



УДК 37.00

Почему поток водопада Анхель не достигает подножья горы?

Исследовательский проект

Дана Логунова,

12 лет, воспитанница Дворца творчества детей и молодёжи
«Неоткрытые острова», Москва

Руководитель: **Нина Юрьевна Анашина,**
педагог ГБОУ ДО «Дворец творчества детей и молодёжи
«Неоткрытые острова»», Москва

В учебной
исследовательской работе
даётся ответ на вопрос:
«Почему поток водопада
Анхель не достигает
подножья горы?»

Введение

Выбор темы, её актуальность

Все мы любим воду. Без воды невозможна такая жизнь, как на Земле. Потому астрономы проверяют все планеты: есть ли на них вода. Если что-то обнаружено, можно попытаться найти следы жизни.

Однажды я узнала про самый высокий в мире водопад Анхель, или «Прыжок Анхеля». Индейцы Венесуэлы называют его Керепакупай-меру (или Чурум-меру). Это европейцы назвали водопад по фамилии немецкого лётчика, который первым из европейцев его обнаружил в Южноамериканской сельве во время аварии и вынужденной посадки самолёта.

Оказывается, вода, которая падает с километровой высоты, не долетает до основания обрыва! Вода падает с такой скоростью, что ещё за 300 метров до земли превращается в мелкие брызги. От этого создаётся впечатление, как будто вода, падающая мощным потоком, просто рассеивается в тумане. А в густых зарослях джунглей, словно из ниоткуда, появляется красивая река под названием Чурун.

Отчего вода потока не достигает подножья? Отчего она превращается в туман? Какие силы на неё действуют?

На занятиях в студии «Неоткрытые острова» мы изучали некоторые свойства воды. Но на занятиях мы изучали свойства только спокойной воды. А потоки струи и просто вода в тазике — это разные состояния воды. Поэтому и физические свойства проявляются разные. Так что захотелось выяснить некоторые свойства не спокойной воды, а потока, струи, то есть движущейся воды.

Понятно, что движение не возникает само по себе, действуют какие-то силы. Как они влияют на поток? Отчего возникают? Попробуем разобраться.

Цель и задачи проекта

Водопада в доме нет, но можно провести наблюдения за струёй из крана. Наблюдая за струёй из крана, я заметила, что она всегда сужается вниз. Почему? И ещё интересно: струя всегда гладкая. Понятно, что из крана она округлая, так как из круглой трубы вытекает. Но и любая волна, любая капля гладкая, округлая. Почему?

Ключевые слова:
учебный
исследовательский
проект, водопад,
свойства струи воды

Поток воды можно устроить и в длинной ванночке, если пускать из бутылки струю воды в ванночку с водой. Как сила струи влияет на поток воды? Возникают ли какие-то новые свойства потока по сравнению со стоячей водой?

Вот почему решено исследовать свойства текущей воды и выяснить причины этого явления. В общем, получается, что *цель моего проекта: выяснить, какие физические силы действуют на поток воды — струю — и почему она сужается и разбрызгивается при падении.*

Это сумею сделать, если решу следующие задачи:

- выяснить, какие физические силы всегда действуют на струю воды;
- узнать основные свойства воды;
- попытаться оценить, как физические силы влияют на воду с такими физическими свойствами;
- смоделировать в экспериментах некоторые процессы;
- сделать вывод.

Методы проекта

Разные задачи придётся решать по-разному. Чтобы узнать о физических силах и основных свойствах воды, придётся читать статьи в книгах и Интернете. Это **теоретический метод**.

Чтобы понять смысл физических явлений, придётся делать опыты с водой. Это **метод эксперимента**.

Результаты нескольких опытов придётся сравнивать — метод **сравнения**.

Результаты исследования придётся также анализировать и делать выводы. Это уже **аналитический метод** работы

Основная часть

Влияние ускорения свободного падения на струи водопада

Обратите внимание, как выливается вода из-под крана, из ведра, из миски, то есть из любого источника (рис. 2). Она обязательно сужается вниз, даже если вначале была широкая струя, как сама миска. Почему?

Вроде бы со струёй воды мы сталкиваемся каждый день, однако мои родители и знакомые мне взрослые не смогли ответить на этот вопрос.

На воду, как и на парашютиста, выпрыгнувшего из самолёта, как и на камень, выброшенный из окна, как и на телефон,

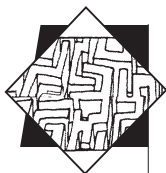


Рис. 1. Водопад Анхель или Керепакупаи-меру, общая высота 979 метров (по другим данным, 1054 метра)

выскользнувший из рук на бетон, действует сила притяжения Земли или сила тяжести. Кроме того, вода находится в свободном падении. Это означает, что она движется с определённым ускорением — чем больше времени летит, чем ниже опускается, тем выше скорость, т. е. на струю воды влияет ускорение свободного падения.



Рис. 2. Струя воды из крана



Определения:

● **Ускорение свободного падения** характеризует то, как быстро увеличивается скорость тела при свободном падении.

● **Свободное падение** — это ускоренное движение тела в безвоздушном пространстве, при котором на тело действует только сила тяжести.

Я наблюдала за подкапывающим краном. Капли с него срываются через один и тот же промежуток времени.



Рис. 3. Капающий водопроводный кран

Если кран довольно высоко от земли, можно наблюдать одновременно несколько летящих капель. При этом картина будет следующей. За вторую секунду капля пролетает расстояние больше, чем за первую, а за третью больше, чем за вторую. Расстояние между первой и второй каплей постепенно будет увеличиваться. Это хорошо видно на фотографии (рис. 3).

А теперь давайте представим, что таких капель много и они объединены в струю воды. Что происходит? Вода течёт непрерывно, поэтому в любой момент времени в любой части потока протекает один и тот же объём воды. Но, учитывая, что внизу скорость потока гораздо выше, а объём воды поступает прежний, струя сужается, как вытянутая резинка: объём тот же, длина больше, ширина меньше.

Для справки. Ускорение свободного падения для каждой планеты уникально.

Я узнала про интересный нюанс: в значении ускорения свободного падения для Земли очень много знаков после запятой. В школе обычно дают значение

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2.$$

Для ОГЭ и ЕГЭ в справочных данных приводят значение $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Опыты с падением воды с высоты более 10 метров

Очень хорошо видно, как струя подкрашенной воды, которую мы выливали из окна 3-го этажа, сначала широкой струёй выливается из миски. И сама миска кажется красной, затем красная струя хорошо видна на фоне тёмного окна. А на третьем снимке рапидной съёмки видно, что вода долетела до второго этажа и начала то ли закручиваться, то ли дробиться.

Чтобы лучше рассмотреть струю, фотографию 4–3 увеличили. Сразу стали видны закручивания, всплески и т. д. (рис. 5). Но по тени на оконном стекле можно понять, что струя ещё не разорвалась, только сильно закручена.

Но когда была увеличена фотография окна первого этажа, то струю можно было разглядеть только в верхней части, дальше нечто вроде «размытых облачков».



Рис. 4. Выливание воды из окна третьего этажа. Ведём скоросную съёмку (рапид)



Рис. 5. Вид струи на фоне окон 1–3 этажей

На водопаде Анхель всё так же происходит: бурный поток, а потом облако брызг и ничего нет, только у подножья скалы возникает поток воды. Длину струи прикинуть можно. Для этого стоит измерить высоту окна в классе. Или протянуть верёвочку из окна класса до фрамуги окна 1 этажа. А вот толщину струи в момент разрыва получить более или менее точную не получится. Потому что она закручена и, возможно, цепляется за оконные отливы второго и первого этажа. С помощью верёвочки мы не сразу, но всё же измерили длину полёта неразрывной закрученной — турбулентной струи. Для этого выпускали шнурок. Когда он доходил до области разрыва струи, делали отметку на шнуре. Потому опускали ещё ниже, отметили полное «размазывание струи» на уровне 1-го этажа. И отметили общую высоту, когда конец коснулся асфальта.

О чём ещё нам может рассказать капающий кран?

Влияние поверхностного натяжения на поток воды, её сжатие

Мы наблюдаем, как вода медленно капает из водопроводного крана. Из крана появляется водяная плёнка и начинает

растягиваться, словно тонкая резиновая оболочка, под тяжестью заключённой в ней жидкости. Эта плёнка постепенно удлиняется, пока её вес не станет вдруг слишком большим. Плёнка, однако, не рвётся, как порвалась бы резинка при перегрузке. Вместо этого она «соскальзывает» с кончика крана и образует свободно падающую капельку. Мы видим, что падающие капельки принимают почти шарообразную форму. Если бы не было внешних сил, они были бы строго шарообразны. То, что мы наблюдаем, является одним из проявлений необычной способности воды «стягиваться, самоуплотняться». И это даёт нам ответ на вопрос: *почему струя воды гладкая, имеет округлую форму?*

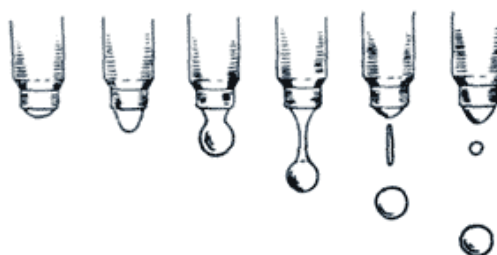


Рис. 6. Образование падающей капли воды

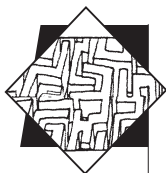
Капля воды — типичный пример проявления *силы поверхностного натяжения*.

Поверхностное натяжение — явление, которое возникает на границе раздела жидкость — газ. Оно показывает стремление жидкости сократить свою свободную поверхность, то есть уменьшить избыток своей потенциальной энергии на границе раздела с газообразной фазой.

Ведь межмолекулярные силы в жидкости гораздо больше, чем в газе. Газовые молекулы свободно перемещаются в пространстве, потому поверхностный слой жидкости имеет избыточную энергию и стремится сократить эту самую свободную поверхность. А из математики известно, что наибольший объём при наименьшей поверхности имеет шар, то есть сфера.

С этим явлением мы сталкиваемся каждый день:

- капли воды стремятся принять форму, близкую к шарообразной (а в невесомости они совсем шарообразные, космонавты это всем показывали);
- струя воды из-под крана стремится к цилиндрической форме;
- портновская булавка не тонет на поверхности воды в стакане (опыт в классе);
- мокрая одежда липнет к телу;



- брошенный плоский камешек скачет по воде, создавая круги по воде — «блинчики»;
- многие насекомые могут скользить по поверхности воды (клоп водомерка).

Опыт с падением воды с высоты более 10 метров показал нам, что происходит распад струи на капли.

Выше при ответе на вопрос о том, почему струя воды сужается книзу, я упоминала о влиянии на неё ускорения свободного падения.



Рис. 7. Капли росы — шар

Из двух капель, вышедших из трубы с небольшой разницей во времени, первая начинает разгоняться раньше, и её отрыв от второй постоянно растёт. Струя растягивается по вертикали. Поскольку объём воды между каплями не меняется, струя утончается. *А вот когда струя становится совсем тонкой, силы поверхностного натяжения дробят её на отдельные капли.*

Теперь становится ясным, отчего вода потока водопада Анхель не достигает подножья, отчего она превращается в туман и какие силы на неё действуют.

Я нашла в Интернете очень тронувшее меня определение значения поверхностного натяжения в нашей жизни. Я бы хотела его процитировать в своём проекте, но оно длинное, потому перенесла в приложение (приложение 1).

Из-за поверхностного натяжения вода — практически несжимаемая жидкость. Это значит, что нужно приложить давление около 400 атмосфер, чтобы заметить уменьшение объёма. Вода не сжимается, потому что она очень сильно уже сжата этим самым поверхностным натяжением.

Мы провели опыт со шприцем. Воздух удалось сжать в три раза (рис. 8 а). Изменение объёма воды при сжатии её в шприце (рис. 8 б-в) не наблюдалось.

Опыт с падающей бутылкой, наполненной водой

Знали ли вы, что если уронить гладкую бутылку с водой на стол, струя вылетит на высоту гораздо выше падения бутылки? Мы это проверили. Налили в бутылку воду и уронили её с высоты около 70 см. Тонкая струйка воды вылетела из бутылки более чем на метр! В то время как мячик отскакивает от поверхности стола гораздо ниже, чем та высота, с которой его сбросили.

Теперь роняем бутылку с водой на стол. Она тоже получает удар о доньшко. Из горлышка вылетает струя воды на высоту гораздо большую, чем та, с которой её роняли. Это видно на рисунке 9в, который специально увеличили, чтобы были видны брызги на фоне интерактивной доски.

В горлышке бутылки происходит сложный процесс. При сжатии бутылки от удара объём её уменьшается, а давление воды кратковременно и значительно возрастает. Принято говорить, что жидкость несжимаема. Однако вода всё же сжимается на миллионную долю своего объёма,



Рис. 8а. Сдавили воздух. Поршень ближе к концу шприца



Рис. 8б. Набираем воду в шприц



Рис. 8в. Поршень с места сдвинуть не удалось. Вода уже сжата

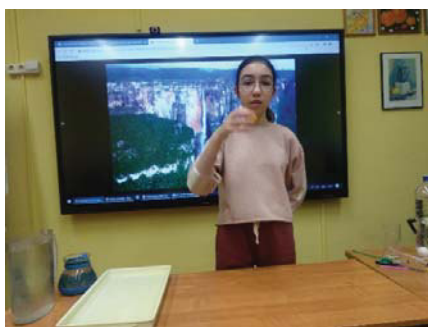


Рис.9а. Бросаем мячик с высоты 70 см

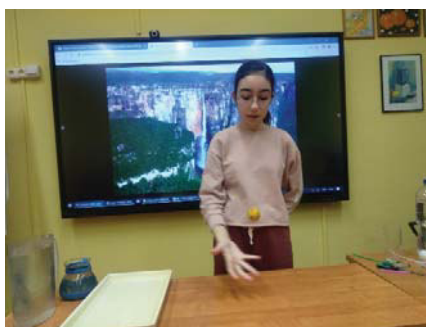


Рис. 9б. Он отскакивает всего на половину высоты сброса

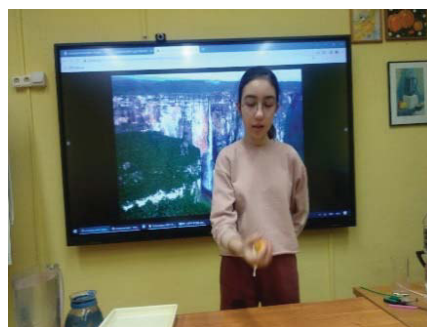


Рис 9в. Поймали мяч ещё ниже



Рис.9а-а. Роняем бутылку на стол



Рис. 9б-б. Она получает удар доньшка о стол



Рис 9 в-в. На голубом фоне доски видны брызги от струи воды, вылетевшей из бутылки выше, чем на 1 метр

и этого оказывается достаточно, чтобы вобрать в себя почти всю энергию удара. Она устремляется вверх к горлышку бутылки. Горлышко непрерывно сужается, и вода, протискиваясь между его стенками, увеличивает свою скорость. Потенциальная энергия давления переходит в кинетическую. Скорость струи воды в 10–20 раз превышает скорость падения бутылки (рис. 9а-в). Это явление хорошо видно на реках: когда берега стискивают поток воды между скалами, скорость течения увеличивается.

Получается, при сужении движущегося потока энергия движения сосредотачивается в небольшом пространстве — аккумулируется, возникает явление гидравлического удара. Г. И. Покровский, генерал-майор инженерно-технической службы, называет явление кумуляции основой для получения высоких скоростей. И действительно, вскоре были созданы кумулятивные снаряды, пробивающие броню.

Влияние электростатического поля на струйку воды из-под крана

Интересно, можно ли заставить изогнуться свободно падающий поток воды?

Ответ: Да.

Для этого понадобятся: надушенный воздушный шарик, тоненькая струя воды из крана, сухие волосы.

Надо включить воду маленьким напором, добиться непрерывной струи всего в несколько миллиметров толщиной. Затем потереть воздушный шарик о свои волосы в течение нескольких секунд и медленно поднести шарик к струе воды. Важно поднести её близко, но при этом не коснуться воды. Струйка изогнётся в сторону шарика. То же произойдёт, если наэлектризовать расчёску о волосы.

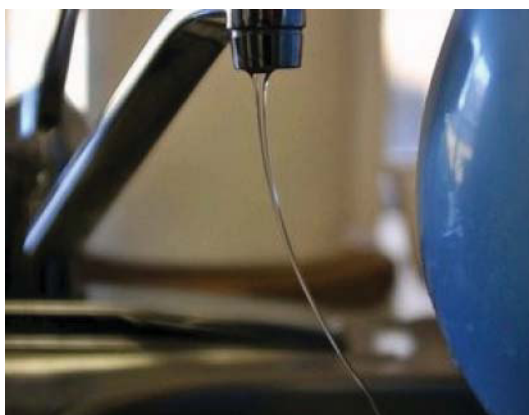


Рис. 10. Эффект электризации воды через влияние электростатического поля

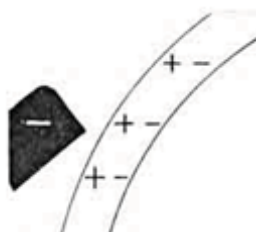
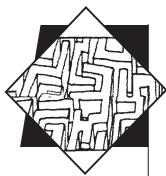


Рис. 11. Схематическое изображение эффекта электризации струи воды через влияние

Что происходит? Статическое электричество, которое вы создали, расчёсывая волосы или потирая воздушный шарик, притягивает струю воды, изгибая её в сторону расчёски или воздушного шарика, как по волшебству!

В эксперименте отрицательно заряженные частицы (электроны) во время расчёсывания переходят с волос на расчёску или натёртый воздушный шарик. Они становятся отрицательно заряженными, получая дополнительные электроны. Вода же характеризуется равным количеством положительных и отрицательно заряженных частиц. Положительные и отрицательные заряды притягиваются друг к другу. Поэтому, когда подносят отрицательно заряженный воздушный шарик к струе воды, положительно заряженные частицы воды притягиваются к нему (или расчёске) и струя изгибается!

Получаем эффект электризации через влияние электростатического поля.

Вопрос: что это за частицы, заряженные в воде? Это частицы солей, которые в воде всегда присутствуют и которые в воде разбиваются на заряженные ионы металла (–) и кислотного остатка (+).

Проявление закона Бернулли в струе воды. Опыт с корабликами и шариком

Принцип, впервые высказанный Даниилом Бернулли в 1726 г., гласит: *в струе воды или воздуха давление велико, если скорость мала, и давление мало, если скорость велика.*

Современные моряки очень хорошо знают, что два корабля, идущих рядом, сильно притягиваются друг к другу. Из-за того, что в конце XIX века он был им всё ещё неведом (они же не учёные физики), столкнулись в проливе два корабля с тяжёлыми последствиями для обоих (приложение 2).

На рисунке 12 показаны два судна, которые движутся рядом в спокойной воде,

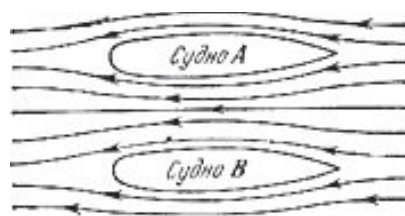


Рис. 12. Два судна, движущиеся параллельно, как бы притягиваются друг друга

(то же самое из-за относительности движения будет, если два судна стоят рядом и обтекаются водой). Поток более стеснён в пространстве между судами, и скорость воды в этом пространстве больше, чем по обе стороны судов. Поэтому давление воды между судами меньше, чем по обе стороны судов. И более высокое давление воды, окружающей суда, сближает их.

Эти явление можно продемонстрировать, продувая воздух между двумя бумажными корабликами на спокойной воде, создавая между ними струю, как указано на рисунке 12. Или создавая водяную струю между ними. Эти опыты мы проделали. Кораблики крутились и... сближались.

Не сразу этот опыт удался. Кораблики крутились, обгоняли друг друга. Струя воздуха, пущенная в воду, булькала и не создавала спокойного потока между корабликами. А их ромбическая форма заставляла крутиться в потоке, потому что внешнее давление под разными углами давило на их борта снаружи. Но когда мы их поставили двумя бортами параллельно, кораблики сблизились в струе воды между ними. (Мы вели скоростную рапид съёмку).

Ещё мы поливали шарик пинг-понга струёй воды. Двигали струю, и шарик двигался вслед за нею. Опять же: в струе давление ниже, шарик оказывался как бы в «стакане», потому и двигался вслед за струёй воды из чайничка. Так и мячик, брошенный в струю фонтана сверху, прыгает на ней толчками, но не скатывается вниз.

Принципом Бернулли пользуются водители, когда не удалось доехать до АЗС, а водитель другого автомобиля согласен отлить немного бензина из своего бензобака, куда никакой кружкой не залезть. Тогда опускают трубочку в бензобак, подсасывают бензин в трубку, зажимают её на конце и опускают свободный зажатый конец в ёмкость для бензина. Опускают зажим на конце только тогда, когда ёмкость ниже уровня бензина в баке. Начинает выливаться бензин из трубки, возникает



Рис. 13а, б. Кораблики сближаются из-за снижения давления в струе воды, запущенной между ними из бутылки

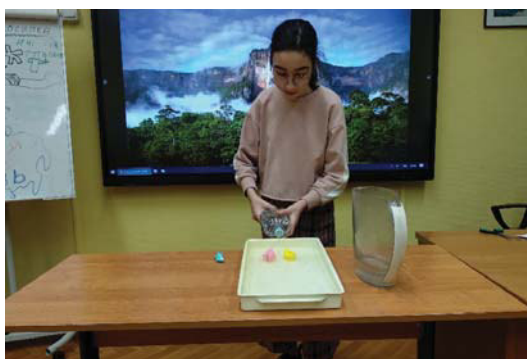


Рис 13 в, г. Кораблики окончательно сблизились

струя, в трубке понижается давление. В неё подсасывается бензин из бензобака. Стоит поднять трубку из ёмкости выше уровня бензина в баке, процесс прекращается.

Мы этот опыт тоже проделали с водой и резиновой трубкой.

Принцип Бернулли основной, благодаря которому летит самолёт или искрив-

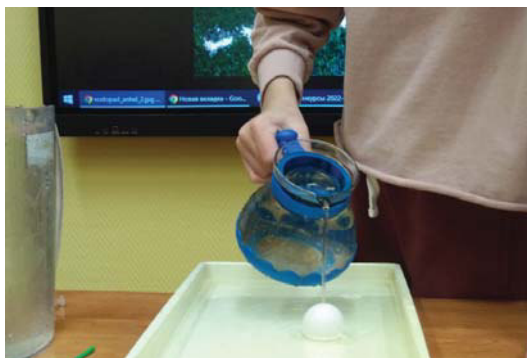


Рис. 14а, б. Движение шарика вбок и вперёд под действием струи, которая его обтекает сверху



Рис. 14 в, г. Движение шарика вперед и вбок под действием обтекающей его струи

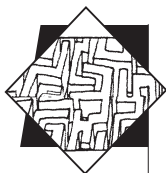


Рис. 15а, б. Набираем в трубку воду и зажимаем конец. Опускаем зажатый конец ниже уровня воды в стакане



Рис. 15в, г. Вода выливается из трубки, потом начинает подсасывать воду в стакане и литься ровной струёй

ляется траектория полёта вращающегося мяча. Этот принцип, как мы убедились, справедлив для кораблей в море — корабли не должны проходить слишком близко друг от друга, так как повышенная скорость потока воды между ними создаёт зону с низким давлением и приводит к столкновению бортами. А в доме существует эффект «занавески для ванной», когда она притягивается водой с воздухом между струйками, текущими из душа.

Выводы

Подводя итоги, мы можем ответить на вопрос: почему струя воды сужается и разбрызгивается при падении, и перечислить физические силы, действующие на поток воды.

1. *Ускорение свободного падения.* Вода из крана течёт непрерывно, поэтому в любой момент времени в любой части потока протекает один и тот же объём воды. Но, учитывая, что внизу скорость потока гораздо выше, а объём воды поступает прежний, струя становится уже.

2. *Сила поверхностного натяжения.* Вода обладает способностью «стягиваться», «самоуплотняться» в шар. Когда струя становится совсем тонкой из-за влияния

ускорения свободного падения, силы поверхностного натяжения дробят её на отдельные капли. Эти же силы всегда сжимают воду и потому сделали её практически несжимаемой жидкостью.

3. *Явление кумуляции,* или эффект «гидравлического удара», возникает при большой скорости потока при резком сужении трубы.

3. *Влияние электростатического поля.* Вода электризуется, и её можно наэлектризовать на расстоянии. Происходит эффект электризации струи воды через влияние электростатического поля.

5. *Закон Бернулли в струе воды.* В струе воды давление велико, если скорость мала, и наоборот: давление мало, если скорость велика.

Мой проект может быть полезным на уроках физики, когда изучают свойства воды.

Заключение

1. Работая над проектом, я узнала много нового, поняла, что физика — не отвлечённый предмет, она вокруг нас. Физическими явлениями и эффектами, благодаря которым существует жизнь на Земле, мы пользуемся, привычно их не замечая.

2. Во время работы я научилась делать опыты. Оказалось, нужно быть очень внимательной к мелочам: как ставить пальцы, из какого материала трубочку брать, как ставить кораблики, какой стружкой поливать шарик и т. д.

3. Мы на занятиях и дома пользовались скоростной фотосъёмкой рапид, чтобы поймать нужный момент. Это очень интересно!

4. И, наконец, я научилась составлять пояснительную записку, делать презентацию.

5. Мне помогали в работе руководительница и мама. Спасибо им.

Приложение 1

О поверхностном натяжении

«Поверхностное натяжение — это одна из тех деталей научного мира, которые, возможно, трудно осмыслить или оценить в вашей повседневной жизни, но на самом деле она лежит в основе всей жизни, как мы её знаем. Поверхностное натяжение позволяет экосистемам процветать, оно позволяет семенам и молекулам плавать, и управляет большей частью жизни, хотя большинство людей не замечают этого. Это также даёт интригующее напоминание о том, насколько сложна и замечательна каждая капля воды. В следующий раз, когда вы выдуете мыльный пузырь или капните воду с кончика листа, помните, что единственное, что делает эти маленькие чудеса возможными, это поверхностное натяжение!»

По-моему, очень романтично сказано о научном явлении.

Приложение 2

Феномен присасывания судов

20 сентября 1911 года «Олимпик» шёл курсом на остров Уайт, находящийся в Ла-Манше. Все офицеры превосходно знали фарватер, но, тем не менее, команда внимательно наблюдала за окружающей обстановкой.

Вскоре после полудня за кормой был замечен бронепалубный крейсер «Хоук», следовавший тем же курсом. Оба судна шли с большой скоростью, при этом крейсер постепенно нагонял «Олимпик». Вскоре суда шли практически параллельно друг другу. По воспоминаниям очевидцев, в какой-то момент времени «Хаук» резко вильнул и буквально бросился на «Олимпик». Нос крейсера вошёл в корму лайнера. При

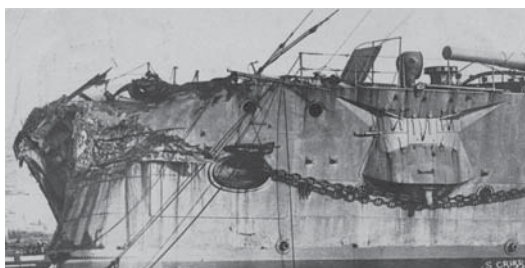


Рис. 16. Крейсер «Хоук» после столкновения

этом очевидцы отмечали, что кильватерный след «Олимпика» в момент столкновения был идеально прямой. «Олимпик» получил 14-метровую пробоину, у крейсера оказался разворочен весь нос. Тем не менее, всё окончилось благополучно, и жертв удалось избежать.

Но впереди ещё был скандальный суд. Компания «Уайт Стар Лайн», которой принадлежал «Олимпик», обвинила в происшествии капитана крейсера. Адмиралтейство же обвинило опытного капитана «Олимпика» Эдварда Смита в неосторожности и несоблюдении правил судоходства. Дело было осложнено противоречиями в показаниях свидетелей, но в результате виновным был признан капитан Смит.

И ещё. Читая об этом событии в разных интернет-источниках, я узнала об очень интересном факте. Оказывается, Эдвард Смит, капитан крейсера «Олимпик», стал впоследствии капитаном печально известного лайнера «Титаник» и погиб вместе с судном.

Приложение 3

Историческая справка

К семейству Бернулли принадлежит ряд учёных, занимающих видное место в развитии математики и физики на рубеже XVII и XVIII веков. Два старших брата, Яков (1654–1705) и Иоганн (1667–1748), наиболее известны работами в области анализа и теории вероятностей. Сыновья Иоганна Николай (1695–1726) и Даниил были приглашены в Академию наук в Санкт-Петербурге.

Даниил (в России — Даниил Иванович), младший и более известный из двух братьев, работал в России в течение восьми лет, и именно в это время им была написана «Гидродинамика» и именно к этому времени относится создание его главного научного труда — теории гидромеханики.

В 1733 г. Даниил Бернулли вернулся в родной Базель, где стал сначала профессором анатомии и ботаники, затем — фи-

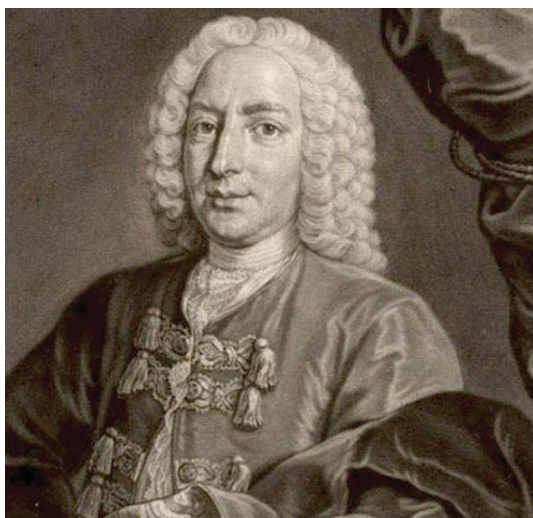
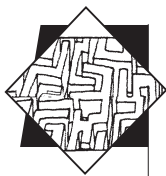


Рис. 17. Даниил Бернулли (1700–1782)

зики. Он получил 10 премий Парижской Академии наук. Даниил Бернулли умер в возрасте 82 лет, оставив свою кафедру только за 5 лет до смерти.

Приложение 4

Гидравлический удар

Опыт с пробиркой, иллюстрирующий гидравлический удар, я нашла в статье Г. И. Покровского, генерал-майора инженерно-технической службы, которая была опубликована во время Великой Отечественной войны в 1943 году в журнале «Техника — молодёжи», № 12, с. 15–17.

Статья называется «Борьба за скорость». Г. И. Покровский называет явление кумуляции основой для получения высоких скоростей, интересной моделью которого является эксперимент с пробиркой. Вот что автор пишет в своей статье: «Опыт с пробиркой показывает также, что явление кумуляции не обязательно связано с взрывом. Это общее явление природы, имеющее место в весьма разнообразных случаях. Дальнейшее изучение всех этих случаев, несомненно, принесёт пользу как теории, так и практике, в частности

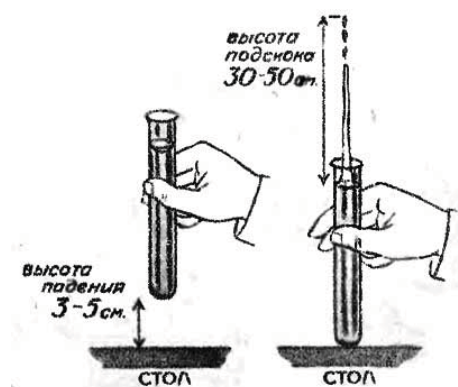


Рис. 18. Опыт с пробиркой. Журнал «Техника — молодёжи» 1943 года

и делу обороны Советского Союза и восстановлению народного хозяйства в районах, освобождённых от фашистских захватчиков». ☐

Список использованных источников

1. <https://skysmart.ru/articles/physics/uskorenie-svobodnogo-padeniya> — Ускорение свободного падения
2. <https://kipmu.ru/pochemu-struya-vody-iz-krana-suzhaetsya-knizu/> — Научно-популярный журнал: «Как и Почему»
3. <https://skysmart.ru/articles/physics/poverhnostnoe-natyazhenie> — Понятие и характеристики поверхностного натяжения
4. <https://new-science.ru/chto-takoe-poverhnostnoe-natyazhenie/> — Сетевое издание «Новая Наука
5. <https://globallab.org/> — Библиотека наглядных пособий. Физика: поверхностное натяжение
6. <https://epizodsspace.airbase.ru/> — «Техника — молодёжи». — 1943. — № 12. — С. 15–17.
7. <https://tech.wikireading.ru/hmdiBlhs4b> — Юный техник. — 2002. — № 3.
8. https://studbooks.net/2117028/matematika_himiya_fizika/elektrizatsiya_zhidkostey — Студенческая библиотека онлайн.
9. <https://dzen.ru/pronauka> — Про науку
10. <http://www.bibliotekar.ru/2-8-72-kapica/33.htm> — Библиотекарь.Ру
11. <https://allforchildren.ru/sci/perelman2-64.php> — Я. Перельман. «Занимательная физика». Книга 2. Глава 6. Свойства жидкостей и газов
12. <http://all-about-water.ru/surface-tension.php> — all-about-water.ru/Всё о воде
13. <http://genphys.phys.msu.ru/rus/lecdemo/Mech/> — опыты, демонстрирующие гидравлический удар

Why Does The Flow Of Angel Falls Not Reach The Foot Of The Mountain? Research Project

Dana Logunova, 12 years old, pupil of the Palace of Creativity of Children and Youth
“Undiscovered Islands”, Moscow

Supervisor: **Nina Y. Anashina**, Teacher of Additional Education at the Palace of Creativity for
Children and Youth “Undiscovered Islands”, Moscow

Abstract. This educational research project aims to answer the question: “Why does the flow of
Angel Falls not reach the foot of the mountain?”

Keywords: educational research project, waterfall, properties of water jet

References

1. <https://skysmart.ru/articles/physics/uskorenie-svobodnogo-padeniya> — Usko-renie svobodnogo padeniya
2. <https://kipmu.ru/pochemu-struya-vody-iz-kрана-suzhaetsya-knizu/> — Nauchno-populyarnyj zhurnal: «Kak i Pochemu»
3. <https://skysmart.ru/articles/physics/poverhnostnoe-natyazhenie> — Ponyatie i harakteristiki poverhnostnogo natyazheniya
4. <https://new-science.ru/chto-takoe-poverhnostnoe-natyazhenie/> — Setevoe iz-danie «Novaya Nauka
5. <https://globallab.org/> — Biblioteka naglyadnyh posobij. Fizika: poverh-nostnoe natyazhenie
6. <https://epizodsspace.airbase.ru/> — «Tekhnika — molodyozhi». — 1943. — № 12. — S. 15–17.
7. <https://tech.wikireading.ru/hmdiBlhs4b> — Yunyj tekhnik. — 2002. — № 3.
8. https://studbooks.net/2117028/matematika_himiya_fizika/elektrizatsiya_zhidkostey — Studencheskaya biblioteka onlajn.
9. <https://dzen.ru/pronauka> — Pro nauku
10. <http://www.bibliotekar.ru/2-8-72-kapica/33.htm> — Bibliotekar'.Ru
11. <https://allforchildren.ru/sci/perelman2-64.php> — Ya. Perel'man. «Zanima-tel'naya fizika». Kniga 2. Glava 6. Svoystva zhidkostej i gazov
12. <http://all-about-water.ru/surface-tension.php> — all-about-water.ru/Vse o vode
13. <http://genphys.phys.msu.ru/rus/lecdemo/Mech/> — opyty, demonstriruyushchie gidravlicheskiy udar