**Математика и физика во французской школе.**

**Опыт «каникулярной программы»**

**Сергей Нечаев**

**Я бы хотел поделиться опытом общения со школьниками 13-17 лет, обучающихся во французских колледжах и лицеях по стандартной государственной общеобразовательной программе. Мы проводили в июле 2016 года в Ницце летний лагерь по основам 3D-моделирования архитектурных объектов и в качестве «дополнительных глав» я рассказывал ребятам по вечерам про математику. Именно, «про математику». Первоначально я планировал рассказать что-то на тему «занимательная математика в физике», однако после первого занятия оказалось, что: а) ребята гуманитарно-ориентированные, б) издержки французского математического образования дают себя знать. В результате, пришлось идти по основному курсу школьной программы, ориентируясь, прежде всего, на «чувственное восприятие», а не на абстрактное мышление и аксиоматику, как это принято в стандартном учебнике. Надо сказать, что это был мой первый опыт занятий с гуманитарно-ориентированными детьми и он оказался полезным, поскольку то, что для физматшкольника представляется очевидным и естественным, здесь вызывает удивление и приходится искать обходные пути.**

**1. Основные проблемы французского физико-математического**

**образования**

**В чем издержки французского физико-математического образования подростков возраста 13-17 лет? Говорить о всех точных науках, взятых вместе, невозможно. Математику нужно отделять от физики, химии и биологии. По большому счету, с французской математикой особых проблем нет – она вполне соответствует программе российской школы, которую я считаю тематически достаточно сбалансированной. Именно тематически, потому что, многие понятия, которые можно объяснить, апеллируя к сюжетам из повседневной жизни, или которые могли бы быть дополнены хорошими иллюстрациями, изложены так, что требуют просто механического запоминания, что, по-моему, неправильно. Французской школьной математике не хватает интенсивности: увеличив количество заданий раза в два, и, соответственно, увеличив домашние задания, вполне можно ожидать, что средний французский школьник сдаст ЕГЭ по математике. Сейчас – не уверен. Где брать время на дополнительные занятия математикой? Убрать всякие «основы жизнеобеспечения» или как они там называются, где школьникам вдалбливается как вести себя в нештатных ситуациях. По-моему, человек, который понимает, что соленая вода (электролит) проводит электрический ток, не будет пИсать на силовой кабель в метро, даже если ему это не скажут явно.**

**Мне кажется, что вместо того, чтобы тратить силы и время на составление кодекса практических рекомендаций о том, как вести себя в нештатной ситуации, нужно предоставлять детям (да и взрослым тоже) свободу самим принимать решения. Для этого следует объяснять принципы, на основе которых можно принять самостоятельное решение, что воспитывается постоянным наблюдением за окружающим миром – именно к этому мы и пытались подталкивать детей. Например, по дороге на пляж, я однажды спросил ребят почему у пальм листья растут только на макушке. В интернет они не могли залезть, поэтому пришлось изобретать (причем, я сам ответа наверняка не знал, но у меня были правдоподобные физические соображения). Другой вопрос, который возник уже на пляже: почему море, обкатывая камни не создает их сферически круглыми, похожие на шарики из пластилина, которые мы делаем, перекатывая их в руках? В связи с этим встал вопрос о максимальной упаковке объектов разной формы. Отсюда от математики до физики меньше одного шага...**

**Ситуация с физикой в стандартном французском школьном курсе совершенно иная, и, с моей точки зрения, катастрофическая. Учебника физики, по сути, нет. Есть комиксы на тему физики и химии в одном флаконе. Пропасть между математикой и физикой огромная, при том, что они должны идти в связке. Вот, для примера, оглавление учебников по «физике» 3eme и 2de, что примерно соответствует, 8 и 9 классам российской общеобразовательной школы.**

**Учебник 3eme (Химия-Механика-Электричество)**

***Химия: Наука о преобразовании материи***

**Глава I Металлы каждый день**

**Глава II Электрический ток в металлах**

**Глава III Проводимость электрических водных растворов**

**Глава IV Ионы и рН**

**Глава V Реакция между соляной кислотой и железом**

**Глава VI Батареи**

**Глава VII Синтез химических соединений**

***Механика: От гравитации к механической энергии***

**Глава I Сила тяжести и вес**

**Глава II Кинетическая энергия**

***Электричество: Электрическая энергия и электрические схемы***

**Глава I Производство электрической энергии**

**Глава II Переменное напряжение**

**Глава III Мощность и электрическая энергия**

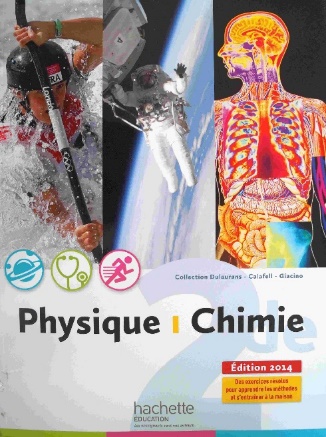
**Учебник 2de (Здоровье-Спорт-Вселенная)**

**Ниже темы, представленные в учебнике скомпонованы по разделам физики**

***Волны и периодические явления***

**- Определение периодического явления и примеры**

**- Звуковые и электромагнитные волны**



***Свет***

**- Распространение света**

**- Отражение света**

**- Законы преломления**

**- Спектры и свет**

**- Спектры излучения и поглощения**

***Механика***

**- Структура Вселенной**

**- Движение и силы**

**- Принцип инерции**

**- Закон гравитации**

**- Вес и сила тяжести**

**- Скалярные и векторные поля**

**- Электрическое поле**

**- Поля тяготения и гравитации**

**- Кинетическая энергия и потенциальная энергия гравитационного поля**

**- Механическая энергия**

**- Различные источники энергии**

**- Производство электрической энергии**

***Термодинамика***

**- Давление**

**- Законы идеальных газов**

Сравнив темы учебников **3eme и 2de нетрудно заметить не только существенные пересечения в темах, но и исключительную поверхностность: фактически, два года подряд ученики ходят по одному кругу, получая одни и те же несистематизированные представления о физических явлениях. Я уж не говорю о том, что никакой связи с математикой нет и в помине – математика изучается по программе, никак не согласованной с физикой.**

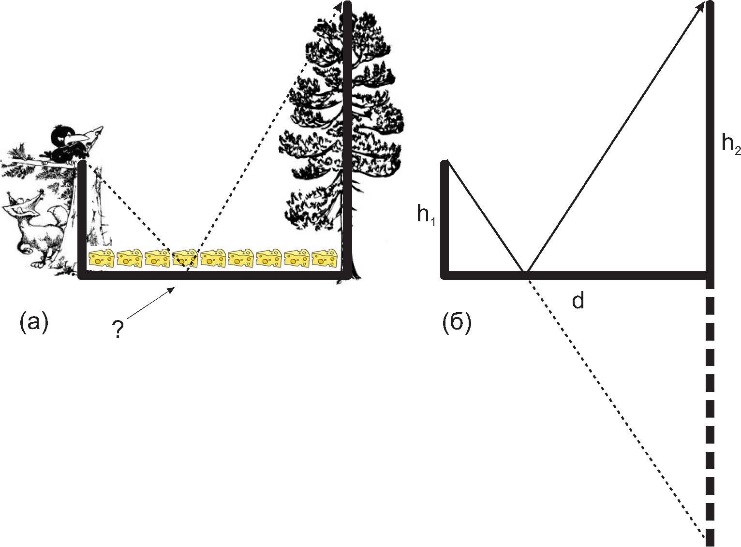
**Во французской образовательной системе зачастую используется методический прием, при котором одни и те же темы, факты и явления обсуждаются «по спирали»: сначала дается общее представление об изучаемом предмете, затем через год тот же предмет обсуждается с большей подробностью и с несколько других позиций, и т.д. Мне трудно сказать, насколько подобный методический прием пригоден в гуманитарных областях, таких, как история, литература, обществоведение, но в изучать физику таким образом никак нельзя. Одна из основных проблем заключается в том, что такое «спиральное» изучение негуманитарных предметов нарушает естественный синергизм разных областей знания, в частности, физики и математики: «спираль» физики и «спираль» математики имеют разные периоды и не накладываются друг на друга.**

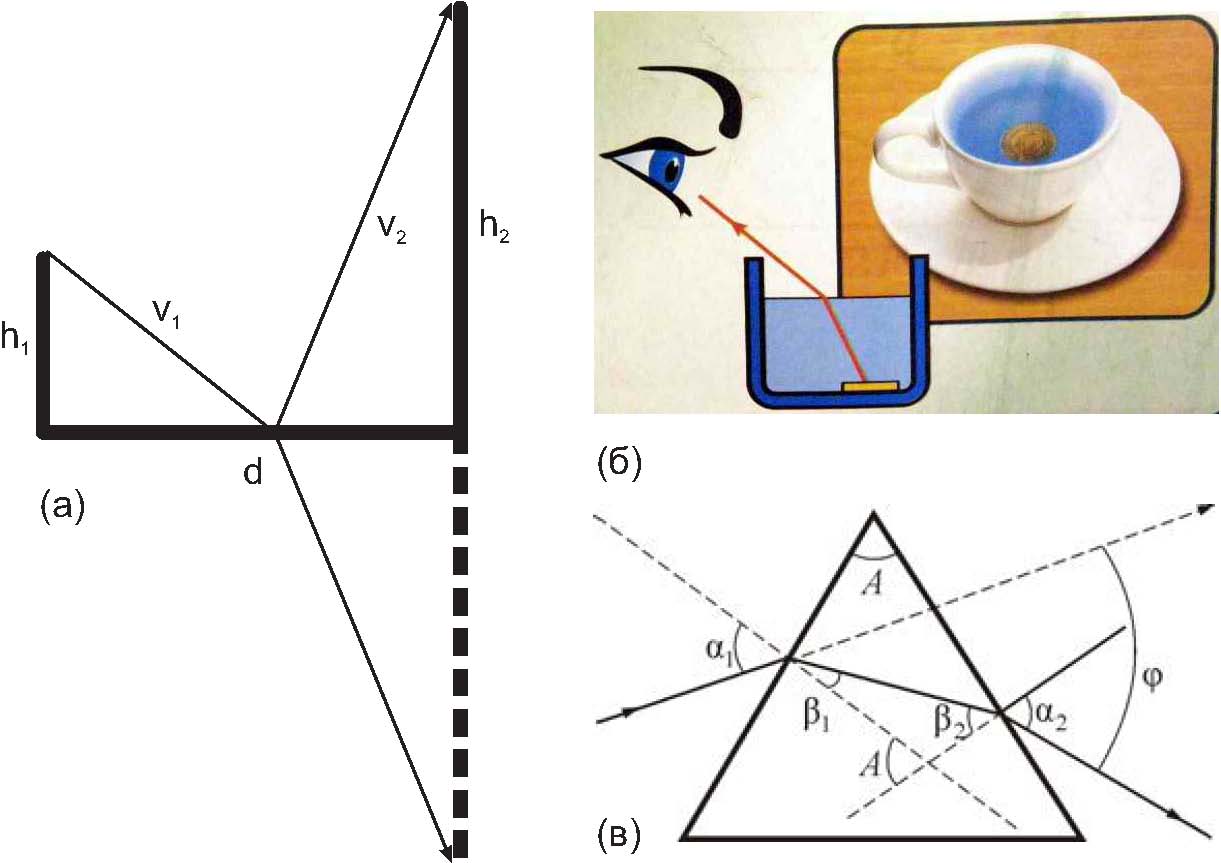
**2. Как объяснить физику и математику «нефизматшкольникам», чтобы**

**было интересно? Примеры из каникулярной программы**

**Во Франции существуют заочные физматшколы, рассчитанные на детей, которые интересуются естественными науками, в первую очередь, математикой и физикой. Для детей, углубленно занимающихся физикой, стандартный школьный учебник физики нужен лишь в качестве «реперной точки» для того, чтобы знать, какие именно темы могут войти в экзаменационную программу. В качестве учебного пособия он пригоден не более, чем меню в китайском ресторане для изучения китайского языка. В то же время, «нефизматшкольники» во Франции оказались в сложной «периферийной» ситуации: ими никто специально не занимается, хотя их большинство. То, что для «физматшкольника» представляется очевидным и естественным, у «нефизматшкольника» вызывает удивление, и тогда преподавателю надо искать обходные пути, не полагаясь на учебник. Иногда достаточно просто отойти немного в сторону от традиционного изложения, принятого в школьной программе, и ориентироваться не на абстрактное мышление и аксиоматику, а на чувственное восприятие и повседневный жизненный опыт.**

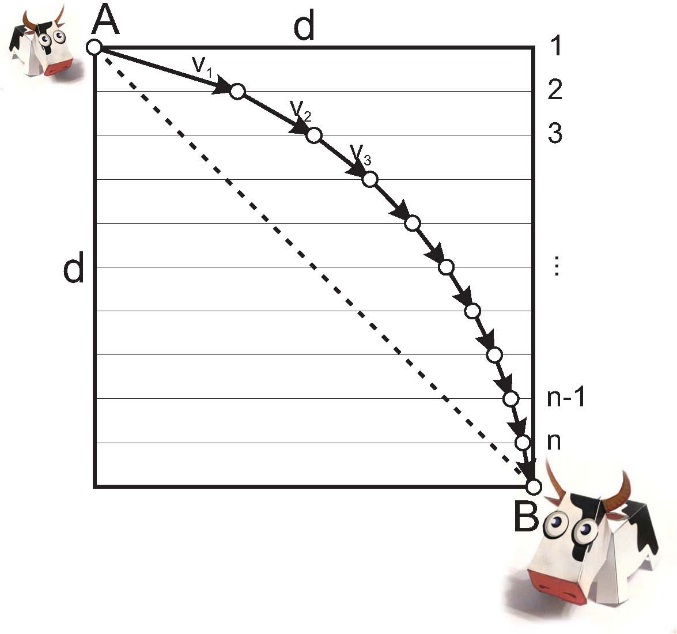
Приведу несколько конкретных примеров (с иллюстрациями) того как мы пытались объединить физику и математику, геометрию, оптику и механическое движение, апеллируя к простым наглядным построениям.

1. Мы начали с такой простой задачи. На вершине дерева высоты h1 сидит ленивая ворона и хочет перелететь на вершину другого дерева высоты h2, стоящего на расстоянии d от первого. Между деревьями разбросан сыр и ленивая ворона хочет схватить такой (один) кусочек сыра, чтобы расстояние, которое она пролетела с одного дерева на другое, было бы минимальным. Вопрос заключается в том, чтобы указать какой именно кусочек сыра схватит ворона – см рис.1а. *Ответ*: кратчайшее расстояние между деревьями – прямая, поэтому одно из деревьев нужно зеркально отразить относительно земли и провести прямую от вершины одного дерева до образа другого как схематично показано на рисунке 1б.

Давайте теперь определим положение кусочка сыра, если прожорливая ворона хочет минимизировать *время* общего полета, при этом она летит *до* кусочка сыра со скоростью v1, а схватив его становится тяжелее и *от* кусочка до своей цели (другого дерева) летит со скоростью v2 (v2 < v1) – см рисунок 2а.

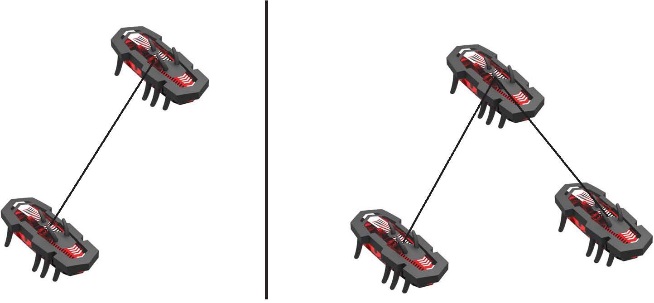
Я думал, что после того, как ребята решат задачу про прожорливую ленивую ворону, я им расскажу, что именно так устроено преломление лучей в геометрической оптике при прохождении света из менее оптически плотной в более плотную среду, и вообще, вся физика основана на принципе минимума действия, которое в данном случае есть время перелета с дерева на дерево… Но не получилось. Оказалось, что использовать для решения задачи производную (чтобы определить минимум некоторой функции) им не пришло в голову, потому что производная живет в курсе математики, а мы пытались решать физическую задачу. В результате пришлось рассказывать о том, что такое функция и экстремальные значения - первая и вторая производные - и что это то же самое, что скорость и ускорение для механического движения…

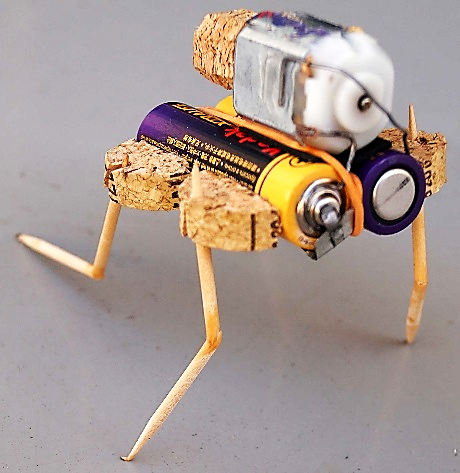
Я воспользуюсь случаем и все-таки, расскажу про то, что случилось с ленивой прожорливой вороной, поскольку несмотря на простоту, эта задача отражает фундаментальный физический принцип - так называемый *принцип минимума действия*, лежащий в основе как классической, так и квантовой физики. В геометрической оптике этот принцип известен как принцип Ферма, в соответствии с которым лучи распространяются так, что время, пройденное светом от начальной до конечной точки, должно быть минимальным. В частности, задача о ленивой вороне позволяет в деталях понять хорошо известный «опыт о невидимой монете» (см. рис.2б). Монета лежит на дне чашки, и если смотреть под некоторым углом, то края чашки закрывают монету, и она не видна. Однако, если в чашку налить воду, то мы увидим монету. Происходит это именно из-за того, что лучи преломляются при прохождении света из менее оптически плотной в более плотную среду. По этой же причине призма раскладывает свет на составляющие (см. рис.2в). Каждый цвет отвечает определенной частоте и имеет свою «групповую скорость» распространения в среде. Чем меньше скорость, тем сильнее отклонения луча в призме.

2. Продолжением этой истории стала задача о ленивой корове на поле. Пусть есть квадратное поле размера d x d, которое разделено на n горизонтальных грядок, на которых растет сочная трава (а между ними ничего не растет). В углу A (см. рисунок 3) стоит ленивая корова, которая хочет пройти по полю в точку B, съедая по дороге траву с грядок. Начальная скорость коровы v1. Каждый раз, когда корова съедает траву с грядки, корова подрастает, ей становится труднее идти и ее скорость уменьшается на величину Таким образом, после первой грядки скорость коровы v2 = v1-, после второй грядки v3 = v2- = v1-2 и т.д., до тех пор, пока корова не достигнет точки B, где остановится, т.е. ее скорость станет равной нулю: vn+1 = 0 (для этого должно быть  = v1/n). Нужно определить форму пути, по которому шла корова, если грядок очень много (n >> 1), и если бы корова хотела минимизировать *время* своей прогулки. *Ответ* довольно забавный: корова должна идти не по прямой, а по дуге окружности. Это наводит на размышления о том, что в зависимости от свойств пространства (т.е. в зависимости от того, по какому правилу идет корова по грядкам), самый короткий путь (прямая) не всегда самый быстрый. Данную задачу можно использовать в качестве наивной иллюстрации того, как метрика пространства искривляет лучи света.

3. Одно занятие во время летней школы мы посвятили обсуждению возможности создания простых устройств, которые могут направленно перемещаться из-за наличия внутренних колебаний и трения. Я собирался купить в магазине игрушек «тараканов» hexbug-nano, которые выглядят как на рисунке 4 (продаются также в Amazon.com). План был следующий:

- во-первых, я хотел предложить обсудить, как именно они движутся, и рассказать о том, что подобным образом устроены простейшие молекулярные машины в биологии;

- во-вторых, предполагалось связать двух, а затем, трех тараканов нитью, и исследовать характер их движения. Гипотеза заключалась в том, что два связанных между собой таракана будут вращаться вокруг общего центра, который будет двигаться поступательно, а движение трех связанных тараканов уже нельзя будет разложить на поступательное и вращательное движения, и будет непредсказуемым.

К сожалению, в магазине тараканов не оказалось и пришлось делать насекомое из подсобных материалов: две батарейки AA, скрепка, карманный вентилятор за 2 евро, из которого был вынут мотор, пробка от Côte du Rhône, аптечная резинка, клей super glue и 4 зубочистки. В результа-те получилось насекомое, изображенное на рисунке 5. Кусочек пробки был надет асимметрично на ротор мотора, поэтому при вращении вся конструкция сильно виб-рировала, а согнутые под углом ноги создавали направленную силу из-за асимметрии трения. Наших усилий хватило только на одну такую машину, поэтому вопрос о коллективном движении насекомых пока остался открытым. Но наше насекомое вполне уверенно ползало по гладкому столу. Попытка запустить его за ужином в приличном ресторане Ниццы была пресечена организаторами школы. Надеюсь, в дальнейшем мы сможем освободиться от навязчивых административных регламентаций для наших научных экспериментов :)

**Как помочь «нефизматшкольникам». Мой профессор *online***

Для того, чтобы помочь подросткам чувствовать себя комфортно, читая комиксы по физике и химии, и свободно ориентироваться в школьной программе естественнонаучным дисциплинам, мы запускаем online программу поддержки обязательного курса французской средней школы по физике и математике и приглашаем ребят 11-18 лет, у которых возникает желание разобраться в сложных вопросах, написать о них ***сюда*** (ссылка). «Мой профессор» поможет усвоить не «физмат-ориентированным» школьникам французского колледжа и лицея материал обязательной программы, вызывающий индивидуальные трудности.

«Домашний Доктор» - некоммерческий образовательный проект компании INTERGRAD (Франция), организованный в партнерстве с франко-российской междисциплинарной научной лабораторией им. Понселе (CNRS-Независимый Университет, Франция-Россия). Отвечать на вопросы детей будут французские и российские математики и физики, хорошо знакомые с французской системой образования и неравнодушные к ее дальнейшей эволюции.