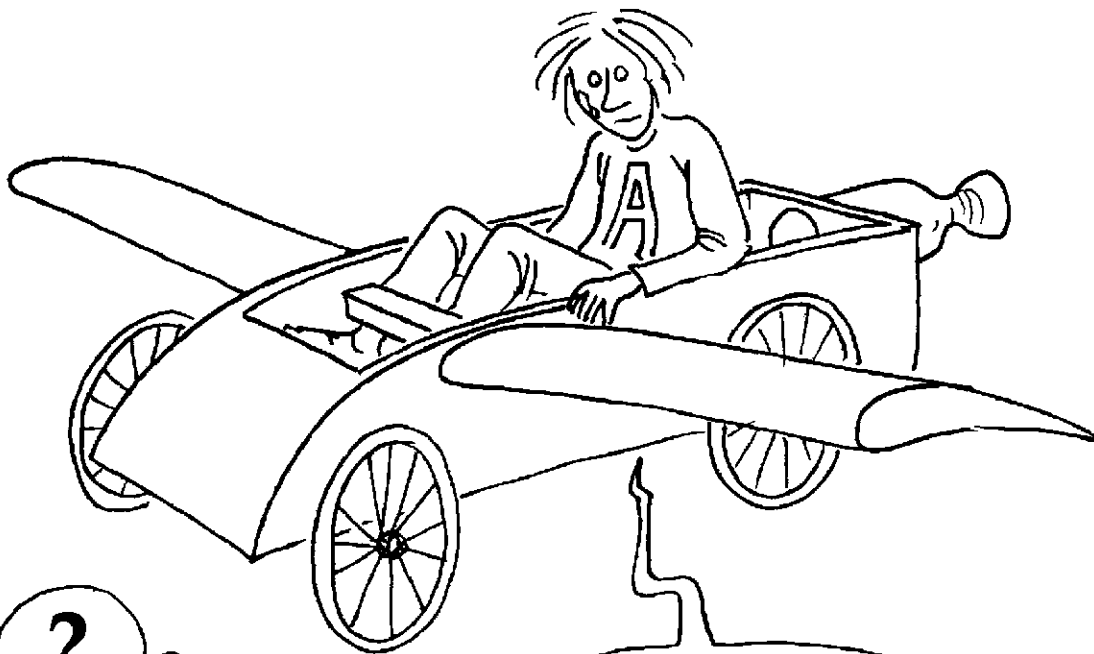
На представленных рисунках ты видишь, как меняется течение вокруг ложки при увеличении скорости. Отделяется вихрь, и образуется система избыточной скорости над **ВЕРХНЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ КРЫЛА** (сверху) и пониженной скорости под **НИЖНЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ КРЫЛА** (внизу).



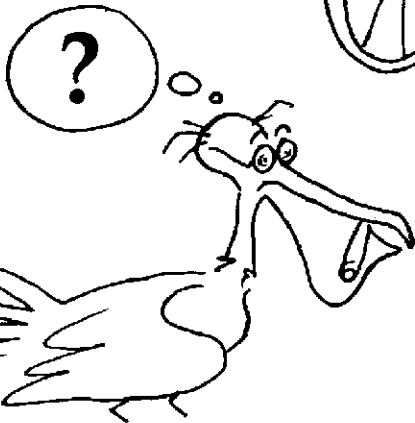


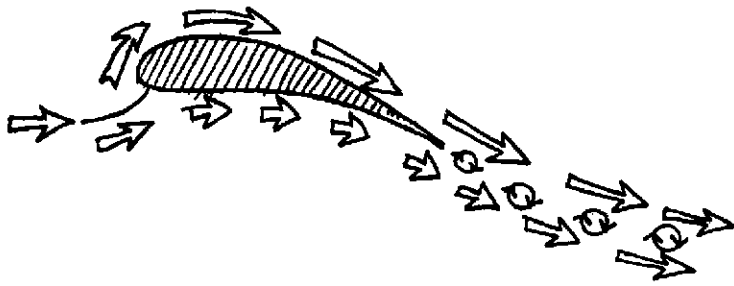
Потрясающе!  
Я смогу летать с ложками!

КРЫЛО - это  
модернизированный  
вариант ложки

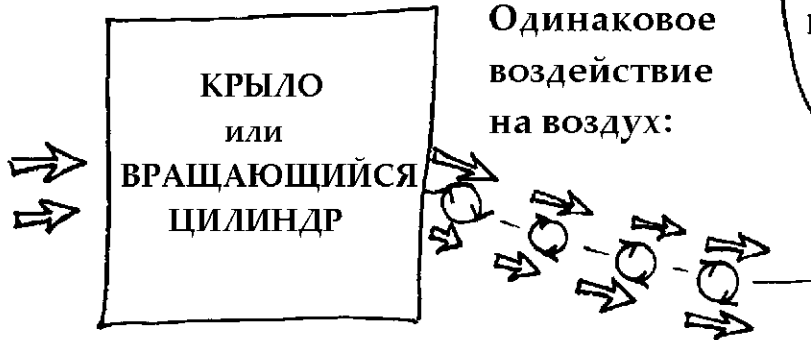


Согласен,  
но где вращение?



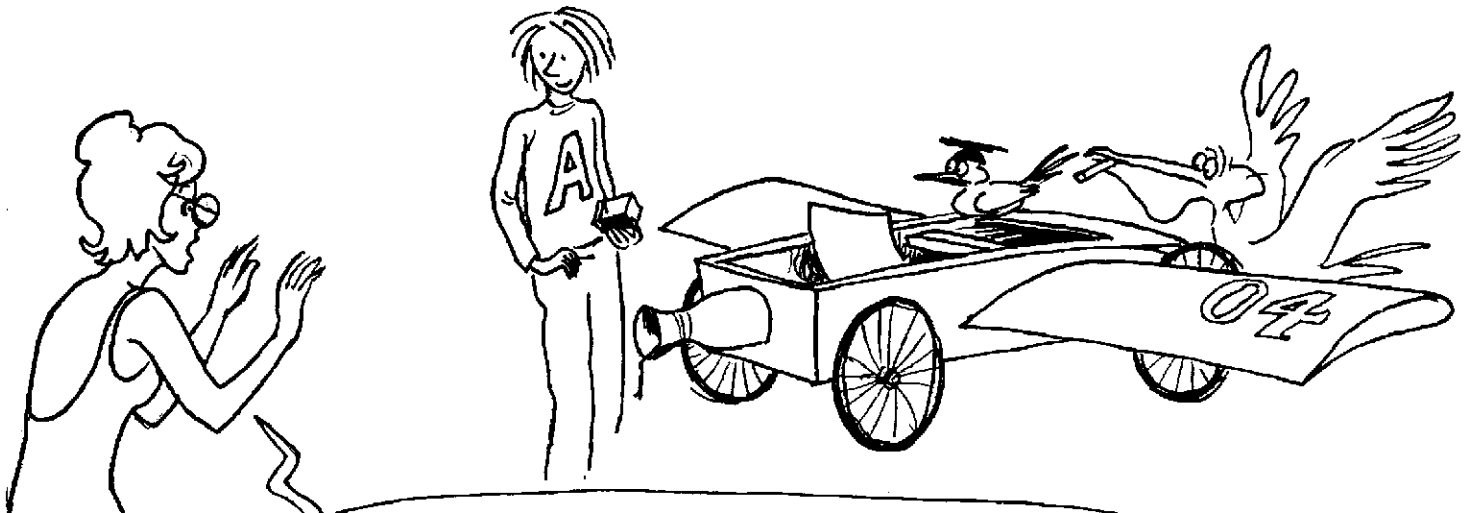


Ниже крыла по течению находится та же система микровихрей, как и позади вращающегося цилиндра. Таким образом, можно рассматривать крыло как **ФИКСИРОВАННЫЙ РОТОР**.



Одинаковое воздействие на воздух:

КРЫЛО  
или  
ВРАЩАЮЩИЙСЯ  
ЦИЛИНДР

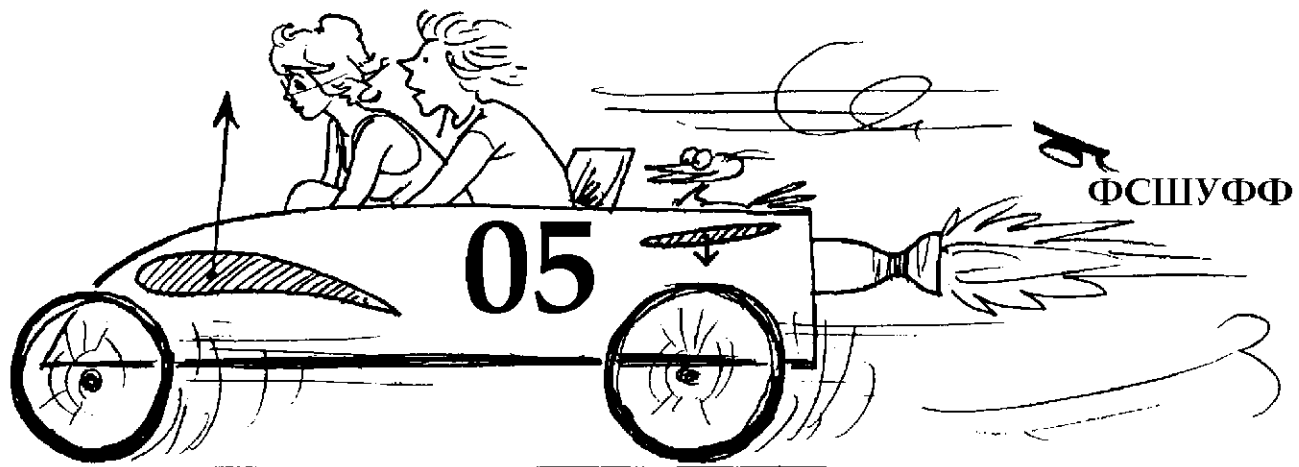


Внимание! Сейчас ты опять собираешься разбиться. Как и только что, эта машина, приведя во вращение воздух, спикирует!

Нужно поставить хвостовое оперение







**ХВОСТОВОЕ ОПЕРЕНИЕ** - это маленькое крыло, наклоненное в обратном направлении, которое создает отрицательную подъемную силу и "придавливает" хвост САМОЛЕТА. Это мешает ему спикировать.

Смотри, Ансельм, эта система с автоматической балансировкой

Ну ...



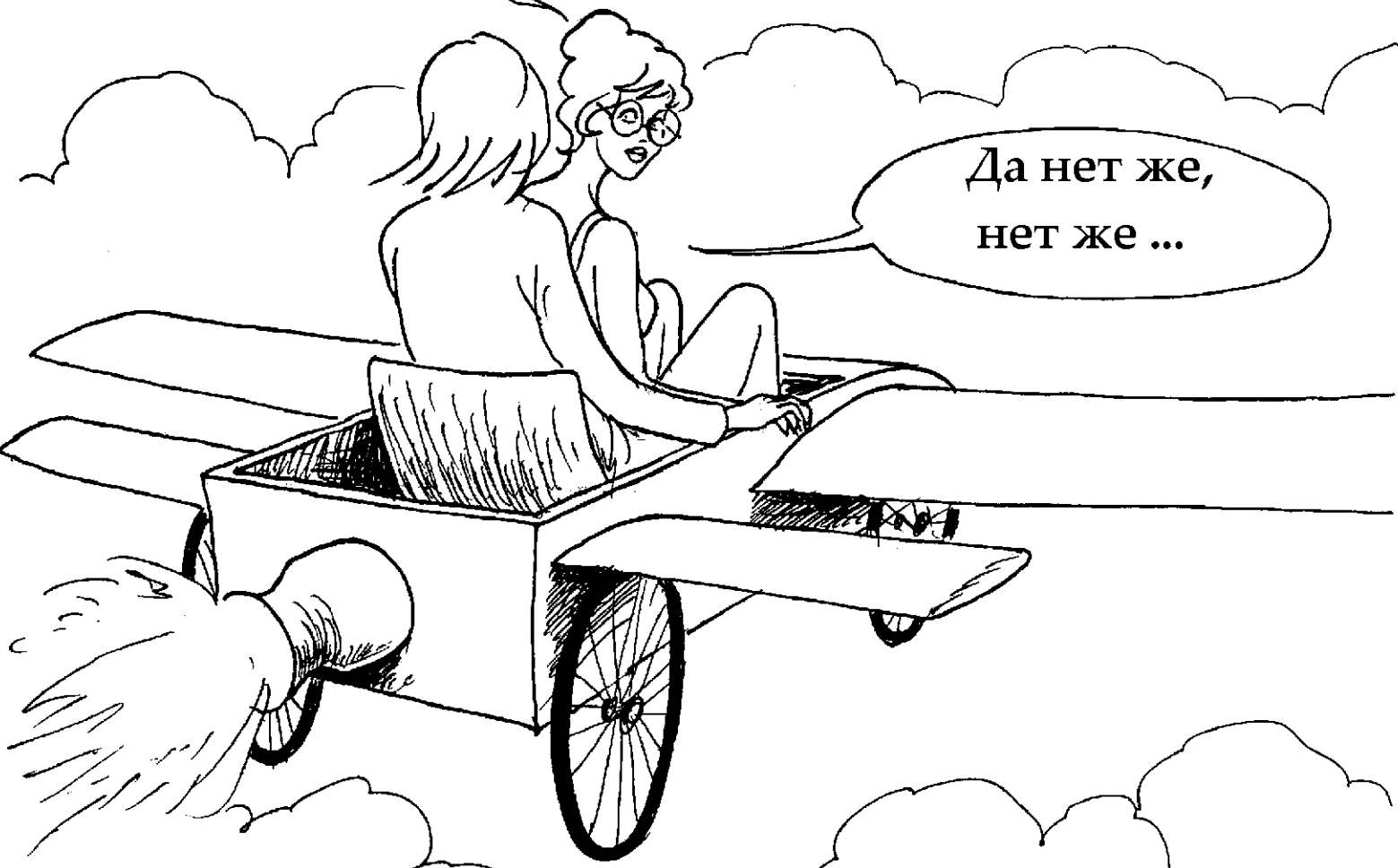
При попытке перейти в пике давление на хвостовое оперение выравнивает линию полета.

То же самое при  
попытке встать на дыбы  
("кабрировать")



Ансельм,  
ты не слушаешь,  
что я тебе говорю!

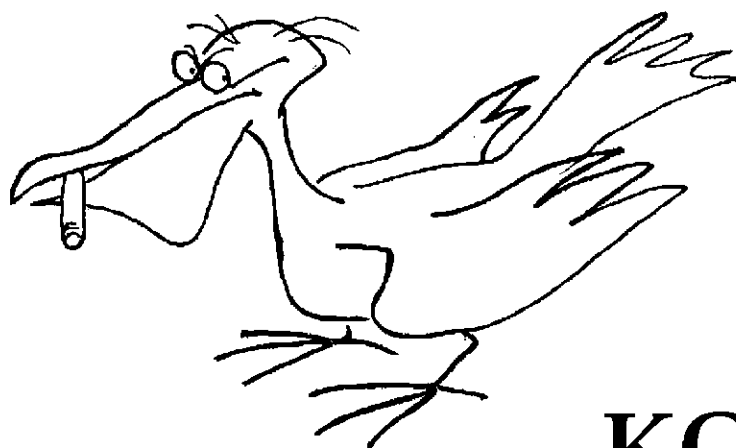
Да нет же,  
нет же ...



Это чудесно -  
ощущать себя  
автоматически  
стабилизированным



**И вот только таким  
образом Ансельм научился  
летать. В конце концов все было  
просто, как дважды два. И его  
интерес к науке только вырос  
вместе с высотой, на которую  
он поднялся ...**



**КОНЕЦ**

